
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

**IMPORTÂNCIA DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS NA CONSTRUÇÃO
DE MODELOS MENTAIS NA APRENDIZAGEM DE CONCEITOS EM
ELETROQUÍMICA**

ORIENTADOR: Prof^a.Dra. Sidilene Aquino de Farias

CO-ORIENTADOR(A): Prof. Dr.Raimundo Ribeiro Passos

*Bolsista FAPEAM

MANAUS-AM

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

**IMPORTÂNCIA DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS NA CONSTRUÇÃO
DE MODELOS MENTAIS NA APRENDIZAGEM DE CONCEITOS EM
ELETROQUÍMICA**

Danielle de Oliveira Vieira*

Texto apresentado como parte dos requisitos
para o título de DOUTOR EM QUÍMICA,
linha de pesquisa: ENSINO DE QUÍMICA no
Programa de Pós-graduação em Química da
Universidade Federal do Amazonas.

ORIENTADOR: Prof^a. Dra. Sidilene Aquino de Farias

CO-ORIENTADOR(A): Prof. Dr. Raimundo Ribeiro Passos

*Bolsista FAPEAM

MANAUS-AM

2020

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

V658i Vieira, Danielle de Oliveira
Importância das estratégias didáticas na construção de modelos mentais na aprendizagem de conceitos em eletroquímica / Danielle de Oliveira Vieira . 2020
236 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Sidilene Aquino de Farias
Coorientador: Raimundo Ribeiro Passos
Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal do Amazonas.

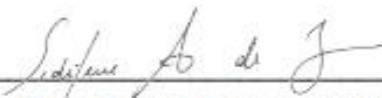
1. Modelos Didáticos. 2. Modelos Mentais. 3. Eletroquímica. 4. Aprendizagem. I. Farias, Sidilene Aquino de. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

Importância das Estratégias Didáticas na Construção de Modelos Mentais na Aprendizagem de Conceitos em Eletroquímica

DANIELLE DE OLIVEIRA VIEIRA

Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Química, do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal do Amazonas como requisito parcial para a obtenção do Grau de Doutor(a) em Química.

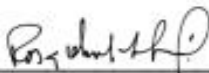
Aprovada em 30 de julho de 2020.



Dra. Sidilene Aquino de Farias (DQ/UFAM)
Presidente/Orientadora



Dr. Wilmo Ernesto Francisco Junior (UFAL)
Membro Externo



Dra. Rosa Oliveira Martins Azevedo (IFAM)
Membro Externo



Dr. Luiz Henrique Ferreira (IQ/UFSCar)
Membro Externo



Dr. Ettore Paredes Antunes (DQ/UFAM)
Membro Externo

Universidade Federal do Amazonas
Manaus, 30 de julho 2020.

Dedico a todos os professores do Ensino Básico que acreditam e lutam por uma prática diferente no cotidiano. E, a todos os pesquisadores do Ensino de Ciências e em especial de Química que buscam de alguma forma os meios eficazes de aproximar os estudantes ao Conhecimento Científico, despertando nestes o interesse pela Ciência.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Prof^a Dra. Sidilene Aquino de Farias por toda dedicação e contribuição na realização desta pesquisa.

Ao meu Co-orientador Prof. Dr. Raimundo Ribeiro Passos por todo apoio e contribuição desde o projeto de pesquisa, o curso de validação aos graduandos e na elaboração dos artigos e na redação deste texto.

À FAPEAM pela bolsa concedida durante estes anos de estudo.

A todos os Doutores que aceitaram participar da banca de defesa e que contribuíram na avaliação desta tese com sugestões de melhorias e seus ricos argumentos.

A Coordenação de Química por assumirem com muita responsabilidade e zelo o compromisso de assegurar o bom andamento das atividades acadêmicas.

A todos os professores de química do PPGQ e do PPGCIM que com muita dedicação e empenho ministraram as disciplinas cursadas durante este período do doutorado, o meu obrigada!!

Aos servidores da Secretaria de Graduação e Pós-graduação em Química, em especial o Bruno, por toda atenção, dedicação e presteza no serviço de solicitações e providências cabíveis, o meu muito obrigada!

A todos dos serviços gerais que dentro do possível souberam manter o zelo pela limpeza e organização dos departamentos e da sala do estudante. Muito obrigada!

Aos colegas do NAEQ que sempre contribuíram presencialmente nas prévias de defesa dos artigos e apresentações.

À SEDUC-AM por permitir a aplicação do projeto nas escolas deste estudo.

Aos professores que aceitaram participar desta pesquisa.

A cada um dos estudantes que participaram desta pesquisa, o meu muito obrigada!

Aos meus pais por me incentivarem a estudar e acreditar que aprender sobre ciência é algo muito bom.

Ao meu esposo Jonis por me incentivar a pesquisar, pela dedicação, companheirismo, paciência e por tudo mais que não se pode descrever em palavras.

Aos meus amigos e irmãos de comunidade por desejarem o meu bem.

A todos que de alguma forma contribuíram nesta pesquisa.

Ao Bom Deus por tudo!

Não te deixes destruir...
Ajuntando novas pedras
e construindo novos poemas.
Recria tua vida, sempre, sempre.
Remove pedras e planta roseiras e faz doces. Recomeça.
Faz de tua vida mesquinha um poema.
E viverás no coração dos jovens
e na memória das gerações que hão de vir.
Esta fonte é para uso de todos os sedentos.
Toma a tua parte.
Vem a estas páginas
e não entres seu uso
aos que têm sede.

Cora Coralina

LISTA DE ABREVIATURAS

PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
LD	Livro Didático
LDs	Livros Didáticos
LDQ	Livro Didático de Química
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PNLEM	Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio
MM	Modelo Mental
MMs	Modelos Mentais
AEI	Atividade Experimental Investigativa
ACQ	Aspectos do Conhecimento Químico

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Perspectivas teóricas da aprendizagem com os principais teóricos e respectivas ideias.....	6
Figura 1. 2 Aspectos do Conhecimento Químico.	10
Figura 1. 3 - Exemplos dos Aspectos do Conhecimento Químico.	13
Figura 1.4 Características gerais dos Modelos Mentais segundo Norman (1983).....	16
Figura 2.1 – Modelo didático de Ligação Metálica na abordagem de Eletroquímica.	23
Figura 2.2 – Sequenciamento contínuo de construção e socialização dos Modelos.....	26
Figura 2. 3 - Modelo físico de célula eletroquímica com membrana semipermeável.	30
Figura 2. 4 - Distanciamento e aproximação entre Modelo Mental e Modelo Conceitual de um sistema físico.....	33
Figura 2. 5 - Esquema dos meios de minimização das lacunas entre os MMs dos sujeitos e as conceptualizações do pesquisador.....	34
Figura 4. 1- Aspectos do conhecimento químico explorados nos Modelos Didáticos de eletroquímica presentes nos livros do PNLD/2015.....	54
Figura 4. 2- Questões sobre reação química e sua representação.	69
Figura 4. 3- Compreensão inicial dos estudantes sobre transformações dos materiais.....	70
Figura 4. 4- Compreensão inicial dos estudantes sobre reações e suas representações.....	71
Figura 4. 5- Compreensão inicial dos estudantes sobre reações e suas representações.....	71
Figura 4. 6- Compreensão inicial dos estudantes sobre fenômenos de proteção dos materiais.	73
Figura 4. 7 - Questões sobre movimento dos elétrons nas reações em solução.....	74
Figura 4. 8- Compreensão inicial dos estudantes sobre movimento dos elétrons.....	75
Figura 4. 9 - Compreensão inicial dos estudantes sobre movimento de elétrons em solução.....	76
Figura 4. 10 - Questões sobre percepção e modelos utilizados em química.....	76
Figura 4. 11 - Compreensão inicial dos estudantes sobre reconhecimento de modelos.	77
Figura 4. 12- Compreensão inicial dos estudantes sobre percepção de falsificações em uma cédula.	78
Figura 4. 13 - Compreensão inicial dos estudantes sobre percepção e modelos.....	79
Figura 4. 14 - Compreensão inicial dos estudantes sobre percepção e modelos.....	79

Figura 4. 15 - Panorama Geral da Compreensão Inicial dos Estudantes sobre reação química e representação; movimento dos elétrons, percepção e modelos.	80
Figura 4. 16 – Item relacionado à representação dos estados físicos da matéria.	82
Figura 4. 17- Compreensão dos estudantes quanto aos estados físicos representados por modelos.	83
Figura 4. 18 - Exemplos de roteiros construídos pelos estudantes para o filme stop motion.	87
Figura 4. 19 – MMs Incompletos sobre a Ligação Metálica e Movimento de Elétrons em um fio de cobre.....	95
Figura 4. 20- MMs Incompletos dos estudantes sobre Movimento de Elétrons em um fio de cobre.	96
Figura 4. 21 - MMs Incompletos sobre Movimento de Elétrons em um fio de cobre.	96
Figura 4. 22 – MMs não científicos apresentados pelos estudantes.....	98
Figura 4. 23- MMs dos estudantes do G2B sobre a Ligação Metálica da panela de ferro. ..	100
Figura 4. 24- MMs dos estudantes sobre Ligação Metálica na panela de ferro.....	100
Figura 4. 25 – MMs Não científicos sobre Movimento de Elétrons em um fio metálico.....	101
Figura 4. 26 - MMs Não Científico de estudantes sobre Movimento de Elétrons em um fio de zinco.	102
Figura 4. 27 - Questão sobre identificação de elétrons e íons após reação.	104
Figura 4. 28 - MMs Não Científico de metais antes e após reagir em solução.....	112
Figura 4. 29 – MMs dos estudantes sobre enferrujamento expressos no filme stop motion..	114
Figura 4. 30- MMs dos estudantes sobre enferrujamento envolvendo a perda e ganho de elétrons.	115
Figura 4. 31- MMs dos estudantes incompletos sobre enferrujamento.	119
Figura 4. 32- MM Não Científico sobre enferrujamento.	123
Figura 4. 33 – MMs dos estudantes sobre proteção metálica.	135
Figura 4. 34- Percentual de respostas funcionais dos estudantes quanto a representação e conceitos químicos	141
Figura 4. 35 - MMs dos estudantes relacionados ao fluxo de elétrons e a oxirredução por encontro.....	143
Figura 4. 36- MMs dos estudantes sobre conceitos básicos de Eletroquímica por encontro.....	145
Figura 4. 37 – Imagem utilizada como um dos exemplos na abordagem das características de materiais metálicos.	152

Figura 4. 38 – Imagem do primeiro modelo de ligação metálica apresentada aos estudantes.	153
Figura 4. 39 – Diferentes modelos didáticos de representação de ligação metálica segundo Modelo do Mar de Elétrons.....	154
Figura 4. 40 – Imagem da representação do comportamento dos elétrons na ligação metálica sob ação de um campo elétrico.....	154
Figura 4. 41 – Imagens dos modelos didáticos utilizados para diferenciar ligações metálicas de ligas metálicas.	155
Figura 4. 42 - Aula Experimental Investigativa sobre corrosão realizada com os estudantes.	156

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. 1- Princípios que delimitam a natureza dos Modelos Mentais.	19
Quadro 2.1- Modos de representação dos diferentes tipos de modelos.	27
Quadro 3. 1- Livros Didáticos de Química aprovados no PNLD/2015, analisados neste trabalho.	41
Quadro 3. 2 – Atividades didáticas utilizadas na abordagem dos conteúdos químicos.	42
Quadro 3. 3 – Instrumentos de Coleta dos diferentes Modos de Representação dos Modelos Mentais expressos pelos Estudantes durante o curso.	42
Quadro 3.4 Descrição dos Modelos Didáticos analisados em Eletroquímica.	45
Quadro 3. 5 Modelos Didáticos segundo os três Aspectos do Conhecimento Químico.	46
Quadro 3. 6 – Modelos didáticos utilizados no curso ministrado aos estudantes.	48
Quadro 3. 7 – Categorização dos Modelos Mentais expressos pelos estudantes.	52
Quadro 4. 1 - Características dos Modelos Didáticos sobre o conteúdo de Eletroquímica. ...	55
Quadro 4. 2- Perfil profissional dos professores de Química participantes na pesquisa.	58
Quadro 4. 3 - Configurações das percepções dos professores de Química sobre Livro Didático e Planejamento Escolar.	59
Quadro 4. 4 - Assuntos de Química abordados e Modelos no Questionário Inicial	68
Quadro 4. 5 – Imagens representativas de partes do filme tipo teste elaborado pelos estudantes por meio técnica <i>stop motion</i>	84
Quadro 4. 6- Modelos Físicos fornecidos aos estudantes para produção de filme Stop Motion.	85
Quadro 4. 7 – MMs dos estudantes sobre a representação da Ligação Metálica em uma panela de ferro.	88
Quadro 4. 8 – MMs Funcionais dos estudantes sobre constituição e movimento dos elétrons na Ligação Metálica.	89
Quadro 4. 9 - MMs dos estudantes sobre Movimento de Elétrons em um metal.	91
Quadro 4. 10 – MMs Incompletos na aquisição de conceitos básicos de ligação metálica.	93
Quadro 4. 11 – MMs Não Científicos na aquisição de conceitos básicos de ligação metálica.	97

Quadro 4. 12 – MMs dos estudantes sobre elétrons e íons antes e após reação com uma solução.	105
Quadro 4. 13 – MMs Funcionais dos estudantes sobre oxidação e redução.....	107
Quadro 4. 14 –MMs Incompletos dos estudantes sobre oxidação e redução.	109
Quadro 4. 15 –MMs Não Científicos dos estudantes sobre oxidação e redução.	111
Quadro 4. 16 – MMs Funcionais dos estudantes sobre enferrujamento.	116
Quadro 4. 17 – MMs Incompletos dos estudantes sobre enferrujamento.....	120
Quadro 4. 18 – MMs Não científicos dos estudantes sobre enferrujamento.	122
Quadro 4. 19 – MMs dos estudantes sobre causas da eletricidade obtida na reação entre diferentes metais.....	126
Quadro 4. 20 – MMs Funcionais dos estudantes sobre as causas da eletricidade obtida entre diferentes metais.....	127
Quadro 4. 21 - MMs dos estudantes sobre conceituação de eletrólitos na AEI.....	129
Quadro 4. 22 – MMs Incompletos dos estudantes sobre as causas da eletricidade obtida entre diferentes metais.....	130
Quadro 4. 23 – MMs Funcionais dos estudantes sobre proteção metálica.	136
Quadro 4. 24 – MMs Não científicos dos estudantes sobre proteção metálica.	139
Quadro 4. 25 - Singularidades entre os modelos presentes nos Livros Didáticos e os apresentados pelos estudantes.	147
Quadro 4. 26 - Categorias quanto aos modelos didáticos do professor de química.	160

RESUMO

IMPORTÂNCIA DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS NA CONSTRUÇÃO DE MODELOS MENTAIS NA APRENDIZAGEM DE CONCEITOS EM ELETROQUÍMICA – A presente pesquisa insere-se como um estudo sobre a aprendizagem de conceitos científicos na Físico-Química, particularmente, sobre o conteúdo de Eletroquímica abordado no Ensino Médio. O estudo buscou compreender as representações mentais que os estudantes têm sobre os conceitos científicos, sendo este tipo de estudo uma das tendências das pesquisas no Ensino de Ciências a partir dos anos 90 do século passado. Estudar as representações mentais permite compreender como o sujeito constrói, modifica e aplica esses conceitos, além de possibilitar a análise da proximidade destes com os conceitos científicos. Os Modelos Mentais dos estudantes mostram-se como importantes representações singulares, com significados que preservam uma série de informações relacionadas a episódios que acontecem na sala de aula, dentre estes, a aprendizagem de conceitos, sendo estes associados, diferenciados, construídos e reconstruídos para aprendizagem do conhecimento científico. Com isso, surge a questão “Quais aprendizagens, relativas ao conteúdo de Eletroquímica, são favorecidas quando utilizadas situações didáticas que possibilitam a construção de Modelos Mentais?”. Assim, o objetivo desta pesquisa consistiu na investigação dos Modelos Mentais dos estudantes da 2ª Série do Ensino Médio acerca dos conceitos abordados em Eletroquímica, analisando como estes modelos interferem e/ou contribuem na aprendizagem. Para isso, foram analisados Modelos Didáticos relacionados ao conteúdo de Eletroquímica nos Livros Didáticos de Química aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático 2015 e buscou-se reconhecer na fala dos Professores de Química se o Livro Didático era utilizado por eles e por seus estudantes, tal como identificar os conteúdos de Físico-química de maior dificuldade de aprendizagem dos estudantes. Seguidamente levantou-se os Conhecimentos Prévios e os Modelos Mentais dos estudantes sobre Eletroquímica. Esta é uma Pesquisa Qualitativa e os instrumentos e registros utilizados na coleta de dados foram protocolo de análise do Livro Didático; entrevistas semiestruturadas com os professores; entrevistas semiestruturadas com representantes dos grupos de estudantes e questionários mistos e situações didáticas pautadas na Teoria dos Modelos Mentais, sendo estas registradas por recurso audiovisual e diário de campo. Na organização e análise dos dados foi utilizada a técnica de Análise Textual Discursiva consistindo na unitarização, categorização e na construção de metatextos, comunicação, auxiliada com gráficos e dados tabelados. Os resultados obtidos a partir dos Livros Didáticos e da entrevista com os professores de Físico-química foram analisados na perspectiva de identificar e compreender os possíveis Modelos Didáticos que norteiam a (re) construção dos Modelos Mentais dos estudantes. Os resultados obtidos a partir da análise dos Livros Didáticos mostram um quantitativo expressivo de Modelos Didáticos, não sendo observada certa correlação entre as três dimensões do conhecimento químico em todas as obras analisadas limitando o aprendizado de conceitos eletroquímicos. Quanto aos Modelos Didáticos dos professores de Química, observou-se dificuldades na elaboração de estratégias didáticas diversificadas e que relacionam dificuldades no aprendizado de química a falta de domínio da língua portuguesa e da matemática. E, a análise dos Modelos Mentais dos estudantes mostrou aproximações aos Modelos Conceituais de Oxirredução favorecidas pelas diversas estratégias didáticas utilizadas ao longo dos encontros.

Palavras-chave: Modelos Didáticos; Modelos Mentais; Eletroquímica; Aprendizagem.

ABSTRACT

IMPORTANCE OF TEACHING STRATEGIES IN THE CONSTRUCTION OF MENTAL MODELS IN LEARNING CONCEPTS IN ELECTROCHEMISTRY - This research is part of a study on the learning of scientific concepts in Physics-Chemistry, particularly on the content of Electrochemistry addressed in High School. The study sought to understand the mental representations that students have about scientific concepts, this type of study being one of the research trends in Science Education from the nineties of the last century. Studying mental representations allows us to understand how the subject constructs, modifies and applies these concepts, in addition to enabling the analysis of their proximity to scientific concepts. The Mental Models of the students show themselves as important singular representations, with meanings that preserve a series of information related to episodes that happen in the classroom, among them, the learning of concepts, which are associated, differentiated, constructed and reconstructed for abstraction. scientific knowledge. With this, the question arises "What learning, regarding the content of Electrochemistry, are favored when using didactic situations that enable the construction of Mental Models?". Thus, the objective of this research consisted of investigating the Mental Models of and Grade High School students about the concepts covered in Electrochemistry, analyzing how these models interfere and / or contribute to learning. For that, Didactic Models were analyzed related to the content of Electrochemistry in Chemistry Textbooks approved by the National Textbook Program 2015 and sought to recognize in the speech of Chemistry Teachers if the Textbook was used by them and their students, as how to identify the Physicochemical contents of students' most difficult learning. Then, the students' Previous Knowledge and Mental Models about Electrochemistry were raised. This is a Qualitative Research and the instruments and records used in the data collection were the textbook analysis protocol; semi-structured interviews with teachers; semi-structured interviews with representatives of student groups and also mixed questionnaires and didactic situations based on the Theory of Mental Models, these being recorded by audiovisual resource and field diary. In the organization and analysis of the data, the Discursive Textual Analysis technique was used, consisting of the unitarization, categorization and construction of metatexts, communication, aided by graphs and tabulated data. The results obtained from the Didactic Books and the interview with the teachers of Physical Chemistry were analyzed in the perspective of identifying and understanding the possible Didactic Models that guide the (re) construction of the Mental Models of the students. The results obtained from the analysis of the Didactic Books show an expressive amount of Didactic Models, not being observed a certain correlation between the three dimensions of chemical knowledge in all the analyzed works, limiting the learning of electrochemical concepts. In relation to the Didactic Models expressed by the Chemistry teachers, the presence of the Traditional Model was strongly observed, although some participants of the research emphasize the valuation of methodological elements of teaching and learning as contextualization and interdisciplinarity. And, the analysis of the Mental Models of the students showed similarities to the Conceptual Models of Oxirreduction favored by the several didactic strategies used throughout the meetings.

Key words: Learning; Models; Electrochemistry

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS	VIII
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE QUADROS	XII
RESUMO	XIV
ABSTRACT	XV
ALGUMAS CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
CAPÍTULO 1 – REFERENCIAL TEÓRICO.....	5
1.1 APRENDIZAGEM E REPRESENTAÇÕES MENTAIS DE CONCEITOS QUÍMICOS.....	5
1.1.1 Aprendizagem de Conceitos Químicos	8
1.1.2 Contribuições para Representações Mentais de Entidades Químicas	12
1.2 TEORIA DOS MODELOS MENTAIS	15
1.2.1 Tipologia dos Modelos Mentais	17
1.2.2 Natureza dos Modelos Mentais	19
1.3 CONCEPÇÃO DE MODELOS MENTAIS DE OUTROS TEÓRICOS	20
CAPÍTULO 2 – MODELOS E O APRENDIZADO DE CONCEITOS QUÍMICOS	22
2.1 LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA E OS MODELOS DIDÁTICOS DE ELETROQUÍMICA	22
2.2 MODELOS E SUA RELAÇÃO COM O APRENDIZADO DE CONCEITOS QUÍMICOS	26
2.3 MODELOS MENTAIS E A APRENDIZAGEM DE CONCEITOS QUÍMICOS E DE CONCEITOS ELETROQUÍMICOS.....	32
CAPÍTULO 3 - CAMINHO METODOLÓGICO DA PESQUISA.....	37
3.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA DA PESQUISA.....	37
3.2 CONTEXTO E PARTICIPANTES DA PESQUISA	38
3.3 CUIDADOS ÉTICOS DA PESQUISA	39
3.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	39
3.4.1 Coleta de Dados.....	40
3.4.2 Validação dos instrumentos de investigação	43
3.4.3 Análise dos Dados	43
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4.1 ENSINO DE ELETROQUÍMICA E MODELOS DIDÁTICOS.....	53
4.1.1 Livro Didático e Modelos Didáticos em Eletroquímica	53
4.1.2 Percepções e Vivências dos Professores de Química sobre o Ensino	58

4.2 MODELOS MENTAIS DOS ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO NO ESTUDO DE ELETROQUÍMICA	68
4.2.1 Ideias e Modelos Mentais Prévios dos Estudantes do Ensino Médio sobre Eletroquímica.....	68
4.2.2 Protagonismo do Estudante no Estudo de Eletroquímica: investigando os Modelos Mentais.	81
Encontro A. Estados Físicos da Matéria e Técnica Stop Motion.....	82
Encontro B. Constituição dos Materiais Metálicos.....	85
Encontro C. Deterioração dos metais: corrosão.....	103
Encontro D. Transformações dos materiais metálicos e reações envolvidas.	113
Encontro E. A eletricidade e sua relação com a transformação dos materiais metálicos.	125
Encontro F. Reação espontânea e não-espontânea envolvida na transformação metálica	133
4.2.3 Indícios na evolução dos Modelos Mentais dos estudantes durante o curso de eletroquímica.	142
4.3 MODELOS MENTAIS DOS ESTUDANTES E MODELOS DIDÁTICOS: POSSÍVEIS RELAÇÕES E IMPLICAÇÕES NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM.....	146
4.4 O CURSO PROPOSTO.....	150
4.5 AVALIAÇÃO DOS ESTUDANTES SOBRE O CURSO	157
CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	162
5.1 CONCLUSÕES.....	162
5.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS	165
REFERÊNCIAS	166
ANEXOS	176
ANEXO A – PARECER DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA	177
APÊNDICES.....	178
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	179
APÊNDICE B – TERMO DE ASSENTIMENTO.....	181
APÊNDICE C - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	182
APÊNDICE D – PROTOCOLO DE ENTREVISTA COM PROFESSORES.....	184
APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO INICIAL	185
APÊNDICE F – SEQUÊNCIA DIDÁTICA DO CURSO	187
APÊNDICE G – TEMAS PARA PESQUISA EM GRUPO.....	189

APÊNDICE H – FOLHA DE ATIVIDADE 1 – AULA 03.....	190
APÊNDICE I – APRESENTAÇÃO DA TÉCNICA STOP MOTION – AULA 03.....	191
APÊNDICE J – ROTEIRO PARA FILME STOP MOTION – AULA 04.....	192
APÊNDICE K – PROTOCOLO DE ENTREVISTA – ESTUDANTES – AULA 04.....	193
APÊNDICE L – ATIVIDADE EXPERIMENTAL INVESTIGATIVA – AULA 06.....	194
APÊNDICE M – ROTEIRO PARA FILME STOP MOTION – AULA 07.....	196
APÊNDICE N - PROTOCOLO DE ENTREVISTA – ESTUDANTES – AULA 07	197
APÊNDICE O - ATIVIDADE EXPERIMENTAL INVESTIGATIVA - AULA 8.....	198
APÊNDICE P – ROTEIRO PARA FILME STOP MOTION – AULA 09	202
APÊNDICE Q – PROTOCOLO DE ENTREVISTA – ESTUDANTES – AULA 09.....	202
APÊNDICE R – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO CURSO PELOS ESTUDANTES	203
APENDICE S - QUANTITATIVO DE MODELOS NO LIVRO A.....	205
APENDICE T - QUANTITATIVO DE MODELOS NO LIVRO B.....	212
APÊNDICE U - QUANTITATIVO DE MODELOS NO LIVRO C	216
APÊNDICE V- QUANTITATIVO DE MODELOS NO LIVRO D.....	225

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES INICIAIS

“O que sabemos é uma gota; o que ignoramos é um oceano”.

(Isaac Newton)

A presente pesquisa intitulada **“Importância das estratégias didáticas na construção de modelos mentais na aprendizagem de conceitos em eletroquímica”** surgiu da minha experiência como docente na Educação Básica com a disciplina Química, especialmente, na 2ª série do Ensino Médio ao ministrar conceitos de físico-química.

No exercício da docência, vivenciei as dificuldades dos estudantes em compreender os conceitos científicos e aplicá-los em diferentes contextos. Observava assim que os diferentes conteúdos físico-químicos se apresentavam desafiadores aos estudantes. Estas dificuldades dos estudantes do Ensino Médio, na aprendizagem de conteúdos de Química, especialmente no estudo de conceitos relacionados à subárea Físico-Química, como a Eletroquímica se devem ao alto nível de abstração que este conhecimento exige.

Além dessa alta abstração no estudo da Química, os estudantes deparam-se com grande número de conceitos novos sobre os quais devem estabelecer relações com os fenômenos estudados, utilizando a linguagem simbólica com modelos que o ajudem a representar aquilo que não é observável.

Dentre as diversas causas dessas dificuldades e desinteresse dos estudantes, pesquisas apontam a falta de contextualização do conteúdo ensinado, da preparação dos professores, do tratamento superficial do conteúdo tanto pelo professor como pelo Livro didático, das ideias prévias dos estudantes, aulas extremamente teóricas e o material didático utilizado (UEHARA, 2005; LIMA; LEITE, 2012).

A literatura aponta ainda que, entre as principais causas dessa dificuldade está a presença de fortes concepções alternativas frente aos conceitos científicos que são ensinados, podendo resistir à anos de instrução (VIENNOT, 1979; POZO; GOMEZ CRESPO, 2009; CAMEL; PACCA, 2011; BERLOTTI, 2011). Isto porque, não são

valorizadas as relações existentes entre as teorias, os modelos científicos que tentam explicar a natureza da matéria e os fenômenos que os estudantes podem observar no cotidiano. Ou seja, os estudantes têm que articular dois mundos muito diferentes: o macroscópico e o microscópico através de um mundo simbólico, sem, contudo, compreender de fato a relação entre eles.

Nesse sentido, pesquisas sobre concepções alternativas dos estudantes apontam dificuldades no aprendizado de conceitos químicos e a importância de se buscar alternativas que diminuam a distância entre as preconcepções e o conhecimento científico (ARRUDA e VILLANI, 1994; MACHADO; ARAGÃO, 1996; MORTIMER e AMARAL, 1998; FREITAS FILHO; CELESTINO, 2010; UEHARA et al., 2013; DAMASCENA et al., 2015). E, para isto faz-se necessário verificar os conceitos prévios dos estudantes a partir das concepções alternativas (preconcepções ou concepções espontâneas) as quais são úteis na interpretação de fenômenos cotidianos e que constituem o conhecimento do senso comum.

Sendo assim, a aprendizagem de conteúdos químicos, especialmente, o estudo da eletroquímica mostra-se um assunto problemático tanto para o professor quanto para os alunos (LIMA; MARCONDES, 2005; CARMEL; PACCA, 2011; FRAGAL et al., 2011). Isto porque, a aprendizagem de Eletroquímica exige a capacidade de abstração de uma variedade de conceitos científicos os quais não são adequadamente utilizados pelos estudantes, pois estes não se apropriam da linguagem específica de conceitos como oxidação, redução, íons, cátions e ânions (CARMEL; PACCA, 2011).

Diante disso, torna-se fundamental a compreensão de como os estudantes constroem, modificam e aplicam os conceitos estudados e para isso o estudo das suas representações mentais, ou seja, dos seus Modelos Mentais (MMs) podem contribuir na análise da proximidade entre os conceitos que possuem e os conceitos científicos.

Os estudos de MMs, pautados na teoria proposta por Johnson-Laird (1983), podem ser um aporte significativo ao entendimento das diferentes representações mentais de conceitos físico-químicos dos estudantes, em especial, conceitos de eletroquímica. Assim, na literatura da área Ensino de Química, pode-se encontrar diversos trabalhos que evidenciam a importância do estudo de Modelos Mentais (VASCONCELOS et al., 2013; GIBIN, 2013).

A falta de interesse dos estudantes pela disciplina Química deve-se à pouca ênfase dada à contextualização do conteúdo a partir do cotidiano e à abordagem teórica do conteúdo desvinculada de aspectos que contribuem para que os estudantes transitem e estabeleçam relações entre os três aspectos do conhecimento químico (MORTIMER et al., 2000). E como as representações, ou seja, os modelos didáticos dos Professores de Química e dos Livros Didáticos de Química utilizados na Educação Básica assumem uma posição essencialmente importante no aprendizado de conceitos científicos torna-se essencial analisar suas possíveis interferências na aprendizagem.

Baseados nestes aspectos nesta pesquisa buscou-se investigar a Aprendizagem de Conceitos Eletroquímicos, tendo como aporte teórico a Teoria dos Modelos Mentais. Com esse entendimento, estabelecemos o seguinte problema de pesquisa para nortear o nosso estudo: **Quais aprendizagens, relativas ao conteúdo de Eletroquímica, são favorecidas quando utilizadas situações didáticas que possibilitam a construção de Modelos Mentais?** Com esta indagação, outros questionamentos nos inquietaram, possibilitando o desdobramento nas seguintes questões de pesquisa:

- O conteúdo de Eletroquímica presente nos Livros Didáticos de Química, aprovados no PNLD/2015 (Programa Nacional do Livro Didático) favorece a construção de Modelos Mentais pelos estudantes?
- Quais Aquisições Conceituais, relativas ao conteúdo de Eletroquímica, são favorecidas quando utilizadas Situações Didáticas que possibilitam a construção de Modelos Mentais pelos estudantes?
- Quais Modelos Mentais, sobre o conteúdo de Eletroquímica, os estudantes do Ensino Médio elaboram mediante Situações Didáticas organizadas a partir de Abordagens Metodológicas alternativas ao ensino tradicional?

Em vista do problema e das questões de pesquisa, nosso objetivo foi investigar evidências de aprendizagens e possíveis fatores que influenciam Modelos Mentais dos estudantes da 2ª Série do Ensino Médio acerca dos conceitos abordados em Eletroquímica.

Devido ao problema de pesquisa e as questões de pesquisa apresentados, foram propostos os seguintes objetivos específicos:

- Analisar nos Livros Didáticos de Química, aprovados no PNLD/2015, modelos didáticos relacionados ao conteúdo de Eletroquímica;
- Conhecer, a partir da fala dos professores, se o Livro Didático é utilizado por eles e por seus estudantes;

-
- Identificar, a partir da percepção dos professores de Química, os conteúdos de Físico-Química em que os estudantes apresentam dificuldades de aprendizagem;
 - Levantar os conhecimentos prévios e modelos mentais dos estudantes da 2ª série do Ensino Médio sobre Eletroquímica;
 - Desenvolver situações didáticas pautadas na Teoria dos Modelos Mentais que contribuam na aquisição de conceitos e modelos científicos em Eletroquímica.

A tese está organizada em cinco capítulos. No Capítulo 1, inicialmente abordou-se a Aprendizagem e as Representações Mentais de Conceitos Químicos mencionando as principais Teorias de Aprendizagem, a Aprendizagem de Conceitos Químicos e Contribuições para Representações Mentais de Entidades Químicas, logo depois apresenta-se a Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird (1983), referencial teórico adotado nesta pesquisa para interpretar a Aprendizagem de Conceitos em Eletroquímica.

No Capítulo 2, apresenta-se algumas pesquisas sobre: Modelos e sua relação com o Aprendizado de Conceitos Químicos; Modelos Mentais e a Aprendizagem de Conceitos Químicos e de Conceitos Eletroquímicos e Livros Didáticos de Química e os Modelos Didáticos de Eletroquímica.

No Capítulo 3, apresentam-se os fundamentos e opções metodológicas que considerou-se coerente com o objeto de investigação neste estudo; o contexto e participantes da pesquisa; cuidados éticos da pesquisa e os procedimentos metodológicos e análise de dados.

No Capítulo 4, dispomos os resultados da pesquisa, iniciando pela apresentação dos Modelos Didáticos presentes nos capítulos que abordam o conteúdo de Eletroquímica em Livros Didáticos aprovados no PNLD/2015. Em seguida, apresenta-se a percepção dos professores de Química sobre o ensino e possíveis Modelos Didáticos sobre conceitos relacionados a Eletroquímica manifestados por esses professores. E, seguidamente são abordados os Modelos Mentais dos estudantes do Ensino Médio no estudo de Eletroquímica, de três escolas públicas situadas no município de Manaus.

Por fim, apresenta-se as Conclusões e Considerações Finais sobre a análise realizada nos Livros Didáticos, a Percepção dos Professores e os Modelos Mentais dos estudantes e as relações existente entre estes aspectos estudados.

Capítulo 1 – Referencial Teórico

“A linguagem da experiência tem mais autoridade do que qualquer raciocínio: fatos podem destruir o nosso raciocínio - o contrário, não.”

(Alessandro Volta)

Neste item apresenta-se algumas considerações sobre aprender, iniciando pelas raízes epistemológicas que norteiam as diversas compreensões sobre a aprendizagem. Em seguida, apresenta-se a **Teoria dos Modelos Mentais**, enfatizando a visão do teórico Johnson-Lard, destacando as tipologias e natureza dos Modelos Mentais. Concluindo o capítulo, apresenta-se a concepção de Modelos Mentais de outros teóricos.

1.1 Aprendizagem e Representações Mentais de Conceitos Químicos

São várias as atividades e realizações humanas que exibem os resultados da Aprendizagem. Nesse sentido, para interpretar e conceituar esse constructo diferentes Teorias de Aprendizagem surgiram como Comportamentalistas, Cognitivas e Humanistas (Figura 1.1) (POZO, 2002; LEFRANÇOIS, 2008; TARGINO, 2013).

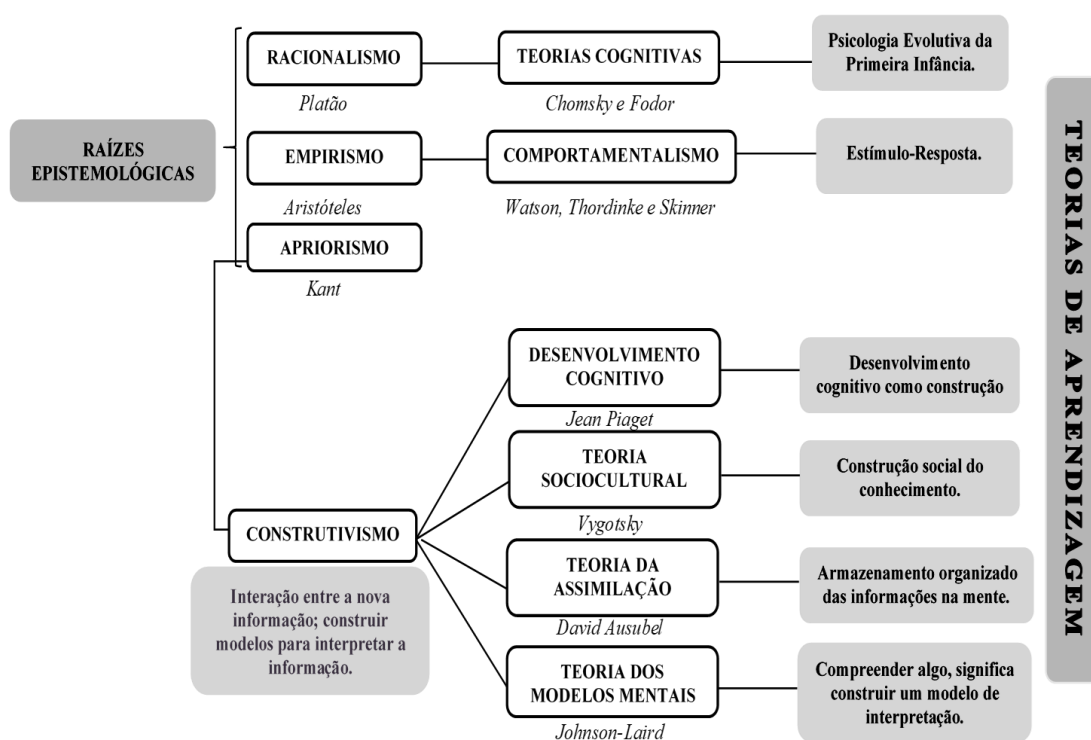
As Teorias de Aprendizagens têm suas raízes epistemológicas em ideias originadas com os filósofos gregos na Grécia Antiga. O Racionalismo busca explicar a natureza do conhecimento, partindo das ideias de Platão para o qual o conhecimento era obtido somente por pensamento e raciocínio. Nessa perspectiva, posições racionalistas contemporâneas psicológicas, como de Chomsky e Fodor com estudos da Psicologia Cognitiva da Primeira Infância, enfatizam o processo de cognição, através do qual a pessoa atribui significados à realidade em que se encontra. Logo, a aprendizagem é como um processo de relação do sujeito com o mundo externo e que tem consequências no plano da organização interna do conhecimento, organização cognitiva (POZO, 2002).

Um segundo enfoque filosófico, tem como base as ideias de Aristóteles, o Empirismo, onde o conhecimento ocorre por meio de regras que eram aprendidas a partir da experiência. As ideias dessa perspectiva constituem as bases teóricas das Teorias Psicológicas Comportamentalistas, onde destacam-se teóricos como Watson, Thorndike e Skinner. Essas teorias defendem que a aprendizagem engloba relações entre estímulos observáveis e respostas comportamentais observáveis.

Um terceiro enfoque filosófico, fundamenta-se nas ideias de Kant, no século XVII, que propõe o ato de conhecer numa relação entre o sujeito e objeto do conhecimento, configurando como uma posição intermediária ao Racionalismo e o Empirismo. A visão Construtivista sobre aprendizagem tem suas origens nas ideias kantianas, assim, propõe-se que a aprendizagem é produto da experiência e, que além disso é **sempre uma construção** e não cópia da realidade.

Dessa perspectiva originam-se as ideias de Desenvolvimento Cognitivo de Jean Piaget para o qual o desenvolvimento cognitivo é construído; a Teoria Sociocultural de Vygotsky que considera o desenvolvimento uma construção social; a Teoria da Assimilação de Ausubel o qual considera a aprendizagem como armazenamento organizado de informações na mente e a **Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird** para o qual aprender algo significa construir Modelos de interpretação sobre ele.

Figura 1.1 – Perspectivas teóricas da aprendizagem com os principais teóricos e respectivas ideias.



Destaca-se assim, que dentre as Teorias de Aprendizagem mencionadas neste estudo, utilizou-se a **Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird**, que está

relacionada as Teorias Cognitivistas. Nessa teoria, o Modelo Mental consiste em uma representação de alto nível que é núcleo psicológico da compreensão.

A aprendizagem possui características que podem ou não estar associadas a situação formal de ensino, podendo ser **aprendizagem implícita** - não requer um propósito deliberado de aprender nem mesmo a consciência do que se está aprendendo, de tal forma que os conhecimentos produzidos são implícitos, sendo utilizada em diferentes contextos sem se ter a consciência disso – e **aprendizagem explícita** - produto de uma atividade deliberada e consciente, que normalmente se origina em atividades socialmente organizadas genericamente denominadas de ensino (POZO, 2002).

É importante ressaltar que, a detecção e organização de regularidades observadas no ambiente permitem que a aprendizagem implícita proporcione também autênticas **teorias implícitas** em diversos domínios como na economia, na natureza, nas relações interpessoais, entre outros. Devido a esse caráter implícito, essas teorias são difíceis de verbalizar, no entanto influem poderosamente na interação e aprendizagem de cada um desses domínios (POZO, 2002).

Entender como se desenvolvem os diferentes modos de aprender e, como podem influenciar ou limitar a aprendizagem de conceitos, configuram como aspectos importantes na condução das aprendizagens dos estudantes, como no domínio de conceitos científicos. Outro aspecto importante, consiste em evidenciar a ocorrência de aprendizagem na interação do indivíduo com o objeto do conhecimento. A esse respeito Pozo (2002) propõe três características de uma boa aprendizagem:

- 1) **Produz uma mudança duradoura** – na perspectiva construtivista baseia-se na reorganização do conhecimento ou do comportamento e, ocorrendo a integração do conhecimento ou comportamento em nova estrutura de conhecimentos;
- 2) **Transferível para novas situações** – a eficácia daquilo que é aprendido está na capacidade de transferir o conhecimento para novos contextos, ou seja, quando aprendiz se torna capaz de aplicar o aprendido, em situações novas por meio da relação que realiza com os conhecimentos adquiridos;
- 3) **Consequência direta da prática realizada** - aprendizagem exige treinamento contínuo, uma vez que é sempre produto da prática. Contudo, mesmo que a quantidade de prática influencie na aprendizagem, não é um fator determinante

e sim o tipo de prática que se realiza. Portanto, o mais importante ao se organizar determinada prática é sempre adequá-la aos objetivos da aprendizagem.

Essas características são importantes na compreensão da aprendizagem de conceitos científicos, visto que a mudança duradoura e generalizável se relaciona à construção reflexiva do conhecimento, sendo favorecida a partir de práticas organizadas de acordo com as necessidades de aprendizagem dos aprendizes, podendo assim contribuir na diminuição das dificuldades inerentes ao aprendizado.

1.1.1 Aprendizagem de Conceitos Químicos

Os quatro pilares da educação são constituídos do aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver juntos e aprender a ser (DELLORS, 2012). No Brasil, estes pilares configuraram em um primeiro momento nas orientações oficiais nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), sendo os conteúdos de aprendizagem organizados em:

- **Conceituais** (aprender a conhecer) – compreensão de conteúdos interligando-os a cultura e ao contexto social do estudante de forma que não se restrinja a memorização e a abstração, estabelecendo relações com o conhecimento prévio;
- **Procedimentais** (aprender a fazer) – proporcionado por meio de estratégias e métodos de aprimoramento dos conceitos de modo experimental, devendo-se atingir uma meta através das ações;
- **Atitudinais** (aprender a viver juntos e aprender a ser) – vivência e relacionamento com os outros permitindo ao estudante a aquisição de valores e concepções de mundo, proporcionando-lhe posicionar-se sobre o que aprende (BRASIL, 2002).

Essa configuração dos conteúdos de aprendizagem adquiriu um peso crescente nas novas propostas para o ensino de Ciências. Contudo, continuam sendo articulados em torno dos **conteúdos conceituais**, os quais ainda estão como eixo central da maior parte dos currículos de Ciências.

A aprendizagem dos conceitos acontece de modo diferente da aprendizagem de fatos e dados. Isto porque, os fatos assim como os dados são informações literais e que não possuem relações significativas entre os elementos que os constituem e são aprendidos de forma literal ou exata e reprodutiva. Devido a este caráter meramente reprodutivo da aprendizagem de fatos e dados, o seu processo fundamental consiste na repetição ou revisão do material de aprendizagem. E, por isso não admite graus intermediários de entendimento, devendo-se saber tudo ou nada. Ou seja, a aprendizagem de fatos e dados não exige compreensão.

O conhecimento conceitual se constitui de representações com significados construídos na relação com outras representações. Isto implica que a aprendizagem de conceitos se constrói na relação com os conhecimentos prévios do estudante. E esta aprendizagem conceitual se desenvolve em níveis intermediários, de modo lento e gradual, exigindo a compreensão em vez de mera repetição.

Vale dizer que o conhecimento não é uma cadeia de elos e sim uma árvore de relações. Logo, um material de aprendizagem torna-se mais significativo para o estudante quando este além de estabelecer relações entre os elementos que o compõem, consegue relacionar com seus conhecimentos prévios.

Sendo a aprendizagem de conceitos e a construção de modelos algumas das finalidades da educação científica, as dificuldades de compreensão podem ser superadas com o trato de **conteúdos conceituais** dos mais específicos e simples (fatos ou dados) aos conceitos disciplinares específicos para então alcançar os princípios estruturais das ciências (POZO; GOMEZ CRESPO, 2009).

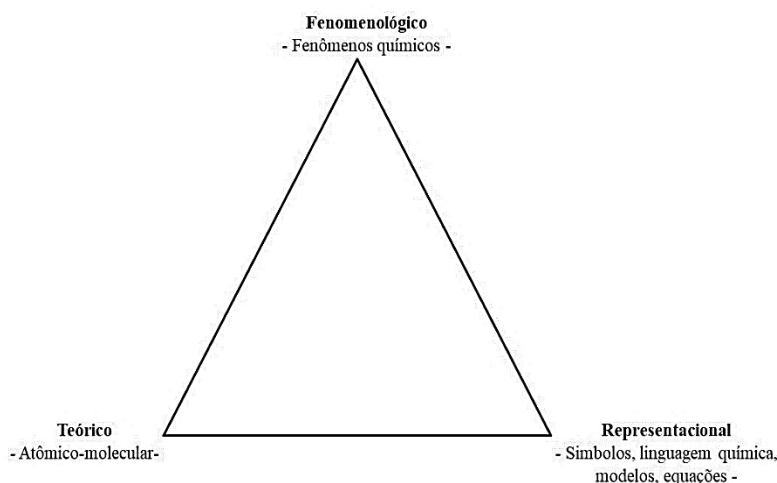
Diante disso, neste estudo nos atentou-se aos aspectos relacionados a Aprendizagem de Conteúdos Conceituais, sendo o nosso foco a aprendizagem de Conceitos de Eletroquímica.

O conhecimento químico estrutura-se a partir de relações complexas e dinâmicas que envolvem um tripé bem específico, em seus três eixos constitutivos fundamentais: materiais, substâncias, transformações químicas, propriedades e os **modelos explicativos** (constituição) (MORTIMER et al., 2000; BRASIL, 2002). Sendo que, os materiais e as substâncias assumem o centro dos estudos que se inter-relacionam com os demais elementos como objetos e focos de interesse da química.

Segundo Johnstone (1991; 1993) o aprendizado da química engloba três aspectos fundamentais, sendo eles: a observação dos fenômenos naturais (aspecto macroscópico); a representação destes em linguagem própria da ciência (aspecto simbólico) e a compreensão de partículas como átomos, íons e moléculas (aspecto microscópico). A compreensão da interrelação existente entre estes três aspectos revela o entendimento do conhecimento químico, sendo representado como Triângulo de Johnstone.

Mortimer, Machado e Romanelli (2000) tomando como base os estudos de Johnstone (1982), também organizaram os aspectos do conhecimento químico em um triângulo, no qual destacaram suas interrelações (Figura 1.2).

Figura 1. 2 Aspectos do Conhecimento Químico.



Fonte: Adaptado de MORTIMER et. al., 2000.

Nessa perspectiva, a abordagem do conhecimento químico de um ponto de vista didático assume três aspectos essenciais: Fenomenológico, Teórico e Representacional:

- a) Aspecto Fenomenológico: diz respeito aos fenômenos de interesse da química, seja aqueles concretos e visíveis, como a mudança de estado físico de uma substância, sejam aqueles a que temos acesso apenas indiretamente, como as interações radiação da matéria que não provocam um efeito visível, mas que podem ser detectadas na espectroscopia.
- b) Aspecto Teórico: relaciona-se a informações de natureza atômico-molecular, envolvendo, portanto, explicações baseadas em modelos abstratos e que incluem entidades não diretamente perceptíveis, como átomos, moléculas, íons, elétrons etc.
- c) Aspecto Representacional: neste se agrupam os conteúdos químicos de natureza simbólica, que compreende informações inerentes à linguagem química, como fórmulas e equações químicas, representações dos modelos, gráficos e equações matemáticas (MORTIMER et al., 2000, p.4).

Nos currículos tradicionais, os conceitos são abordados em uma sequência linear, por outro lado, no triângulo existe a valorização constante das interrelações entre cada um dos seus vértices: fenomenológico, teórico e representacional.

Nesse sentido, a aprendizagem de conceitos químicos requer que os estudantes compreendam a relação existente entre os três aspectos, de forma que a valorização de

um ou dois destes aspectos não prejudique a compreensão da química na sua totalidade. Assim, a compreensão da química requer conhecer esses três aspectos do conhecimento, assim como saber transitar entre eles.

A aprendizagem de conceitos químicos acontece com muita dificuldade para os alunos e muito menos do que se pretende. Pozo e Gomez Crespo (2009) apontam algumas dificuldades na aprendizagem da química por estudantes do ensino fundamental e médio:

- Concepção contínua e estática da matéria, a qual é representada como um todo indiferenciado;
- Indiferenciação entre mudança física e mudança química;
- Atribuição de propriedades macroscópicas a átomos e moléculas;
- Identificação de conceitos como, por exemplo, substância pura e elemento;
- Dificuldades para compreender e utilizar o conceito de quantidade de substância;
- Dificuldades para estabelecer as relações quantitativas entre massas, quantidades de substância, número de átomos, entre outros;
- Explicações baseadas no aspecto físico das substâncias envolvidas quando se trata de estabelecer as conservações após uma mudança de matéria;
- Dificuldades para interpretar o significado de uma equação química ajustada.

Este estudo tem como foco os conceitos presentes no conteúdo Eletroquímica, que consiste em uma parte da Química que estuda a relação entre a corrente elétrica e as reações químicas de transferência de elétrons (reações de oxirredução). Este conteúdo faz parte dos conteúdos de Físico-Química apresentados na segunda série do Ensino Médio. Dentre os diversos conteúdos eletroquímicos, podem-se abordar os processos de transferência de carga espontânea, como por exemplo, a corrosão, ou os processos não espontâneos, como a eletrólise.

O conteúdo de Eletroquímica está entre aqueles de maior importância no estudo da Química devido a sua relevância no entendimento do mundo físico, na possibilidade de relações concretas com o cotidiano e com os conhecimentos já adquiridos pelo estudante. E, no universo da disciplina Química, o conteúdo Eletroquímica está entre os mais difíceis de ensinar e de aprender (NOGUEIRA et al., 2017).

Os conceitos abordados em Eletroquímica são considerados abstratos e assim de difícil compreensão pelos alunos, como por exemplo, na determinação dos polos de

uma pilha (MATSUBARA et al., 2007), dificuldades de aprendizagem relativas a conceitos, como: oxidação, redução, corrente elétrica, condutibilidade elétrica em soluções, representação de reações de oxirredução e potencial de redução (MORTIMER; MIRANDA, 1995; DE POSADA, 1997; JUSTI, 1998; SANGER; GREENBOWE, 1997a, 1997b; LIMA; MARCONDES, 2005). Além disso, existe a abordagem inadequada destes conceitos nos Livros didáticos (MENDONÇA et al., 2004; PITANGA et al., 2014).

Os professores de Química no Ensino Médio, também consideram a abordagem de determinados conteúdos eletroquímicos difíceis e complexos, razão para deslocarem o tópico eletroquímica para o último semestre letivo, sabendo que não terão tempo hábil de executá-lo e que, desse modo podem “livrar-se do problema” (SANJUAN et al., 2009).

Resumindo, o conteúdo Eletroquímica é visto por estudantes e professores de Química do Ensino Médio como um dos assuntos mais difíceis no processo de ensino-aprendizagem da disciplina Química (NIAZ; CHACÓN, 2003).

1.1.2 Contribuições para Representações Mentais de Entidades Químicas

Historicamente, o Aspecto Representacional do conhecimento químico tem sido o mais valorizado nas salas de aula e nos Livros Didáticos adotados. Diante disso, a falta de observação dos fenômenos durante as aulas pode favorecer no estudante a falsa crença de que as fórmulas, equações e os modelos apresentados são reais. Por isso, torna-se fundamental que se valorize igualmente os três aspectos do conhecimento (MORTIMER et al., 2000).

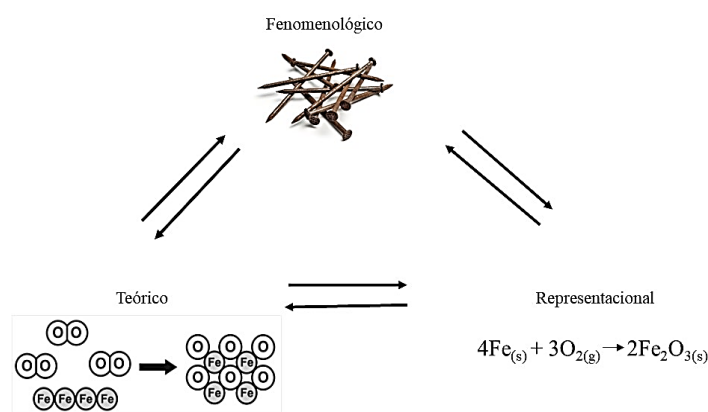
Ressalta-se que, na ausência de um conhecimento conceitual substancial e da capacidade visual-espacial, os alunos são incapazes de traduzir uma dada representação em outra (Figura 1.3) (KEIG; RUBBA, 1993; SEDDON; ENIAIYEJU, 1986; WU et al., 2001).

Uma vez que as pessoas não podem captar diretamente o mundo exterior, para que se torne possível, elas constroem representações mentais dele. E, estas representações mentais são representações internas, ou seja, são formas de “representar” interiormente o mundo externo (MOREIRA, 1996). A representação é um conceito central na psicologia cognitiva e tem se destacado nas pesquisas em ensino das ciências

(MOREIRA et al., 2002; FERNANDES; MARCONDES, 2006; VASCONCELOS et al., 2013).

No ensino e aprendizagem de Química, a utilização de modelos e representações destaca-se como uma estratégia importante, pois a elaboração de MMs e as formas de expressá-los são o resultado de um processo de significação resultante da relação entre indivíduos, como os professores e estudantes (VASCONCELOS et al., 2013).

Figura 1. 3 - Exemplos dos Aspectos do Conhecimento Químico.



Fonte: Adaptado de GIBIN, 2013.

A utilização de recursos visuais que possibilitem a construção dos MMs implica uma série de efeitos benéficos e interessantes na aprendizagem em relação à estrutura cognitiva dos estudantes. As grandes vantagens são o estímulo à memória e a criatividade, uma vez que construímos os Modelos Mentais de eventos empregando processos mentais implícitos. Com isso, o estudante pode desenvolver a habilidade de relacionar as representações simbólicas, macroscópicas e submicroscópicas, quando o professor se utiliza destes recursos que representam fenômenos em nível submicroscópico (VASCONCELOS et al., 2013).

Desse modo, torna-se importante investigar as dificuldades dos estudantes em aprender as diferentes formas de representação, como constroem seus modelos sobre os conceitos químicos, recorrendo à utilização de diferentes recursos didáticos e a estratégias de ensino e avaliação diversificados, sabendo ainda que os modelos assumem um papel fundamental na compreensão do conhecimento científico.

A inapropriação de conceitos científicos, a incompreensão dos modelos científicos, a incompreensão dos fenômenos e o não seguimento de procedimentos, estão entre as principais dificuldades destacadas em pesquisas científicas sobre aprendizagem de conceitos Eletroquímicos (GUISASOLA et al., 2008; COSTA et al., 2008; CASSIO et al., 2012; PACCA et al., 2003; LABURÚ; GOUVEIA; BARROS, 2009; CAMEL; PACCA, 2011; PESA et al., 2014). Essas dificuldades estão relacionadas a natureza microscópica e por vezes abstrata do conhecimento químico. Também devido a linguagem química ser basicamente simbólica o que exige alta capacidade de abstração e generalização do conhecimento.

Sobre isso, Mortimer (2011, p. 187) afirma que “[...] a linguagem cotidiana é automática e muito mais próxima da fala [...] a linguagem científica exige uma reflexão consciente no seu uso [...]”. E isto, pode interferir na apropriação dos conceitos científicos pelos alunos, uma vez que estes ainda são um recurso muito utilizado para nortear seus estudos.

Conceitos eletroquímicos não são utilizados pela maioria dos estudantes em suas interpretações, configurando dessa maneira que os alunos apresentam dificuldade na diferenciação das reações no Aspecto Fenomenológico e Representacional (BARKE et al., 2005).

A utilização de Modelos Físicos como auxílio na formação de imagens mentais (FRANCISCO JUNIOR et al., 2009), configura como atividades didáticas diferenciadas como o uso da simulação por computador, articulação das simbologias convencionais e elaboração de desenhos, contribuindo no processo de construção dos conceitos científicos e na geração de representações químicas, isto porque as simulações colaboram na visualização dos fenômenos no Aspecto Fenomenológico e Representacional.

A elaboração de desenhos também se revela como atividade didática diferenciada, sendo uma estratégia eficaz no ensino de conceitos científicos e no diagnóstico de concepções e modelos dos estudantes. Todavia, vale ressaltar que o uso de imagens ainda é restrito em sala de aula, e quando ocorre geralmente é por meio das imagens presentes nos Livros Didáticos, os quais prezam mais por imagens explicativas, de um fenômeno ou estrutura.

Destaca-se algumas limitações, como a exploração dos Modelos Didáticos na compreensão de modelos científicos próprios da eletroquímica, como também lacunas

a serem investigadas no estudo dos Modelos Mentais dos estudantes durante a aquisição de conceitos eletroquímicos.

Desse modo, o desenvolvimento da aprendizagem em eletroquímica requer: compreender como o aluno aprende, reconhecer as suas dificuldades para aprender os conceitos e como estes conceitos estão representados na sua estrutura cognitiva, tal como utilizar estratégias diferenciadas de abordagem do conteúdo de forma que se possa ir superando aquelas limitações no aprendizado dos conceitos fundamentais e a exploração dos Modelos Didáticos na compreensão de modelos científicos como também o estudo dos MMs dos estudantes durante a aquisição de conceitos eletroquímicos.

1.2 Teoria dos Modelos Mentais

A aprendizagem relaciona-se a construção de **Modelos Mentais (MMs)** sobre as coisas do mundo. E, essa construção mental ocorre porque os humanos não são capazes de captar o mundo de forma direta, tendo assim que criar representações mentais dele, os MMs. E, uma vez que ter o entendimento de determinado evento significa saber as causas e os seus resultados, como provocá-lo, de que forma o influenciar e até mesmo como evitá-lo. Para Johnson-Laird a compreensão da cognição humana torna-se essencial pesquisar como as pessoas usam estas representações o qual considera de alto nível.

Dentre as várias definições sobre MMs, nesta pesquisa tomou-se como aporte a definição de JOHNSON-LAIRD (1983). Segundo a Teoria de JOHNSON-LAIRD (1983), os MMs são formas de representações internas de informações ou conceitos que correspondem a determinados eventos. Esta teoria foi um marco para a psicologia cognitiva, pois surgiu como uma nova forma de compreender a relação e diferenciação entre representações analógicas, proposicionais e imagéticas.

Nesta teoria distingue-se três tipos de representação interna em relação aos processos mentais: **representações proposicionais** - são cadeias de símbolos que correspondem à linguagem natural, imagens e MMs, são abstraídas e verbalmente expressáveis; **imagens** - são visualizações de modelos sob um determinado ponto de vista e os **Modelos Mentais** - são análogos estruturais do mundo.

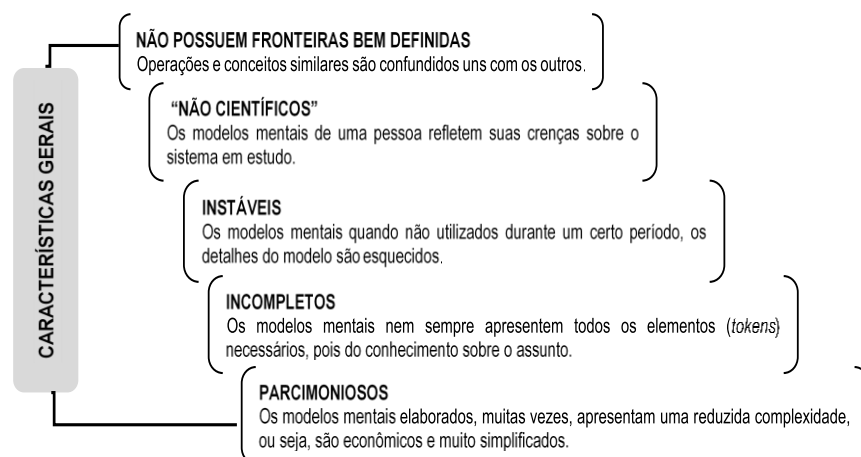
O critério de expressabilidade verbal distingue Johnson-Laird de outros psicólogos cognitivos (STERNBERG, 1996). Para o teórico, tanto representações proposicionais, como imagens, podem ser processadas no “mentalês” (linguagem da mente) (MOREIRA, 1996). Para Johnson-Laird, o Modelo Mental (MM) é uma representação interna de informações que corresponde analogamente com aquilo que está sendo representado (MOREIRA, 1996). Para ele, a mente tem seu código próprio, o “mentalês”, o qual não é consciente, cujo acesso se mostra difícil e desnecessário, pois podem operar tranquilamente com proposições, imagens e modelos mentais.

Os MMs não possuem estrutura sintática definida, no entanto possuem uma estrutura que corresponde ao estado de coisas do mundo que representam. Logo, os MMs são análogos estruturais de estados de coisas do mundo, elaborados pela pessoa, de acordo com o conhecimento que ela possui sobre o assunto.

Johnson-Laird (1983) evidencia que a linguagem mental mapeia uma representação proposicional em termos de MMs, isso quer dizer que as representações proposicionais são interpretadas em relação aos MMs. Representações proposicionais funcionam como meios de “entrada”, propiciando a construção de MMs. Os MMs diferenciam-se das representações proposicionais, por serem altamente específicos tal como as imagens. Segundo esta teoria, a imagem seria uma forma de visualizar o MM.

Para Johnson-Laird (1983), não há somente um MM para representar certas informações e conceitos; pois para ele podem existir vários modelos, podendo também coexistir inúmeros MMs a representar informações ou os conceitos de modo ótimo. A esse respeito, NORMAN (1983) apresenta uma importante contribuição à teoria, propondo as seguintes características gerais (FIGURA 1.4):

Figura 1.4 Características gerais dos Modelos Mentais segundo Norman (1983).



Os MMs evoluem constantemente e não necessitam ser precisos, mas devem ser **funcionais**, sendo que são formulados à medida que a pessoa interage com um certo sistema. Todavia, a eficácia do modelo é limitada devido ao conhecimento prévio que as pessoas possuem, e devido as experiências vividas anteriormente com os sistemas semelhantes (NORMAN, 1983).

Os modelos podem representar relações espaciais, eventos, processos e operações de sistemas complexos, além de permitirem descrever, prever e deduzir sistemas (JOHNSON-LAIRD, 2001). E, como a construção do raciocínio dos estudantes tem como base os Modelos Mentais, conhecê-los é importantíssimo para elaborar atividades de aprendizagem que visem a evolução destes modelos em direção aos modelos científicos.

Quanto ao conteúdo, as proposições, os MMs e as imagens podem ser todos diferenciados quanto à especificidade. As representações proposicionais podem não ser muito específicas, por exemplo, uma representação mental proposicional ao estabelecer relação espacial entre dois objetos como sendo “ao lado de”, sem definir se está “à esquerda” ou “à direita”. JOHNSON-LAIRD (1983) aponta que, para uma imagem, essa falta de especificidade não seria possível. Isto porque, tanto MMs como imagens são altamente específicos. Por exemplo, não é possível formar uma imagem de um objeto ou evento (um quadro, por exemplo) em geral, mas sim de um objeto ou evento específico (um determinado quadro, como o da Mona Lisa, por exemplo).

Na aprendizagem de conceitos químicos identificam-se os MMs como a estrutura cognitiva interna dos estudantes que correspondem aos fenômenos químicos, conceitos e representações em estudo. Dessa maneira, os modelos assumem um papel importante na representação de objetos, estado de coisas, sequência de eventos; permitindo que façam inferências e previsões, que se entenda os fenômenos e a linguagem química e relacione as palavras com o mundo através da concepção e percepção.

1.2.1 Tipologia dos Modelos Mentais

Os MMs podem ser divididos em **modelo físico** e **conceitual**, o primeiro representa o mundo físico e o segundo representa os conceitos abstratos. Dentre os modelos físicos, existem seis exemplos: Modelo relacional; Modelo espacial; Modelo

temporal; Modelo cinemático; Modelo dinâmico e a Imagem (JOHNSON-LAIRD, 1983).

Modelo relacional é um ‘quadro’ estático que consiste de um conjunto finito de elementos representando um conjunto finito de entidades físicas, um conjunto finito de propriedades dos elementos representando as propriedades físicas das entidades, e um conjunto finito de relações entre os elementos representando relações físicas entre as entidades. Pode-se tomar como exemplo, o quadro “A Última Ceia”, de Leonardo da Vinci, o qual pode ser descrito, com todos os seus elementos e propriedades, de forma que uma pessoa construa um MM relacional da obra em questão.

Modelo espacial é um modelo relacional no qual as relações entre as entidades são apenas espaciais e o modelo representa estas relações localizando os elementos em um espaço dimensional, o qual apresenta tipicamente duas ou três dimensões. Por exemplo, descrevendo-se a posição de um objeto em relação a outro: a lapiseira está à esquerda do caderno, ambos em cima da mesa. Observa-se que a única relação entre estes elementos no quadro é a espacial.

Modelo temporal trata-se de uma sequência de ‘quadros’ espaciais (de determinada dimensionalidade) que ocorre em uma ordem temporal correspondente a ordem temporal dos eventos (não necessariamente no tempo real). Isso quer dizer, que este modelo apresenta uma ordem temporal de eventos, o qual não é necessariamente linear cuja temporalidade também não é contínua.

Modelo cinemático é um modelo temporal que é psicologicamente contínuo. Representa as mudanças e movimentos de entidades sem descontinuidades temporais. O modelo pode rodar em tempo real e certamente o fará se o modelo for construído pela percepção. O modelo é temporalmente contínuo, os elementos apresentam movimentos fluídos e contínuos.

Modelo dinâmico consiste em um modelo cinemático no qual existem relações entre certos quadros, que representam relações causais entre os eventos representados. Como exemplo de modelo dinâmico pode-se ser o de uma pessoa empregando um estilingue e uma pedra para estourar uma bexiga. Existe uma relação de causa e efeito entre quadros do MM criado para esta cena. A bexiga é estourada porque o estilingue dispara uma pedra com elevada velocidade.

A **Imagem** é uma representação, centrada no observador, das características visíveis de um modelo espacial tridimensional ou de um modelo cinemático/dinâmico. Logo, a imagem corresponde a uma visualização de um objeto ou evento representado em um modelo.

1.2.2 Natureza dos Modelos Mentais

Johnson-Laird (1983) propôs uma série de nove princípios que qualificam e delimitam a natureza dos modelos mentais, proporcionando uma compreensão sobre a configuração de um determinado MM que possibilita explicar e fazer previsões sobre algo (Quadro 1.1).

Quadro 1. 1- Princípios que delimitam a natureza dos Modelos Mentais.

Princípio	Característica dos Modelos Mentais
Computabilidade	São computáveis, isto é, devem ser descritos na forma de procedimentos efetivos que possam ser executados por uma máquina.
Finitude	São finitos em tamanho e não podem representar diretamente um domínio infinito. Pois, o cérebro é um órgão finito que apresenta limitações.
Construtivismo	São construídos a partir de elementos estruturados com o objetivo de representar um determinado estado de coisas.
Economia	Descrição de um único estado de coisas é representada por um único modelo mental, mesmo se a descrição for incompleta, indeterminada ou incorreta.
Não-indeterminação	Representam indeterminações diretamente se o seu uso não for computacionalmente intratável, isto é, se não existir um crescimento exponencial em complexidade.
Predicabilidade	Um predicado pode se aplicar a todos os termos aos quais um outro se aplica, mas eles não podem ter intervalos de aplicação de interseção. Por exemplo, “animado e humano” se aplicam a certas coisas em comum, “animado” aplica-se a algumas coisas às quais o humano não se aplica, mas não há nada para o qual se aplica o humano e o animado não.
Inatismo	Todos os primitivos conceituais são inatos, porém nem todos os conceitos são inatos, embora alguns tenham que ser ativados pela experiência. A aprendizagem de conceitos ocorre geralmente a partir de primitivos conceituais inatos ou de conceitos previamente adquiridos.
Número finito de primitivos conceituais	Existe um conjunto finito de “primitivos conceituais” que originam um conjunto correspondente de “campos semântica” ¹ , e existe um conjunto ainda finito de conceitos, ou operadores semânticos, que ocorrem em cada campo semântico, servindo para construir conceitos mais complexos a partir do subjacente primitivos.
Identidade estrutural	Suas estruturas são idênticas às estruturas dos estados de coisas, percebidos ou concebidos.

¹ *Campo semântico*: é o conjunto de possibilidades que uma mesma palavra ou conceito pode ser utilizado em diversos contextos. Uma mesma palavra pode tomar vários significados diferentes em um mesmo texto, dependendo de como for empregada e de que palavras a acompanham para tornar claro o significado que ela assume naquela situação. Fonte: www.infoescola.com/redacao/campos-lexicais-e-semanticos/, Acessado em 23 de julho de 2018.

1.3 Concepção de Modelos Mentais de Outros Teóricos

A natureza e o conteúdo dos MMs são partes essenciais de vários estudos no ensino de ciências e sua utilização já ocorre em várias áreas do conhecimento e uma vez que envolvem o uso de analogias para representar objetos ou ideias, eventos ou processos se torna cada vez mais interessante conhecer os diferentes olhares de seus autores.

Os MMs são utilizados há aproximadamente 50 anos e apesar disso não há uma definição explícita do que seja um MM. Ressalta-se que o conceito se propagou a partir da publicação de dois livros, ambos com o título "Mental Models", publicados em 1983. O primeiro deles, editado por Gentner e Stevens (1983) é uma coleção de contribuições a um seminário sobre o assunto. Nele são descritas várias visões do conceito de maneira mais ou menos implícita. O segundo livro, cujo autor é Johnson-Laird (1983), consiste em uma obra na qual o autor procura explicar o raciocínio dedutivo e a compreensão de textos. Com isso, o conceito de MM começou a ser usado ao lado de outros como "frame", "schema" e "script" e dessa forma, a terminologia empregada nas diferentes áreas não é uniforme (BORGES, 1997).

Na Ciência Cognitiva, os MMs são usados na caracterização das formas com as quais as pessoas compreendem os sistemas físicos, com os quais interagem. São úteis para explicar o comportamento do sistema, prever, localizar falhas e atribuir causalidade aos eventos e fenômenos observados (NORMAN, 1983).

Na área de Supervisão e Controle de Sistemas, um MM inclui o conhecimento sobre o sistema a ser controlado, conhecimento sobre as perturbações prováveis de afetar o seu funcionamento e estratégias associadas com a tarefa de controle (ROUSE; MORRIS, 1986).

O conceito de MM também é usado na caracterização de alguns padrões recorrentes de pensamento criativo de cientistas no curso de suas pesquisas. Em todas essas situações, mesmo sendo inteiramente novas, certo núcleo central de ideias e representações pode ser identificado e seguido ao longo de extensos períodos.

Tweney (1992) analisando a origem do conceito de campo identificou algumas ideias e imagens, que reapareceram de tempo em tempo. Por exemplo, Faraday durante anos em suas anotações tentava criar representações mais claras de suas ideias sobre as

linhas de força. Nisso observa-se a importância dos MM para compreender como as ideias de diferentes áreas da ciência e de seus diferentes autores são construídas e de como podem interferir e influenciar o aprendizado no cotidiano, na ciência e na sala de aula.

Moreira (1996) aponta alguns autores que realizam estudos com a Teoria de Modelos Mentais aplicada à educação em Ciências. Gentner e Gentner (citado por MOREIRA, 1996) estudaram os modelos usados por estudantes para resolver problemas de circuitos elétricos. O autor destaca que o conceito de MM desses autores é o mesmo de analogia, no sentido tradicional – aquele em que o diálogo guarda uma correspondência muito próxima com aquilo que representa. Sendo que o MM de Johnson-Laird é muito mais abrangente, por ser um análogo estrutural de um estado de coisas (um evento ou um objeto).

Segundo Kleer e Brown (citado por MOREIRA, 1996), o referencial destes autores sobre MMs é mais restrito que o de Johnson-Laird (1983), pois trata-se de um modelo "basicamente proposicional". Moreira (1996) discute que Williams, Hollan e Stevens (1983) conceituam MM como um conjunto de **objetos autônomos** “conectados”. Tais objetos autônomos de Williams, Hollan e Stevens seriam objetos mentais (que possivelmente seriam também MMs) que têm fronteiras definidas. Moreira (1996) argumenta sobre a concepção de MM de Ibrahim Halloun afirmando ser basicamente a mesma de Johnson-Laird (1983), sendo que este enfatiza em sua pesquisa o processo de modelagem, em conjunto com o processo de criação e testes dos modelos dos estudantes.

Observa-se assim que o conceito de MM tem uma multiplicidade de significados construídos em diferentes áreas do conhecimento, mas que permitem compreender como podem interferir na aquisição do conhecimento.

Capítulo 2 – Modelos e o Aprendizado de Conceitos Químicos

*“Existe uma ilusão de querer beber o oceano do real
com o canudinho de um conceito”.*

(René Barbier)

Este capítulo apresenta uma revisão das pesquisas que abordam os temas deste estudo. Inicialmente, mostram-se estudos que abordam modelos didáticos presentes nos Livros Didáticos de Química. Em seguida, destacam-se estudos que mostram modelos relacionados com o aprendizado de Conceitos Químicos. Por fim, são evidenciadas pesquisas que mostram o aprendizado de conceitos químicos, em especial, sobre Eletroquímica, incluindo estudos sobre concepções alternativas acerca do referido conteúdo químico.

2.1 Livros Didáticos de Química e os Modelos Didáticos de Eletroquímica

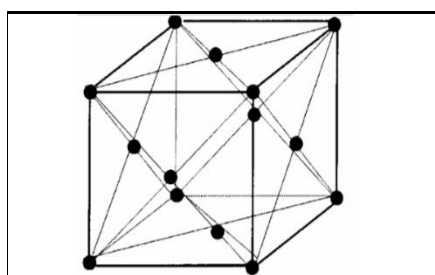
O Livro Didático de Química (LDQ) veicula conceitos, informações e procedimentos desse campo científico. De forma especial para o professor, o livro apresenta alternativas de ensinar, abordagens metodológicas e concepções de ciência, educação e sociedade. O Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) em 2015 (BRASIL, 2014) estabelece alguns critérios a serem levados em consideração na aprovação das coleções, dentre estes a **Constituição do Conhecimento Químico** – que destaca aspectos como linguagem das representações e símbolos – e **Atividades** – que considera compreensão das representações como um aspecto importante.

A esse respeito, ressalta-se que a linguagem de **representações e símbolos** sejam significativos para a química e que necessitam da mediação do professor em sala de aula. Enquanto, os livros devem valorizar, especialmente nas atividades, a necessidade de leitura e **compreensão de representações** nas suas diferentes formas, equações químicas, gráficos, esquemas e figuras a partir do conteúdo apresentado. Desse modo, vê-se que as representações, os símbolos, os Modelos Didáticos adotados nos LDs são significativos para que a abordagem dos conceitos seja adequada ao desenvolvimento da aprendizagem de conceitos científicos pelos estudantes.

A partir dessa compreensão, buscou-se estudos, na literatura relativa ao Ensino de Ciências internacional e nacional, referentes à vários conteúdos químicos: reações químicas, equilíbrio químico, cinética química, ácidos e bases, ligação metálica e reações redox.

Desses estudos, um mostra a análise de 58 livros didáticos espanhóis de Química, do Ensino Médio, em relação ao tratamento das ligações metálicas. Foi verificado que os Modelos Teóricos – abordam aspecto teórico do conhecimento químico - empregados pelos LDs em suas explicações são de natureza metafórica e abertos a interpretações errôneas (Figura 2.1). Entretanto, os LDs não são sensíveis a essa característica dos Modelos Teóricos empregados pelos mesmos (DE POSADA, 1999).

Figura 2.1 – Modelo didático de Ligação Metálica na abordagem de Eletroquímica.



Fonte: De Posada (1999).

De Posada (1999, p.436) verificou que o livro descreve o modelo da seguinte forma: “[...] representa esquematicamente um empacotamento cúbico mais próximo de densidade máxima”. Essa descrição revela a crença do autor do livro de que os alunos possam vir a encontrar grandes dificuldades e ao mesmo tempo deduz ser característica do próprio metal. Contudo, mesmo entendendo que essa é uma estrutura básica, os alunos devem se questionar sobre o significado das linhas entre as bolas e por que as bolas estão tão distantes uma da outra, principalmente se os metais têm alta densidade (Figura 2.1).

Outro estudo que buscou verificar Modelos Didáticos nos LDQ analisou como ocorre a transposição didática do conceito de Reação Química, focando como este conceito se configura no LDQ brasileiro destinado ao Ensino Médio. Esse estudo considerou como critérios os três diferentes aspectos do conhecimento químico: fenomenológico, representacional e teórico. A análise mostrou supostas lacunas e imprecisões devidas ao nível de abstração, isto porque a compreensão conceitual envolve explicações para fatos estudados através da interpretação conforme modelos

explicativos teóricos. Assim, também observou que o aspecto teórico é o menos explorado na proposta dos livros, o que dificulta a construção deste conhecimento pelo estudante (MENDES, 2011).

Ao analisar estudos sobre os conteúdos da Físico-Química presentes nos LDQ, foram observados assuntos como Ácidos e Bases, Cinética Química, Equilíbrio Químico e Eletroquímica (KIILL, 2009; ÖSTERLUND et al., 2010; CÁSSIO et al., 2012; MIRANDA et al., 2015). Esses estudos tiveram como foco as representações dos conceitos químicos por meio das imagens, Modelos Didáticos e as relações com os níveis do conhecimento químico.

Dessa maneira, Kiill (2009) desenvolveu um estudo de caracterização e identificação da contribuição das representações visuais contidas em LDQs, para o processo de significação do conceito de equilíbrio químico. Caracterizou as imagens baseando-se nos níveis de representação do conhecimento químico como o: macroscópico (fenomenológico), microscópico (teórico) e simbólico (representacional). Segundo a autora, os estudantes que desenvolvem a habilidade de correlacionar essas dimensões podem facilmente entender os conceitos químicos, julgando assim indispensável que nos LDs se considerem tanto as dimensões do conhecimento químico como a correlação entre elas.

Miranda et al. (2015) objetivando identificar a presença e as características dos modelos para o ensino de cinética química em LDQ, verificou se a visão de Ciência dos autores refletia nos Modelos Didáticos empregados e se algum modelo didático e/ou consensual era predominante na abordagem de cinética química nos LDs analisados. Identificou, especialmente, os seguintes Modelos Didáticos: matemáticos, gráficos, analogias, macroscópicos, microscópicos, representacionais, esquemas, desenhos e imagens. E, por fim julgou que a associação destes diferentes Modelos Didáticos pode facilitar a aprendizagem de conceitos químicos.

Österlund et al. (2010) analisaram como os LDQ usam modelos redox em várias áreas de estudo e de que modo explicam o “por que os modelos” são modificados dentro e entre áreas temáticas. Dentre as questões de pesquisa que nortearam o estudo destaca-se: “Como os LDs explicam os modelos e os conceitos relacionados de oxidação e redução? E Como os LDs tratam as dificuldades conhecidas que os alunos têm com reações redox?”. Investigaram todos os livros de química suecos e um livro inglês. Observaram que autores não levam em consideração as dificuldades de aprendizagem

ao apresentarem diferentes modelos sem explicar o motivo dessas diferenças. As diferentes possibilidades de Modelos Didáticos sobre as reações de oxirredução podem ser confundidas tanto por estudantes como por professores e Livros Didáticos. Os autores verificaram que nos Livros Didáticos os quatro modelos de oxirredução são representados – Modelo de Oxigênio, Modelo de Hidrogênio, Modelo Transferência de Elétrons e Modelo do Número de Oxidação – e que estes são semelhantes tanto na química inorgânica quanto na química orgânica, sendo que na primeira o usual é o de número de elétrons e oxidação e na segunda os de oxigênio e hidrogênio.

Eles observaram ainda que os LDQ não justificam as mudanças no uso dos modelos de oxirredução dentro e entre áreas temáticas sem mesmo explicarem por que o uso de certo modelo em vez de outro modelo em determinados contextos. Além disso, verificaram poucas informações de que os LDQ levam em consideração as dificuldades dos estudantes na formulação dos conteúdos, as quais são relatadas nas pesquisas sobre concepções alternativas de oxirredução.

Os modelos nos LDQ refletem como os modelos são usados por especialistas e a “mudança injustificada de modelos redox” e os conceitos complexos de oxidação e redução podem ter consequências negativas para o estudante que ainda não alcançou a competência linguística do especialista.

Cássio et al. (2012), analisando LDQ verificaram o papel dos íons nas transformações químicas, nos capítulos sobre ácido-base, oxirredução, equilíbrios aquosos, reações inorgânicas e funções inorgânicas, nos quais o papel dos íons precisava ser considerado. Observaram que os íons são introduzidos aos estudantes após a discussão sobre distribuição eletrônica, onde lhes são atribuídas suas características definidoras: possuir elétrons a mais ou a menos que os átomos (neutros) que os originam. Sendo retomadas a sua importância na apresentação das ligações químicas – onde a presença de íons é colocada como condição necessária para a formação de ligações iônicas.

Segundo os autores, os íons só vêm tomar o protagonismo das discussões nos conteúdos de equilíbrios iônicos, oxirredução e eletroquímica, em geral apresentados aos alunos do segundo ano do ensino médio. Com isso, o papel do íon como agente efetivo das transformações químicas fica escondido por outros tópicos como funções inorgânicas, classificação de reações químicas e vários outros tipos de informações

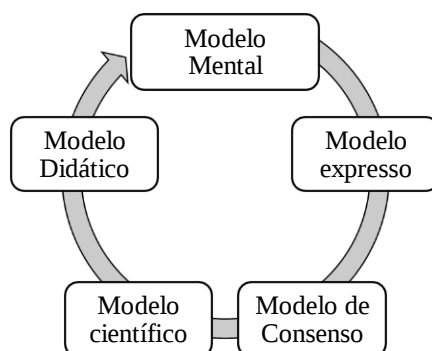
tabeladas. Desta forma, o que existe é um predomínio da classificação na abordagem das reações químicas versus uma certa ênfase em conceitos.

Dessa forma, as pesquisas mostram a relevância do estudo de Modelos Didáticos presentes nos LDs adotados no ensino básico, uma vez que influenciam na construção do conhecimento científico pelos estudantes, podendo ainda dificultar a compreensão da relação existente entre os três aspectos do conhecimento químico.

2.2 Modelos e sua relação com o aprendizado de Conceitos Químicos

Modelo Científico é uma representação de um fenômeno produzido para um determinado propósito. O modelo é originalmente produzido na ciência, em pesquisas científicas, com o intuito de desenvolver explicações na observação de determinado fenômeno. Os modelos têm origem em uma atividade mental podendo representar objetos, processos, eventos, sistemas e ideias (GILBERT et al., 2000).

Justi e Gilbert (2000) categorizaram os modelos em tipologias que se referem ao processo de construção e socialização dos mesmos (Figura 2.2). Explicam um **Modelo Mental** como uma representação cognitiva individual e pessoal. Quando este modelo é colocado em domínio público pelo indivíduo ou por um grupo, motivando a interação através do uso de um ou mais modos de representação, surge então o **Modelo Expresso**. Esta relação entre um MM e o modelo expresso correspondente é aparentemente difícil. Qualquer pessoa reflexiva que tente expressar o seu MM perceberá que o ato de o expressar o transforma. Quando esse modelo expresso se torna consenso para um determinado grupo social torna-se **Modelo de Consenso**.



Fonte: Próprio autor.

Figura 2.2– Sequenciamento contínuo de construção e socialização dos Modelos.

Particularmente, diferentes grupos de pesquisadores produzem uma riqueza de modelos expressos dos fenômenos que estão investigando. Assim, o modelo expresso aceito dentro de uma comunidade de cientistas após testes experimentais formais e publicações em revistas transforma-se em **Modelo Científico**.

Seguidamente, passa a desempenhar papel central na condução de pesquisas científicas por certo tempo, logo esses modelos de consenso produzidos em determinado contexto histórico são substituídos e passam à **Modelos Históricos**.

Devido à complexidade dos modelos científicos nas salas de aula ensinam-se esses modelos de forma mais simplificada, os **Modelos Curriculares**. Surge então o **Modelo Didático** que consiste em todos os métodos e ferramentas que o professor utiliza para aproximar os estudantes do conhecimento científico, como exemplo, imagens que permitem visualizar, desenhos, esquemas, analogias, objetos, gráficos e tabelas.

Gilbert (2005) afirma que qualquer um dos tipos de modelos de um fenômeno sob domínio de um público (Modelo Explicativo, Modelo Científico, Modelo Histórico e Modelo Curricular) apresenta um ou mais dos cinco modos de representação desses modelos (Quadro 2.1).

Quadro 2.1- Modos de representação dos diferentes tipos de modelos.

Modos de Representação dos Modelos	Características
Modo Concreto (Material)	É tridimensional e feito de materiais resistentes.
Modo Verbal (Oral ou Escrita)	Consiste na descrição das entidades e nas relações entre elas em uma representação.
Modo Simbólico	Refere-se aos símbolos químicos e fórmulas, equações químicas e expressões matemáticas.
Modo Visual	Consiste no uso de gráficos, diagramas e animações.
Modo Gestual	Relacionado aos movimentos corporais.

Ferreira e Justin (2008) visando contribuir com o ensino de Equilíbrio Químico e buscando compreender o que são os modelos, para que servem e como são construídos, propôs a 26 estudantes da primeira série do Ensino Médio de uma Escola Pública Federal de Belo Horizonte, uma sequência de **atividades experimentais mentais** no

intuito de fundamentar a aprendizagem em sucessivas construções e reconstruções de modelos.

Eles conduziram as atividades buscando: a reflexão sobre os modelos construídos; a integração entre conhecimentos prévios e as novas evidências observadas; e o reconhecimento da validade dos diversos modelos elaborados. Nessas atividades o estudante não tinha, necessariamente, que chegar a um modelo igual àquele aceito cientificamente.

Assim, tanto nos modelos elaborados pelos estudantes como nos seus comentários sobre eles, observaram a aplicação do Modelo Científico - O Modelo Cinético Molecular. E, isto mostrou-se relevante para que os estudantes propusessem, em seus modelos explicativos, como o equilíbrio ocorre no nível submicroscópico, aspecto que segundo os autores facilitou a compreensão do dinamismo do processo.

Oliveira et al. (2015) investigaram como alunos e professor usam as representações sobre Ligações Químicas em seus discursos nas atividades de modelagem. E, verificaram a relação entre as funções de tais representações e a demanda de situações explicativas e argumentativas, por meio de atividades investigativas de modelagem. Para eles os diferentes modos de representação, apoiam a comunicação, permitindo a compreensão mútua e a negociação de significados; são diversas as funções de uso das representações pelos alunos e pelo professor; contribuições para as discussões característica própria da argumentação e explicação. E as representações não-verbais desempenham papéis importantíssimos na construção, uso e defesa de explicações.

A inapropriação de conceitos científicos, a incompreensão dos modelos científicos, a incompreensão dos fenômenos e o não seguimento de procedimentos, estão entre as principais dificuldades destacadas em pesquisas científicas sobre Aprendizagem de Conceitos Eletroquímicos (GUISASOLA et al., 2008; COSTA et al. 2008; CASSIO et al., 2012; PACCA et al., 2003; LABURÚ et al., 2009; CARMEL; PACCA, 2011; PESA et al., 2014). Essas dificuldades estão relacionadas a natureza microscópica e por vezes abstrata do conhecimento químico. Também devido a linguagem química ser basicamente simbólica o que exige alta capacidade de abstração e generalização do conhecimento.

Conceitos eletroquímicos não são utilizados pela maioria dos estudantes em suas interpretações, configurando dessa maneira que os alunos apresentam dificuldade

na diferenciação das reações no Aspecto Fenomenológico e Representacional (BARKE et al., 2005).

Pesquisas realizadas na Austrália, Estados Unidos e África do Sul mostraram que alunos de escolas, universitários e professores manifestam concepções errôneas bem semelhantes sobre o fluxo em uma célula eletroquímica (BRAND, M., 1987; GARNETT, P.J.; TREAGUST, D.F, 1992a, 1992b; MASHER, G. L., 1995; OGUDE; BRADLEY, 1994, 1996; SANGER; GREENBOWE, 1997a, 1997b), sendo os três principais equívocos encontrados:

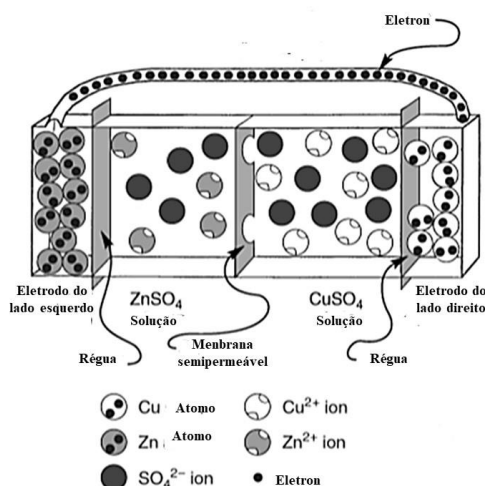
- A corrente sempre envolve o **movimento de elétrons**, tanto em solução como através da ponte salina;
- Em uma célula eletroquímica, os ânions e cátions se movem até que sua concentração nas duas meias células seja igual ou até que uma meia célula esteja carregada negativamente e a outra carregada positivamente – **movimento de íons**;
- Incompreensão do significado dos sinais do anodo e do catodo - oxirredução.

Também, vale dizer que eles não entendem o que acontece com esses sinais ao mudar de uma célula eletroquímica para uma célula eletrolítica. E, muitos estudantes interpretam um eletrodo negativo sugerindo que está carregado negativamente. Além disso, são raros os estudantes que têm um conceito coerente sobre o objetivo da ponte de salina.

A utilização de **Modelos Físicos** como auxílio na formação de imagens mentais (FRANCISCO JUNIOR et al., 2009), configura como atividades didáticas diferenciadas o uso da simulação por computador, articulação das simbologias convencionais e elaboração de desenhos, contribuindo no processo de construção dos conceitos científicos e na geração de representações químicas. Isto porque as simulações colaboram na visualização colaborando na compreensão do Aspecto Fenomenológico e Representacional.

Um modelo físico de célula eletroquímica foi proposto por Huddle et al. (2000), conforme Figura 2.3. Nesse modelo concreto se propõe o uso inicial de uma membrana semipermeável para depois utilizar uma ponte salina. Segundo os autores uma membrana semipermeável é muito mais simples para os alunos entenderem do que uma ponte salina contendo íons diferentes daqueles presentes nos eletrólitos.

Figura 2. 3 - Modelo físico de célula eletroquímica com membrana semipermeável.



Fonte: Huddle *et al.* (2000).

Segundo Huddle *et al.* (2000) tal modelo pode ser estendido para explicar aos estudantes que as baterias ficam fracas, continuando a demonstração até que não haja mais cátions de cobre no compartimento direito e observarem que na realidade, uma bateria fica descarregada quando a concentração de íons se torna baixa, e não quando está totalmente descarregada. Além disso, o modelo também pode ser usado para explicar as células eletrolíticas e a recarga de baterias.

Na literatura pode-se encontrar diferentes **Modelos Conceituais** para a oxirredução. E, estes modelos representam os conceitos abstratos, ou seja, o Modelo Científico de oxirredução. Segundo Ghibaud *et. al.* (2015), estes diferentes modelos de oxirredução são hermenêuticos, significando que possuem limites e um campo de validade circunscrito. Este campo de validade é distinto e por possuir sobreposições permite interpretar o mesmo fenômeno – ferrugem – a partir de diferentes modelos. Podendo-se entender que cada modelo não é a extensão do outro.

Desta forma, apresenta-se os diferentes modelos de oxirredução que relacionam os conceitos de oxidação e de redução, são eles (GHIBAUD *et. al.*, 2015):

- **Modelo de Oxigênio** – nele Lavoisier definiu a oxidação como um conjunto de reações que envolvem o oxigênio e a redução seria a separação do oxigênio do corpo;
- **Modelo de Hidrogênio** – nele Justus Von Liebig propôs a definição de oxidação como a perda de hidrogênio e a redução como o ganho de hidrogênio, este modelo é muito utilizado em reações bioquímicas;

- **Modelo de Transferência Eletrônica** – este surge a partir da identificação do elétron com o qual surge um novo conceito de valência – com isso Gilbert Newton Lewis, em sua teoria das ligações interpreta a interação entre os átomos em termos de transferência e compartilhamento de elétrons, considerando que a oxidação seria a diminuição do número de elétrons na camada exterior e a redução o aumento.
- **Modelo de Número de Oxidação** – modelo mais moderno definido por Wendell Mitchell Latimer, o qual partindo da ideia de que todas as ligações são iônicas, considerou “número de oxidação” a carga que um átomo adquire se os elétrons de ligação forem atribuídos a cada ligação, se os átomos forem de mesma eletronegatividade (elétrons seriam distribuídos entre eles) ou de eletronegatividade diferentes (os elétrons ficariam para o de maior eletronegatividade).

Os modelos de oxirredução foram expandindo-se e incluindo novas descobertas que eram realizadas. Com isso, estes modelos foram surgindo à medida que as investigações sobre a estrutura atômica foram passando do nível microscópico atômico ao nível microscópico eletrônico.

A diferenciação entre esses modelos de oxirredução ocorre a partir do aspecto ao qual se relacionam: o Modelo de Oxigênio e o Modelo de Hidrogênio ao Aspecto Fenomenológico e o Modelo de Transferência Eletrônica e o Modelo de Número de Oxidação ao Aspecto Teórico.

Existem limitações no uso de tais modelos na interpretação de um mesmo fenômeno, pois este pode ser considerado de oxidação em um modelo e de redução em outro. Por exemplo: $2\text{Li}_{(s)} + \text{H}_{2(g)} \rightarrow 2(\text{Li}^+\text{H}^-)$ e $2\text{Na}_{(s)} + \text{H}_{2(g)} \rightarrow 2(\text{Na}^+\text{H}^-)$. No modelo de Hidrogênio a oxidação consiste na perda de hidrogênio e no Modelo de Transferência Eletrônica ela significa ganho de hidrogênio e o di-hidrogênio é o agente oxidante.

Diante de tais limitações é imprescindível que o professor e o Livro Didático evidenciem quais modelos conceituais estão sendo utilizados, em que situações os utilizar e os limites no emprego destes, de forma que o estudante possa compreender a relação existente entre os Modelos Científicos e os fenômenos estudados.

A **elaboração de desenhos** também se revela como atividade didática diferenciada, sendo uma estratégia eficaz no ensino de conceitos científicos e no diagnóstico de concepções e modelos dos estudantes (LABURÚ et al., 2009). Todavia, vale ressaltar que o uso de imagens ainda é restrito em sala de aula, e quando ocorre geralmente é por meio das imagens presentes nos Livros Didáticos, os quais prezam

mais por imagens explicativas, de um fenômeno ou estrutura do que por modelos que valorizem teoria, representações e suas relações.

Com isso, evidencia-se as limitações na exploração dos Modelos Didáticos na compreensão de Modelos Científicos próprios da eletroquímica, como também lacunas a serem investigadas no estudo dos MMs dos estudantes durante a Aprendizagem de Conceitos Eletroquímicos.

Desse modo, o desenvolvimento da aprendizagem em eletroquímica requer: compreender como o aluno aprende, reconhecer as suas dificuldades para aprender os conceitos e como estes conceitos estão representados na sua estrutura cognitiva, tal como utilizar estratégias diferenciadas de abordagem do conteúdo de forma que se possa ir superando aquelas limitações no aprendizado dos conceitos fundamentais e a exploração dos Modelos Didáticos na compreensão de modelos científicos como também o estudo dos Modelos Mentais dos estudantes durante a aquisição de conceitos eletroquímicos.

2.3 Modelos Mentais e a Aprendizagem de Conceitos Químicos e de Conceitos Eletroquímicos

A pesquisa em ensino de ciências durante a década de setenta centrava-se nas concepções alternativas e durante a década de oitenta concentrava-se nas mudanças conceituais dos alunos. Atualmente, a pesquisa em ensino de Ciências está voltada para as representações mentais, especialmente para os MMs.

As concepções alternativas podem ter sua origem nos MMs, associando-se a eles da seguinte forma: os MMs são construídos para explicar, descrever e prever, com isso tornam-se funcionais ao construtor. Aqueles modelos que funcionam bem várias vezes adquirem estabilidade cognitiva por serem armazenados sob a forma de esquema na memória de longo prazo.

A execução de um MM pode fornecer concepções alternativas como explicações, descrições ou previsões para um fenômeno ou um sistema (MOREIRA et al., 2002). Em vista disso, o que se chama de modelo com "estabilidade cognitiva" pode também corresponder a uma concepção alternativa, visto que são estáveis resistentes à mudança e muito enraizadas. Desse modo, estas estruturas não podem ser consideradas

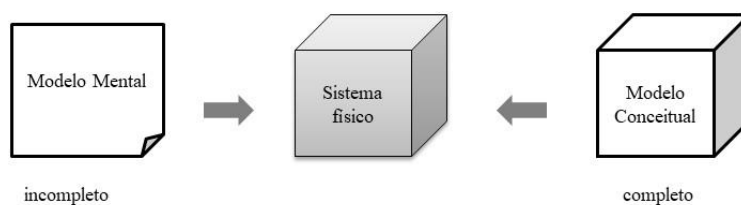
MMs, pois estes são representações construídas para dar conta de novas situações (MOREIRA et al., 2002).

Pesquisas têm apontado a importância das concepções alternativas no desenvolvimento de MMs de conceitos químicos. Santos et al. (2015), estudando os MMs de equilíbrio químico pôde identificar o distanciamento entre as concepções dos licenciandos e as concepções científicas sobre transformações químicas e diferentes gases em equilíbrio. E sobre isso Santos et al. (2015, p.10) diz que: “Se as concepções alternativas são responsáveis pelos primeiros passos na construção de um Modelo Mental estas devem ser levadas em consideração e fazer parte do processo de construção do conhecimento”.

Dessa maneira, as concepções alternativas devem ser enriquecidas e moldadas de forma a construírem MMs consistentes e significativos. A relação entre conceitos alternativos e MMs é uma questão que deve ser cada vez mais aprofundada (GRECA; MOREIRA et al., 2002).

Moreira (1996) resume a diferença entre sistema físico, **modelo conceitual** do sistema físico e **modelo mental** do sistema físico. O modelo conceitual é um modelo preciso, consistente e completo do sistema físico. Ele é inventado no intuito de facilitar a construção do MM, o qual não é preciso, consistente e completo, mas deve ser funcional, o seja, deve ser **explicativo e preditivo** do sistema físico (Figura 2.4). Logo, pode-se dizer que os modelos conceituais são inventados por pessoas que operam mentalmente com MMs.

Figura 2. 4 - Distanciamento e aproximação entre Modelo Mental e Modelo Conceitual de um sistema físico.



Fonte: Próprio autor.

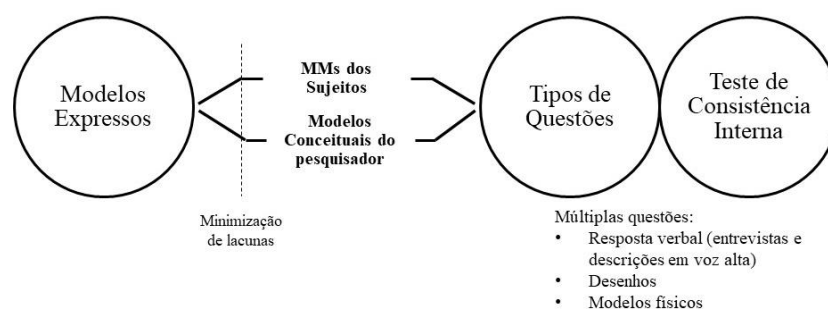
Na **identificação de MMs** de outras pessoas é importantíssimo “ter um modelo de MM”, ou seja, um **Modelo Conceitual de MM**. Isto porque, os MMs de outras

pessoas podem ser deficientes em muitos aspectos, apresentando elementos desnecessários, errôneos ou até mesmo contraditórios. Tal deselegância e limitada definição dos MMs são características de uma representação interna e por isso o empenho deve ser na compreensão das estruturas incompletas, desordenadas que as pessoas possuem no momento (NORMAN, 1983).

As entrevistas devem envolver a sequência de **predição, observação e explicação**, sendo as mesmas iniciadas com a apresentação de várias situações em que os estudantes devem expor predições sobre elas, argumentando sobre o que os faz esperar tais resultados, depois devem realizar experiências e serem novamente questionados quanto ao grau de concordância entre os resultados obtidos e sua predição inicialmente realizada (SANTOS; GRECA, 2007).

Uma vez que os resultados decorrentes das análises das verbalizações, Modelos Expressos dos MMs, precisam ser compreendidos como MMs propostos a partir das conceptualizações da pesquisa que está sendo desenvolvida, sempre existirão lacunas entre a representação interna dos sujeitos e o modelo emergente dos dados encontrados (Figura 2.5). E, visando minimizar tais lacunas entre os MMs dos sujeitos desta pesquisa e a conceptualizações do pesquisador, dois pontos importantes devem ser considerados: os “tipos de questões” utilizadas e o “teste de consistência interna”.

Figura 2. 5 - Esquema dos meios de minimização das lacunas entre os MMs dos sujeitos e as conceptualizações do pesquisador.



Fonte: Próprio autor.

Com isso, visando a minimização de tais lacunas baseou-se esta pesquisa na proposta de Vosniadou e Brewer (citado por SANTOS; GRECA, 2007) realizando várias questões sobre os conceitos de eletroquímica de forma que algumas demandassem “resposta verbal”, outras a realização de “desenhos” e ainda outras que estimulassem a construção de “modelos físicos”.

Os protocolos verbais utilizados para estudar as representações internas foram gerados de diferentes formas como: entrevistas, descrições em voz alta do que estavam fazendo ao realizar a atividade, estes foram gravados, transcritos e analisados a luz da teoria de Johnson-Laird. Além desses, utilizou-se questionários, com abordagem de mais de uma questão sobre um mesmo conceito de forma que algumas requeriam apenas uma resposta verbal; outras que estimulavam a realização de desenhos e outras, ainda, a construção de modelos físicos.

No Ensino de Química, podem ser encontradas algumas pesquisas sobre MMs no aprendizado de conceitos químicos: investigações de MMs sobre ligações químicas (BARNEA; DORI, 1999; COLL; TAYLOR, 2002), modelos de ligação metálica (CARVALHO; JUSTI, 2005) e a utilização da modelização didática no ensino e aprendizagem dos modelos atômicos verificando influências na formação das representações mentais de estudantes do ensino fundamental (SILVA et al, 2018). Encontrou-se pesquisas com MMs de estudantes no Ensino Básico sobre o fenômeno de deposição metálica espontânea (FRANCISCO JÚNIOR, 2009); contribuição dos modelos moleculares na elaboração de MMs de conceitos químicos (OLIVEIRA, 2012); sobre o conceito de mistura heterogênea (GIBIN; FERREIRA, 2012) e evolução dos MMs através de atividades investigativas experimentais (GIBIN, 2013).

No Ensino Superior também se destacam algumas investigações sobre a evolução de MMs. Gibin (2010) que estudou a evolução dos MMs de diversos fenômenos químicos de alunos de licenciatura e bacharelado, em um curso de química, e verificou que apesar do bacharelado contar com carga horária de disciplinas de química maior, o aproveitamento dos licenciandos foi mais significativa. Mateus (2019) investigou a aprendizagem do conceito de equilíbrio químico por meio do levantamento e discussão dos MMs de licenciandos, tendo como aportes teóricos a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e a Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird.

Nessa mesma perspectiva, Santos (2014) desenvolveu sua pesquisa com licenciandos sobre conceitos envolvendo equilíbrio químico buscando compreender os elementos e caminhos utilizados por eles na construção de seus MMs e como o reconhecimento deles auxilia na formação conceitual e pedagógica. Santos et al. (2015) identificaram MMs que licenciandos utilizavam para explicar um dado experimento envolvendo reações em equilíbrio químico e concluiu que eles possuem dificuldades de

expressar MMs próximos aos modelos científicos, tal como os estudantes do Ensino Básico. Marques (2015), estudou como o desenvolvimento dos MMs pode contribuir na superação de obstáculos epistemológicos relacionados à aprendizagem de ligações químicas por licenciandos em química.

Silva et al. (2017) descreve a construção de um modelo molecular tridimensional físico e investigou a influência deste na aprendizagem de geometria molecular e estereoquímica tanto no Ensino Básico como no Ensino Superior. A aplicação do modelo permitiu tanto verificar a dificuldade dos estudantes na identificação das formas geométricas básicas, como perceber as contribuições na visualização espacial das moléculas tal como na identificação de estereoisômeros.

Souza e Cardoso (2009) investigaram os MMs de alunos da pós-graduação em Química sobre dissolução de sal e base. Tais pesquisas foram realizadas empregando-se testes escritos, com imagens fornecidas ou elaboradas pelos estudantes, manipulação de modelos e entrevistas semi-estruturadas como forma de coleta de dados.

Vasconcellos et al. (2013) analisou representações mentais imediatas que professores de química em formação continuada e inicial apresentam, quando expostos a uma palavra ou imagem representativa na área de química e observaram que os mesmos não exploravam sua estrutura cognitiva, apresentando limitações nos MMs com representações submicroscópicas inadequadas.

Observa-se assim, a importância dos trabalhos realizados com relação ao estudo de MMs para o ensino de Ciências e de Química. No entanto, no Brasil ainda são poucos os estudos sobre MMs de estudantes na área de Química e esta pesquisa poderá contribuir com estes estudos na compreensão de como os MMs influenciam a aprendizagem de conceitos científicos. Vale dizer que, na pesquisa realizada não se encontrou pesquisas com MMs na Aprendizagem de Conceitos Eletroquímicos, foco do nosso estudo.

Capítulo 3 - Caminho Metodológico da Pesquisa

“Faça as coisas o mais simples que você puder, porém não se restrinja às mais simples.”

(Albert Einstein)

Neste capítulo apresentam-se os fundamentos e opções metodológicas que se considerou pertinente a análise dos Modelos Didáticos e Modelos Mentais. Além disso, explicita-se a população alvo participante na pesquisa, os cuidados éticos tomados, a descrição dos instrumentos de coleta e a justificação dessa escolha, e por fim, os caminhos metodológicos adotados para a coleta e análise dos dados.

3.1 Abordagem metodológica da pesquisa

Esta proposta de trabalho tem como aporte teórico-metodológico a abordagem de pesquisa qualitativa. Segundo Alves-Mazzotti e Gewandsznajder (1999), as pesquisas qualitativas devido a sua diversidade e flexibilidade, não admitem regras precisas aplicáveis a uma ampla gama de casos. A pesquisa qualitativa pode ser entendida como:

[...] um termo genérico que agrupa diversas estratégias de investigação que partilham determinadas características. Os dados recolhidos são designados por qualitativos, o que significa rico por menores descritivos relativamente a pessoas, locais e conversas e de complexo tratamento estatístico (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p.16).

Dessa maneira, entende-se que a pesquisa qualitativa se trata de uma pesquisa que produz resultados que não são alcançados através de procedimentos estatísticos ou por outros meios de quantificação. Apesar de alguns dados serem passíveis de quantificação sua análise é basicamente interpretativa (STRAUSS, 2008).

Nela o objeto em estudo é o fator determinante para a escolha de determinado método e não o inverso disso. Alguns aspectos essenciais da pesquisa qualitativa podem ser destacados como a apropriabilidade de métodos e teorias que consiste na escolha adequada de métodos e teorias convenientes; perspectivas dos participantes e sua diversidade, ou seja, o reconhecimento e a análise de diferentes perspectivas; reflexividade do pesquisador e da pesquisa, que consiste nas reflexões dos

pesquisadores a respeito de suas pesquisas como parte do processo de produção do conhecimento e por último a variedade de abordagens e de métodos (FLICK, 2009).

Nessa perspectiva, a presente pesquisa assume características de pesquisa qualitativa, uma vez que o objeto da investigação está relacionado ao processo de ensino e aprendizagem de conceitos científicos, tendo como sujeitos da pesquisa estudantes da Rede Pública de Ensino da cidade de Manaus. Na pesquisa qualitativa, o investigador frequenta os locais em que naturalmente se verificam os fenômenos nos quais está interessado, incidindo os dados recolhidos em comportamentos naturais das pessoas, tais como: conversar, visitar, observar etc. (BOGDAN; BIKLEN, 1994).

A observação de fatos, comportamentos e cenários é valorizada nas pesquisas qualitativas e, apresenta as seguintes vantagens:

a) Independe do nível de conhecimento ou da capacidade verbal dos sujeitos; b) Permite “checar”, na prática, a sinceridade de certas respostas que, às vezes, são dadas só para “causar boa impressão”; c) Permite identificar comportamentos não-intencionais ou inconscientes e explorar tópicos que os informantes não se sentem à vontade para discutir; e d) Permite o registro do comportamento em seu contexto temporal-espacial. (ALVES-MAZZOTTI; GEWANDSZNAJDER, 1999, p. 164)

Na observação participante o pesquisador se torna parte da situação observada, revelando ao grupo desde o início, os objetivos da pesquisa; interagindo por certo período com os sujeitos, obtendo várias informações sujeitas à autorização do grupo para publicação. E, partilhando o seu cotidiano para perceber o que significa estar naquela situação. Assim, a sua importância está relacionada à valorização do instrumental humano, característica da tradição etnográfica (LÜDKE; ANDRÉ, 1986; ALVES-MAZZOTTI; GEWANDSZNAJDER, 1999).

3.2 Contexto e participantes da pesquisa

A pesquisa foi realizada em três escolas da Rede Pública de Ensino, da cidade de Manaus, com turmas da 2ª série do Ensino Médio, visto ser este o ano em que os estudantes devem estudar o conteúdo de Eletroquímica. Cada uma das escolas selecionadas correspondente a três das sete Zonas Distritais da cidade de Manaus (AM) sendo elas a: Centro-Oeste; Norte e Leste.

Na apresentação dos resultados as escolas participantes da pesquisa foram identificadas como Escola A, Escola B e Escola C, aleatoriamente. Em relação aos Professores de Química, participaram cinco por meio de entrevista semiestruturada que atuavam na 2ª Série do Ensino Médio, para identificação desses participantes da pesquisa atribui-se de codificação P1, P2 a P5, aleatoriamente.

Em relação aos estudantes, foi realizado um convite para participação no curso sobre o tema Corrosão. Inicialmente, inscreveram-se 74 estudantes, que participaram das atividades no contraturno ao estudo na escola. Na apresentação dos resultados, as falas dos alunos estão relacionadas a codificação A1, A2..., sucessivamente, sendo atribuída de maneira aleatória.

3.3 Cuidados éticos da pesquisa

O projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Amazonas (ANEXO A). Para submissão do projeto, solicitou-se à Secretaria de Educação do Amazonas (SEDUC-AM) o termo de anuência para o desenvolvimento do projeto nas escolas, conforme Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012. Com isso, para resguardar os cuidados éticos da pesquisa, estudantes que se interessaram por participar do projeto voluntariamente preencheram, juntamente com seus responsáveis um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A) e um Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE B), respectivamente. Os professores de Química participantes da pesquisa também receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE C).

Ressalta-se que outro cuidado ético foi resguardar o anonimato dos participantes da pesquisa, bem como, das escolas participantes. Conforme mencionado anteriormente, os participantes da pesquisa e as escolas são apresentados na análise dos resultados por meio de codificação.

3.4 Procedimentos metodológicos

Os dados foram coletados no 1º semestre/2018 na escola A e 2º semestre/2018 nas escolas B e C. Vale ressaltar que quando o curso foi realizado com os estudantes nas três escolas, o conteúdo de Eletroquímica ainda não havia sido ministrado.

Conforme mencionado anteriormente, participaram do curso 45 estudantes, sendo Escola A (21 alunos), Escola B (20 alunos) e Escola C (4 alunos). No início eram 74 estudantes da 2ª Série do Ensino Médio – Escola A (28 alunos), Escola B (26 alunos) e Escola C (20 alunos). Porém, no decorrer do curso ocorreram oscilações durante algumas aulas e até mesmo diminuição do quantitativo ao final do curso

Observa-se que a maior evasão de alunos, durante o curso, ocorreu na Escola C. Isto se deve a alguns fatores, como: o curso ter sido aplicado ao final do ano letivo, mês de novembro, período no qual os estudantes estão preocupados com avaliações finais. Também devendo-se o curso ser aplicado no contraturno o que se tornava algo cansativo para estes alunos que dependiam de ônibus e alguns que reclamavam das chuvas e as vezes da tarde ensolarada. Situação similar ocorreu na pesquisa De Posso (2010), a qual conseguiu aplicar um curso somente para 6 estudantes. Segundo Rego et al. (2018), a dimensão da amostra é um elemento instrumental, apesar de crítico para a validade do estudo, visto que na investigação Qualitativa trabalha-se normalmente com amostras de pequenos números.

Tomando como foco, os aspectos referentes aos procedimentos metodológicos, Alves-Mazzotti e Gewandsznajder (1999) destacam que a investigação qualitativa é multimetodológica, ou seja, pode envolver uma variedade de instrumentos e procedimentos de coleta dos dados. Entretanto, os autores também afirmam que a observação (participante ou não), a entrevista e a análise de documentos são os mais utilizados, embora possam ser complementados por outras técnicas. Outros instrumentos de coleta de dados bastante utilizado na pesquisa qualitativa são o questionário e testes.

3.4.1 Coleta de Dados

Na **primeira etapa** da coleta dos dados realizou-se a análise nos Livros Didáticos aprovados no PNLD 2015, com foco nos capítulos que abordam eletroquímica. Para análise foram elaboradas categorias “a posteriori” na coleta dos dados acerca de conceitos, Modelos Científicos e Modelos Didáticos. Assim, na realização desta pesquisa foram selecionados os LDQ do Ensino Médio aprovados no PNLD 2015 (Quadro 3.1) e analisados os capítulos que abordavam o conteúdo de Eletroquímica.

Quadro 3. 1- Livros Didáticos de Química aprovados no PNLD/2015, analisados neste trabalho.

Cód.	Obra	Editora	Vol.	Autor	Ano/Edição
A	Química, meio ambiente, cidadania e tecnologia	Ática	2	Martha Reis Marques da Fonseca	2013/ 1 ^a
B	Química	Scipione	2	Eduardo Fleury Mortimer e, Andréa Horta Machado	2013/ 2 ^a
C	Química cidadã	AJS	3	Wildson Luiz Pereira dos Santos e Gerson de Souza Mól	2013/2 ^a
D	Ser protagonista	Santa Maria	2	Murilo Tissoni Antunes	2013/2 ^a

A **segunda etapa** deste estudo consistiu na realização de entrevista semiestruturada, com professores de Química em exercício nas escolas que participaram da pesquisa (APÊNDICE D). Antes da realização da entrevista com o professor, o projeto foi apresentado nas escolas e convidou-se os mesmos para participação. As perguntas do protocolo de entrevista semiestruturada foram organizadas nas seguintes categorias temáticas: perfil profissional do professor e percepções sobre as dificuldades dos estudantes nos conteúdos de Físico-Química e Eletroquímica.

Na **terceira etapa** fez-se o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre Eletroquímica, por meio de um questionário organizado com questões fechadas, abertas e mistas, buscando compreender as ideias que os estudantes possuem acerca de fundamentos básicos relativos ao conhecimento em Eletroquímica, inclusive questões sobre representações químicas (APÊNDICE E). Antes da aplicação do questionário, o projeto foi apresentado aos estudantes e realizou-se o convite para participação voluntária no curso oferecido.

Na **quarta etapa** foi realizado um curso estruturado por meio de uma Sequência Didática que abordou o tema “Corrosão” (APÊNDICE F). As atividades didáticas (APÊNDICE G a P) propostas para este curso foram ancoradas na Teoria dos Modelos Mentais, visando acompanhar o processo de aprendizagem dos conceitos (Quadro 3.2).

Quadro 3. 2 – Atividades didáticas utilizadas na abordagem dos conteúdos químicos.

Conteúdo Químico	Atividade Didática
Materiais e suas transformações.	Problematização com uso de vídeo.
História de obtenção dos metais e o homem; Características e Classificação dos Metais.	Aula expositiva com uso de imagens e vídeos.
Constituição dos materiais metálicos: ligação metálica e ligas metálicas.	Aula expositiva com uso de imagens
Implicações Sociais e Ambientais da Corrosão e reações associadas.	Integração dos conteúdos apresentados pelos alunos e principais ideias.
Transformações dos materiais metálicos.	Aula experimental investigativa.
Transformações dos materiais metálicos e reações envolvidas.	Problematização com uso de vídeo.
A eletricidade e sua relação com a transformação dos materiais metálicos.	Aula experimental investigativa.
Reação espontânea e não-espontânea envolvida na transformação metálica.	Animação/simulação.
Síntese da unidade e a retomada do tema corrosão.	Aula expositiva com uso de imagens.

Durante as dez aulas do curso aplicado no contraturno das escolas, os estudantes puderam expressar seus MMs sobre os conteúdos químicos e, principalmente, eletroquímicos, de diferentes modos conforme (Quadro 3.3). Ressalta-se que foram feitos o registro audiovisual das atividades didáticas realizadas com os estudantes.

Também, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com representantes das equipes, em atividades realizadas em grupo, visando entender o Modelo Mental que os estudantes têm acerca de determinado conceito (APENDICE K, N e Q). Por fim, no final do curso foi aplicado um questionário de avaliação do curso (APÊNDICE R). No decorrer das etapas, os dados obtidos por meio de entrevista e registros em audiovisual foram transcritos para a posterior análise.

Quadro 3. 3 – Instrumentos de Coleta dos diferentes Modos de Representação dos Modelos Mentais expressos pelos Estudantes durante o curso.

Aula	Modos de representação dos Modelos Mentais	Instrumento de Coleta
1	Modo Verbal	Gravação em áudio e diário de campo.
2	Modo Verbal	Gravação em áudio e diário de campo.
3	Modo Verbal e Modo Simbólico	Gravação em áudio e diário de campo; Folha de atividade 1.
4	Modo Visual e Modo Verbal	Produção de um filme <i>Stop Motion</i> ; Entrevista;
5	Modo Verbal e Modo Visual	Diário de campo e gravação em áudio da apresentação dos alunos.

6	Modo Verbal, Modo Simbólico e Modo Visual	Diário de campo e gravação em áudio; Roteiro da atividade experimental.
7	Modo Verbal, Modo Simbólico e Modo Visual	Gravação em áudio e diário de campo; produção de filmes <i>Stop Motion</i> . Entrevista.
8	Modo Verbal, Modo Simbólico e Modo Visual	Gravação em áudio e diário de campo. Folha de atividade.
9	Modo Verbal, Modo Simbólico e Modo Visual	Gravação em áudio e diário de campo. Filme <i>Stop Motion</i> . Entrevista
10	Modo Verbal e Modo Visual	Gravação em áudio e diário de campo. Questionário final.

Em suma, os instrumentos de coleta de dados utilizados nessa pesquisa foram: protocolo de análise do Livro Didático de Química (somente aqueles aprovados pelo PNLD/2015); entrevista semiestruturada para professores e estudantes; questionário; diário de campo; folhas de atividades com propostas de desenhos para os alunos desenvolverem, visando que eles mostrassem os Modelos Mentais por meio dos seus modelos expressos e registro audiovisual das aulas.

3.4.2 Validação dos instrumentos de investigação

A validação dos instrumentos de coleta de dados foi realizada mediante um curso oferecido para discentes ingressantes da Licenciatura em Química, participando integralmente do curso de validação oito discentes, devidamente matriculados na graduação. Essa validação foi realizada de forma a garantir que, a exploração de aspectos importantes estivesse em consonância com os objetivos da pesquisa. Os instrumentos de coleta de dados devidamente corrigidos após curso de validação encontram-se nos Apêndices F a R.

3.4.3 Análise dos Dados

A organização sistemática das transcrições de entrevistas, das observações e dos questionários foi realizada por meio da **Análise de Conteúdo**, auxiliada com uso de figuras como diagramas, matrizes, gráficos e de dados tabelados. Para tanto, os dados foram categorizados, buscando-se regularidades, padrões e tópicos presentes nos dados descritivos recolhidos. Isto em vista da classificação dos dados que foram tabulados, categorizados e submetidos à interpretação estatística descritiva. Assim, a análise envolveu organização dos dados, a divisão em unidades manipuláveis, síntese e procura de padrões.

Na tentativa de abranger com máxima amplitude a descrição, explicação e compreensão dos aspectos relacionados aos Modelos Mentais, a organização da análise de dados ocorreu mediante a **inter-relação** entre os dados obtidos com análise do Livro Didático, com os Professores e os Estudantes sujeitos desta pesquisa.

Conforme mencionado anteriormente, a análise dos dados obtidos com o Livro Didático, Professores e Estudantes ocorreu a partir da **Análise de Conteúdo**, a qual consiste na técnica de investigação que tem por finalidade a descrição objetiva, sistemática e quantitativa do conteúdo manifesto da comunicação (BARDIN, 2011). Sendo atualmente definida como um conjunto de instrumentos metodológicos em contínuo aprimoramento que se presta a analisar diferentes fontes de conteúdo **verbais** ou **não-verbais** (SILVA e FOSSA, 2015). Segundo Bardin (2011) este tipo de análise acontece em três etapas fundamentais:

- **Pré-análise:** fase desenvolvida para sistematizar as ideias iniciais colocadas pelo quadro referencial teórico e estabelecer indicadores para a interpretação das informações coletadas. A organização dessa fase deve ocorrer em quatro etapas: (a) leitura flutuante, que é o primeiro contato com os documentos da coleta de dados; (b) escolha dos documentos, fase em que ocorre a demarcação do que será analisado; (c) formulação das hipóteses e dos objetivos; (d) referenciação dos índices e elaboração de indicadores.
- **Exploração do material:** consiste na construção das operações de codificação, considerando-se os recortes dos textos em unidades de registros, a definição de regras de contagem e a classificação e agregação das informações em categorias simbólicas ou temáticas.
- **Tratamento dos resultados, inferência e interpretação:** consiste em captar os conteúdos manifestos e latentes contidos em todo o material coletado (entrevistas, documentos e observação).

Dessa forma, partindo-se destas etapas identificou-se nos Livros Didáticos, na entrevista com os Professores e nas atividades com os estudantes **inter-relações** entre Modelos Didáticos e Modelos Mentais.

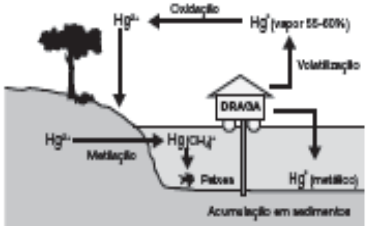
a) Descrição dos Modelos Didáticos de Eletroquímica nos Livros Didáticos

Na descrição dos Modelos Didáticos de Eletroquímica, considerou-se como principal objetivo de os Modelos Didáticos ajudar os estudantes a entenderem algum aspecto do conteúdo. A partir disso, definiu-se os critérios de análise visando fundamentar conclusões sobre em que medida os Modelos Didáticos apresentados nos LDQ nos capítulos de Eletroquímica cumprem a sua função. Os Modelos Didáticos

explorados neste estudo foram às **representações** utilizadas ao longo do conteúdo de Eletroquímica apresentados nos Livros Didáticos de Química.

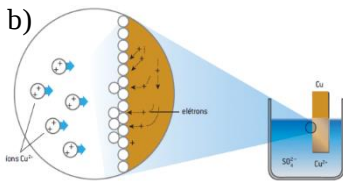
Sabendo que um **Modelo de Didático** consiste em uma maneira diferente de apresentar um **Modelo Consensual**. Normalmente estes modelos são apresentados em forma de objetos concretos, desenhos, analogias, esquemas, gráficos e simulações (JUSTI, 1998; MILAGRES; JUSTI, 2001). Neste trabalho, analisou-se três tipos de Modelos Didáticos os quais são descritos em categorias levantadas por Peralez e Jimenez (2002) como: fotografia, desenho figurativo e desenho esquemático (Quadro 3.4).

Quadro 3.4 Descrição dos Modelos Didáticos analisados em Eletroquímica.

Ilustrações	Descrição	Exemplo
Fotografia	Quando ocorre a interpretação do espaço e da realidade através da imagem.	
Desenho figurativo	Enaltece a representação orgânica, apresentando os objetos através da imitação da realidade.	
Desenho esquemático	Valoriza os detalhes das representações das relações.	

Após a identificação dos Modelos Didáticos realizou-se a **observação sistemática** da abordagem de conceitos químicos e eletroquímicos presentes nestes modelos de acordo com os Aspectos do Conhecimento Químico (Quadro 3.5).

Quadro 3. 5 Modelos Didáticos segundo os três Aspectos do Conhecimento Químico.

Categoria	Descrição	Exemplo
Fenomenológico	Fenômenos de interesse da química: os concretos e visíveis, como a mudança de estado físico de uma substância; de acesso apenas indiretamente, como as interações de radiação da matéria que não provocam um efeito visível, mas que podem ser detectadas na espectroscopia.	a) 
Teórico	Informações de natureza atômico-molecular, que envolvem explicações baseadas em modelos abstratos e que incluem entidades não diretamente perceptíveis, como átomos, moléculas, íons, elétrons e outros.	b) 
Representacional	Conteúdos químicos de natureza simbólica, que compreende informações inerentes à linguagem química, como fórmulas e equações químicas, representações dos modelos, gráficos e equações matemáticas	c) 

Partindo destas descrições os Modelos Didáticos identificados como fenomenológicos não apresentam características do teórico e/ou do representacional. Enquanto nos modelos teórico e representacional poderiam coexistir mais de um aspecto do conhecimento, considerando-se por isso o aspecto predominantemente explorado no modelo. E, quando no modelo identificava-se a presença associada dos três aspectos do conhecimento era assim classificado.

No Quadro 3.5, como exemplo, a figura a, apresenta um MD fenomenológico, uma vez que nele não se identifica teoria ou representação do fenômeno. Na figura b, verifica-se que apesar de demonstrar uma placa imersa em solução e a representação dos íons cobre e sulfato, a ênfase é dada ao aspecto teórico do conhecimento modelos abstratos de: átomos, elétrons e íons. E, na figura c, observa-se que o aspecto representacional - símbolo dos elementos e elétrons de valência - está em evidência.

E, observando os Modelos Didáticos quanto as características dos Conteúdos de Eletroquímica identificou-se categorias emergentes as quais classificou-se como **subcategorias**, sobre as quais levantou-se as principais limitações e características dos modelos: **Oxidação e Redução** e **Pilhas, Baterias e Eletrólise**. Considerou-se

subcategoria de oxidação e redução os MD que evidenciavam o processo de transferência de elétrons e designou-se subcategoria pilhas, baterias e eletrólise quando o modelo apresentava ilustrações e informações específicas destes.

b) Categorização dos Modelos Didáticos dos Professores de Química

A partir das entrevistas realizadas com os Professores foi possível identificar as suas percepções emergindo assim duas categorias: **Livro Didático** e **Planejamento Escolar** a partir das quais foi possível realizar uma análise dos Modelos Didáticos desses professores.

O curso aplicado aos estudantes ocorreu durante o período de dez dias e nos quais seguiu-se a sequência didática elaborada. Para a realização do curso alguns fatores foram determinantes como: a disponibilidade dos professores em reforçar o convite aos estudantes para participarem do curso, a disponibilidade de sala de mídias, de informática e laboratório de ciências. Sendo que, na escola A as atividades foram todas realizadas na sala de mídias; na escola B as atividades foram realizadas na biblioteca e na escola C algumas aulas foram realizadas no refeitório, pois não possui laboratório e/ou sala de mídias disponível. As três escolas disponibilizaram recursos audiovisuais para aplicação do curso os quais necessitavam sempre de agendamento prévio.

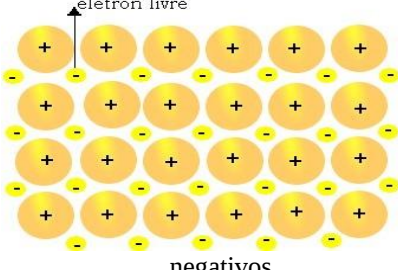
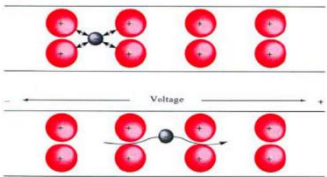
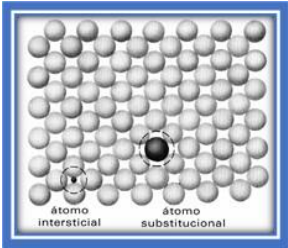
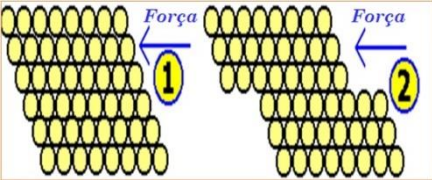
Durante a realização do curso ocorreram alguns contratempos como: falta de energia, atraso dos estudantes, greve de ônibus e até barulho de empresa nivelando a grama. Isto pode ter ocasionado dispersões durante as aulas e até a adequada participação na mesma. Também, ocorreu falha no equipamento de gravação, multimídia e troca inesperada de local para realização da aula, fatores estes que apesar de resolvidos podem interferir no andamento das atividades.

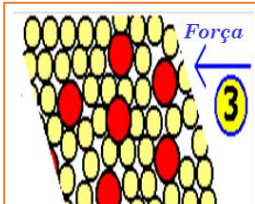
Quanto as atividades realizadas valem dizer que a elaboração dos filmes stop motion envolveu alguns desafios como: estudantes que não elaboravam adequadamente o roteiro solicitado, dificuldades em salvar os vídeos no computador e o envio dos filmes não acontecia em tempo hábil para todos os estudantes. Devido a isto em todas as aulas necessitava verificar a elaboração dos roteiros e as dúvidas sobre o uso do aplicativo stop motion. Na realização da aula com uso de simulação no computador contou-se apenas com um computador disponível, na escola A e B, por isso realizou-se a atividade com um grupo por vez.

No Quadro 3.6 estão dispostos alguns dos Modelos Didáticos que foram utilizados nas aulas expositivas sobre os conteúdos químicos abordados durante o curso aplicado aos estudantes.

Quadro 3. 6 – Modelos didáticos utilizados no curso ministrado aos estudantes.

Conteúdo	Modelo Didático	Modelo Científico
Estados físicos da matéria	a) Modelo de partículas para os estados físicos. Exemplo: molécula de água.	Sólido – as moléculas estão agrupadas e com pouca movimentação. Líquido – moléculas com movimentação intermediária. Gasoso – moléculas dispersas e com muita movimentação.
Classificação dos metais	b) Representação com símbolos dos elementos	Tabela Periódica dos Elementos Os elementos são agrupados em 18 grupos e sete períodos.
Ligação metálica	c) Proposta de Drude.	Íons positivos imersos em um gás de elétrons.
Ligação metálica	d) Modelo do mar de elétrons – metais positivos e elétrons como esfera.	Retículo de esferas rígidas (cátions) mantidos coesos por elétrons que podem se mover livremente – elétrons livres (“mar de elétrons”).

Ligação metálica	e) Modelo do mar de elétrons – metais positivos e elétrons  negativos.	Interação entre átomos envolvidos por seus elétrons de valência que se movimentam livremente.
Ligação metálica sob ação de um campo elétrico	f) Metais como carga positiva, elétrons como esfera menor e campo elétrico como pólos negativo e positivo. 	Sob a ação de um campo elétrico as partículas negativas se movem em direção ao pólo positivo.
Liga metálica	g) Metais do mesmo elemento químico como esfera branca e metal diferente sendo inserido como esfera preta. 	Surge com a inserção de átomos na ligação metálica de elementos diferentes daqueles que a constituem.
Ligação metálica sob ação de uma força	h) Metais do mesmo elemento químico como esfera amarela. 	Sob a ação de uma força os átomos facilmente se movem em uma ligação metálica. E, quanto maior a força aplicada mais facilmente se movem.

Liga metálica sob ação de uma força	i) Metais da ligação metálica como esfera amarela e elementos diferentes inseridos como esfera vermelha formando a liga. 	Na liga metálica os átomos dificilmente se movem sob a ação de uma força devido a presença de átomos diferentes entre os átomos da ligação metálica.
-------------------------------------	---	--

Fonte: Própria autora.

Os modelos didáticos apresentados visavam facilitar a compreensão dos estudantes sobre o modelo científico abordado. Contudo, podemos observar algumas limitações nos modelos utilizados que podem dificultar/limitar a aproximação do modelo mental do estudante ao modelo científico. Por exemplo, no modelo “b” verificou-se que os átomos dos elementos metálicos estão representados como esferas com os símbolos dos elementos químicos. Isto faz com que o estudante ao representar a ligação metálica não se aproprie do modelo com cargas positivas presentes nos modelos “c”, “d” e “e”.

Quanto ao modelo “c” observa-se que a representação dos cátions imersos em um gás, acaba por enfatizar a ligação entre os cátions com ausência de elétrons. Isto também favorece a elaboração de modelos de ligação metálica distantes dos modelos científicos.

Nisto vemos a importância de se esclarecer aos estudantes as limitações existentes nos modelos didáticos e enfatizar o objetivo para o qual o modelo estava sendo utilizado, buscando diferenciar estes modelos adequadamente.

c) Descrição e Categorização e/ou organização dos dados dos estudantes

Os dados obtidos com questões fechadas do Questionário Inicial foram descritos a partir da observação sistemática dos mesmos e organizados em tabela e gráficos para análise. No intuito de identificar a compreensão inicial dos estudantes as questões foram organizadas a partir dos seguintes assuntos abordados: Questões 1, 2, 8 e 10 - **Reações químicas e suas representações**; Questões 4 e 7 - **Movimento dos elétrons** e Questões 3, 5, 6 e 9 - **Percepções e Modelos**. E, o mesmo procedimento foi seguido na Questão 4 da Folha de Atividade I, visando analisar através dos gráficos a compreensão dos estudantes quanto a percepção dos **modelos dos estados físicos da matéria**.

Obtidos os dados com os estudantes sobre aquelas questões, foram construídos gráficos que mostram o percentual de seus acertos nos itens das questões por escola. Foram construídos gráficos um para transformação dos materiais; dois para reações e suas representações; fenômenos de proteção dos materiais; movimento dos elétrons; movimento dos elétrons em solução; reconhecimento de modelos; percepção de falsificações em uma cédula; dois de percepção e modelos. Por fim, apresenta-se um panorama geral da compreensão dos estudantes.

Para análise do **protagonismo do estudante no estudo da eletroquímica** a sequência didática elaborada foi organizada em **encontros**, os quais correspondem a **Unidades de Análise**: A - Estados Físicos da Matéria e Técnica Stop Motion; B - Constituição dos Materiais Metálicos; C - Deterioração dos metais: corrosão; D - Transformações dos materiais metálicos e reações envolvidas; E - A eletricidade e sua relação com a transformação dos materiais metálicos e F - Reação espontânea e não-espontânea envolvida na transformação metálica.

Os dados obtidos com os roteiros do **Filme Stop Motion**, das **Entrevistas** e da **Atividade Experimental Investigativa** foram alocados em tabelas para realização das análises. Os dados obtidos com as questões abertas foram recortados de acordo com as Unidades de Análises anteriormente estabelecidas. No que se refere as entrevistas, um resumo dos trechos das falas dos estudantes foi alocado em quadros e entre o texto percorrido na discussão dos resultados. Os participantes foram codificados por A1= Aluno 1; A2 = Aluno 2 e os grupos por G1A = Grupo 1 da escola; G2B= Grupo 2 da escola B e assim sucessivamente.

Para a análise dos dados relacionados a aquisição de conceitos eletroquímicos dos estudantes durante o curso foram previamente definidos alguns elementos norteadores, os quais estão divididos em **três unidades de análise** conforme complexidade dos conteúdos abordados: **conteúdos básicos** – são os que assumem características gerais dos materiais e que podem ser utilizados para outros conteúdos químicos como constituição, ligação metálica e ligas metálicas; **conteúdos intermediários** – são aqueles que apresentam conceitos gerais e também conceitos necessários a compreensão do conteúdo específico de eletroquímica, tais como número de oxidação (Nox) e reações de oxirredução (semirreações); E, **conteúdo específicos** – são os que apresentam conceitos específicos ao estudo da eletroquímica como eletrólito, a diferença de potencial como o potencial de oxidação e potencial de redução.

Para a caracterização dos Modelos Expressos pelos estudantes durante o filme stop motion elaborou-se três categorias baseadas em três características dos Modelos Mentais conforme contribuição de Norman (1983) à Teoria de Johnson-Laird (Quadro 4.7).

Quadro 3. 7 – Categorização dos Modelos Mentais expressos pelos estudantes.

Critérios	Características
Funcionais	Apresentam características essenciais do Modelo Conceitual/Modelo Científico
Incompletos	Apresentam algumas características do Modelo Conceitual/Modelo Científico
Não científicos	Não apresentam características do Modelo Conceitual/Modelo Científico

Fonte: Própria autora.

Com isso, a presente pesquisa está constituída de etapas gerais: análise dos Modelos Didáticos de Eletroquímica no Livro Didático; Modelos Didáticos dos Professores; elaboração da Sequência Didática com abordagem do tema “Corrosão”, divulgação do curso nas escolas, seleção dos participantes, aplicação do Questionário Inicial, aplicação da Sequência Didática em um curso de 40h e, por fim, a análise e o tratamento dos dados obtidos.

Capítulo 4 - Resultados e Discussão

"A ciência é a aproximação progressiva do homem com o mundo real"

(Max Planck)

Este capítulo tem como foco os Modelos Mentais dos estudantes do Ensino Médio sobre Eletroquímica, de três escolas públicas situadas no município de Manaus. Sendo assim, apresenta-se a análise de duas possíveis fontes que podem influenciar esses Modelos Mentais: (1) Modelos Didáticos presentes nos capítulos que abordam o conteúdo de Eletroquímica em Livros Didáticos aprovados no PNLD/2015; (2) percepção dos professores de Química sobre o ensino. Em seguida, são analisados os Modelos Mentais dos estudantes do Ensino Médio antes de um curso que aborda o conteúdo de Eletroquímica, e a evolução desses Modelos Mentais após o desenvolvimento desse curso. Por fim, apresentam-se reflexões sobre possíveis relações e implicações dos MMs dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem.

4.1 Ensino de Eletroquímica e Modelos Didáticos

4.1.1 Livro Didático e Modelos Didáticos em Eletroquímica

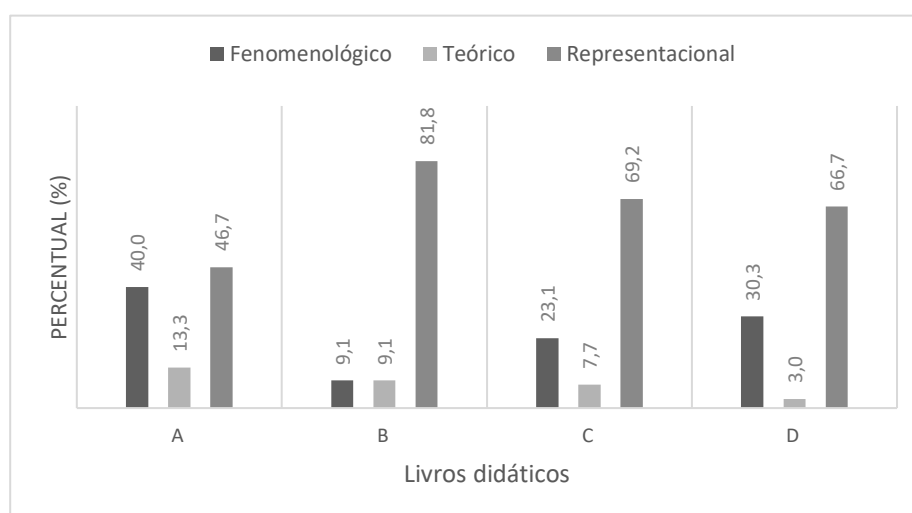
Na análise realizada nos LDQ aprovados no PNLD/2015, foram considerados os seguintes capítulos e volume: Livro A - Capítulos 16, 17 e 18 do Volume 2; no Livro B – Capítulo 5 do Volume 2; Livro C – Capítulos 6 e 7 do Volume 3; Livro D - Capítulos 13,14,15,16 e 17 do Volume 2.

No levantamento realizado nos livros foram encontrados o seguinte quantitativo de modelos: Livro A – 14 unidades significativas; Livro B - 11 unidades significativas; Livro C - 26 unidades significativas; e Livro D – 33 unidades significativas (APÊNDICES S, T, U e V). Isto denota a pouca utilização de modelos na abordagem do conteúdo Eletroquímica nestes livros.

E, mesmo nos Livros C e D com maior quantitativo de modelos observou-se que estes não exploram os aspectos essenciais como o comportamento das partículas constituintes (elétrons, átomos, íons entre outros) na identificação das representações: das ligações metálicas, das reações de oxirredução, fluxo de elétrons, eletrólito, função da ponte salina entre outros.

De maneira geral, nos quatro livros analisados neste estudo o Aspecto Representacional do conhecimento químico foi o mais explorado nos Modelos Didáticos de Eletroquímica e seguidamente o Aspecto Fenomenológico (Figura 4.1). E o Aspecto Teórico o menos explorado dos três aspectos.

Figura 4. 1- Aspectos do conhecimento químico explorados nos Modelos Didáticos de eletroquímica presentes nos livros do PNLD/2015.



Fonte: elaborado pela autora.

As diferenças na valorização dos Aspectos do Conhecimento Químico mostram que a natureza simbólica dos conteúdos químicos com informações inerentes à linguagem química, como uso de fórmulas e equações químicas, representações de modelos, uso de gráficos e equações matemáticas foi o mais explorado nos livros (Aspecto Representacional). Destacando-se o Livro B que apesar de apresentar a menor quantidade de modelos, foi o que mais explorou este aspecto nos modelos.

Quanto a esta valorização do Aspecto Representacional nos Livros Didáticos vale dizer que se for somada a falta de observação dos fenômenos durante as aulas, pode gerar no estudante a falsa ideia de que as fórmulas, equações e os modelos apresentados são reais. E, com isso, ressalta-se a necessidade de abordar-se os três aspectos do

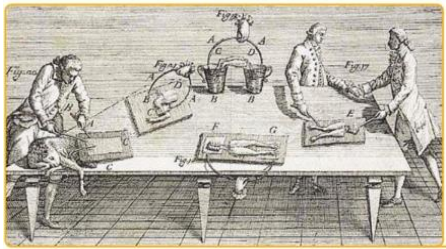
conhecimento químico a partir da interrelação existente entre eles (MORTIMER et al., 2000).

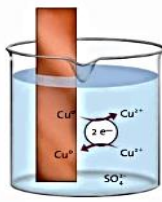
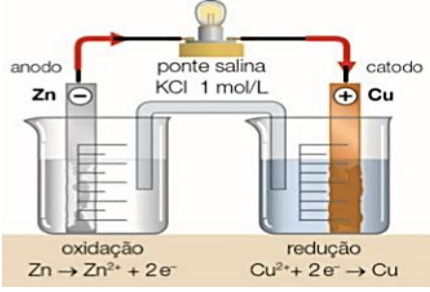
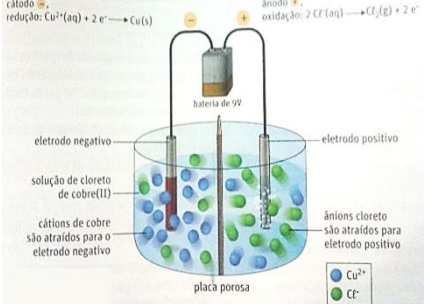
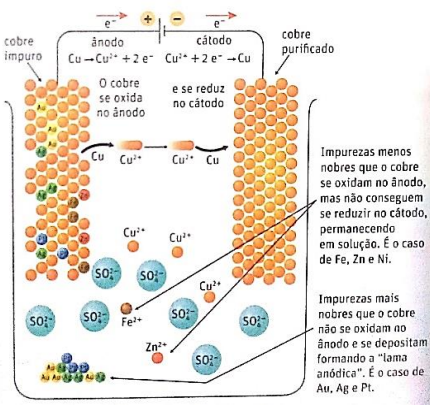
As informações de natureza atômico-molecular, as quais envolvem explicações baseadas em modelos abstratos e que incluem entidades não diretamente perceptíveis, como átomos, moléculas, íons, elétrons entre outros, são as menos exploradas nos livros (Aspecto Teórico) e este quantitativo foi ainda menor no Livro D com o maior número de modelos encontrados.

Reitera-se que com a ausência de um conhecimento conceitual substancial e de capacidade visual-espacial, os estudantes tornam-se incapazes de traduzir uma dada representação em outra (KEIG; RUBBA, 1993; SEDDON; ENIAIYEJU, 1986; WU et al., 2001) e por isso se faz essencial abordar este aspecto interrelacionando ao representacional e fenomenológico, de forma que o estudante aproxime-se do Modelo Conceitual.

Nos livros analisados também foi possível observar um número significativo de representações não identificadas, com ausência na diferenciação de cor das partículas e de materiais representados. No Quadro 4.1, pode-se observar que na **abordagem dos fenômenos e teorias** encontrou-se modelos que somente ilustram algum fenômeno ou conceito, modelo histórico e mesmo alguma teoria.

Quadro 4. 1 - Características dos Modelos Didáticos sobre o conteúdo de Eletroquímica.

Categoria	Subcategoria	Limitações e Características dos Modelos Didáticos	Exemplos
Fenômenos	Oxidação e redução	Ilustra deterioração metálica	 a. O modelo destaca a observação de um fenômeno que ocorre com a rã e é um modelo histórico. Não utiliza modelos dos metais utilizados e não apresenta linguagem química.
	Pilhas, Baterias e Eletrólise	Destaque aos fenômenos; somente ilustra modelo histórico	

Teorias	Oxidação e redução	Não apresentam a oxirredução; Cargas positivas apontadas como elétrons; somente teoria	 b. A forma como o elétron é representado passa a ideia de que está nadando em solução. E, os estados físicos não são apresentados. A seta duplas confundem a interpretação do sentido do fluxo.
	Pilhas, Baterias e Eletrólise	Somente teoria; não apresenta os estados físicos; Modelos não são identificados; Partículas diferentes que não são diferenciadas no modelo	
Representações	Oxidação e redução	Fluxo de elétrons unidirecional; não apresenta a simultaneidade; Ausência dos elétrons; Na ligação metálica não são identificados os átomos e os elétrons; Apresenta somente linguagem química	 c. Valorização do ânodo, cátodo, polo positivo e negativo; A representação dos elétrons, dos íons na ponte salina e na solução não aparecem.
	Pilhas, Baterias e Eletrólise	Eletrodos separados sem a ponte salina; Elétrons nadando em solução; destacam as convenções ânodo e cátodo e/ou polo positivo e o negativo; Ausência da condução de íons na ponte salina e/ou na solução;	 d. Não menciona função da placa porosa; ênfase aos pólos ânodo e cátodo, negativo e positivo; ausência do fluxo de elétrons; Não identifica: o modelo do gás cloro, das placas metálicas e da representa a cor marrom na placa 1;
Os três aspectos	Pilhas, baterias e eletrólise	Aborda os três aspectos do conhecimento: fenomenológico, teórico e representacional.	 e. O modelo apresenta a deterioração metálica, as representações dos metais, elétrons, íons envolvidos, oxirredução e outros.

Fonte: própria autora.

Na **abordagem do conteúdo de oxidação e redução** verificou-se que não apresentam os estados físicos das substâncias, valorizam o fluxo de elétrons unidirecional passando a ideia de corrente baseada em campo elétrico, não valorizam a simultaneidade da reação de oxirredução, ausência da representação do fluxo de elétrons e em alguns modelos a oxidação e a redução não são apresentadas. Na **abordagem do conteúdo de pilhas, baterias e eletrólise** observou-se uma valorização dos termos anodo e catodo, tal como para o polo positivo e polo negativo; ausência de condução de íons na ponte salina e na solução eletrolítica.

A ausência da condução de íons na ponte salina e na solução eletrolítica pode favorecer concepções errôneas nos estudantes descaracterizando a função destes compartimentos e a supervalorização da corrente eletrônica e a desconsideração das interações iônicas, corroborando assim com Cássio et al. (2012) e com De Posada (1999), de que o papel do íon como agente efetivo das transformações químicas fica escondido por outros tópicos no livro didático e os modelos teóricos empregados são muito abertos a interpretações errôneas. Isto pode ser observado no exemplo C (Quadro 4.1), onde nota-se a valorização do anodo, catodo, polo positivo e negativo, equações químicas enquanto não aparecem a representação dos elétrons, dos íons na ponte salina e na solução.

Logo, vê-se assim a necessidade de o Livro Didático apresentar Modelos Didáticos que favoreçam a aproximação das concepções alternativas dos estudantes ao conhecimento científico de forma que estes possam avançar no aprendizado de química utilizando e relacionando os três aspectos do conhecimento funcionalmente.

Diante do exposto, vê-se que os Livros Didáticos devem ser mais convincentes em suas explicações e esclarecer de forma explícita alguns aspectos importantes da ligação metálica como a sua natureza; os processos de perda e ganho de elétrons e o sentido de fluxo dos elétrons; a função do eletrólito e da ponte salina e a corrente elétrica como movimento de elétrons e da interação de íons. E, abordar os diferentes tópicos em uma reconciliação integrativa necessária para proporcionar aos alunos uma aprendizagem duradoura.

4.1.2 Percepções e Vivências dos Professores de Química sobre o Ensino

Conforme mencionado anteriormente, buscou-se conhecer as percepções e vivências dos professores de Química que atuam nas escolas estaduais públicas participantes desta pesquisa, sobre o processo de ensino e aprendizagem, compreendendo que são os professores que fazem a transposição didática do modelo científico em modelo didático.

Os cinco professores de Química participantes da pesquisa são licenciandos em Química (Quadro 4.2), sendo que dois desses professores também são pós-graduados. Outra característica levantada, consiste no tempo de experiência que esses professores têm no magistério, a maioria dos professores de Química, que participaram da pesquisa, têm entre 5 e 16 anos de atuação.

Quadro 4. 2- Perfil profissional dos professores de Química participantes na pesquisa.

Características		Quant.
Formação	Licenciatura em Química	5
	Outros cursos de graduação	3
	Pós-graduação	2
Tempo de Experiência no Magistério	Até 5 anos	1
	De 5 a 16 anos	4

Fonte: própria autora.

Ressalta-se que os professores no decorrer de suas trajetórias profissionais desenvolvem **modelos didáticos**. Nesse sentido, buscou-se conhecer alguns elementos que compõem esses Modelos Didáticos e que norteiam a prática educativa dos professores de Química: (1) Livro Didático de Química e Planejamento Escolar; (2) Percepções sobre a Aprendizagem dos Estudantes, incluindo concepções alternativas; (3) Compreensões sobre os Conteúdos Químicos, em especial, Eletroquímica.

a) Livro Didático e Planejamento Escolar

Visando a compreensão de possíveis influências nos Modelos Mentais dos estudantes, verificou-se a partir dos depoimentos dos professores de Química sobre o LDQ que dois aspectos são preponderantes na escolha e utilização de um LD para as aulas de Química: **linguagem simples e direta e maior quantidade de exercícios** (Quadro 4.3).

Quadro 4. 3 - Configurações das percepções dos professores de Química sobre Livro Didático e Planejamento Escolar.

Categorias	Unidades de Análise	Frequência
Livro Didático	Linguagem simples, direta e maior quantidade de exercícios.	P1; P2.
	Possibilidades de contextualização e interdisciplinaridade.	P3; P4.
	Utilização como material de apoio.	P1; P2.
	Aspectos negativos na utilização: único material utilizado pelo aluno; falta de aproximação com o contexto regional.	P4; P5.
Planejamento Escolar	Recursos didáticos e Estratégias de ensino tradicionais.	P1; P2; P3; P4; P5.
	Recursos didáticos tecnológicos.	P2; P4.
	Estratégias de ensino que possibilitam uma aprendizagem ativa.	P3; P4.

Fonte: própria autora.

Para o docente um dos principais problemas dos alunos é a interpretação de texto e a única forma de resolvê-los é praticando exercícios, como podemos observar na sua fala:

[...] então a gente procura, os (os) livros que são diretos, mas diretamente ao assunto e que tenha bastante exercício [...] (**Escola A, P1**).

Isto porque para o professor muitos livros são cheios de texto e o adolescente não gosta de ler, principalmente quando o texto vem muito técnico. Nisso entende-se que o professor não considera importante o aspecto conceitual do conteúdo químico com todo o seu rigor científico como o uso dos termos técnicos, a linguagem química. Além disso, não considera a leitura e interpretação de texto como essenciais ao ensino do conhecimento químico e valoriza acentuadamente os exercícios como estratégia de aprendizagem.

Conforme observado na fala de P2, este considera que quanto mais simples for o livro ao abordar o conteúdo é melhor para o aluno, ele não concorda com a complexidade dos conteúdos explanados.

[...] o menos complexo possível [...] tem livro que estão passando do ponto [...] um monte de coisinha de experiencia, aqueles negócios de pesquisa, mas exercício não tem, [...] (**Escola B, P2**).

O professor diz ainda que tenta ver a coerência do material, pois em certos pontos se avançar muito emperra em outros assuntos, assim prefere os livros antigos com os

quais prepara a sua aula, buscando avisar os alunos sobre qual página do livro consultar, indicando quando se apoiar no livro.

Diante disso, observa-se que para o aquele professor o conteúdo não deve ser explorado em sua complexidade e sim apresentado ao estudante como algo fácil de entender. Contudo, isso contraria a realidade complexa do conteúdo químico que exige abstração e podendo limitar a aproximação do que o estudante sabe daquilo que a ciência busca explicar com uso de modelos e representações.

Corroborando com Belotti (2011), entende-se que a simplificação dos conteúdos pode ser prejudicial ao aprendizado do conteúdo químico: aprendizagem de conceitos; nível de abstração e a linguagem empregada que também tornam difícil a assimilação dos conteúdos ministrados.

Outra perspectiva de escolha do livro aponta busca de aproximações do cotidiano do estudante e integração de diferentes conhecimentos - **possibilidades de contextualização e interdisciplinaridade** (Quadro 4.3). O professor P3, da Escola B, destaca *que*:

[...] primeiro critério se há contextualização, se há interdisciplinaridade, dentro de uma proposta didática estabelecida no currículo nacional [...] (**Escola B, P3**).

O professor acrescenta ainda que uma vez se considerando tradicionalista, mas que trabalha como progressista dentro de uma escola pública para formar cidadãos, olha o livro didático com pouca suficiência em matéria de contextualização e também multidisciplinariedade.

Quanto a **utilização como material de apoio**, o professor P1 diz que os livros são importantes para iniciar o assunto e por isso insiste que os alunos leiam o conteúdo do livro na sala de aula. Mas, como os estudantes não tem boa leitura os conteúdos são constantemente explanados no quadro:

[...] mas quando a gente vai encontrando esses erros, acaba voltando pro quadro, pra gente não ficar viciado no erro [...] (**Escola A, P1**).

Considera ainda que, o livro didático não é cem por cento correto e isso leva ao uso constante do quadro e mesmo assim considera que não é possível largar os livros, principalmente os de ensino superior.

Por outro lado, quando os professores de Química destacam **aspectos positivos e negativos** na utilização do LDQ, foi possível depreender a partir dos depoimentos de três participantes da pesquisa que os LDQs atuais, aprovados no PNLD não são materiais de boa qualidade, sendo estes utilizados apenas como apoio ou consulta, mas não como recurso didático que dão direcionamentos as suas atividades em sala de aula. Outro fator a considerar é que os estudantes limitam seus estudos apenas a leitura desse material, isto configura como um aspecto negativo, conforme verifica-se na fala:

[...]. Isso tá relacionado porque o aluno no final das contas, ele só vai naquele livro didático né, então ele pega aquele livro didático acho que é aquilo ali e na maioria das vezes ele não vai mais atrás de outras coisas, de outras opiniões ...pra aumentar, como é que eu posso dizer, o aprendizado dele [...] (**Escola C, P5**).

Ressalta-se assim que a escolha de estratégias se relaciona com o conhecimento que o professor possui de como os alunos aprendem, à tomada de decisões sobre os tipos e a natureza das atividades, quando cada atividade deve ser realizada, quais recursos devem ser utilizados dentre os disponíveis, a função do professor e a dos alunos, tal como com o atendimento à diversidade existente na sala de aula. Corroborando assim com Azcárate (1998) ao afirmar que escolha de estratégias de ensino envolvem opiniões e crenças implícitas sobre como os alunos aprendem e como aprendem melhor.

No Quadro 4.3, ainda uma segunda categoria presente na prática educativa dos professores de Química consiste no **Planejamento Escolar**. Corroborando com Porlán *et al.* (1996,1997,1998 e 2000), a esse respeito Recursos e Estratégias configuram os **Modelos Didáticos** desses professores permitindo compreender o seu fazer pedagógico, onde estão subjacentes concepções e saberes tácitos.

Retomando o Quadro 4.3 observa-se ainda que entre os principais referenciais utilizados pelos professores no planejamento do ensino estão: o Projeto Político Pedagógico da Escola, os Parâmetros Curriculares Nacionais e o Livro Didático. Apesar de o livro didático ser o menos apontado pelos professores participantes desta pesquisa; vale considerar os seguintes depoimentos dos professores:

[...] eu elaboro a partir do livro didático, porque queira ou não nós somos determinados a utilizar o livro didático e o livro didático na mão do professor cria vida né! [...] (**Escola B, P3**);

[...] vou atrás pego dois, três, quatro livros, faço um resumo e a minha aula é em cima não só de um livrozinho, não só em cima daquele livro didático, mas de uma geral que eu dou (**Escola C, P5**).

O **uso frequente** do Livro Didático como **estratégia de ensino e de aprendizagem** e como fonte de consulta a direcionar o Planejamento de Ensino, corrobora com a afirmação de Torres (1998) e Enguita, (1991) de que no âmbito das reformas educacionais, o livro didático é a segunda prioridade como insumo educativo. E, por isso, torna-se por vezes substituição em vez de estratégia de apoio ao professor. Podendo tornar-se apenas uma estratégia compensatória dos maus salários, da má ou nenhuma capacitação, do escasso tempo disponível para se atualizar e preparar as aulas.

Com isso, destaca-se a importância do Livro Didático como uma das estratégias de apoio ao professor e que somado a outras estratégias didáticas de ensino e aprendizagem pode enriquecer/favorecer a aproximação dos MMs dos estudantes ao conhecimento científico. Contudo, se utilizado sem questionamento/direcionamento pelo professor em suas aulas as limitações didáticas deste instrumento podem distanciar os MMs dos estudantes ao Modelo Científico.

Nesta categoria, **recursos e estratégias de ensino tradicionais**, de maneira geral observou-se que o Modelo Didático preponderante entre os professores é o Modelo Tradicional. Pois, percebe-se uma valorização no uso do Livro Didático como único Recurso Didático e no uso de aula expositiva como Estratégia de ensino e aprendizagem:

[...] A utilização do livro, como os meninos já estão com o livro, o certo é na aula que tu vá utilizar o livro dê um começo do assunto, bem inicialmente né? E tu dê a opção deles leem o conteúdo, normalmente como eles não tem essa questão de leitura a gente acaba dando metade da aula pra eles lerem [...] E a gente acaba querendo sair do quadro, mas quando a gente vai encontrando esses erros, acaba voltando pro quadro, pra gente não ficar viciado no erro (Escola A, P1).

Além disso, aparecem na valorização no uso do quadro, na aula expositiva e na realização de trabalhos, provas e exercícios baseados nos livros adotados. Também se observou que o professor P2 afirma utilizar o mesmo planejamento de ensino de 5 anos, alterando somente a ordem dos conteúdos.

Nos **recursos didáticos tecnológicos**, características de um Modelo tecnológico surgem como tentativa de inovar o ensino com o uso de data show, celular e mídias. Sobre isso, verificou-se que os recursos tecnológicos são até mesmo considerados uma condição para estudo das concepções alternativas dos estudantes, na fala do professor:

[...] aqui nós não temos como, não tem laboratório, não tem Datashow, nas outras escolas tem Datashow, mas também tem a questão do tempo do conteúdo, esse é realmente eu me preocupo muito com o conteúdo [...] (Escola B, P2).

Quanto as **estratégias de ensino que possibilitam uma aprendizagem ativa** podemos perceber a valorização de atividades em grupo e interdisciplinares (P4), uso de modelos (P1), consideração do que os alunos sabem e realização de pequenos projetos e pesquisa de campo (P3). E, a valorização do uso de materiais alternativos designando uma tentativa de investigação na escola (P1, P3 e P4). Isto pode ser observado na fala do professor ao falar sobre o critério na escolha do livro:

[...] Os instrumentos que utilizo?! Bem, normalmente eu utilizo a sala de aula, aula expositiva e atividades de campo que usam justamente materiais do cotidiano (Escola B, P3).

E, este mesmo professor menciona valorizar conhecimento prévio do aluno, realizando um diagnóstico desse conhecimento para então explorar um novo conteúdo. Corroborando com Rosa e Schnetzler (1998), de que as concepções que os estudantes já possuem sobre alguns fenômenos interferem na aprendizagem de conceitos científicos.

E, uma vez que estas concepções, são distantes da visão cientificamente aceita, tornam-se acentuadas devido: (1) à ausência de discussões nas aulas de Ciências; (2) à ênfase na visão empiricista do conhecimento; e, (3) à falta de relacionamento explícito entre os níveis micro e macroscópico do conhecimento químico no Ensino Tradicional. Devendo-se também, a falta de valorização das relações existentes entre teorias e, modelos científicos, que tentam explicar a natureza da matéria e os fenômenos observáveis.

Desta forma, a partir dos elementos analisados, podemos evidenciar os Modelos Didáticos presentes como o: Tradicional, Tecnológico, Espontaneísta-ativista e Investigação na escola. O Modelo Didático Tradicional revela-se preponderante entre os professores na valorização do Livro Didático e aula expositiva; o Modelo Tecnológico identificado no uso de tecnologias; o Modelo Espontaneísta-Ativista aparece com atividades em grupo e interdisciplinares, uso de modelos, análise do conhecimento prévio, na realização de pequenos projetos e em pesquisa de campo. E, o Modelo Investigação na Escola aparece na busca de materiais alternativos para investigação na escola.

b) Percepções sobre a Aprendizagem dos Estudantes

Quanto a aprendizagem dos estudantes, os professores citam algumas dificuldades que surgem no aprendizado, como: a defasagem na interpretação de texto, a falta de domínio da língua portuguesa e da matemática, tal como o pouco tempo dedicado aos estudos. Tais características podem ser observadas na fala do seguinte professor:

[...] o menino não tá indo muito bem em português e matemática, se tu ver esse menino que não for bom em química, provavelmente ele ficou em português e em matemática (Escola A, P1).

Nesta fala, podemos inferir que o professor valoriza o aspecto representacional do conhecimento químico, onde são abordados gráficos, cálculos e tabelas.

A professora relaciona isto a má interpretação do aluno sobre o que está acontecendo, podendo ele saber o conceito, mas sem ter a capacidade visual de abstração. Para ela, o aluno não consegue tirar do papel ou projetar no papel o que sabe, pois mesmo entendendo os experimentos, a fala do professor e os seus slides, ao ser apresentado o conteúdo e uma questão, percebe-se que o problema deles não é a química mas a interpretação.

Contudo vemos profissionais que não concordam com a inserção de textos em livros didáticos, como vê-se na fala do professor:

[...] porque tem muito livro hoje em dia que tá igual a relatório de texto de leitura pô, se for texto de leitura, tu compras um jornal, compra uma revista, [...], vai assistir um jornal [...] o tanto que tu vai ler num livro de química (Escola B, P2).

O professor justifica tal discordância por considerar que basta o aluno ter atenção ao que está a volta, ler um jornal, ler uma revista, pois o material que está no livro, pode ser visto fora e como a sociedade não quer saber da notícia que está fora também não se importará com o que está dentro do livro.

A leitura de textos nas aulas de química que englobem a realidade cotidiana do aluno se revela como essencial a aproximação do aluno ao conhecimento científico. Nisto, o professor apresenta um papel importante em vincular as concepções alternativas e o conhecimento de química. Assim, corroborando com Maia *et al.* (2011), os resultados acima nos chamam a atenção para a necessidade de qualificação do professor de forma a torná-lo apto a reavaliar e selecionar o LD fornecido pelo PNLEM.

Na percepção da aprendizagem dos estudantes observa-se que são avaliados por notas e não por habilidades e competências, na fala:

[...] O aprendizado é! Então, eu acho bem proveitoso [...] aqui na escola as turmas são niveladas pelas notas né, então, notas e idades, então essas minhas turmas são as finais [...] a gente tenta fazer eles aprenderem um pouco né[...] (Escola C, P4).

Com isso, vemos características de um Modelo Didático Tradicional onde as notas dos estudantes são o parâmetro para sua classificação e assim desconsidera-se estratégias diversificadas de ensino e aprendizagem.

Observa-se ainda que para os professores a dificuldade na aprendizagem destes estudantes não está relacionada ao conteúdo da disciplina química. Eles consideram que os problemas que os estudantes enfrentam estão relacionados a forma de abordar o conteúdo nos livros didáticos, a interpretação de textos e:

[...] nossos alunos tem uma deficiência muito grande em matemática ..a maior dificuldade está relacionado a [...] não o entendimento das atividades relacionadas, dos conceitos relacionados a química propriamente dita mas a resolução matemática dos problemas e dos cálculos que a físico-química requer um pouco né?! (Escola C, P5).

Vemos assim, que as resoluções matemáticas dos problemas e dos cálculos de físico-química são evidenciadas como a causa da dificuldade dos estudantes no aprendizado em sala de aula. Tais professores consideram que o conteúdo de química não é difícil para o estudante ao afirmar que o aluno entende os conceitos químicos, ou seja, que possuem domínio conceitual.

Contrariamente, o apontado por pesquisas como a de Ogude e Bradley (1996) afirmam que muitos estudantes podem resolver problemas quantitativos em eletroquímica, como aparecem nos exames de química, mas poucos são capazes de responder a questões qualitativas, que requerem um conhecimento conceitual mais profundo.

Assim, estes professores desconsideram as dificuldades no aprendizado conceitual e representacional dos conteúdos químicos. E, características de um Modelo Didático Tradicional aparece quando as notas dos estudantes são utilizadas como parâmetro na classificação deles em turmas distintas, não valorizando as suas individualidades através na avaliação de habilidades e competências.

c) *Compreensões sobre os Conteúdos Químicos*

Os professores relatam que seus estudantes compreendem os fenômenos, mas possuem dificuldades na interpretação, na matemática, nos cálculos envolvidos e que as exemplificações que utilizam ajudam o aluno a entender o conteúdo que é apresentado de forma “assustadora” pelo livro didático. Também, mencionam que os estudantes têm dificuldades na identificação dos estados físicos das substâncias.

As observações podem ser notadas nas seguintes colocações dos professores:

[...] eles gostam da parte visual da química, os fenômenos, eles gostam de observar os fenômenos, o problema deles é a parte da interpretação que é quando é eles e a questão, mas essa parte de fenomenologia eles adoram (Escola A, P1).

Verifica-se nesta fala que o professor reconhece que o Aspecto Fenomenológico do conhecimento químico é atraente e mais compreensível para o estudante. Contudo, o Aspecto Representacional e o Aspecto Teórico parecem está desvinculados da relação com o Aspecto Fenomenológico. Isto, porque o professor percebe que os estudantes não conseguem resolver questões de química. Logo, a relação entre os três Aspectos do Conhecimento Químico precisa ser explorada de forma que estes estudantes sejam capazes de interpretar as questões.

A matemática é apontada entre os motivos da dificuldade na compreensão do conhecimento químico, pois os alunos não sabem realizar os cálculos referentes a energia:

[...] Então, é, a matemática básica, acho que a principal, assim, as vezes os alunos até entendem um pouco, mas eles não sabem muito as vezes calcular o valor [...] a gente trabalha bastante energia, [...] aí exemplifica bastante pra eles entenderem que não é algo tão assustador quanto se parece nos livros né [...] (Escola C, P4).

Ainda quanto a matemática, o professor apontam que possuem dificuldade em realizar os cálculos relacionados aos estados físicos:

[...] A matemática [...] geralmente você pergunta: "Uma bolinha solta você sopra ela. O que e que tem dentro? nada! (risos) neh?! Não tem essa percepção, o estado gasoso tem massa não é isso? Qual é a massa do estado gasoso? Eu posso medir a massa do estado gasoso? Aí fica uma (Balança as mãos) esta parte dos estados físicos é um pouco difícil de compreender[...] (Escola C, P5).

Diante disso, podemos inferir que o fato de relacionarem apenas a matemática o fato de os estudantes não conseguirem resolver a questão denota o desconhecimento

destes professores de como os estudantes aprendem e de que estas dificuldades também podem estar relacionadas a falta de domínio conceitual por parte destes estudantes.

Quando questionados sobre como se consideram quanto ao Perfil do Modelo Didático, de maneira geral, os professores se consideram tradicionais, sendo que os professores da escola C se consideram uma “mistura” do Tradicional e Construtivismo. E, elencam pontos negativos disso e reconhecem a necessidade de inovação e mudanças de estratégias que favoreçam o ensino e a aprendizagem do conhecimento científico. Como exemplo podemos citar o depoimento do professor:

Eu me considero um tradicional, por considerar isso, eu tô tentando mudar né? Porque hoje em dia a geração não é mais como a nossa, a gente tem outras formas de ensinar né? Então, assim eu sou tradicionalista, eu estou tentando mudar meu modo tradicionalista que eu vejo que não dá certo, ainda mais com essa geração, o tradicional, ele deu certo durante muito tempo, ele ainda dá certo, só que a aula fica muito mecanizada, eles acabam tendo meio que um; aí aquela matéria de novo, não sei o que, eles acabam tendo raiva da matéria né? [...] (Escola A, P1)

Tal colocação do professor é coerente com as características do Modelo Didático apresentado pelo professor. Onde, ele valoriza o ensino do conteúdo, do livro didático, exercícios, aula expositiva e não explora outras estratégias que favoreçam a observação e a investigação.

A partir dos elementos analisados, podemos evidenciar os Modelos Didáticos presentes como o: Tradicional, Tecnológico, Espontaneísta-ativista e Investigação na escola. O Modelo Didático Tradicional revela-se preponderante entre os professores na valorização do Livro Didático como Recurso Didático e da aula expositiva como estratégia de ensino e aprendizagem; o Modelo Tecnológico identificado no uso de tecnologias como o datashow, celular e mídias; o Modelo Espontaneísta-Ativista aparece com atividades em grupo e interdisciplinares, uso de modelos, análise do conhecimento prévio, na realização de pequenos projetos e em pesquisa de campo. E, o Modelo Investigação na Escola aparece na busca de materiais alternativos para investigação na escola.

De maneira geral, observou-se que a maneira com que estes professores compreendem a aprendizagem e a aquisição de conteúdos químicos reforça o Modelo Didático Tradicional apresentado por eles. Ou seja, mesmo utilizando alguns recursos tecnológicos e tendo disponíveis laboratórios e sala de mídias os professores possuem

dificuldades na elaboração de novas estratégias para o ensino e aprendizagem de conteúdos químicos. E, relacionam as dificuldades no aprendizado de química a fatores externos como a língua portuguesa e a matemática, demonstrando desconhecimento das dificuldades conceituais que os estudantes possuem.

4.2 Modelos Mentais dos Estudantes do Ensino Médio no Estudo de Eletroquímica

A presente pesquisa tem como foco os Modelos Mentais dos estudantes do Ensino Médio relacionados aos Conceitos em Eletroquímica. Dessa forma, a pesquisa foi desenvolvida em três escolas estaduais públicas (A, B e C), onde participaram, inicialmente, o total de 74 estudantes. Assim, este item está organizado em duas partes. Na primeira, buscou-se compreender ideias e Modelos Mentais iniciais sobre os conceitos de eletroquímica. Em um segundo momento, investigou-se a (re)construção dos Modelos Mentais dos Estudantes a partir de uma sequência de aulas pautada na Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird.

4.2.1 Ideias e Modelos Mentais Prévios dos Estudantes do Ensino Médio sobre Eletroquímica

Conforme mencionado anteriormente, o estudo foi realizado com estudantes da 2ª Série do Ensino Médio de três escolas: A (28 alunos), B (26 alunos) e C (20 alunos). Os dados foram coletados no 1º semestre/2018 na escola A e 2º semestre/2018 nas escolas B e C. Vale ressaltar que nas três escolas o conteúdo de Eletroquímica ainda não havia sido ministrado.

Antes do desenvolvimento da sequência de aulas (curso), buscou-se identificar as ideias prévias dos estudantes. Assim, aplicou-se um questionário inicial com dez questões que abordaram os seguintes conteúdos químicos: reações químicas e suas representações; movimento dos elétrons e suas percepções de modelos (Quadro 4.4).

Quadro 4. 4 - Assuntos de Química abordados e Modelos no Questionário Inicial

Assuntos abordados	Questões
Reações químicas e suas representações	1, 2, 8 e 10
Movimento dos elétrons	4 e 7
Percepções e Modelos	3, 5, 6 e 9.

Fonte: elaborado pela autora.

a) Reações químicas e suas representações

Para compreender o domínio e entendimentos que os estudantes apresentam sobre reações químicas e suas representações, foram analisadas as respostas de quatro questões que abordam o respectivo conteúdo. Conforme pode ser observado na Questão 1, foram explorados ao longo de quatro itens reações químicas que ocorrem em alguns fenômenos cotidianos. No item “a” abordou-se o fenômeno químico que ocorre em uma palha de aço (Figura 4.2).

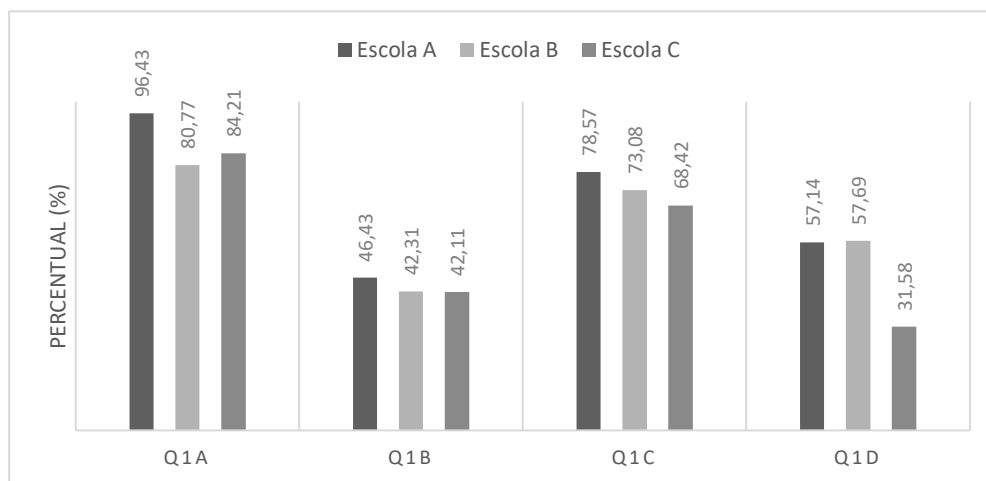
Figura 4. 2- Questões sobre reação química e sua representação.

01. O estudo central da Química baseia-se nas reações químicas. Por isso, dizemos que a Química é a Ciência que estuda as transformações das substâncias. Com relação às transformações das substâncias, julgue os itens marcando C para os corretos e E para os errados. () A palha de aço úmida, com o passar do tempo, de acinzentada torna-se avermelhada, o que indica a ocorrência de um fenômeno químico. () Uma lata de alumínio, depois de amassada e descartada, enferruja com o passar do tempo, pois sofre uma transformação física. () O nosso organismo sintetiza, com base em substâncias contidas nos alimentos ingeridos, milhares de outras substâncias que vão fazer a constituição das nossas células. Essas transformações são certamente químicas. () O papel é um material reciclável. Devido a algumas facilidades desse processo, papelão, papéis de todo tipo e de toda cor podem ser reciclados. A mudança de cor desses materiais nas etapas de reciclagem indica transformação química.	08. Observe as figuras abaixo e julgue com V (verdadeiro) e F (falso), sobre o que ocorre nas três figuras.  (I) (II) (III) () Microorganismos estão agindo de forma a alterar a aparência dos materiais. () A exposição direta com o oxigênio do ar provocou a mudança de aspecto. () A umidade do ar contribuiu para o desgaste visual. () A modificação de cor da maçã não poderia ter sido evitada;
02. Observe a equação química abaixo e responda: $\text{C}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)}$ a) Qual(is) substância(s) é(são) reagentes? _____ b) Qual(is) substância(s) é(são) produtos? _____ c) Qual o estado físico do CO_2? _____	10. Os revestimentos e os <i>inibidores de corrosão</i> objetivam evitar, prevenir ou impedir o desenvolvimento das reações de corrosão. Marque a(s) alternativa(s) onde a ação dos revestimentos/inibidores de corrosão é muito importante. a) As pinturas de grades de ferro são formas de inibir a formação da ferrugem, pois impedem o contato direto do ferro com o oxigênio. b) Nas latas de alumínio o revestimento das mesmas impede o desgaste do alumínio. c) As estruturas de concreto armado também podem sofrer corrosão por isso a importância do uso de inibidores. d) Plásticos e borrachas podem sofrer uma degradação por ação do meio. e) O revestimento asfáltico das rodovias protege as mesmas de possíveis processos corrosivos.

Fonte: elaborado pela autora.

Conforme dados da Figura 4.3, este foi o item mais acertado nas três escolas, sendo o maior rendimento na escola A e o menor rendimento na escola B. Depois segue o item “c”, sobre síntese de substâncias no organismo com maior percentual na escola A e na escola C.

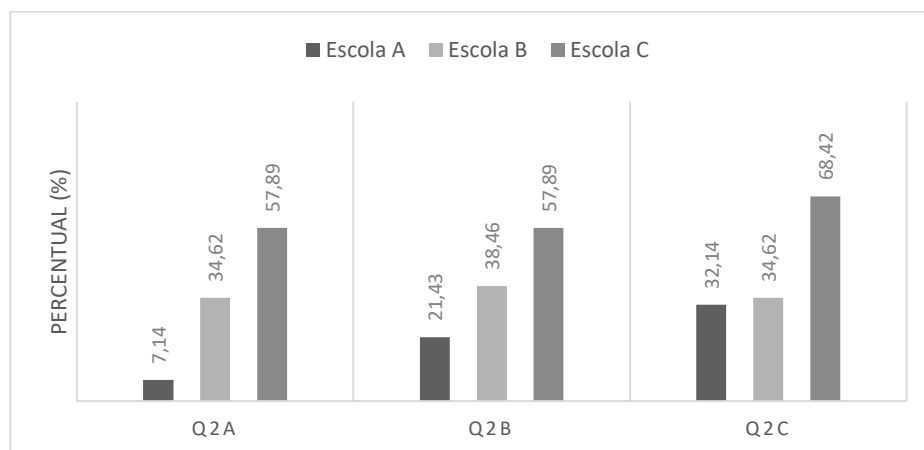
Figura 4. 3- Compreensão inicial dos estudantes sobre transformações dos materiais.



Fonte: elaborado pela autora.

Conforme o baixo acerto no item “b”, com acertos em torno de 40%, vê-se que os estudantes apresentaram dificuldade em identificar as transformações químicas que ocorrem em uma lata de alumínio; como também na reciclagem do papel do item “d”, com acertos em torno de 50% nas três escolas.

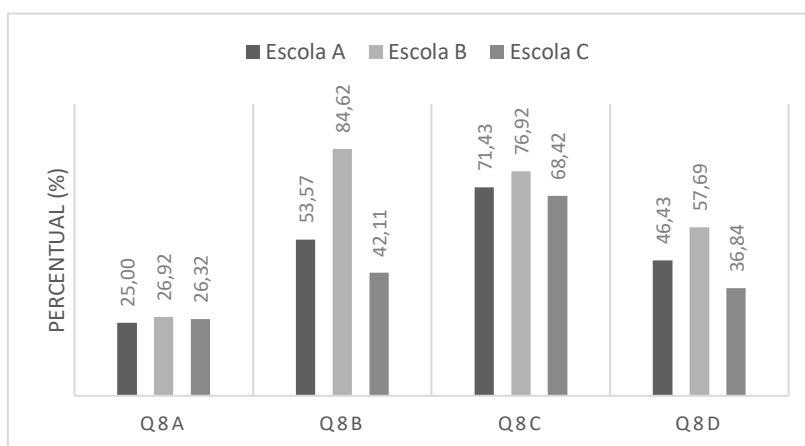
Na interpretação de uma equação química, apresentada na Questão 2 (Figura 4.2), na qual deviam ser identificados os reagentes, produtos e estados físicos das substâncias da equação química. Conforme os dados na Figura 4.4, a escola C apresentou maior número de estudantes que identificou corretamente reagentes, produtos e estados físicos das substâncias.

Figura 4. 4- Compreensão inicial dos estudantes sobre reações e suas representações.

Fonte: elaborado pela autora.

A escola A apresentou menor número de estudantes que acertou o item ‘a’, ‘b’ e o item ‘c’. Nas três escolas os estudantes identificaram mais facilmente o estado físico da substância (item c). Isto, denota a dificuldades dos estudantes quanto a interpretação da representação de uma reação química.

As possíveis causas da deterioração de alguns materiais, os seus aspectos e os possíveis fatores de inibição das modificações também foram abordados conforme Questão 8 (Figura 4.2). Assim, de acordo com os dados da Figura 4.5 observa-se de modo geral que os estudantes foram bem na maioria dos itens da questão.

Figura 4. 5- Compreensão inicial dos estudantes sobre reações e suas representações.

Fonte: elaborado pela autora.

No item 'a' poucos estudantes acertaram a questão, sendo o menor percentual da escola A e o maior da escola B. Assim, observa-se que os estudantes não compreendem a ação de microrganismos em diferentes materiais, acreditando que os mesmos foram também responsáveis pela deterioração metálica. No item 'b', de modo geral os estudantes compreendem que a reação dos materiais com o oxigênio do ar provoca a mudança de aspecto nos mesmos. O maior número de alunos que acertou este item da questão foi da escola B com 84,62%.

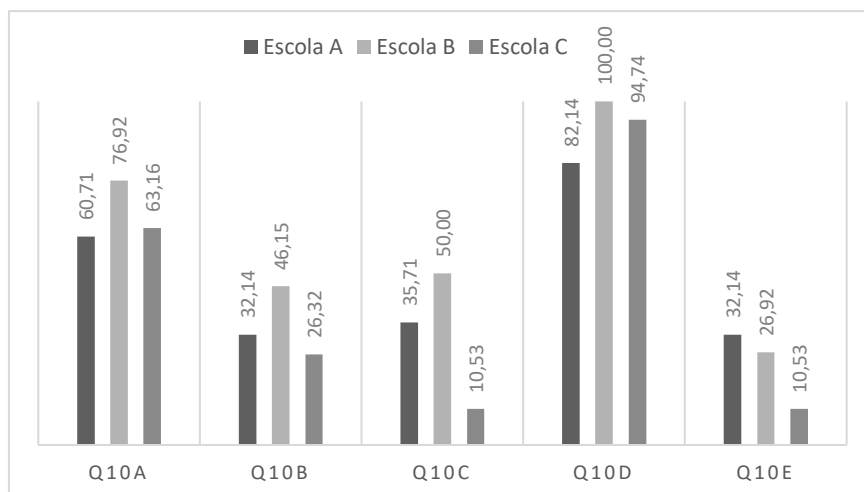
Da mesma forma, no item 'c', um número significativo de estudantes, em torno de 70%, sendo a maior porcentagem na escola B e a menor na escola C compreende que a umidade do ar contribui no desgaste dos diferentes materiais apresentados. Quanto ao item 'd', de modo geral verifica-se que um número alto de estudantes conhece uma forma de inibir o desgaste da maçã, sendo os maiores percentuais na escola A e B e o menor na escola C. Os estudantes da escola B apresentaram maior rendimento em todos os itens. E, na escola C encontrou-se menor número dos alunos que reconhece fatores de modificação dos materiais, como: a ação do oxigênio; a umidade do ar e que se pode evitar o desgaste da maçã.

Diante do exposto, de modo geral os estudantes das três escolas compreendem os fenômenos cotidianos com algumas dificuldades acentuadas no item 'a' e sendo escola C a com o maior percentual de alunos com dificuldade na interpretação dos fenômenos cotidianos.

Reações químicas associadas a alguns fenômenos que ocorrem em diferentes materiais no cotidiano também foram inicialmente explorados, conforme a Questão 10 (Figura 4.2). Nesta buscou-se verificar se os estudantes reconhecem formas de proteger da ação do meio diferentes materiais do cotidiano.

Conforme os resultados apresentados na Figura 4.6, de maneira geral os estudantes reconhecem a pintura em grades de ferro como um meio eficaz de proteção deste material contra a ferrugem (item 'a'). Sendo que a escola B aparece com os maiores percentuais ao inverso da escola C que surge com os menores percentuais de estudantes que marcaram a alternativa.

Figura 4. 6- Compreensão inicial dos estudantes sobre fenômenos de proteção dos materiais.



Fonte: elaborado pela autora.

Quanto ao item ‘b’, verifica-se que um número significativo de estudantes da escola A e B sabe que os revestimentos das latas de alumínio servem para impedir o desgaste delas. Na escola C, o número de estudantes que compreende a ação do revestimento foi menor que das outras escolas.

Da mesma forma, no item ‘c’, o maior número de alunos da escola A e B, compreendem que as estruturas de concreto armado também sofrem corrosão e por isso nelas também se usam inibidores. Enquanto somente 10,53% dos estudantes da escola C marcaram corretamente este item. O item ‘d’, nas três escolas, a maioria dos estudantes reconheceu que o fato de plásticos e borrachas sofrer uma degradação por ação do meio não tem relação com processos de inibição da corrosão.

Quanto ao reconhecimento dos revestimentos asfálticos das rodovias como meio de proteger as mesmas de possíveis processos corrosivos, no item ‘e’, encontra-se menos estudantes das três escolas, sendo os maiores rendimentos na escola A e B e os menores na escola C.

Pode-se dizer assim que a maioria dos estudantes possui conhecimento prévio sobre ação dos inibidores de corrosão, tendo ainda maior facilidade nos processos que envolvem corrosão metálica. Ou seja, identificam mais facilmente a deterioração do ferro e a proteção do alumínio. E, vale dizer também que em cada item, as escolas A e B apresentaram maior número de estudantes que marcaram os itens corretamente.

b) Movimento dos elétrons nos materiais

O movimento de elétrons que pode ocorrer em diferentes materiais presentes no cotidiano também foi abordado em: corpo humano, árvore, tomada, água com sal ou açúcar, sal e açúcar sólidos e em óleo de motores, conforme a Figura 4.7.

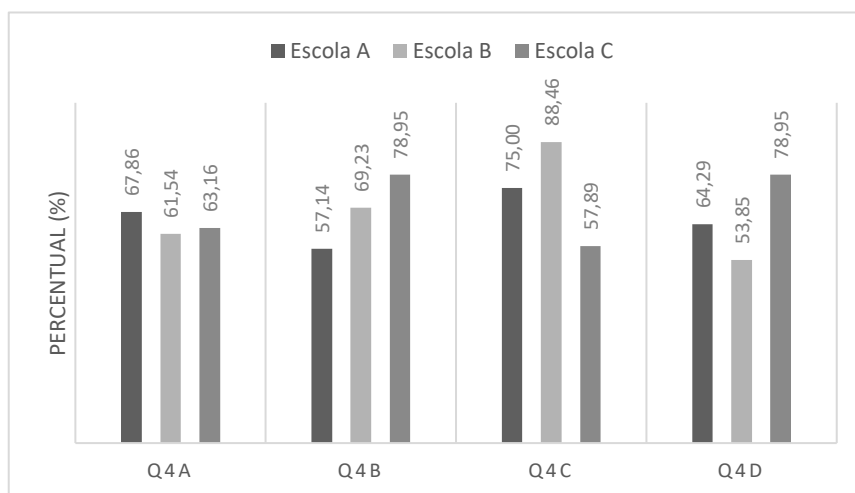
Figura 4. 7 - Questões sobre movimento dos elétrons nas reações em solução.

04. A condutibilidade elétrica é uma das diversas propriedades físico-químicas das substâncias químicas e é explicada pela transferência de elétrons a partir da formação de íons. Determinados materiais podem facilmente conduzir eletricidade, como por exemplo, os metais. Observando as figuras abaixo julgue as alternativas em (C) certo ou (E) errado.  Corpo humano (I)  árvore (II)  tomada (III)  água com sal (IV) () O corpo humano pode facilmente conduzir eletricidade por que possui sais minerais dissolvidos em água. () A árvore, que é um organismo vivo, facilmente absorve alguns nutrientes do solo os quais a tornam favorável a condução de elétrons. () A tomada, apesar de desconectada, continua sendo condutora de eletricidade pois é constituída de metais. () A água com sal não é uma boa condutora de eletricidade pois não tem íons dissolvidos.	07. Em qual (is) das situações abaixo pode ocorrer condução de energia elétrica? a) Numa solução de açúcar dissolvido em água. b) No sal de cozinha sólido. c) Numa solução de NaCl dissolvido em água. d) No óleo de motores. e) No açúcar sólido.
---	---

Fonte: elaborado pela autora.

A condução de eletricidade e sua relação com a constituição dos materiais, foi abordada conforme Questão 4 (Figura 4.7). Ou seja, a relação do movimento dos elétrons com os “íons”, moléculas presentes naqueles, como: sais minerais, nutrientes do solo, metais e íons do sal.

Assim, analisando os dados da Figura 4.8 desta questão, vê-se de modo geral que foram mais de 50% os estudantes das escolas que reconhecem quando ocorre ou não o movimento dos elétrons nos materiais apresentados.

Figura 4. 8- Compreensão inicial dos estudantes sobre movimento dos elétrons.

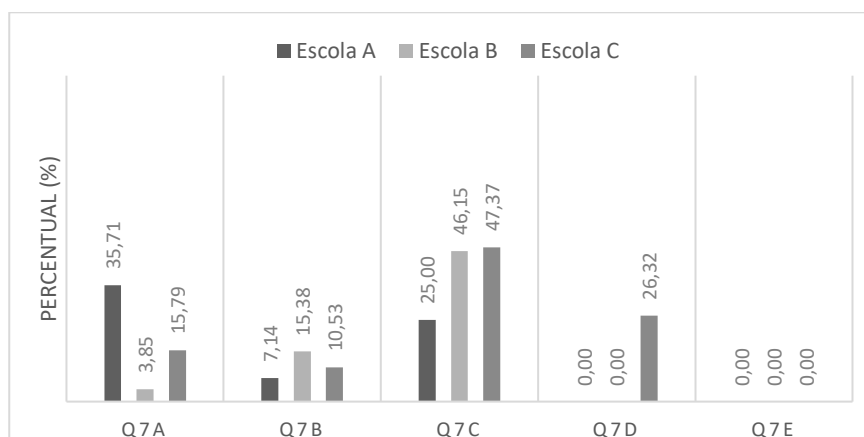
Fonte: elaborado pela autora.

No item ‘a’, mais de 60% dos estudantes compreendem que devido aos sais minerais dissolvidos em água o corpo humano pode conduzir eletricidade. Neste item, a escola A se destaca com o maior número de estudantes (67,86%) acertando a questão. No item ‘b’, todas as escolas apresentam um ótimo rendimento, sendo que se sobressaíram 78,9% alunos da escola C. Ou seja, a maioria dos alunos compreende que há condução de elétrons em uma árvore.

No item ‘c’, um número significativo de estudantes da escola B, entende que a tomada é condutora de eletricidade e que isto está relacionado ao fato de possuir metais. Por conseguinte, se destacam a escola A e C, respectivamente. Quanto ao item ‘d’, observa-se que a escola C novamente se destaca em relação a escola A e B, com a maioria dos estudantes reconhecendo que a água com sal é uma boa condutora de eletricidade.

A condução de eletricidade em uma solução de cloreto de sódio, a qual é uma solução muito comum de ser explorada no ensino de química, foi abordada conforme Questão 7 (Figura 4.7). Em relação a isto os dados da Figura 4.9, mostram de modo geral que mais de 40% dos estudantes da escola B e da escola C reconhecem poder ocorrer condução de energia elétrica na solução de cloreto de sódio. Ao contrário na escola A um número bem menor reconheceu esta condução de elétrons na solução de NaCl.

Figura 4. 9 - Compreensão inicial dos estudantes sobre movimento de elétrons em solução.



Fonte: elaborado pela autora.

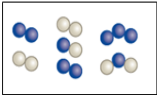
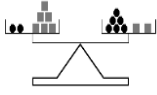
Assim, nas três escolas encontram-se estudantes que acreditam que a solução de açúcar conduz eletricidade e que o sal de cozinha sólido também conduz. Mostram assim a dificuldade destes alunos quanto a compreensão do movimento de elétrons em solução e em sólidos.

c) Percepções e Modelos no Ensino de Química

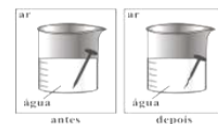
A percepção do estudante e seu entendimento quanto ao uso de modelos utilizados no ensino de química, foram estudados a partir das questões que aparecem na Figura 4.10.

A identificação de componentes, substâncias simples e composta, elemento químico e material através da representação por modelos de esferas diferenciadas por cores e agrupamentos, que são muito utilizados na abordagem de conteúdos químicos, principalmente em livros didáticos, aparecem na Questão 03 (Figura 4.10).

Figura 4. 10 - Questões sobre percepção e modelos utilizados em química.

03. Considerando o esquema abaixo, julgue as alternativas como (C) certo ou (E) errado.  () Temos cinco componentes. () É formado por duas substâncias simples. () Foram usados apenas dois elementos. () É um material. () Temos cinco substâncias simples e duas substâncias compostas.	06. Sobre a figura da balança, é correto afirmar que:  a) cubos e bolinhas têm massas iguais. b) objetos maiores têm massa maior. c) cubos e bolinhas têm massas diferentes. d) bolinhas têm massa igual a pirâmides. e) Não dá para tirar conclusões a respeito das massas.
--	--

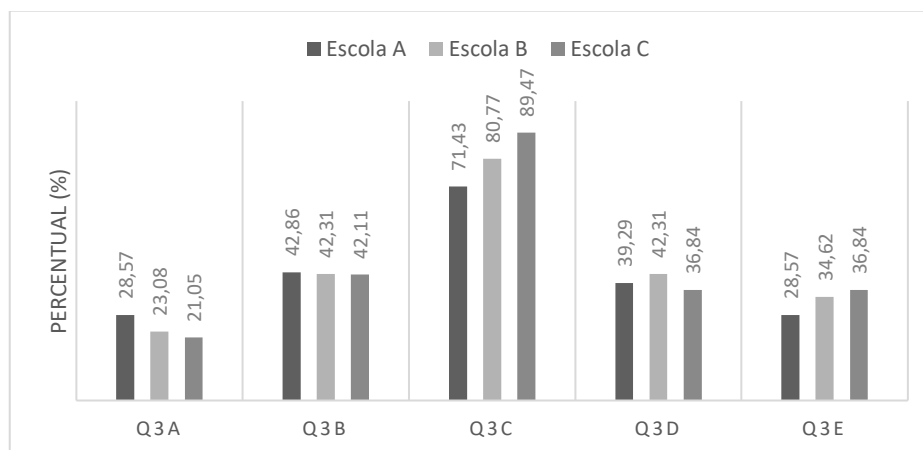
05. Com a cédula ao lado, é possível comprar: a) só 20 litros de gasolina. b) no máximo 20 dólares. c) um microcomputador. d) uma cesta básica. e) nenhum produto.	09. Em relação à figura é correto afirmar que: a) a presença do ferro altera as propriedades da água. b) a água faz com que o prego sofra apenas redução no tamanho. c) o prego é preservado quando colocado em água. d) a água utilizada tem alguma propriedade especial. e) o prego (ferro) sofre modificações quando colocado em água.
---	--



Fonte: elaborado pela autora.

Conforme dados da Figura 4.11, verifica-se de maneira geral que se concentrou no item c, o maior número de alunos que conseguiu identificar dois elementos químicos.

Figura 4. 11 - Compreensão inicial dos estudantes sobre reconhecimento de modelos.



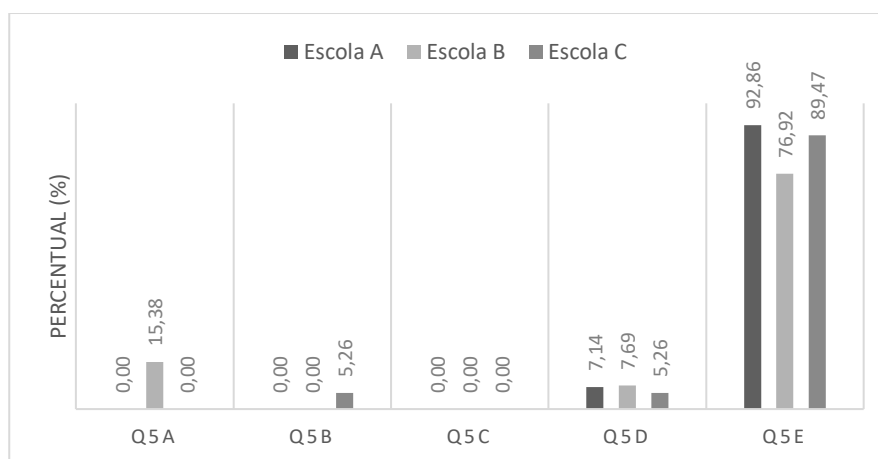
Fonte: elaborado pela autora.

Este número significativo no item c, pode estar relacionado a diferenciação das esferas por cores, o que facilita a distinção entre elementos químicos diferentes. Seguidamente, no item 'b', em torno de 42% dos estudantes das três escolas conseguiu reconhecer a representação de mais de duas substâncias simples.

Quanto ao item 'a', menos alunos da escola A, escola B e da escola C conseguiu identificar corretamente todos os componentes na figura. No item 'd', mais de 30% dos estudantes das três escolas identificaram como um material. No item 'e', verificou-se que menos de 30% da escola A e mais de 30% da escola B e da escola C identificaram corretamente substâncias simples e compostas representadas no modelo. Uma cédula de dinheiro sobre a qual o estudante deveria observar e perceber falsificações, aparece na Questão 5 (Figura 4.10).

De modo geral, os estudantes apresentaram bom desempenho com mais de 75% de acertos (Figura 4.12). O rendimento dos estudantes foi de 92,86% na escola A, 76,92% na escola B e 89,47% na escola C os quais afirmaram não ser possível comprar nenhum produto com a cédula.

Figura 4. 12- Compreensão inicial dos estudantes sobre percepção de falsificações em uma cédula.



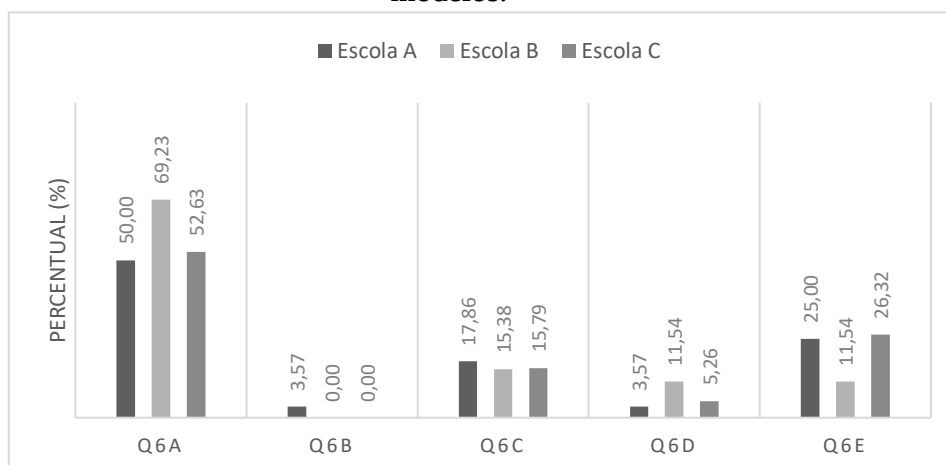
Fonte: elaborado pela autora.

Assim, ao contrário do observado por Gibin (2013) a maioria dos estudantes desta pesquisa percebeu que a cédula era falsa observando a diferença de valores estampados na mesma: onde na parte superior direita aparece o número vinte e no centro da cédula o número cinquenta; entre outras evidências como o nome errado da moeda nacional, com reis no lugar de reais; além da troca da palavra banco por ‘bonca’ na parte superior esquerda.

Para observação dos estudantes apresentou-se uma imagem com diferentes modelos (cubos e bolinhas) dispostos diferentemente em uma balança e propôs-se alternativas com possíveis conclusões sobre a figura, conforme Questão 6 (Figura 4.10).

Observando dados da Figura 4.13, verifica-se que em torno de 50% dos estudantes reconheceu que cubos e bolinhas possuem massas iguais (item a). O que demonstra a percepção adequada destes estudantes quanto a figura.

Figura 4. 13 - Compreensão inicial dos estudantes sobre percepção e modelos.

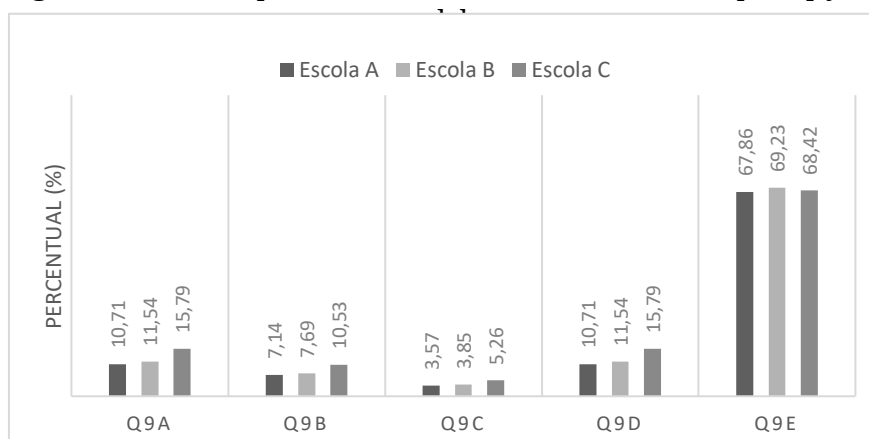


Fonte: elaborado pela autora.

O desenho de duas soluções com um prego imerso, sendo que em uma o prego está intacto e na outra o prego desgastado aparece conforme Questão 9 (Figura 4.10).

Os dados na Figura 4.14, mostram que mais de 60% de estudantes acertaram a questão, reconhecendo que o prego sofre modificações quando submetido ao meio aquoso.

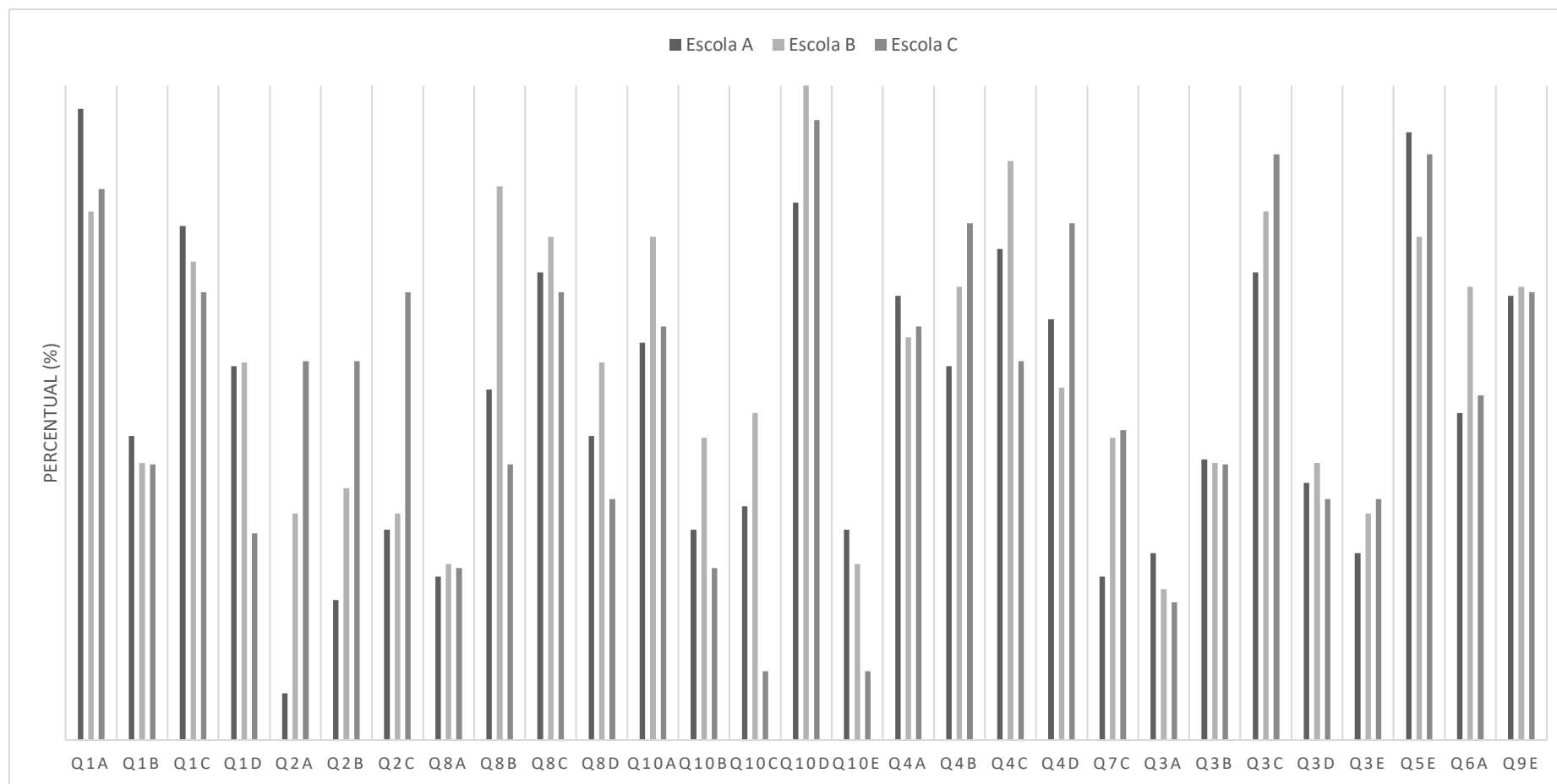
Figura 4. 14 - Compreensão inicial dos estudantes sobre percepção e



Fonte: elaborado pela autora.

Resumidamente, na Figura 4.15, de modo geral foram mais de 70% dos estudantes que responderam as questões do Questionário Inicial. Destacando este percentual nas questões Q1a e Q10d relacionadas a reações em fenômenos cotidianos, tal como Q3c (reconhecimento de modelo de elemento químico) e Q5e (falsificação de uma cédula de dinheiro), sobre percepção e modelos.

Figura 4. 15 - Panorama Geral da Compreensão Inicial dos Estudantes sobre reação química e representação; movimento dos elétrons, percepção e modelos.



Fonte: elaborado pela autora.

De maneira geral mais de 30% dos estudantes das três escolas, acertaram as questões Q1 (reações no cotidiano), Q4 (movimento dos elétrons em diferentes materiais) e Q5, Q6 e Q9 sobre percepção e modelos. E, um número menor que 30% dos alunos nas três escolas conseguiram identificar o número de componentes através dos modelos apresentados (Q3a), tal como perceber massas iguais nos modelos de cubos e bolinhas apresentados na questão Q8a. Isto, denota a dificuldade da maioria dos estudantes quanto a identificação adequada de modelos.

Os estudantes da escola B, apresentaram maior facilidade em responder as questões seguidamente da escola C e A. Somente na escola C, um número menor que 30% reconhecem a importância do revestimento nas latas de alumínio (Q10b) e a importância do uso de inibidores de corrosão nas estruturas de concreto armado (Q10c).

Somente na escola A, um número menor que 30% de estudantes não diferenciam reagentes e produtos na representação de uma reação química (Q2a e Q2b); em uma solução de NaCl dissolvida em água e (Q7c) que reconhece substâncias simples e compostas representadas em modelos (Q3e).

Diante disso, observa-se que em geral os estudantes nas três escolas possuíam os conhecimentos prévios necessários a realização das atividades a serem realizadas durante o curso sobre aprendizagem de conceitos em eletroquímica. Isto porque estes conhecimentos explorados ao longo do questionário inicial são importantes para que os estudantes elaborem modelos mentais apropriados e por serem conceitos básicos a aprendizagem dos conceitos em eletroquímica.

4.2.2 Protagonismo do Estudante no Estudo de Eletroquímica: investigando os Modelos Mentais.

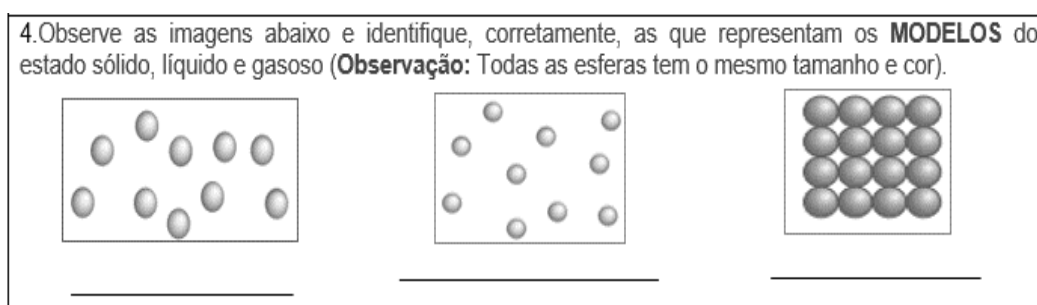
Visando compreender os Modelos Mentais dos estudantes realizou-se um curso no contraturno nas três escolas. O curso foi aplicado durante dez dias úteis, sendo em torno de três horas por dia a duração das aulas. A realização das aulas seguiu a Sequência Didática elaborada para esse fim (APÊNDICE F). A seguir, os resultados são apresentados por **encontro** que se relacionam com os Modelos Mentais dos estudantes.

Encontro A. Estados Físicos da Matéria e Técnica Stop Motion

1.a) Representando os Estados Físicos da Matéria

Realizada a segunda aula da Sequência Didática (APÊNDICE F), onde já haviam sido abordados aspectos históricos e características dos materiais, incluindo os estados físicos da matéria – utilizando vídeos e imagens –, buscou-se observar a compreensão dos estudantes sobre a representação desses estados físicos. Para tanto, foi proposta uma questão com três imagens que representam a composição de um material e mostra o distanciamento entre as partículas que compõem esse material, solicitando-se aos estudantes que relacionassem essas imagens aos estados físicos sólido, líquido e gasoso (Figura 4.16).

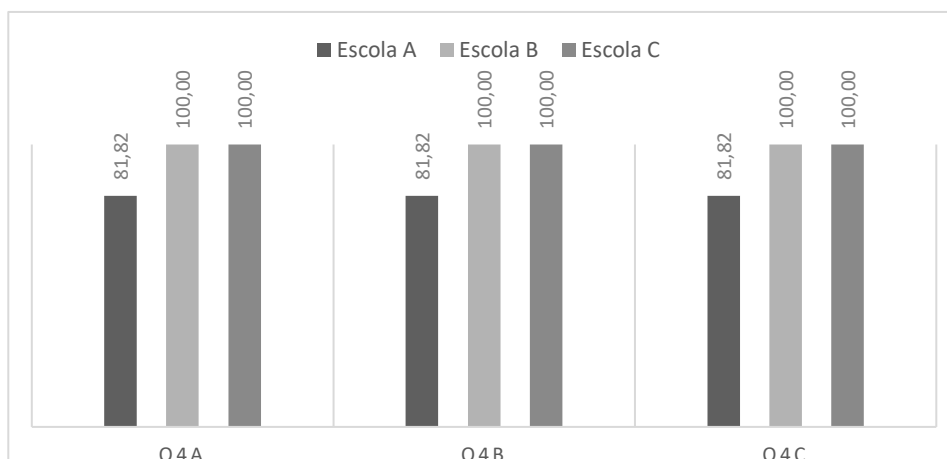
Figura 4. 16 – Item relacionado à representação dos estados físicos da matéria.



Fonte: elaborado pela autora.

Observou-se nas três escolas que mais de 80% dos estudantes relacionaram os modelos que representam o estado líquido, gasoso e sólido, corretamente. Quanto a isso, destacaram-se as escolas B e C com 100% dos estudantes identificando o estado físico correspondente a cada modelo. Ressaltando-se que neste estudo o uso do modelo correspondente ao estado sólido será também o representativo dos materiais metálicos (Figura 4.17).

Figura 4. 17- Compreensão dos estudantes quanto aos estados físicos representados por modelos.



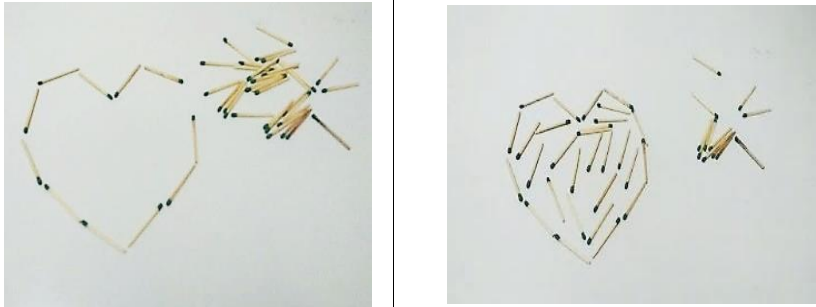
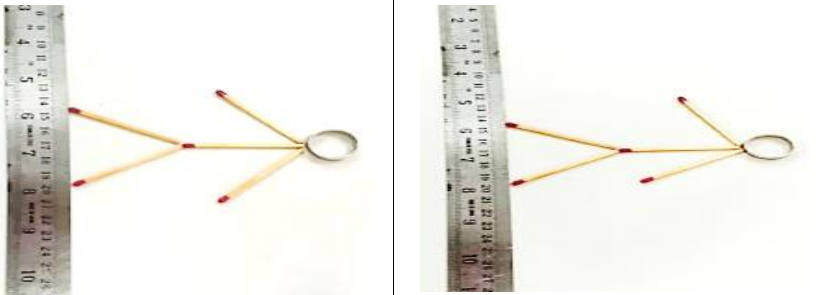
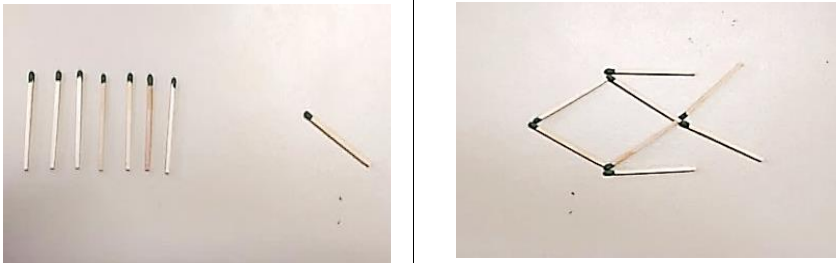
Fonte: elaborado pela autora.

Os principais equívocos apresentados pelos estudantes foram em confundir o estado líquido com o sólido e o estado sólido com o líquido ou gasoso. Nisto, observou-se a necessidade de se utilizar estes modelos explicativos enfatizando a diferença entre as representações dos estados físicos, visto que são relacionadas com noções básicas necessárias a adequada representação das ligações metálicas.

a.2) Aprendendo a Utilizar a Técnica Stop Motion

Após a aula introdutória, onde foram abordados conteúdos como deterioração dos materiais, aspectos históricos, características e classificação dos metais, apresentou-se ao estudante a técnica *stop motion* e os objetivos do seu uso, enfatizando a importância da elaboração de um roteiro na produção do filme. Conhecida a técnica, os estudantes produziram o roteiro de uma animação de livre escolha dos grupos, onde mostraram interações entre palitos de fósforo (Quadro 4.5).

Quadro 4. 5 – Imagens representativas de partes do filme tipo teste elaborado pelos estudantes por meio técnica *stop motion*.

Grupo	Exemplos de filme stop motion teste elaborados	
G1A		
G3B		
G4C		

Fonte: elaborado pela autora.

Assim, os estudantes deveriam fazer pequenos movimentos nas figuras conforme o roteiro planejado pela equipe e em seguida registravam uma sequência de fotografias. Após o registro das modificações dos palitos de fósforo, os estudantes utilizavam um software para colocar as fotos em sequência e produzir o arquivo de vídeo.

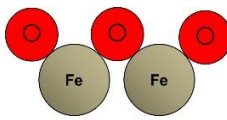
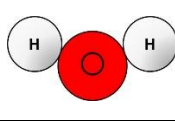
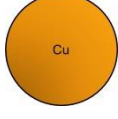
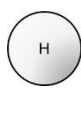
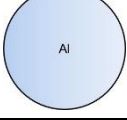
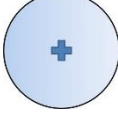
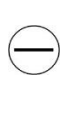
Dessa forma, pode-se observar que todos os grupos – cinco grupos na escola A, quatro grupos na escola B e dois grupos na escola C - das três escolas conseguiram produzir satisfatoriamente um filme em *stop motion* teste, a partir de uma sequência de fotos diferenciadas. Ou seja, os estudantes compreenderam a técnica e mostraram-se criativos e participativos durante o desenvolvimento da atividade.

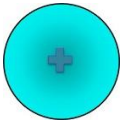
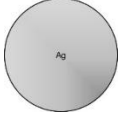
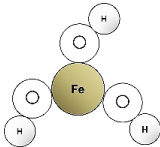
Encontro B. Constituição dos Materiais Metálicos

Neste encontro, abordou-se o conteúdo específico Ligação Metálica e Ligas Metálicas a partir da abordagem da constituição dos materiais metálicos presentes no cotidiano por meio de aula expositiva com utilização de imagens. Em seguida, solicitou-se que os estudantes se organizassem em grupos, o quantitativo de grupos formados por escola foram: **cinco na escola A, quatro na escola B e um na escola C.**

Seguidamente, foi repassado aos grupos um roteiro orientador (APÊNDICE J) para que elaborassem dois filmes, sendo: **Filme 1** – constituição de uma panela de ferro; **Filme 2** - movimento dos elétrons em um metal. E, para a produção do filme forneceu-se para cada grupo diferentes modelos referentes as espécies químicas que poderiam utilizar para a sequência de fotos. Nas três escolas disponibilizou-se os mesmos Modelos Físicos para a elaboração do filme (Quadro 4.6).

Quadro 4. 6- Modelos Físicos fornecidos aos estudantes para produção de filme Stop Motion.

Modelos	Constituinte	Modelos	Constituinte
	Átomo de Ferro		Trióxido de Ferro II
	Cátion Ferro		Molécula de água
	Átomo de Cobre		Hidrogênio
	Cátion Cobre		Átomo de Oxigênio
	Átomo de Alumínio		Molécula de Oxigênio
	Cátion Alumínio		Elétron

	Átomo de Zinco	e^{-}	Elétron
	Cátion Zinco	(+)	Pólo positivo
	Átomo de Prata	(-)	Pólo negativo
	Seta indicativa		Hidróxido de Ferro

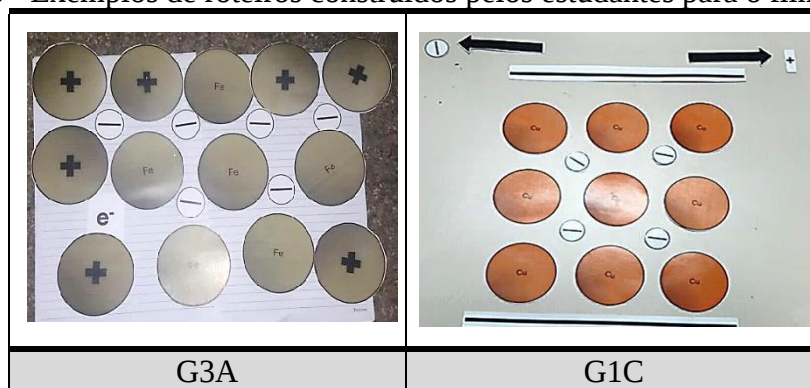
Fonte: elabora pela autora.

Com o uso destes modelos e do roteiro de atividade os estudantes puderam apresentar suas compreensões quanto a constituição e movimento dos elétrons em uma Ligação Metálica.

b.1) Aspectos gerais da análise dos filmes produzidos pelos estudantes

Neste item, inicialmente, foi solicitado que os estudantes em grupo elaborassem um filme sobre a Ligação Metálica em uma panela de ferro. Ressalta-se que nesta aula foram formados cinco grupos na escola A, quatro grupos na escola B e um grupo na escola C. Primeiramente, os grupos elaboravam um roteiro sobre a organização dos modelos e a ordem a ser seguida no filme *stop motion*. Logo depois, os grupos eram chamados aleatoriamente para construir o filme no quadro metálico conforme o roteiro elaborado pelo grupo (Figura 4.18).

Figura 4. 18 - Exemplos de roteiros construídos pelos estudantes para o filme stop motion.



Fonte: elaborado pela autora.

No decorrer a aula, foi apresentado aos estudantes o modelo de Ligação Metálica denominado Mar de Elétrons, este modelo é muito utilizado no Ensino Médio e, consiste na união entre átomos de um mesmo metal mantidos coesos por elétrons se movendo livremente entre eles. Neste modelo, o metal é representado como cátion e o elétron como carga negativa ou ainda como nuvem eletrônica. A partir disso, buscou-se verificar a aproximação e o distanciamento dos MMs de Ligação Metálica dos estudantes ao Modelo Conceitual/Científico apresentado, considerando **MMs funcionais** os mais próximos deste perfil.

No Quadro 4.7 estão dispostos alguns Modelos Mentais representativos de Ligação Metálica apresentados pelos estudantes, sobre a constituição de uma panela de ferro. E, de maneira geral, os estudantes representaram os átomos de ferro (metal constituinte da panela) e os elétrons entre estes átomos metálicos, ou seja, representaram a Ligação Metálica baseados no Modelo do Mar de Elétrons, onde os íons metálicos, cátions, possuem elétrons envolvidos entre eles.

Quadro 4. 7 – MMs dos estudantes sobre a representação da Ligação Metálica em uma panela de ferro.

Modelos Construídos Representativos das Escolas	
G3A	G1C
G4A	G4B
G1A	G3B

Fonte: elaborado pela autora.

Observou-se que estes átomos de ferro são representados tanto como partículas positivas (cátions), como com o símbolo do elemento químico (Fe) e os elétrons são representados tanto como partícula negativa, como na forma de e^- e alguns grupos não chegam a representá-lo.

Segundo Taber (2003) o aprendizado dos universitários sobre Ligação Metálica é fortemente influenciado pelo aprendizado obtido no ensino básico. Isto porque suas concepções sobre ligação são associadas à "estrutura do octeto", ou seja, ocorre quando os átomos dos metais **compartilham** ou **transferem elétrons** para obter camadas externas completas. Indicando assim que os estudantes consideram somente dois tipos possíveis de ligações: as iônicas e as covalentes.

b.2) Análise dos modelos mentais de Ligação Metálica segundo a funcionalidade

Os modelos mentais (MMs) dos estudantes sobre a Ligação Metálica, elaborados por meio da técnica *stop motion*, foram analisados segundo a funcionalidade (Quadro 4.8). Tal funcionalidade se baseia nas ideias de Norman (1983) de que os MMs em sua evolução não precisam ser tão precisos, mas devem ser sempre funcionais. Visando adentrar-se na compreensão sobre os MMs, também foram analisadas entrevistas (APÊNDICE K) que tinham a finalidade de aprofundar a compreensão sobre os modelos elaborados no filme *stop motion*.

Quadro 4. 8 – MMs Funcionais dos estudantes sobre constituição e movimento dos elétrons na Ligação Metálica.

Categoria	Frequência
Modelo do Mar de Elétrons	G3A; G1C
Modelo Atômico de Thompson	G2A
Fluxo de elétrons em direção ao pólo positivo	G1A, G4A, G1C

Fonte: elaborado pela autora.

A partir da análise, foram identificados **MMs Funcionais** por representarem a Ligação Metálica e a sua **constituição** conforme o Modelo de Mar de Elétrons apresentado no curso. Enfatiza-se que os estudantes utilizaram os modelos representativos funcionalmente, ao dispor os elétrons entre os íons ferro com carga negativa movendo-se livremente entre eles. Assim, o modelo apresentado corresponde ao modelo de Ligação Metálica solicitado no roteiro do filme *stop motion*. Eles representaram os íons metálicos ligados como esferas, contudo não foram dispostas como esferas rígidas e coesas, pois percebemos certa distância entre elas e em relação aos elétrons representados. Estes também foram representados se movimentando entre os íons metálicos e em quantidade proporcional aos mesmos.

Quando se questionou os grupos sobre em que se basearam para construir o filme *stop motion*, os representantes dos grupos responderam com justificativas de características distintas: constitutivas – não considera os elétrons como parte do átomo; representacional – representa os elétrons, mas não o menciona na fala.

Quanto a primeira característica observa-se que o estudante não compreende o elétron como um constituinte do átomo, o que pode ser percebido na representação e na sua fala:

[...] a gente tentou imaginar como é que ficava organizado, os átomos ... dessa imaginação a gente organizou junto com os elétrons é. fizemos a... organização dos átomos do ferro pra panela e depois é, passo a passo fomos fazendo as fotos pra fazer o vídeo.” (A27, G3A).

Nesta fala podemos observar que o MM do estudante expressa sua compreensão da Ligação Metálica como constituída de átomos e elétrons, como se os elétrons não fossem parte constitutiva destes. Somado a isso, no Quadro 4.8, anteriormente citado, observa-se que a representação de Ligação Metálica do grupo expressa um considerável distanciamento entre cátions e elétrons o que pode estar relacionado a esta concepção dos estudantes de que os elétrons não são parte integrante do átomo. Contudo, considerou-se o MM funcional por representar as características constitutivas essenciais: cátion metálico e elétrons.

A segunda característica se refere a facilidade com que o estudante representa todos os constituintes da ligação metálica, mas não os menciona oralmente. Isto foi observado no representante do G1C que expressa o pensamento de sua equipe da seguinte forma:

[...] “a gente usou o ferro...aí nós botamos ...nós fizemos...se baseou nas “imagens” que a senhora colocou [...]” (A2, G1C).

O estudante cita somente o constituinte ferro em sua explicação não faz menção alguma aos elétrons. Contudo, na representação do modelo pelo grupo verificou-se a representação de todos os constituintes básicos, cátions e elétrons. Ou seja, estes estudantes possuíam facilidade em trabalhar com os Modelos Físicos para expressar seus MMs de Ligação Metálica. Contudo, apresentam dificuldade de expressar esses MMs na forma verbal oral.

Desta forma, significam que apesar da linguagem química ser verbalmente desafiante para o estudante ele consegue expressar sua compreensão por meio de modelos expressos de forma física e dinâmica como na construção de um filme stop motion. Corroborando com resultados encontrados por Francisco Junior (2009) em que estudantes utilizando modelos físicos para estudo da deposição metálica conseguiram se expressar mais facilmente seus MMs e se aproximar do Modelo Conceitual.

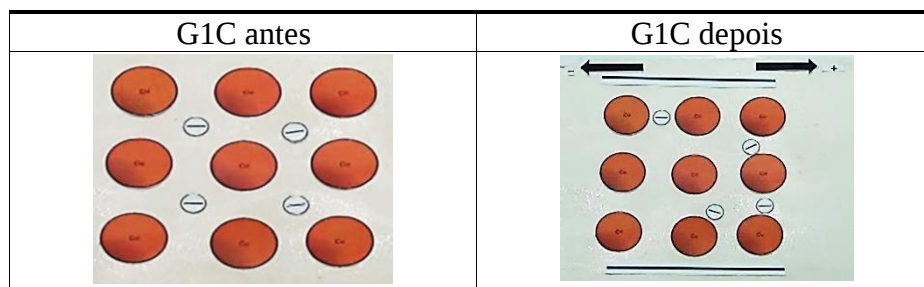
Também foi analisado como os estudantes entendem a **movimentação dos elétrons**, a partir da representação da condução de elétrons em uma Ligação Metálica de um fio metálico, onde foi sugerido um fio de cobre. E, para isso deveriam atentar-se a representar funcionalmente a Ligação Metálica **antes** da ação de um campo elétrico e **depois** da ação do campo elétrico, tendo que lembrar de: representar o campo elétrico; representar a Ligação Metálica do metal escolhido pela sua equipe; representar a ligação antes do campo elétrico e representar a ligação depois do campo elétrico.

Assim, para que o modelo fosse considerado funcional os estudantes deveriam escolher o metal e dispor os elétrons livres ao redor dos átomos metálicos antes da ação do campo elétrico (sem a representação dos pólos do campo elétrico). Depois, representando o campo elétrico com seus pólos os estudantes deveriam representar os elétrons movendo-se entre os átomos em direção ao pólo positivo. Ressalta-se que o objetivo neste item era compreender o MM do estudante sobre **movimento dos elétrons** e que por isso resolvemos considerar funcional também a representação do metal como símbolo (M) além da sua representação na forma de cátion (+).

Conforme o disposto no Quadro 4.9, os grupos representaram o campo elétrico, a ligação metálica antes e depois do campo elétrico e a representação dos elétrons ao redor dos átomos metálicos.

Quadro 4. 9 -MMs dos estudantes sobre Movimento de Elétrons em um metal.

Movimentação de elétrons “antes” e “depois” da ação do campo elétrico	
G1A antes	G1A depois
G1B antes	G1B depois



Fonte: elaborado pela autora.

Em relação à Ligação Metálica do metal cobre sugerido na questão, com exceção do G3A e do G3B que utilizaram elementos diferentes, os demais grupos representaram de modo funcional. Observou-se que apesar de serem funcionais as representações do campo elétrico, da Ligação Metálica, do metal escolhido e dos elétrons os estudantes preferiram representar o metal a partir de seu símbolo e não como cátions.

De maneira geral, os estudantes representaram o campo elétrico como polo positivo e negativo e de lados opostos e no que se refere aos elétrons desta vez preferiram em sua maioria utilizar o modelo de carga negativa com exceção do G3A e G4A que utilizaram o modelo de e^- . E, também quanto ao Movimento dos Elétrons a maioria apresentou o fluxo em direção ao pólo positivo com exceção do G2B (apresentou confusão quanto a direção do fluxo de elétrons) e G3B (Não apresentou fluxo de elétrons).

Seguidamente, os **MMs funcionais** para o **movimento dos elétrons** foram o segundo tipo mais frequente entre os estudantes. Estes grupos representaram funcionalmente o fluxo de elétrons e o campo elétrico tendo como ponto de partida e representação da Ligação Metálica antes do campo elétrico (Quadro 4.10). Quando se questionou os estudantes destes grupos de MMs funcionais quanto ao pensamento seguido na construção do filme stop motion observou-se que também apresentam dificuldades em utilizar os termos específicos. O representante do G1C relata:

[...] Ferro e o cobre [...] só sobre o ferro e o cobre [...] nós sabíamos o que é um elétron... como ele age dentro do ... como ele se movimenta se ele se movimenta livremente [...]. (A2, G1C)

Na sua fala o estudante menciona os metais, o elétron e como ele se movimenta sem mencionar detalhes das representações como íon, cátion, positivo ou negativo. Nisto pode-se verificar que os estudantes possuem mais facilidade em expressar os seus MMs de **modo físico e dinâmico** como na elaboração de filmes *stop motion*, ao contrário nos modos verbal oral possuem limitações em utilizar a linguagem específica da química. Pode-se dizer assim

que estes MMs dos estudantes não foram precisos, mas funcionais e podendo evoluir a medida que venham a interagir com sistemas parecidos ao abordado neste encontro. Corroborando Norman (1983) os MMs são limitados devido ao conhecimento prévio dos estudantes que podem influenciar nas respostas dadas por eles ao sistema em estudo.

b.3) Análise dos modelos mentais de Ligação Metálica segundo a incompletude do modelo

Os MMs dos estudantes também foram analisados quanto a incompletude. Isto porque segundo Norman (1983), os MMs são úteis tanto para explicar o comportamento do sistema, localizar as falhas que possam existir como para atribuir causalidade aos fenômenos observados. Assim, identificou-se nestes MMs as possíveis falhas existentes e que distanciam o MM do Modelo Conceitual.

Com isso, outro critério utilizado na análise dos MMs dos estudantes, sobre a **constituição da Ligação Metálica** e o **movimento dos elétrons**, está relacionado a incompletude do modelo. A esse respeito, quanto a **constituição** da Ligação Metálica, dois grupos construíram representações incompletas (G1A e G1C), ou seja, próximas ao modelo proposto, mas com ausência de alguns aspectos como símbolo do elemento químico, em vez do modelo de cátion conforme o Quadro 4.9 supramencionado.

No Quadro 4.10, quanto a constituição observa-se que os MMs incompletos surgem no uso dos símbolos e com ausência de conceitos como cátion. E, quanto ao movimento dos elétrons surgem com a ausência de elétrons antes ou depois do campo elétrico.

Quadro 4. 10 – MMs Incompletos na aquisição de conceitos básicos de ligação metálica.

Categorias	Frequência
Uso de símbolos	G4A e G4B
Ausência de Conceitos	G4A, G4B
Ausência de elétrons antes ou depois do campo elétrico	G2A, G5A, G1B, G2B, G4B

Fonte: elaborado pela autora.

Quando questionados sobre o que pensaram na construção do filme sobre a panela de ferro os representantes destes grupos com MMs Incompletos respondem com muita dificuldade e sem utilizar conceitos específicos referentes a Ligação Metálica. Na fala do

aluno do G4A observa-se a dificuldade dos estudantes em explicar o que entenderam da construção do filme sobre a panela de ferro:

*[...] os **metais** que a gente poderia usar pra poder formar esse... a panela né, a panela assim.é.(...)*” (A18, G4A).

O estudante utiliza o termo metais e do material – panela- mais não especifica qual metal, se íon, cátion e não menciona os elétrons. Ou seja, os estudantes possuem dificuldade em utilizar a linguagem química e que revela também limitação na compreensão do Aspecto Representacional do conhecimento químico e um baixo conhecimento teórico. Isto pode estar relacionado a ausência no uso de modelos em sala de aula dificultando sua compreensão dos Modelos Científicos que se revela nas suas explicações sobre a natureza da Ligação Metálica do material em questão. Outro grupo com MMs Incompleto foi o G4B o qual justificou o pensamento do grupo da seguinte forma:

*[...] nas **imagens** que a gente viu na exposição... a gente se baseou nas **imagens** que a gente viu do ...dos **elementos** que se **conectavam juntos** para fazer o exemplo da panela [...]* (A21, G4B)

O estudante utiliza-se dos termos “imagens”, “elementos”, “conectavam juntos” através dos quais podemos inferir sobre a influência das imagens utilizadas na abordagem teórica do conteúdo e sua contribuição na visualização/ compreensão dos modelos dos elementos e da Ligação Metálica mencionada pelo estudante através do termo “conectavam juntos”.

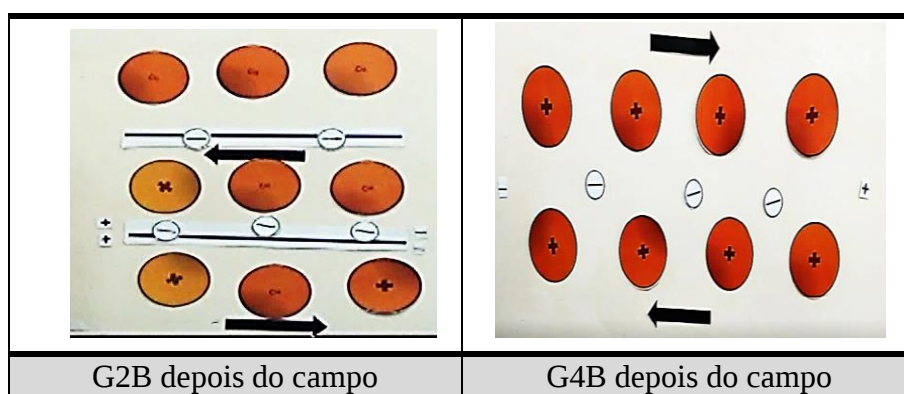
Outro fator relacionado a estas dificuldades dos estudantes podem estar relacionado as limitações do Modelo do Mar de Elétrons utilizado para explicar Ligação Metálica. Isto porque a liberdade dos elétrons parece deixar difícil aceitar que exista forças de atração entre eles. Corroborando as ideias de Taber (2003) afirmam que os estudantes parecem aceitar a metáfora do ‘mar’ sem críticas” e parecem desenvolver a ideia de cátions e/ou elétrons flutuando, nadando em um mar. Tal visão dos elétrons flutuando e nadando em um mar pode justificar o fato dos estudantes representarem metais ligados sem rigidez ou coesão, dispersos como partículas gasosas com elétrons distantes entre si.

Observa-se ainda que o Modelo do Mar de Elétrons não tem seu sentido compreendido pelos estudantes associando ao comportamento de flutuação e natação na água. Significando assim que este modelo precisa ser explorado no ensino básico logo no início da abordagem de ligações químicas de forma que o estudante adquira a base necessária

a compreensão de conteúdos sequenciais a ele no ensino superior, como a teoria de orbitais moleculares.

Ainda no Quadro 4.10 analisando-se o modelo sobre **Movimento de Elétrons**, em um metal verifica-se que as representações do sentido do fluxo de elétrons dos grupos G2B e G4B (Figura 4.19) e G3A, corroboram com as encontradas por Caramel e Pacca (2011) sobre circulação de corrente elétrica, onde os estudantes afirmavam que a circulação de corrente ocorre em dois sentidos, do positivo para o negativo e do negativo para o positivo.

Figura 4. 19 – MMs Incompletos sobre a Ligação Metálica e Movimento de Elétrons em um fio de cobre.



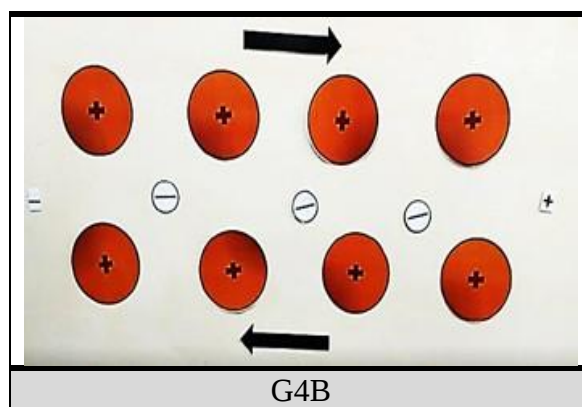
Fonte: elaborado pela autora.

Quando questionados sobre no que se basearam na construção do filme sobre condução de elétrons nos metais os estudantes representantes, escolhidos pelo grupo, respondem com limitações no uso de conceitos específicos da química, mas que permitem verificar aproximações e distanciamentos dos MMs. Assim, dentre os grupos de MMs **Incompletos** o G4B respondeu da seguinte forma:

*Sobre **liga metálica...** e sobre as conduções de eletricidade, a gente usou o cobre pra mostrar como é que funciona a ...a condução de eletricidade...foi isso. (A21, G4B)*

O estudante na sua explicação usa o termo liga metálica em vez de Ligação Metálica ao explicar a representação do seu grupo. Ou seja, o estudante confunde os conceitos utilizados apesar de seu grupo ter representado funcionalmente a Ligação Metálica, mas sem evidenciar o sentido do fluxo de elétrons, pois na explicação do filme a equipe afirma que o sentido das setas se refere aos pólos do campo elétrico (Figura 4. 20).

Figura 4. 20- MMs Incompletos dos estudantes sobre Movimento de Elétrons em um fio de cobre.



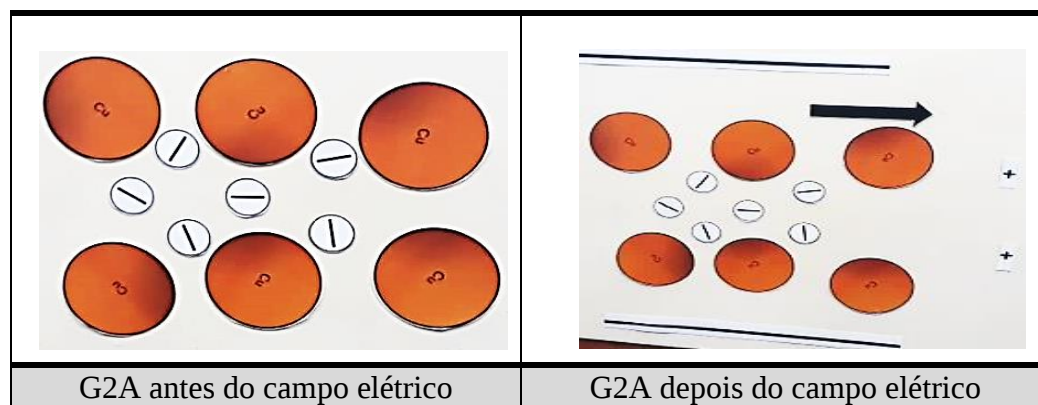
Fonte: elaborado pela autora.

E ainda entre os grupos de MMs Incompletos o integrante do G2A relatou o pensamento do seu grupo sobre o Movimento do Elétrons da seguinte forma:

*A gente se baseou ...mas em...na parte ...que ..sabemos realmente ..que foi na base **positiva e negativa**. Nós já tinha base, como o **elétron** já se identificou como **negativo** a gente teve essa base pra utilizar então, como ele já ia ser negativo praticamente os átomos que ia ser ...a... o cobre, o alumínio, o ferro ia ser positivo, a gente se baseou por isso. (A28, G2A)*

Na sua fala o estudante associa funcionalmente os conceitos e representação, o elétron como negativo e os metais como positivo. No entanto, verificou-se que ele considera o sinal positivo dos metais como dependente do sinal negativo dos elétrons. E, o modelo apresentado pelo grupo apesar de representar funcionalmente o fluxo de elétrons e os pólos não representou a Ligação Metálica sem a ação do campo elétrico (Figura 4.21).

Figura 4. 21 - MMs Incompletos sobre Movimento de Elétrons em um fio de cobre.



Fonte: elaborado pela autora.

Nisto observa-se que os estudantes tendem a esquecer detalhes do modelo em seus MMs expressos. Os estudantes possuem muita dificuldade em explicar seus modelos e em utilizar a linguagem científica apropriada, tendo mais facilidade em se expressar utilizando os modelos físicos e dinâmico como na construção do filme stop motion. Possuem dificuldade em explicar esta propriedade metálica, Movimento de Elétrons, a partir da natureza das Ligações Metálicas.

Os estudantes limitam, por exemplo, a explicação a mero reconhecimento dos constituintes, desvinculando os elétrons da corrente e da carga elétrica e há uma certa confusão no uso e compreensão destes termos. Assim, os equívocos que aparecem na explicação sobre Movimento de Elétrons em Ligação Metálica também corroboram com os encontrados por De Posada (1997).

b.4) Análise dos modelos mentais de Ligação Metálica segundo a não cientificidade

Os **MMs Não Científicos** são apresentados as características essenciais de funcionalidade do modelo. Isto porque, segundo Norman (1983), os MMs de uma pessoa refletem suas “crenças” sobre o sistema em estudo, ou seja, estão relacionados aos conhecimentos prévios que esse estudante possui.

Assim, os MMs Não Científicos apresentados pelos estudantes foram aqueles que se distanciaram de aspectos fundamentais do Modelo Científico (Quadro 4. 11). Isto foi verificado pela “ausência de representação dos elétrons” (G1A, G3A, G5A e G3B) e pela representação de “ligas metálicas” em vez de Ligação Metálica (G1A e G5A).

Quadro 4. 11 – MMs Não Científicos na aquisição de conceitos básicos de ligação metálica.

Categorias	Frequência
Ausência de representação dos elétrons”	G1B, G2B e G3B
Ligas metálicas	G1A, G3A, G5A e G3B
Movimento de cargas contrárias ao pólo oposto	G3A e G3B
Átomos metálicos e elétrons se repelindo	G3A e G3B

Fonte: elaborado pela autora.

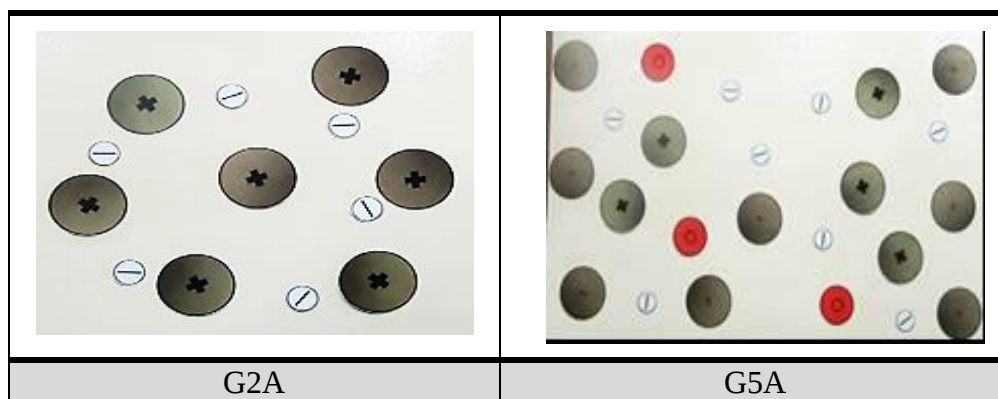
A ausência de representação dos elétrons presentes no modelo de Ligação Metálica de alguns grupos aproxima-se dos encontrados por De Posada (1999) o qual verificou

desenhos de cátions sem elétrons móveis ou elétrons móveis com átomos e verificou que apenas 30% deles representavam o Modelo de Mar Elétrons funcionalmente.

A confusão que os estudantes fizeram entre Ligação Metálica e liga metálica pode estar associada ao fato de a Ligação Metálica não ser tão explorada nas aulas de química como o são a ligação covalente e a ligação iônica. Estas concepções equivocadas sobre ligações metálicas se devem a ordem de abordagem destas ligações no ensino básico, a qual consiste no ensino das ligações covalentes, depois das iônicas e somente se possível explica-se, sucintamente, a Ligação Metálica. Consequentemente, as ligas metálicas também não são um conteúdo explorado na abordagem das ligações químicas apesar de serem parte dos materiais mais presentes no cotidiano do estudante.

Os estudantes em sua maioria preferiram utilizar as esferas com símbolo do elemento químico à do cátion (carga positiva), com exceção do G2A (Figura 4.22) que escolheu somente esferas positivas.

Figura 4. 22 – MMs não científicos apresentados pelos estudantes.



Fonte: elaborado pela autora.

E, quando questionados em que se basearam para construir o filme da panela de ferro o representante do G2A respondeu:

A gente se baseou na fórmula do Thompson...tentei usar elétrons junto com. os átomos só que não é... não totalmente interligados, mas separados. (A28, G2A).

Desta fala do estudante podemos inferir que ele fez menção ao Modelo Atômico de Thomson (Pudim de Passas). Ou seja, o estudante faz uma relação errônea entre o Modelo Atômico e o Modelo de Ligação Metálica. Isto pode estar relacionado ao pouco ou nenhum uso dos modelos em seu processo de aprendizagem de conteúdos químicos em sala de aula e mesmo no LDQ. O estudante demonstra confusão na interpretação da Ligação Metálica,

pois ora afirma que os átomos estão interligados e ora que está separado. Corroborando Coll e Taylor (2002), perceberam equívoco na interpretação da estrutura interna da Ligação Metálica ao verificar também que espécies carregadas nas redes metálicas se referiam a núcleos e não a “íons” assim como a “átomos neutros” em vez de cátions.

Observou-se ainda grupos disporem os elétrons em movimento ao redor dos metais (G2A e G5A). Houve ainda grupos (G1A, G3A e G5A) que utilizaram os dois modelos possíveis para representar o ferro e/ou os dois modelos para representar os elétrons (G5A) significando que para eles não havia distinção no uso deles.

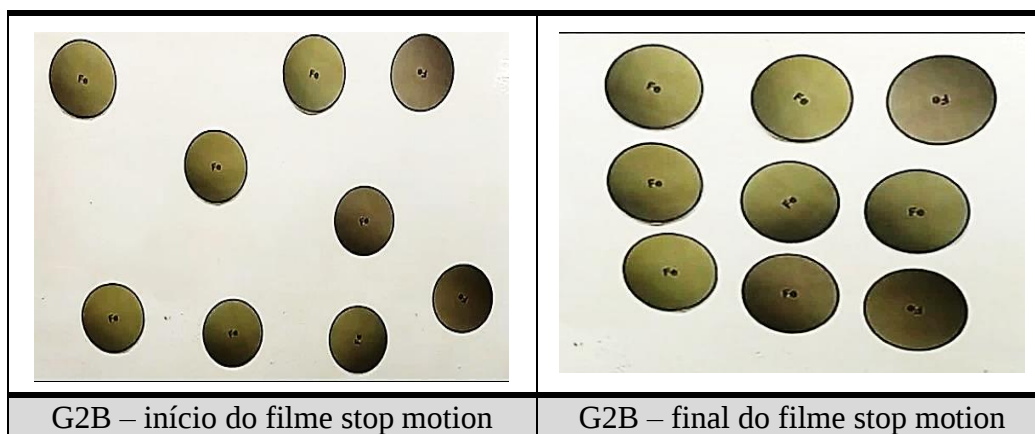
Observou-se ainda certos distanciamentos entre os átomos de ferro representados pelos estudantes, o que pode estar relacionado ao fato de os estudantes assumirem apenas esta dicotomia de ligações (covalente e iônica), o que os faz considerar que os elementos estão sempre na forma de átomos, separados, sendo resistentes a ideia de ‘união’ em um metal puro. Corroborando Taber (2003) diz que se o ensino das ligações segue a ordem de apresentação das ligações mais simples iniciando com a Ligação Metálica, depois a iônica e aos poucos ir explorando a mais complexa, a ligação covalente, os alunos apresentariam menos resistência a aprendizagem dos novos conceitos científicos.

Quando questionados sobre como pensaram o filme os representantes dos grupos apresentam características diferenciadas entre si e que justificam suas representações dos modelos. O integrante do G2B explica o pensamento do grupo na construção do filme sobre a constituição da panela de ferro da seguinte forma:

*[...] iam se encaixar e com eles iam se unir, no [...] e como eles iam se expandir também [...] primeiro se **expandindo** e depois eles se unindo [...] entendeu?! foi isso que eu entendi.” (A16, G2B).*

Nesta fala do estudante podemos verificar o uso dos termos “expandir, expandindo e se unindo” lembrando os conceitos relacionados ao estudo dos gases e nas representações deste modelo construído no filme pelo grupo verificou-se estas características iniciais de “estado gasoso” que se transforma em “estado sólido”. Ou seja, refletem a ideia de que a Ligação Metálica foi formada a partir do estado gasoso (Figura 4. 23). Observou-se também que os estudantes possuem dificuldades em explicar os próprios modelos e em utilizar a linguagem química envolvida no processo.

Figura 4. 23- MMs dos estudantes do G2B sobre a Ligação Metálica da panela de ferro.



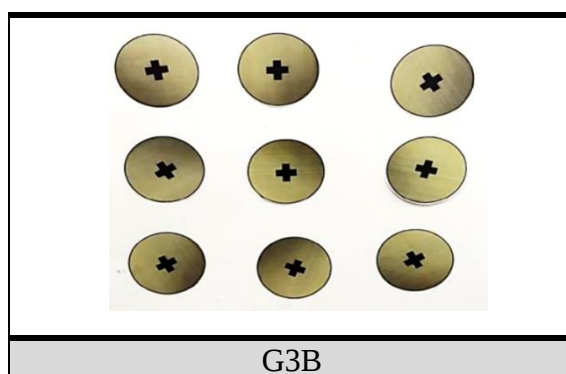
Fonte: elaborado pela autora.

O representante do G3B respondendo sobre no que se basearam pra construir o filme sobre a panela, relata:

*[...] a gente tinha feito anotações e tal... e a gente só fez lê e... vê que ...porque tem essas daqui ó... **ligações metálicas** aí tinha que ser só umelemento químico né!?...ou algo do tipo.” (A5, G3B).*

O estudante menciona as Ligações Metálicas e afirma que deveria ser constituída de apenas um elemento químico e no filme stop motion construído pelo grupo observou-se que não representam os elétrons, mas somente os cátions do metal ferro. Desta fala, podemos inferir que os estudantes consideram os elétrons elementos químicos e que escolheram não o representar pois na Ligação Metálica só poderia existir um elemento (Figura 4.24). Observa-se assim que para o estudante bastava representar o metal e não representaram os elétrons. Isto denota, que possuem dificuldades em representar funcionalmente os seus modelos sobre a Ligação Metálica.

Figura 4. 24- MMs dos estudantes sobre Ligação Metálica na panela de ferro.



Fonte: elaborado pela autora.

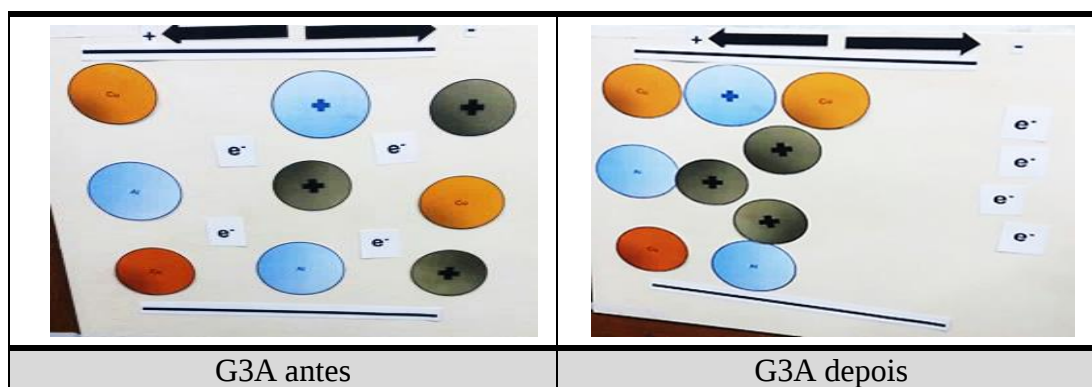
Os resultados de **MMs Não Científicos** corroboram ainda com as pesquisas de Coll e Taylor (2002) onde os estudantes afirmavam que a ligação entre os átomos do metal cobre não era forte devido ao espalhamento deles ao longo de um fio. E soma com a pesquisa de Taber (2003) que identificou concepções errôneas sobre Ligação Metálica, não existindo ligação entre metais puros e sim uma força em vez de uma ligação química real nos metais. E, quando os estudantes consideram a existência de uma ligação esta não é adequada.

Diante do exposto, observa-se que os estudantes não compreendem de forma significativa a natureza das Ligações Metálicas o que pode ocasionar dificuldades na compreensão das propriedades dos materiais metálicos o que corrobora com os resultados da literatura que mostram a Ligação Metálica como um tópico de difícil compreensão por parte dos estudantes (COLL e TREAGUST, 2003; DE POSADA, 1997; 1999; TABER, 2003).

Os **MMs Não Científicos** foram encontrados em dois grupos na pesquisa, pois suas representações sobre Ligação Metálica e **Movimento de Elétrons** em um fio metálico apresentam equívocos. Destes estudantes destaca-se o G3A o qual construiu a representação mais distante da que fora solicitada. Observa-se que os estudantes escolheram modelos de diferentes metais (ferro – esfera cinza; cobre – esfera laranja; alumínio – esfera azul) para representar o fio metálico por onde seriam conduzidos os elétrons. Logo, representaram uma liga metálica em vez de uma Ligação Metálica.

Além disso, os elétrons movimentavam-se em direção ao polo negativo em vez do polo positivo. Vê-se ainda que apresentaram modelos metálicos sendo atraídos pelo polo positivo, como se metais e elétrons se repelissem (Figura 4.25).

Figura 4. 25– MMs Não científicos sobre Movimento de Elétrons em um fio metálico.

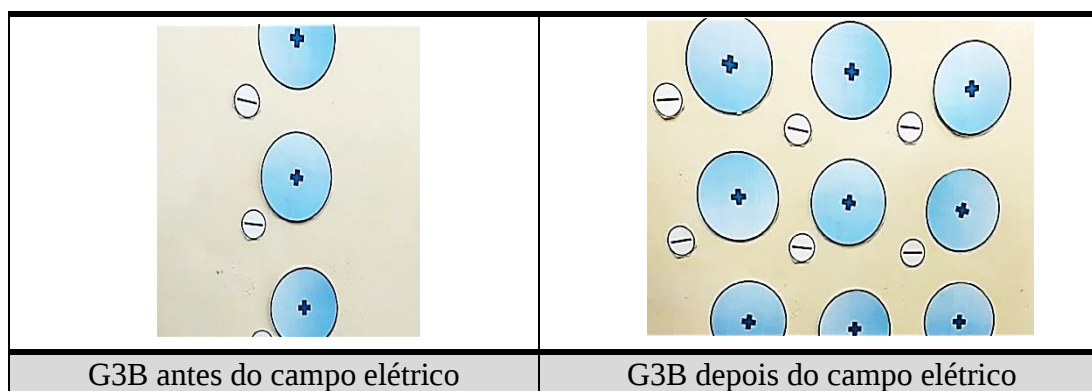


Fonte: elaborado pela autora.

O grupo G3B representou um modelo sem campo elétrico e sem movimentação dos elétrons em um fio de zinco. Apesar de escolherem um metal diferente do metal cobre sugerido eles não se atentaram as solicitações do roteiro do filme stop motion. Assim, pode-se inferir que não conseguiram compreender o processo de Movimentação de Elétrons entre os metais (Figura 4.26).

Isto porque não representam a condução de elétrons que ocorre na Ligação Metálica quando o metal é submetido a um campo elétrico. Ou seja, estes estudantes não compreenderam como se organizam e se movimentam os elétrons quando o metal é submetido a ação de um campo elétrico.

Figura 4. 26 - MMs Não Científico de estudantes sobre Movimento de Elétrons em um fio de zinco.



Fonte: elaborado pela autora.

Logo, o conceito de corrente elétrica é difícil de conceber e de ser relacionado à estrutura atômica dos materiais mesmo com as representações, explicações e com a preparação em sala de aula de um contexto de pensamento com a evocação do átomo e da disponibilidade de expressão menos limitada pelo formalismo da linguagem verbal.

Corroborando Ogude e Bradley (1996) notaram que embora muitos estudantes resolvessem problemas quantitativos em eletroquímica, poucos respondiam a questões qualitativas que requerem um conhecimento conceitual mais profundo. Denota-se assim a importância de se realizar uma abordagem mais teórica dos conteúdos de eletroquímica inter-relacionando com os aspectos representacionais e fenomenológicos deste conhecimento já que sua compreensão requer apropriação de conceitos químicos básicos como os Ligações Metálicas e de Movimento de Elétrons.

Observou-se a utilização errônea e desnecessária dos termos catodo, anodo, positivo e negativo nas explicações dos estudantes sobre as representações no filme stop motion (G1A, G2A). Corroborando com o verificado por Caramel e Pacca (2011) de que apesar de não terem sido mencionados os termos cátodo/ânodo, polo (+) / polo (-), alguns estudantes os utilizaram em suas explicações, demonstrando novamente confusão quanto ao emprego e quanto à condição teórica dessas convenções.

Com isso, infere-se que a valorização dos polos positivo e negativo, do anodo e do catodo na sala de aula e nos Livros Didáticos podem favorecer o surgimento de concepções errôneas sobre a condução de cargas, a condução de corrente em um circuito, desconsiderando a constituição dos materiais e as interações entre átomos e partículas elétricas. Corroborando Pacca et al. (2003), observaram forte inconsistência entre as concepções de corrente elétrica e a estrutura dos condutores associadas à concepção de átomo e de cargas elétricas que são estudadas na Química.

Diante do exposto, verifica-se que os MMs dos estudantes para o Movimento dos Elétrons possuem limitações quanto as representações e explicações sobre Ligação Metálica e o seu comportamento sob ação do campo elétrico; mostrando ser um conceito difícil de conceber e ser relacionado à estrutura atômica dos materiais. No entanto, constatou-se a riqueza da atividade com modelos tanto para diagnosticar os MMs dos estudantes pouco formalizados como para oferecer material para discussão e confronto de ideias na sala de aula.

Com isso, o uso dos modelos para aprendizagem de conceitos através de exercícios e avaliações em sala de aula podem contribuir para uma aproximação entre as concepções alternativas dos estudantes e o conhecimento científico transposto pelo professor e pelo Livro Didático.

Encontro C. Deterioração dos metais: corrosão.

Neste encontro foram abordadas a transformação dos materiais metálicos a partir da observação da deterioração dos metais, a corrosão. E, isto ocorreu a partir de **Atividade experimental investigativa (AEI)** das transformações que os metais podem sofrer. Para a realização da AEI os grupos deveriam seguir o roteiro conforme a folha de atividade distribuída (APENDICE L).

Assim, explicou-se aos grupos que o objetivo da atividade era identificar as transformações de diferentes materiais metálicos e em seguida leu-se um texto introdutório sobre a utilização dos metais. Logo após, apresentou-se o problema: **Os metais em geral sofrem transformações com a mesma facilidade?** De maneira geral, os estudantes responderam que não sofrem transformação com a mesma facilidade e que isso está relacionado as propriedades físicas dos metais e a exposição com a exposição temperatura e a água.

Respondido o problema realizou-se o reconhecimento dos materiais a serem utilizados no experimento. Logo depois, iniciou-se a realização do experimento que consistia em dispor materiais metálicos variados sobre uma tela e em verter uma solução de vinagre e sal sobre ela tendo que realizar a observação do mesmo durante dois dias. E, neste tempo deveriam responder aos questionamentos pós-experimento.

Na Figura 4.27, apresenta-se a primeira questão onde os estudantes deveriam escolher um dos materiais metálicos observados no experimento e desenhar como ele estava **antes da solução** e no segundo dia sob ação da solução, deveriam identificar por meio de desenho os elétrons e o íon formado.

Figura 4. 27 - Questão sobre identificação de elétrons e íons após reação.

1. Escolha um dos materiais metálicos que você acompanhou a transformação e faça um desenho que mostre o material metálico antes do contato com a solução e no 2º dia em contato com a solução. Identifique no desenho os elétrons e o íon formado.

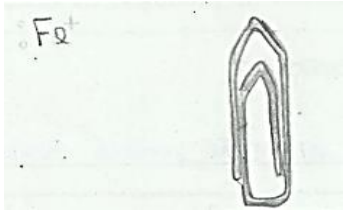
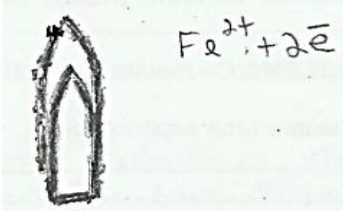
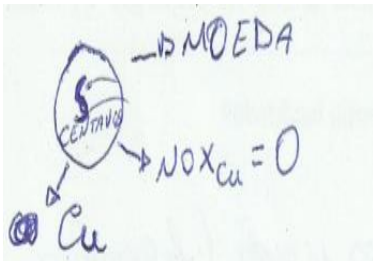
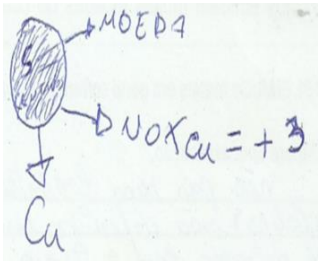
Antes da solução	2º dia após a ação da solução

Fonte: elaborado pela autora.

Nesta questão esperava-se perceber a compreensão do estudante sobre a **oxidação e redução**, através da diferença nas suas representações do metal antes e depois da solução, atentando-se aos elétrons e íons representados.

No Quadro 4.12 são apresentados modelos representativos dos desenhos elaborados pelos estudantes em grupos sobre o que observaram antes da ação da solução e depois da reação da solução como material.

Quadro 4. 12 – MMs dos estudantes sobre elétrons e íons antes e após reação com uma solução.

Modelos expressos representativos da perda de elétrons em um metal		
Grupos	Antes da solução	Depois da solução
G4A		
G4B		
G1C		

Fonte: elaborado pela autora.

Primeiramente foram encontradas dificuldades nas representações dos conceitos nos desenhos dos estudantes. Estes não identificaram corretamente os metais com Nox zero antes da reação e na forma de cátion após a solução; tal como os elétrons e os íons formados. Estas barreiras em representar os constituintes da estrutura atômica dos materiais revelam suas limitações quanto ao Aspecto Teórico e Representacional do Conhecimento Químico.

Quanto a abordagem destes dois aspectos reitera-se a importância da mediação do professor, visto que este torna a linguagem das representações mais significativa para o estudante, principalmente quando da utilização de Livros Didáticos que valorizam o aspecto representacional em detrimento de outros aspectos dos conhecimentos químicos.

Seguidamente observou-se a possível existência da interrelação entre os Aspectos do Conhecimento Químico nos desenhos apresentados pelos estudantes. E, de maneira geral verificou-se que os estudantes tendem a valorizar o Aspecto Fenomenológico e Representacional em detrimento do Aspecto Teórico. Contrariamente, pode-se observar nos

MMs expressos pelos estudantes de G4A, G4B e G1C o Aspecto Fenomenológico sendo relacionado ao Aspecto Representacional e ao Aspecto Teórico.

Quanto a relação entre os conceitos de oxidação e redução pode-se observar que estes estudantes utilizaram diferentes formas de representar tanto o metal neutro como a perda de elétrons, através dos quais identificam-se os modelos de oxirredução utilizados por estes estudantes.

O G4A representou o metal antes da solução e após a solução valendo-se do uso de símbolos e apresentando equação da semirreação de oxidação – linguagem química; o G4B representa a perda de elétrons dos metais cobre e níquel para o oxigênio por meio do modelo de Ligação Metálica, Mar de Elétrons. E, o grupo G1C representa a perda de elétrons recorrendo ao número de oxidação (NOX) – **Modelo do Número de Oxidação** – considerado o modelo mais moderno para a oxirredução.

O G4B desenhou uma liga metálica de níquel e cobre com um mar de elétrons antes da solução e após a solução, representaram átomos de oxigênio que se aproximam da liga metálica. Significando que para estes a oxidação está associada a reação com o oxigênio para o qual os metais perderam seus elétrons – **Modelo de Oxigênio**.

O Grupo G1C não representou os elétrons e nem os íons envolvidos. Contudo, referem-se aos elétrons antes da solução como Nox igual a zero e após a solução como Nox igual a três – **Modelo do Número de Oxidação**. Significando certa familiaridade com a linguagem química, apontando uma valorização do Aspecto Representacional nos seus MMs.

Quanto ao uso do **desenho para identificação dos MMs expressos** pelos estudantes durante a AEI, observa-se que permitiram identificar as principais características sobre os modelos de oxidação utilizados, as compreensões e dificuldades na interrelação entre os Aspectos do Conhecimento Químico.

Assim, os desenhos mostram-se uma eficaz fonte de observação, ao permitir avaliar o desenvolvimento da aprendizagem dos estudantes ao exteriorizarem uma etapa da construção de sua nova percepção. Corroborando Barreto et al. (2017) diz que o dinamismo da aula experimental implica em uma reorganização interna possibilitando ao estudante a evolução da aprendizagem de conceitos científicos por meio da utilização dos desenhos.

c.1) Análise dos modelos mentais de oxidação e redução segundo a funcionalidade

Neste item considerou-se que o modelo funcional deveria apresentar um desenho do material metálico representando os constituintes antes da solução e as modificações nos constituintes após a ação da solução, permitindo identificar o metal neutro, a perda e ganho de elétrons, tal como o íon formado – questão 1 da AEI. E, deveria englobar as representações e compreensões teóricas sobre partículas, reagentes, produtos, semirreações, oxidação e redução – questão 2 da AEI.

Assim, no Quadro 4.13 apresenta-se os **MMs Funcionais** identificados entre os estudantes. Estes foram os MMs mais frequentes entre os grupos de estudantes. De modo geral todos os grupos apresentaram o Aspecto Fenomenológico, no entanto somente os grupos G4A, G4B e G1C apresentaram além do Aspecto Fenomenológico, o Aspecto Teórico e Representacional. Esta interrelação entre os três aspectos pode ser percebida no desenho do material antes e após a solução, no qual constava a representação do metal, dos elétrons e íons envolvidos na reação de oxirredução.

Quadro 4. 13 – MMs Funcionais dos estudantes sobre oxidação e redução.

Categoria	Frequência
Apresenta os três ACQ	G4A, G4B e G1C
Símbolo do elemento químico	G2A, G4A, G5A, G2B, G4B e G1C
Símbolo do Íon formado	G1A, G2A, G3A, G4A, G5A, G2B, G4B e G1C
Semirreação de oxidação	G4A, G1C
Número de oxidação do metal	G4A, G1B, G2B, G3B, G4B e G1C
Perda de elétrons/ quantitativo	G1A, G2A, G3A, G4A, G5A, G4B e G1C
Identifica oxirredução	G1A, G2A, G3A, G4A, G5A, G1B, G2B e G1C
Usa modelo de elétrons e íons	G1A, G4A, G4B e G1C
Apresenta Modelo de Oxigênio	G1A, G5A, G4B
Apresenta Modelo de Número de Oxidação	G4A, G1C
Apresenta Modelo de Transferência de Elétrons	G4B

Legenda: ACQ = Aspectos do Conhecimento Químico.

Fonte: elaborado pela autora.

No Aspecto Representacional verifica-se que nos MMs expressos pelos estudantes representam tanto os símbolos dos elementos químicos como o símbolo do íon formado na deterioração metálica. Neste aspecto a maior dificuldade dos estudantes foi na representação

da semirreação de oxidação, pois somente os grupos G4A e G1C apresentaram MMs funcionais.

No que se refere ao Aspecto Teórico observa-se que os estudantes dos grupos G1A, G2A, G3A, G4A, G5A, G1B, G2B e G1C reconhecem reações de oxidação e redução. Seguidamente a perda e ganho de elétrons, tal como o seu quantitativo são apresentados por G1A, G2A, G3A, G4A, G5A, G4B e G1C. Isto porque os estudantes associam corretamente estes conceitos as suas respectivas representações e/ou observação fenomenológica. Observa-se ainda que utilizam corretamente o conceito de NOX visto no MMs dos grupos G4A, G1B, G2B, G3B, G4B e G1C. Pode-se assim, inferir que estes estudantes se aproximam da compreensão usual destes conceitos químicos, visto que seus desenhos e suas explicações englobam modelos explicativos próprios da linguagem química.

Quanto aos modelos de oxirredução identificou-se o **Modelo de Oxigênio** como mais frequente entre os estudantes - G1A, G5A, G4B. Segundo Lavoisier neste modelo a oxidação trata-se de uma reação do ferro com a água e dos metais com ácidos como reações relacionadas à ação do oxigênio. Corroborando Ghibaudi, et al. (2015) dizem que neste pensamento a oxidação consiste no ganho de oxigênio e a redução na perda de oxigênio.

O **Modelo de Número de Oxidação** foi observado nos modelos expressos pelos grupos G4A e G1C ao utilizarem-se das semirreações – com representação dos Nox – e do próprio Número de Oxidação (Nox), respectivamente, para representar a reação do metal com a solução. Lembra-se que este é o modelo moderno de oxidação proposto por Wendell Mitchell Latimer (1893-1955) que definiu de forma arbitrária o Nox supondo que fossem todas as ligações iônicas.

O **Modelo de Transferência de Elétrons** expresso pelos estudantes de G4B. Neste modelo configura-se a ideia de Gilbert Newton Lewis, o qual interpreta a interação entre os átomos em termos de transferência e compartilhamento de elétrons, considerando que a oxidação seria a diminuição do número de elétrons na camada exterior e a redução o aumento.

Quanto aos modelos representados nos desenhos dos grupos G2A, G3A e G4B observa-se modelos teóricos da Ligação Metálica, próximo ao modelo de Mar de Elétrons. Nisto observou-se indícios do Aspecto Teórico do Conhecimento Químico nos MMs destes estudantes. O G2A apresenta um aumento de esferas de antes para depois da solução, mostrando que alteração na composição do material, como uma adição de uma nova

substância. Ressalta-se assim, que nos grupos G3B e G4B percebemos indícios da valorização do Aspecto Teórico por meio do uso de modelos metálicos e elétrons.

Desta forma, tais resultados corroboram com Carvalho et al. (1999) de que a experimentação investigativa e problematizadora defendida por educadores configura-se como potencialmente útil para auxiliar os alunos a refletir sobre suas concepções alternativas e desta forma construir concepções mais próximas ao conhecimento científico.

c.2) Análise dos modelos mentais de oxidação e redução segundo a incompletude

No Quadro 4.14 verifica-se os **MMs Incompletos** os quais foram o segundo modelo mais frequente entre os grupos. De modo geral observou-se que os estudantes tenderam a não interrelacionar os ACQ. Nestes modelos os estudantes dos grupos G1A, G2A, G3A, G3B não conseguiram interrelacionar os três aspectos. Logo, não souberam transitar funcionalmente entre eles e assim distanciaram-se da compreensão do conceito de oxirredução ao enfatizar apenas o Aspecto Fenomenológico e este ao Aspecto Representacional.

Quadro 4. 14–MMs Incompletos dos estudantes sobre oxidação e redução.

Categoria	Frequência
Aspecto Fenomenológico e Representacional	G1A, G2A, G3A, G3B
Símbolo do elemento químico com equívocos	G1A, G3A e G3B
Não associam perda/ganho de elétrons a quantidade	G2B, G3B e G1C
Confusão nos termos de oxidação ou redução	G4B
Modelo de elétrons ou de íons não identificados/trocados	G3A e G3B

Fonte: elaborado pela autora.

Quanto ao Aspecto Representacional identificou-se incompletudes nos símbolos dos elementos químicos nos grupos G1A, G3A e G3B e no do símbolo do íon formado nos grupos G1A, G2A, G4B e G1C. No Aspecto Teórico observou-se que os grupos G2B, G3B e G1C apesar de identificarem a perda de elétrons não associam a quantidade dos mesmos. Quanto ao uso dos termos de oxidação e redução verificou-se que o G4B confunde o uso dos termos. E, os grupos G3A e G3B apesar de utilizarem modelos de elétrons e íons tais partículas não são identificadas nos mesmos.

Quanto ao Aspecto Representacional dos conceitos de íon e elemento químico, observa-se que de maneira geral os estudantes apresentaram dificuldade em representá-los, sendo a maior dificuldade dos estudantes na representação do íon. Nos desenhos do G3B observou-se que apesar de não identificarem os íons envolvidos, apresentaram 10 modelos de cobre metálico antes da solução e apresentaram oito modelos do cobre metálico após a solução.

A partir disso inferimos que para esses estudantes a reação envolve perda do metal constituinte do material. Isto fornece indícios da valorização do Aspecto Fenomenológico em seus MMs visto que não representam: diferenças no quantitativo dos modelos de elétrons (elétrons como pontos) e os íons envolvidos – Aspectos Representacional e Teórico dos conceitos de elétrons e íons

Quanto a representação dos elétrons observou-se que os estudantes de G3A e G3B tem dificuldades de representá-los. O modelo de esferas negativas entre os metais é representado somente por G3A, mas este identifica o ânion como produto da oxidação. O G3B desenha pontos antes ou depois da solução fazendo alusão aos elétrons, mas sem identificá-los. Assim, a representação dos elétrons acontece ora como cátion (G1A) ou como bolinha e ponto (G3B). Também se encontram estudantes que os representam como fórmula de Lewis (G1A) e como símbolo e^- (G4A).

Os estudantes possuem dificuldade de utilizar os modelos corretamente mesmo associando as respectivas representações. Observa-se por exemplo os grupos G2A, G4B e G1C que apesar de simbolizarem os elementos químicos não simbolizam o íon formado trocando cátions e ânions. Isto pode estar relacionado a forma de abordagem do Aspecto Teórico nas salas de aula e nos LDQ, principalmente no que se refere ao pouco ou nenhum uso dos modelos nas explicações sobre entidades não diretamente perceptíveis como os elétrons e íons, ou mesmo na ausência da identificação destes modelos.

Observou-se com isso, que os estudantes possuem dificuldades no uso das representações dos modelos e com informações de natureza atômico-molecular, ou seja, que envolvem a compreensão e explicações com uso de modelos abstratos o que pode estar relacionado a pouca familiaridade dele no uso das representações e modelos corroborando assim com Nogueira et al. (2017), de que a eletroquímica está entre os conteúdos mais difíceis de aprender e de que por isso requer-se o uso de diferentes estratégias didáticas para diminuição destas dificuldades.

c.3) Análise dos modelos mentais de oxidação e redução não científicos

No Quadro 4.15 de maneira geral, os **MMs Não científicos** apresentados pelos estudantes tem erros na representação da semirreação de oxidação e na simbolização do íon formado. No que se refere ao aspecto teórico observou-se que estes estudantes não identificam a oxirredução, erram ou não apresentam o Nox dos metais, não apresentam se há perda ou ganho de elétrons e nem o quantitativo destes e, não reconhecem os reagentes e os produtos envolvidos na reação e não os identificam coerentemente.

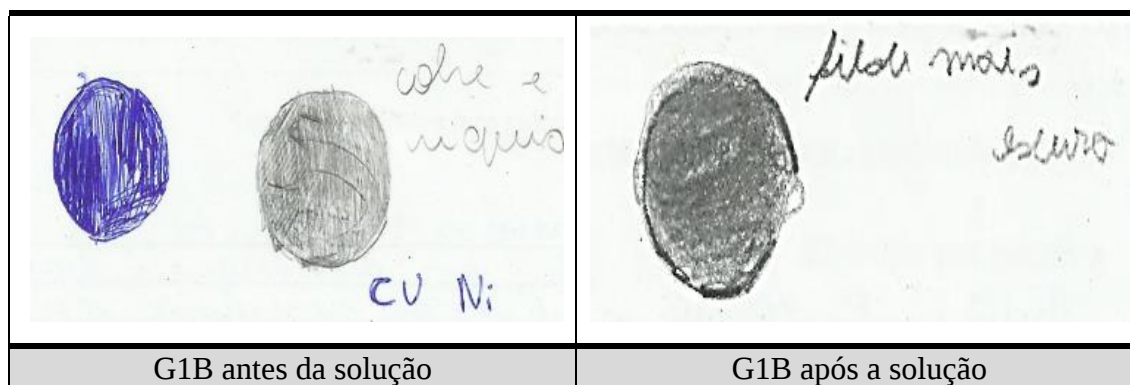
Quadro 4. 15–MMs Não Científicos dos estudantes sobre oxidação e redução.

Categoria	Frequência
Somente Fenomenológico	G5A, G1B e G2B
Não identificou partículas	G2A, G5A, G1B e G2B
Íon formado na corrosão errado/não identificado	G1A, G2A, G3A, G5A, G1B, G2B, G3B e G4B
Semirreação de oxidação	G1A, G2A, G3A, G5A, G1B e G2B
Ausência ou erro no Número de oxidação do metal	G1A, G2A, G3A e G5A
Não identifica a oxirredução	G3B e G4B
Não se identifica a perda de elétrons/quantitativo	G1B
Reagentes e produtos errados/não identificados	G1A, G2A, G3A, G5A e G2B

Fonte: elaborado pela autora.

Nestes MMs não científicos os estudantes apresentaram apenas um dos ACQ – o fenomenológico. Ou seja, nos desenhos elaborados retrataram apenas a mudança visual que ocorreu nos materiais utilizados.

Os MMs expressos por estes estudantes revelam a inadequação de suas ideias sobre elétrons e o íon formado quando o metal reage em solução. Não representaram o metal neutro antes da solução e na forma de íon após a solução, ou seja, não abordaram o Aspecto Teórico e/ou Representacional funcionalmente. Significando a valorização do Aspecto Fenomenológico do conhecimento químico em detrimento dos outros dois aspectos citados. Isto pode ser observado, por exemplo, nos grupos G1B e G2B onde percebemos uma valorização do Aspecto Fenomenológico no seus MMs em detrimento do Teórico e Representacional (Figura 4.28).

Figura 4. 28 - MMs Não Científico de metais antes e após reagir em solução

Fonte: elaborado pela autora.

De maneira geral os estudantes identificaram perda de elétrons na transformação do material metálico escolhido; os metais se transformando em cátion (exceção do grupo G3B) e que ocorreu a oxidação nos materiais após a adição da solução (exceção do grupo G4B). Sendo estes indícios de que estes estudantes reconhecem a oxidação como um processo de transferência de elétrons, relacionados ao **Modelo de Transferência de Elétrons** no qual a oxidação consiste na perda de elétrons e a redução no ganho de elétrons. Lembrando que neste modelo Gilbert Newton Lewis (1875-1946) formulou a redução como um aumento do número de elétrons na eletrosfera (camada de valência), logo a oxidação seria uma diminuição de elétrons.

Quando se trata das questões relacionadas ao Aspecto Representacional – símbolos, equações químicas, semirreações - verifica-se estudantes que não identificaram as partículas iônicas e os elétrons (G2A, G5A, G1B e G2B) e a dificuldade dos estudantes aumenta para os íons formados na corrosão (G1A, G2A, G3A, G5A, G1B, G2B, G3B e G4B).

Verificou-se ainda que os grupos não representaram a semirreação da transformação metálica. Ou seja, possuem dificuldade de utilizar as representações, a linguagem própria da química sobre os fenômenos observados. Corroborando Mortimer et al. (2000), diz ser fundamental que se valorize igualmente os três aspectos do conhecimento químico – Fenomenológico, Representacional e Teórico. Isto porque, a abordagem de apenas um dos aspectos do conhecimento em detrimento dos outros não permite aos estudantes a aprendizagem duradoura de conceitos, procedimentos e atitudes importantes a compreensão dos fenômenos cotidianos e do conhecimento científico.

Encontro D. Transformações dos materiais metálicos e reações envolvidas.

No encontro D, também se abordou a deterioração dos metais, a corrosão, contudo explorou-se as transformações dos materiais metálicos e as respectivas reações envolvidas. Para tanto, desenvolveu-se a aula por meio de **problematização**, onde os alunos se organizariam em grupo e responderiam ao questionamento: **Por que ocorre o enferrujamento?**

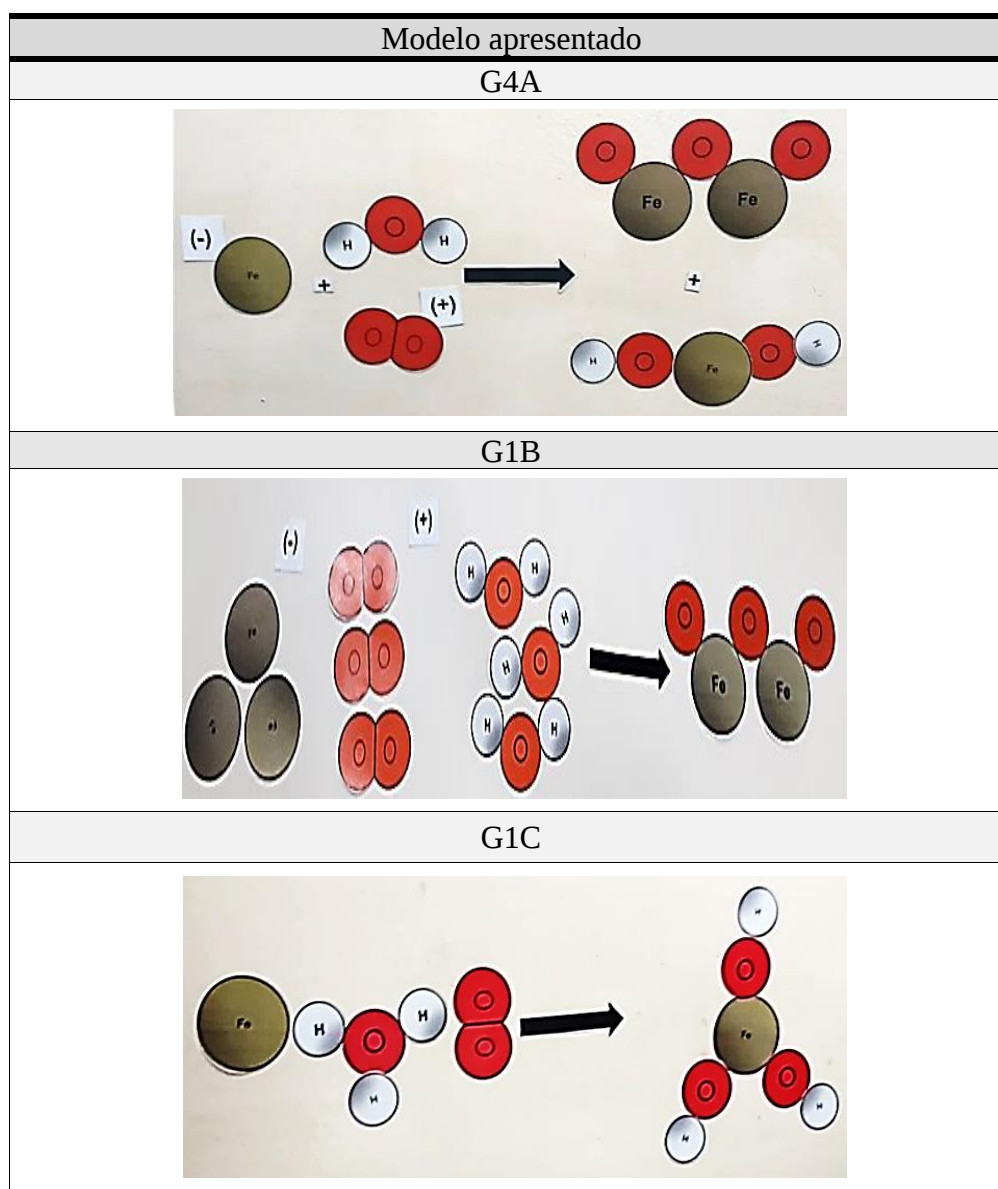
De modo geral, na problematização os estudantes consideraram como causas possíveis da ferrugem: a umidade, a exposição ao sol, ao ar e à água, a temperatura e ao uso contínuo dos materiais como abrir e fechar uma porta metálica. E, após concluída esta discussão em grupos, assistiram a um vídeo sobre a ferrugem - volta do ferro a natureza. Logo depois ao vídeo os estudantes produziram um *filme stop motion* sobre o processo de corrosão e seguidamente realizou-se a entrevista com um representante de cada grupo.

d.1) Aspectos gerais da análise dos filmes produzidos pelos estudantes sobre o processo de corrosão

Nesta etapa solicitou-se que os estudantes elaborassem um *filme stop motion* que mostrasse como ocorre o processo de enferrujamento do ferro. Para isso, deveriam utilizar os modelos fornecidos pelo professor (a) e criar o roteiro do filme, destacando os seguintes aspectos durante o filme: íons envolvidos, reação química (reagentes e produtos), balanceamento, perda e/ou ganho de elétrons, eletrólito, anodo e catodo.

Na Figura 4.29 apresentam-se os MMs expressos pelos estudantes de grupos durante o *filme stop motion* sobre enferrujamento. Nesta etapa os estudantes foram agrupados conforme os dez grupos formados nas escolas – G1A, G2A, G3A, G4A, G5A; G1B, G2B, G3B, G4B e G1C.

Figura 4. 29 – MMs dos estudantes sobre enferrujamento expressos no filme stop motion.



Fonte: elaborado pela autora.

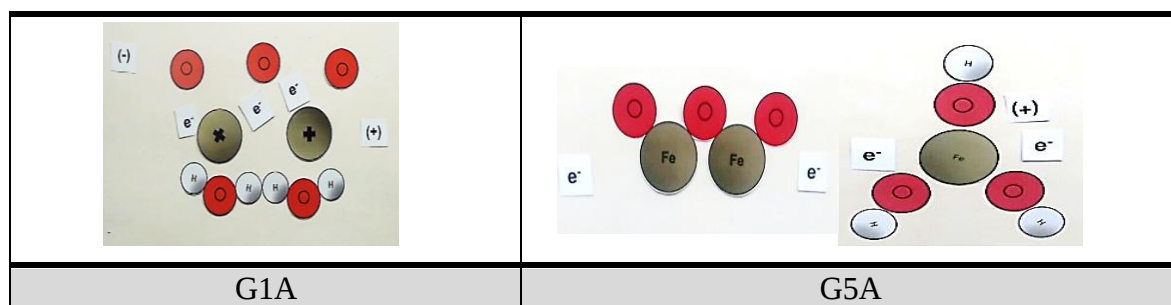
No que se refere aos modelos de oxirredução de maneira geral os estudantes associam o enferrujamento a reação do metal com o oxigênio e a água apresentando como produtos o óxido de ferro e o hidróxido de ferro. Estas representações do enferrujamento como um processo de reação do metal com o oxigênio e a água remontam ao **Modelo de Oxigênio** proposto por Lavoisier para o qual as reações de oxirredução consistiam em um conjunto de reações que envolviam o oxigênio. Sendo por isso a reação do ferro com a água e dos metais com os ácidos, consideradas reações relacionadas a ação do oxigênio.

Retomando a Figura 4,29 acima, observa-se que os grupos G4A, G1B (assim como todos os grupos da escola B) e o G1C se referiram ao Aspecto Fenomenológico –

enferrujamento - representando reagentes e produtos, lembrando uma equação química e com isso fornecendo indícios da valorização do Aspecto Representacional em seus MMs.

Vale dizer que neste filme os grupos G1A e G5A se importaram em representar os elétrons envolvidos no processo, ou seja, valorizaram o processo de transferência de elétrons, apontando indícios do Aspecto Teórico em seus MMs (Figura 4.30). Esta preocupação em representar o processo de oxidação e redução como perda e ganho de elétrons alude também ao **Modelo do Número de Oxidação**.

Figura 4. 30- MMs dos estudantes sobre enferrujamento envolvendo a perda e ganho de elétrons.



Fonte: elaborado pela autora.

A partir destas observações iniciais destes grupos apresenta-se as classificações dos filmes relacionando-os as entrevistas com os estudantes quanto a funcionalidade, incompletude e não cientificidade de seus MMs. E, buscando assim verificar a proximidade entre o MM do estudante e os conceitos científicos ditos intermediários apresentados nas aulas do curso como: oxirredução e transferência de elétrons.

As representações ditas funcionais deveriam mostrar como ocorre o processo de enferrujamento do ferro, explorando o Aspecto Fenomenológico (AF) que consiste na reação do material metálico com o ar e a umidade; o Aspecto Representacional (AR) que consiste no uso funcional da linguagem e representações químicas onde deveriam ser apresentados a reação do ferro com o oxigênio e a água, formando o óxido e hidróxido de ferro.

E, o Aspecto Teórico (AT) do Conhecimento Químico devendo ser apresentado corretamente com modelos e explicações sobre: 1 - substâncias envolvidas, 2 - reação química (reagentes e produtos), 3 - perda e/ou ganho de elétrons (anodo e catodo), 4 - balanceamento e 5 – eletrólito.

Com isso, considerou-se **MMs Funcionais** quando as representações dos estudantes englobaram até quatro dos itens apresentados anteriormente (Quadro 4.16), vale dizer que as substâncias envolvidas foram consideradas quanto ao aspecto representacional e/ou teórico.

No quesito balanceamento considerou-se os que mais se aproximaram deste e quanto ao eletrólito não se considerou a sua representação na elaboração do filme, mas buscou-se reconhecê-lo na expressão oral dos estudantes durante a explicação do filme e na entrevista. Designou-se **MMs Incompletos** os modelos que apresentaram somente três destes itens e chamou-se de **MMs Não científico** os que apresentaram menos de três dos itens propostos.

Quadro 4. 16– MMs Funcionais dos estudantes sobre enferrujamento.

Categorias	Frequência
AF - Apresentou reação do material metálico com o ar e a umidade	Todos
AR – Apresentou reação do ferro com o oxigênio e a água, formando o óxido e hidróxido de ferro	G1A, G4A, G1B, G3B, G1C
AT:	
1 - Apresentou substâncias envolvidas	G1A, G4A, G5A, G1B, G3B, G1C
2 - Apresentou reação química (reagentes e produtos)	G1A, G4A, G5A, G1B, G3B, G1C
3 - Apresentou transferência de elétrons (anodo e catodo)	G1A, G4A, G5A e G1B
4 - Apresentou balanceamento	G5A, G3B e G1C
5 – Apresentou eletrólito	G1A, G3A, G4A, G1B, G3B e G1C

Fonte: elaborado pela autora.

d.2) Análise dos modelos mentais de oxirredução quanto a funcionalidade

No Quadro 4.16 acima, os **MMs Funcionais** apresentados foram os mais frequentes entre os estudantes neste item. Podemos inferir que está ocorrendo uma aproximação entre os MMs destes estudantes e o Modelos Conceitual de Oxirredução. De modo geral, estes estudantes representaram as substâncias envolvidas, a reação química através da apresentação dos reagentes e produtos, tal como a perda e ganho de elétrons. E, verificou-se ainda estudantes que expressam o conceito eletrólito, conhecimento este específico do conteúdo eletroquímico.

Quanto ao balanceamento observou-se dificuldades em igualar o número de elementos nos reagentes e produtos, sendo verificado em apenas três grupos o balanceamento mais funcional. Isto pode estar relacionado a baixa familiaridade dos estudantes com o uso dos modelos e com baixa compreensão da linguagem química, Aspecto Teórico.

No que se refere a representação da Ligação Química observou-se que os estudantes preferiram utilizar novamente modelos com os símbolos dos elementos, em vez dos cátions metálicos. Somado a isso, os grupos G4A e G1B representaram os elementos constituintes apresentando o modelo átomo de ferro com “pólo negativo” - o anodo a doar elétrons - e o modelo de oxigênio como “pólo positivo” - catodo a receber os elétrons. Contrariamente o grupo G1A cometeu equívoco na representação do anodo e catodo, ressaltada na explicação do filme como:

“o oxigênio é o anodo e o ferro é o catodo” (...) anodo é o que tá perdendo e catodo o que tá ganhando. (A10, G1A)

Nesta fala verificou-se que existe a compreensão do conceito de anodo associado a perda de elétrons e do catodo ao ganho de elétrons. Contudo, o estudante ressalta o equívoco cometido pelo grupo na representação do oxigênio como anodo e do ferro como catodo, quando o inverso é coerente ao Modelo Didático requerido. Com isso, observou-se uma aproximação dos MMs dos estudantes ao modelo científico esperado. Pois, ele retrata a transferência de elétrons se utilizando de conceitos específicos à eletroquímica e que aludem ao **Modelo de Transferência Eletrônica**. Referindo-se a deterioração metálica o raciocínio do grupo G1A é evidenciado da seguinte forma por seu representante:

A gente assistiu um vídeo e o nosso conceito de ferro ele tava ainda num estado normal ainda não tinha havido a “deteriozação”, aí a gente colocou os oxigênios e a gente colocou os eletros no oxigênio e e... a água e também colocamos, não colocamos elétron, e fizemos aque foi pro ferro que não estava com nenhuma ..nenhum componentenenhuma...nenhum movimento, iai a gente fez os elétrons entrarem e podemos verificar que o ar tava entrando para haver a deteriozação do material.” (A8, G1A).

Nesta fala tal como na do integrante do mesmo grupo (A10, G1A), observa-se que o representante consegue se utilizar dos conceitos de elétrons envolvidos no processo de deterioração. No entanto, refere-se o ganho de elétrons pelo ferro e não pelo oxigênio. Novamente, percebe-se que este grupo confundiu a substância a doar e a receber elétrons. E,

observa-se ainda que o estudante se refere inicialmente a estratégia didática utilizada na aula e que serviu de referência para eles.

Quando questionados sobre o raciocínio da equipe para deixar evidente que se tratava de deterioração metálica de modo geral os estudantes relacionam a ferrugem como consequência da reação do ferro com o oxigênio e a água. O representante do G1B explica que:

[...] já é claro que com o ferro, com a ferrugem é usado é [...] o oxigênio e a água que por isso [...] óxido de ferro, que por isso [...] deduzimos que é com isso que ...que dá o ferrugem.” (A10, G1B).

O estudante relata que para seu grupo a ferrugem envolve ação com oxigênio e a água, aludindo assim ao **Modelo de Oxigênio**. Da mesma forma, o integrante do G1C explicando o pensamento do grupo sobre deterioração metálica diz que:

Eles seguiram as regras que o filme passou, ou seja, com a quantidade de ferro, uma certa quantidade de água e uma certa quantidade de oxigênio, nós também não que [...] seria uma quantidade elevada de água, sim uma pequena quantidade somente pra servir de eletrólito, no caso eles botaram só uma molécula e água e botaram várias moléculas de oxigênio (A13, G1C).

Com isso, verificou-se que os estudantes deste grupo, além de aludirem ao Modelo de Oxigênio eles mencionam o termo **eletrólito**, indício de que este conceito está sendo apropriado em seus MMs. E, o estudante faz menção ao filme assistido durante a aula, relatando a influência da estratégia didática utilizada. Quando questionado se na construção do filme abordaram todos os conceitos sugeridos e se utilizaram todos os conhecimentos necessários, cita os seguintes conceitos:

***Balanceamento**, equilíbrio químico, é a sua formação e os materiais utilizados...o oxigênio, o ferro e hidrogênio.(...) Foi o equilíbrio, foi a utilização de imas, utilização de **anodo, catodo, eletrólitos e de elétrons**.(...) Não, a gente não utilizou os elétrons porque os elétrons, os **ânions e os cátions**, porque a gente não sabia utilizar eles na hora.(...) Eh! tipo isso, a gente não conseguia diferenciar e como utilizar eles lá na fórmula, por isso que a gente não conseguiu botar os maiozinhos os negativo.” (A13, G1C).*

Nisto o estudante cita conceitos requeridos neste item do encontro: balanceamento, anodo, catodo, eletrólitos, elétrons, ânions e cátions. Observou-se ainda que o estudante relata a dificuldade do grupo no uso das representações de anodo, catodo pois não sabem como utilizar os modelos de elétrons, ânions e cátions. Pode-se inferir que isto se deva ao

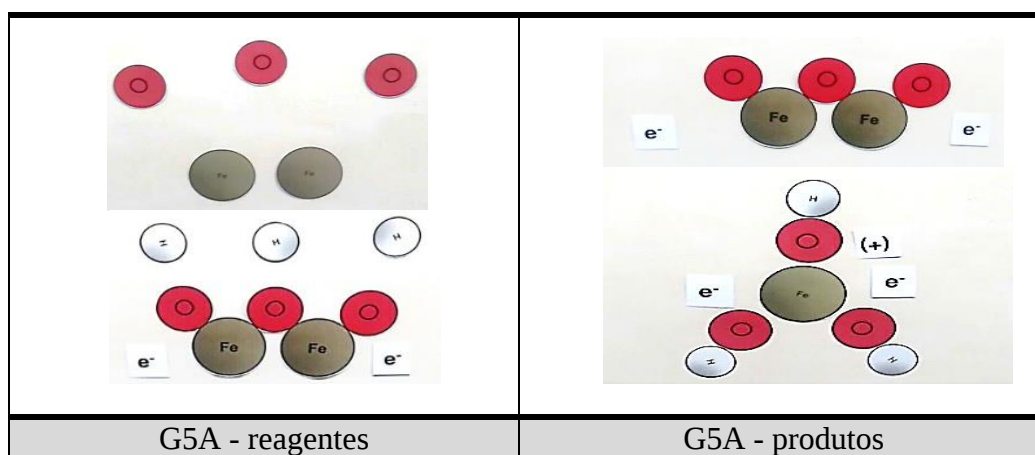
Aspecto Representacional e Teórico pouco explorado em sala de aula e por isso MMs de estudantes pouco familiarizados com uso dos modelos.

Os estudantes do G1A, G4A, G5A e G1B importaram-se em identificar nos seus filmes os sinais relacionados ao anodo e o catodo da reação, os quais são conceitos específicos da eletroquímica. Contudo, percebemos uma preocupação maior dos grupos em representar a reação em si do que estas convenções que de fato são constantes nos modelos apresentados nos Livros Didáticos de Química. Com isso, pode-se inferir que estas atividades colaboraram para que estes estudantes compreendessem que a reação química em evidência é mais significativa que suas convenções.

A perda e o ganho de elétrons não são representados pela maioria dos estudantes, possuíram maior facilidade em apresentar a reação com o oxigênio e a água. Significando uma alusão frequente ao Modelo de Oxigênio que remonta a definição de Lavoisier de que a oxidação envolve a ação do oxigênio.

Dentre estes grupos o G5A é o único a representar o ferro doando elétrons e o oxigênio como catodo – pólo positivo (Figura 4.31). Disto podemos inferir que os estudantes compreendem o ferro como anodo e o oxigênio como catodo, apresentando assim MMs aproximando-se do Modelo Conceitual de Oxidação, como um processo simultâneo.

Figura 4. 31- MMs dos estudantes incompletos sobre enferrujamento.



Fonte: elaborado pela autora.

Quanto a explicação sobre a deterioração metálica – enferrujamento – o representante do G5A diz que:

*A gente seguiu o raciocínio a gente queria chegar no hidróxido de ... a gente adicionou o **oxigênio**, o **hidrogênio**, a gente fez a água no caso, aí da água com o ferro ia fazer o hidróxido de ferro.” (A21, G5A)*

Nesta fala o estudante evidencia que para seu grupo o enferrujamento consistia na reação com o oxigênio - aludindo ao Modelo de Oxigênio - mencionando a formação do hidróxido de ferro. Contudo, não se refere aos elétrons, a perda e ganho de elétrons ou anodo e catodo, características estas observadas na representação do seu grupo. Nisto verificou-se características de MMs Incompleto e parcimonioso, pois o estudante esquece detalhes do modelo apresentado. Além disso, observou-se que o uso da linguagem química é limitado e de difícil compreensão pelos estudantes que possuem mais facilidade com a linguagem não científica.

Observou-se que ao realizar-se uma pergunta mais específica sobre os conceitos e o conhecimento utilizado no filme os estudantes apresentam os conceitos de perda e ganho de elétrons com mais facilidade. E, apesar dos estudantes não explicarem seus modelos com uma riqueza de detalhes, eles utilizam esses conceitos químicos em suas explicações.

d.3) Análise dos modelos mentais sobre oxirredução segundo a incompletude

No Quadro 4.17 estão os grupos que por apresentarem apenas três dos itens do Aspecto Teórico somados ao Aspecto Fenomenológico e Aspecto Representacional, significativos para a funcionalidade foram categorizados como **MMs Incompletos**.

Quadro 4. 17 – MMs Incompletos dos estudantes sobre enferrujamento.

Categorias	Frequência
AF – Apresentou reação do material metálico com o ar e a umidade	Todos
AR - Apresentou reação do ferro com o oxigênio e a água, formando o óxido e hidróxido de ferro	G2A e G2B
AT:	
1 - Apresentou substâncias envolvidas	G2A e G2B
2 - Apresentou reação química (reagentes e produtos)	G2A e G2B
3 – Não representou, mas cita verbalmente a transferência de elétrons	G2A, G2B
4 – Não apresentou, mas cita verbalmente o balanceamento	G2A, G2B
5 – Apresentou eletrólito	G2A e G2B

Fonte: elaborado pela autora.

Representantes desta categoria são os estudantes dos grupos G2A e G2B os quais representaram no Aspecto Fenomenológico o enferrujamento como um processo de reação do ferro com o ar e a umidade e no Aspecto Representacional como a reação de moléculas do oxigênio com moléculas de água. No que se refere ao Aspecto Teórico observa-se que eles representaram os reagentes e produtos envolvidos na reação do enferrujamento, as substâncias envolvidas e até mesmo o eletrólito, mas não representaram a transferência de elétrons e o balanceamento destas substâncias na reação.

Quando questionados se na construção do filme abordaram todos os **conceitos** sugeridos e se utilizaram todos **os conhecimentos** necessários, de modo geral, os estudantes do G2A e G2B lembram de termos importantes além dos constituintes metálicos e os agentes da deterioração (oxigênio e a água). O representante do grupo G2A, por exemplo, explica da seguinte forma:

*[...] é, conhecimento de reações, é de **ganho e perda de elétrons**, conhecimento de **balanceamentos químicos**, e conhecimento dos elementos em geral. (...) agente...usou ...é, as reações em si, a gente usou o **balanceamento químicos**, a gente usou o **eletrólito** que é a água, a gente usou também a questão de **ganho e perda de elétrons** do (...) **anodo** e... **catodo**... é isso, a gente usou também (A3, G2A).*

Nesta fala do estudante observa-se que ele se apropria de termos relacionados a oxirredução e específicos da eletroquímica como perda e ganho de elétrons; balanceamento, eletrólito, anodo e catodo. Com isso, verifica-se que apesar da representação da equipe não englobar todos os conhecimentos químicos solicitados, o estudante em sua explicação conseguiu se utilizar da linguagem química apropriada. Ou seja, o estudante neste caso possui mais facilidade de se expressar verbalmente, mas representa este conhecimento no Modo Visual incompleto. Nisto ressalta-se a necessidade de se trabalhar com uso de modelos na sala de aula e nos Livros Didáticos de forma que através da familiaridade com eles o estudante possa expressar-se abordando os três aspectos do conhecimento químico com mais facilidade utilizando-se dos mais variados modos de representação dos modelos.

No que se refere a transferência de elétrons, pesquisas mostram que estudantes, em sua maioria, conseguem identificar o anodo e o catodo, mas com limitações na compreensão da migração de elétrons no sistema eletroquímico (SANTOS et al., 2018; SILVA et al., 2014). Contrariamente, nesta pesquisa observou-se que os estudantes utilizam com mais frequência os termos “perca e ganho de elétrons” do que “anodo e catodo”. Ou seja, de

alguma forma o uso diversificado de estratégias didáticas favorece a expressão dos MMs dos estudantes sobre transferência de elétrons.

Com isso, verificou-se indícios da abordagem dos Aspectos Teórico, Representacional e Fenomenológico nos MMs destes estudantes. E, que apesar de apresentarem certas incompletudes em seus MMs podemos inferir que a utilização de diferentes estratégias didáticas favoreceu a aproximação entre os MMs e o Modelos Conceituais/Científicos.

d.4) Análise dos modelos mentais sobre oxirredução segundo a não cientificidade

No Quadro 4.18 estão os **MMs Não científicos** os quais foram os de menor frequência entre os estudantes neste encontro. Estes MMs foram assim categorizados porque apresentaram menos de três dos itens do Aspecto Teórico, somados ao Aspecto Representacional e ao Aspecto Fenomenológico. Sendo representativos desta categoria os estudantes dos grupos G3A e G4B conforme pode ser observado no quadro abaixo.

Quadro 4. 18 – MMs Não científicos dos estudantes sobre enferrujamento.

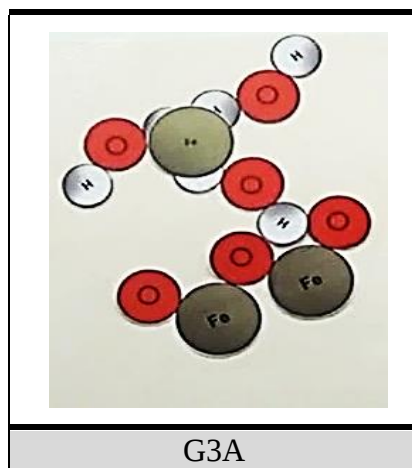
Categorias	Frequência
AF - Reação do material metálico com o ar e a umidade	Todos
AR – Apresentou Reação do ferro com o oxigênio e a água, formando o óxido e hidróxido de ferro	G3A
AT:	-
1 – Apresentou as substâncias envolvidas	G4B
2 – Não representou a reação química (reagentes e produtos)	G3A e G4B
3 – Não representou a transferência de elétrons (anodo e catodo)	G3A e G4B
4 – Não apresentou o balanceamento	G3A e G4B
5 – Apresentou o Eletrólito	G4B

Fonte: elaborado pela autora.

Verificou-se que os dois grupos abordam o Aspecto Fenomenológico do enferrujamento como reação do metal com o ar e a umidade, mas o Aspecto Representacional da reação do ferro com o oxigênio e a água formando hidróxido de ferro é apresentado somente por G3A. O G4B foi o único a apresentar substâncias envolvidas e o eletrólito.

Tais estudantes apesar de representarem as substâncias envolvidas no enferrujamento, não representaram os elétrons envolvidos, a transferência de elétrons, anodo e catodo, não identificaram reagentes e produtos, além de não realizarem o balanceamento. Dentre estes grupos o G3A representou o seu modelo com os modelos físicos sobrepostos como se estivessem misturados (Figura 4.32).

Figura 4. 32- MM Não Científico sobre enferrujamento.



Fonte: elaborado pela autora.

Quando questionados se utilizaram todos os conceitos solicitados durante elaboração do filme o integrante do G3A responde da seguinte forma durante a explicação:

Não, a gente não usou todos os conceitos. porque a maioria de nós é, estava confuso, não sabia como proceder, por falta de, acho que por falta de atenção mas da parte da gente. (...) a gente juntou o dióxido de ...Eh!...(riso!) ... bom a gente usou apenas duas formas, no caso. É! ...eu esqueci o nome dessas formas ... e a gente só fez juntar as duas, para mostrar o processo que ocorreu.” (A7, G3A).

O estudante revela assim que o seu grupo apresentou dificuldades quanto ao uso dos modelos e ele apresenta dificuldade em se utilizar da linguagem química para explicar o pensamento do grupo. Correspondendo assim à representação não científica sobre os conceitos envolvidos na formação da ferrugem elaborada pelo grupo. Contudo, ao entrevistarmos o A23 do mesmo grupo, sobre os conceitos/conhecimento utilizados para elaboração do filme, observou-se o uso do conceito de oxirredução a partir da seguinte fala:

*[...] seria o. oxidação...e (...) a gente saber como ocorre a oxidação é..... como que um elétron ele perde e ganha [...] como que um **metal ganha ..ou perde elétrons** [...]* (A23, G3A).

Nisto observa-se que apesar do estudante mencionar de forma não científica que um “elétron ele perde e ganha”, ele aborda corretamente que a oxidação envolve um metal que ganha ou perde elétrons. Tal dizer, remonta ao **Modelo de Transferência Eletrônica** e oferece indícios de que os MMs dos estudantes se aproximam do Modelo Conceitual/Científico. Isto também evidencia a necessidade de se utilizar diferentes estratégias didáticas na abordagem dos conteúdos e nas formas de avaliar o conhecimento do estudante.

E, tal como os estudantes do G3A os do grupo G4B apresentaram dificuldade em representar os conceitos e em utilizá-los na explicação, conforme pode-se verificar na seguinte fala:

*O raciocínio.... a gente primeiro olho pelos símbolos, e fomos usando lógica, tipo o sentido assim [...] como juntando as moléculas [...] o que elas formavam... e o como a gente viu no vídeo [...] sobre como ele falava que a ferrugem é feita de **água e hidrogênio** a gente só juntou as peças [...] (A17, G4B).*

Nesta fala observa-se que o estudante se refere aos modelos como símbolos e à reação como o “juntando moléculas”. Indícios de apropriação de conceitos básicos da química. Também, nesta explicação o estudante retrata a ferrugem como “feita de água e hidrogênio”. Nisto revela-se a dificuldade do estudante em expressar o pensamento do grupo utilizando a linguagem química adequada. Evidenciando a representação não científica expressa pelo grupo e a dificuldade em transitar entre os três Aspectos do Conhecimento Químico – Fenomenológico, Teórico e Representacional.

Diante do exposto, verifica-se que os estudantes explicam a deterioração metálica a partir da reação do metal com o oxigênio e a água, produzindo óxido de ferro e hidróxido de ferro aludindo ao **Modelo de Oxigênio** e relacionando a transferência de elétrons remontando ao **Modelo de Transferência de Elétrons**. Podemos inferir que essa compreensão do fenômeno da ferrugem permite aos alunos uma aproximação do conhecimento científico da oxidação.

E, apesar dos MMs destes estudantes relacionarem com mais facilidade a oxidação a ação do oxigênio ou da água, observa-se em suas explicações o uso dos termos perda e ganho de elétrons e anodo e catodo. Significando que a diversidade de estratégias didáticas favoreceu aproximação dos MMs destes estudantes ao Modelo Conceitual. Além destes termos os conceitos de eletrólito e o balanceamento são abordados pelos estudantes apesar

das limitações quanto aos detalhes no uso da linguagem química. Linguagem esta que aparece desafiante de ser utilizada pelo estudante durante as entrevistas.

Verificou-se ainda que de maneira geral a reação química foi representada por todos os grupos com reagentes e produtos, utilizando para isso modelos do átomo de ferro, do oxigênio e do óxido de ferro e hidróxido de ferro. Sendo que, a maioria dos estudantes apresentou dificuldade em balancear a equação química apresentada. Infere-se que isto deva estar relacionado ao pouco uso de modelos na sala de aula e nos LDQ o que dificulta o uso dos modelos pelos estudantes.

Observa-se também que a maioria dos estudantes preferiu utilizar modelos com o símbolo do ferro e não do íon metálico. Quanto ao oxigênio do ar percebe-se uma preferência pelo uso da representação de molécula. E, como produto da reação prefeririam utilizar o modelo do trióxido de ferro. Isto pode estar relacionado a diversidade de modelos apresentados aos estudantes sem ser explicado a função de cada um deles e de quando utilizá-los. E, também pode estar associado ao fato de que para o estudante o símbolo do elemento químico e o cátion são a mesma coisa, quando na verdade em Ligação Metálica o modelo de cátion é o mais coerente.

Dessa maneira, observou-se que os MMs dos estudantes não são perfeitos e exatamente iguais ao Modelo Conceitual proposto e por isso avaliou-se as aproximações desses MMs expressos aos Modelos Conceituais apresentados de forma que se pudesse verificar se as diferentes estratégias didáticas utilizadas colaboraram ao aprendizado de conceitos básicos de eletroquímica.

Encontro E. A eletricidade e sua relação com a transformação dos materiais metálicos.

No encontro E, abordou-se a deterioração dos metais a partir do estudo da eletricidade e sua relação com a transformação dos materiais metálicos. Utilizou-se de Atividade Experimental Investigativa (AEI) para tratar da relação entre reação química e o processo de condução elétrica entre metais. Para isso, os estudantes seguiram o roteiro conforme a folha de atividade (APÊNDICE O).

Inicialmente, apresentou-se o objetivo da aula experimental, seguindo-se da leitura do texto e apresentando o seguinte problema a nortear a AEI: **“Como se pode explicar a obtenção de eletricidade a partir da reação entre diferentes metais? Elabore uma explicação”**. E, na questão 2 após a AEI questionou-se o estudante se **havia condução de elétrons no experimento observado**. Como as duas questões tratavam da compreensão do mesmo conceito considerou-se a resposta **funcional** a que reconhecesse a obtenção de eletricidade entre diferentes metais como: consequência da maior ou menor tendência em doar elétrons na presença de outro metal (oxidação e redução); podendo ser relacionada a diferença de potencial entre os metais e ao potencial de redução ou oxidação. E, como **incompletas** aquelas respostas que abordassem algum aspecto da doação de elétrons e da diferença de potencial como fazendo menção ao potencial de redução ou oxidação.

No Quadro 4.19, verificou-se que as respostas dos estudantes às questões propostas mostram que em seus MMs relacionaram a obtenção de eletricidade entre diferentes metais a: Ligação Metálica; a outros tipos de ligação (ligação iônica e ligação covalente); a Oxidação e Redução, a Propriedade metálica e até mesmo a identificação realizada pelo aparelho utilizado.

Quadro 4. 19– MMs dos estudantes sobre causas da eletricidade obtida na reação entre diferentes metais.

Categorias	Características	Frequência
Ligação Metálica	Ligação metálica; Interação metálica; Interações entre metais;	G1A; G2B;
Ligação iônica; Ligação covalente;	Força de atração causada pelos elétrons; Troca de elétrons; Compartilhamento; Deslocamento de elétrons de valências; Camada de valência;	G1A; G4A; G5A; G2B; G4B; G1C
Oxidação e Redução	Presença de eletrólito; Tendência dos metais em doar elétrons; Doação e recebimento de elétrons; Diferença de potencial; Metais propensos a redução;	G1A, G4A, G2B; G3B; G1C
Propriedade metálica	Condutores de eletricidade; Eletricidade própria;	G3A; G4A; G2B, G3B
Instrumento	Equipamento como identificador dos elétrons	G1B

G2A – Ausentes; **Fonte: elaborado pela autora.

De maneira geral os MMs expressos pelos estudantes se aproximam do conhecimento científico sobre condução de eletricidade entre diferentes metais. Isto porque englobam conceitos básicos sobre condução de elétrons entre metais como no caso a oxirredução, evidenciado em suas falas quando citam: presença de eletrólito, doação e recebimento de elétrons; diferença de potencial e propensão a redução. Verificou-se também que os estudantes associam a condução dos elétrons entre diferentes metais às características da Ligação Metálica e a Propriedade dos materiais metálicos, indícios estes de que seus MMs envolvem diferentes Aspectos do Conhecimento Químico na observação/explicação dos materiais.

Além disso, nos MMs dos estudantes as características mais presentes relacionam-se as ligações iônica e covalente. Corroborando com Taber (2003) de que a ênfase nos conceitos de ligação iônica e covalente em detrimento dos conceitos de Ligação Metálica tornam difícil o estudo de outros conceitos relacionados como também dificulta a compreensão fenomenológica de materiais presentes no cotidiano dos estudantes como os metais e as ligas metálicas.

e.1) Análise dos modelos mentais sobre obtenção da eletricidade segundo a funcionalidade

No Quadro 4.20, estão dispostos a aproximação dos MMs dos estudantes ao Modelo Científico sobre a obtenção de eletricidade entre diferentes metais, os **MMs Funcionais**.

Quadro 4. 20– MMs Funcionais dos estudantes sobre as causas da eletricidade obtida entre diferentes metais.

Categorias	Características	Frequência
Oxidação e Redução	Presença de eletrólito; Tendência dos metais em doar elétrons; Doação e recebimento de elétrons; Diferença de Potencial; Metais propensos a redução;	G1A, G4A, G2B; G3B; G1C
Representação das semirreações	Reconhecem a Oxidação	G1A, G3A, G4A, G2B, G1C
	Reconhece a oxidação e redução como simultânea	G1C
Eletrólitos	Reconhecem a presença do eletrólito e que permitem transferência de elétrons	G1A, G3A, G4A, G5A,G4B, G1C

*G2A – ausente; **G1B- não respondeu. **Fonte:** elaborado pela autora.

Nos **MMs Funcionais** os estudantes afirmaram que a obtenção da eletricidade entre os metais ocorria devido a tendência dos metais em doar elétrons e receber elétrons, a diferença de potencial e a propensão a redução. Nisto identificou-se a menção que fazem ao conceito de **oxirredução**. E, por isso podemos inferir que no decorrer do curso, o estudante passou a familiarizar-se com este conceito e veio aprendendo a reconhecê-lo e utilizá-lo durante as atividades.

Quanto a **representação das semirreações** tomou-se as Questões 3 e 4 (APÊNDICE O) referindo-se ao Aspecto Representacional do conhecimento químico envolvido no processo observado. E, para respondê-las os estudantes poderiam consultar a tabela de potenciais fornecida em anexo na folha de atividade. Assim, a **resposta funcional** seria escrever a semirreação da oxirredução (anodo) com o metal de Nox zero como reagente e o mesmo metal na forma de cátion e quantitativo de elétrons perdidos como produto ($M^0 \rightarrow M^+ + X\bar{e}$) e a semirreação de redução (catodo) como o metal cátion recebendo os elétrons no reagente e transformando-se em metal de Nox zero no produto ($Y^+ + Y\bar{e} \rightarrow Y^0$).

Assim, nas representações os estudantes de **MMs Funcionais** (G1A, G3A, G4A, G2B, G1C) reconhecem a oxirredução representando-a corretamente, identificando a semirreação de oxidação (pólo anodo). Mas, não conseguem expressar a semirreação de redução (catodo), pois eles “reproduzem uma semirreação de oxidação”. Contudo, verifica-se que somente o G1C reconhece a oxirredução como um processo simultâneo, visto que souberam representar a semirreação tanto de oxidação como de redução.

Este grupo se diferencia por apresentar uma resposta mais coerente com a justificativa solicitada. Afirmam que há condução de elétrons porque os materiais metálicos têm diferença na “potência” de oxidação, referindo-se ao **potencial de oxidação** dos metais utilizados. Também vale destacar o grupo G3B, que se diferencia dos outros por realizar uma comparação entre os metais afirmando o sentido da transferência de elétrons do prego para o cobre, podendo significar que recorreram a **diferença de potencial** existente entre os metais constituintes destes materiais.

Apesar disso, nos MMs destes dois últimos grupos verificaram-se alguns equívocos sobre condução de elétrons entre metais, como: eletricidade própria e produtores de eletricidade; redução dissociada da oxidação (G3B) e troca de elétrons (G1C). Tais equívocos na descrição de conceitos denota a dificuldades dos estudantes quanto a

compreensão de que os metais não possuem e nem produzem eletricidade própria, eles não trocam elétrons entre eles e de que ocorre “condução de elétrons” entre os metais devido a diferença de potencial entre eles responsável pela reação de oxidação e redução. Isto também pode estar relacionado a valorização da ideia de que a condução elétrica ocorre somente por transferência de elétrons e pouca atenção dada a corrente produzida pela **movimentação de íons** em solução.

No que tange ao conhecimento do **eletrólito** a maioria dos estudantes reconhece tanto a sua presença quanto a função em permitir a transferência de elétrons. Estes também são indícios da aproximação ao conhecimento químico que estes estudantes passaram a ter com o desenvolvimento das diferentes estratégias didáticas desenvolvidas.

Também quanto aos eletrólitos, na Questão 6, questionou-se os estudantes sobre a existência de **eletrólitos** no experimento realizado. E, mais uma vez todos confirmaram a presença dos **eletrólitos** no sistema observado durante AEI. Sendo que, estes foram reconhecidos pelos estudantes citando-os como constituintes, materiais e a função deles no sistema em estudo, conforme Quadro 4.21.

Quadro 4. 21 - MMs dos estudantes sobre conceituação de eletrólitos na AEI.

Categoria	Características	Frequência
Constituintes	Ácido cítrico;	G1A, G3A, G4A, G3B, G1C
	Ácidos	G2B,
	Água	G4A, G2B,
	Porque eles têm elétrons.	G1B
	Outros agentes	G2B,
Materiais	A batata	G5A, G1C
	Laranja e banana	G1C
	Cobre e zinco	G4B
Função	Permite a transferência de elétrons entre os metais	G1A, G3A
	Permitem a troca de elétrons	G4A, G1C
	Liga o ferro e o cobre; permitem a passagem de elétrons; Ponte entre os materiais	G5A, G4B, G1C

Fonte: elaborado pela autora.

A resposta **funcional** seria sim e tendo como justificativa o apontamento de que eletrólitos permitem a transferência de elétrons. Poderiam ainda, apontar os materiais orgânicos utilizados como a batata e o limão entre outros, assim como seus constituintes

químicos tais como água e ácidos entre outros. Os grupos G1A e G3A responderam **funcionalmente** toda à questão, pois justificam afirmando que são eletrólitos por permitirem a transferência de elétrons.

As respostas a esta questão de maneira geral denotam que os estudantes reconhecem a existência de eletrólitos no sistema tal como na questão anterior. E, além disso, nas suas justificativas reconhecem como eletrólito e principal constituinte o ácido cítrico seguidamente da batata, da água, do limão, da laranja e da banana os quais **possuem íons** que permitem a transferência de elétrons. Tal percepção sobre a **influência dos íons** na movimentação de elétrons em um sistema amplia a visão do estudante sobre o comportamento dos materiais.

Observa-se que os estudantes definem os eletrólitos em termos dos constituintes dos materiais; dos materiais utilizados na AEI e em termos da função que assumem no sistema. Desta forma, verificou-se que a maioria dos estudantes definem os eletrólitos como o constituinte ácido cítrico presente tanto no limão como na laranja e seguidamente em termos de sua função em permitir a passagem de elétrons. Nisto verifica-se que os estudantes expressam certa compreensão dos eletrólitos e de que as estratégias tenderam a facilitar a aprendizagem deste conceito aproximando seus MMs ao Modelo Conceitual.

e.2) Análise dos modelos mentais sobre obtenção da eletricidade segundo a incompletude

Quanto ao **MMs Incompletos** observa-se no Quadro 4.22 que em suas explicações os estudantes associam a obtenção da eletricidade a ligação iônica, a ligação covalente, a propriedade metálica e ao instrumento utilizado para identificação de condução dos elétrons.

Quadro 4. 22 – MMs Incompletos dos estudantes sobre as causas da eletricidade obtida entre diferentes metais.

Categorias	Características	Frequência
Ligação iônica; Ligação covalente;	Força de atração causada pelos elétrons; Troca de elétrons; Compartilhamento; Deslocamento de elétrons de valências; Camada de valência;	G5A; G4B;

Propriedade metálica	Condutores de eletricidade; Eletricidade própria;	G3A;
Instrumento	Equipamento como identificador dos elétrons;	G1B
Oxirredução	Não reconhecem a transferência de elétrons;	G3A; G5A; G1B; G4B;
Representação da semirreação	Não reconhecem a oxirredução	G5A, G1B, G3B, G4B
	Não reconhecem a redução	G1A, G3A, G4A, G5A, G1B, G2B, G3B, G4B
	Não reconhecem a simultaneidade	G1A, G3A, G4A, G5A, G1B, G2B, G3B, G4B
Eletrolitos	Não reconhecem o eletrólito como responsável pela transferência de elétrons	G2B, G3B

Fonte: elaborado pela autora.

Estes estudantes não reconheceram a oxirredução, a representação das semirreações, a simultaneidade da oxirredução e mesmo não reconhecem os eletrólitos como responsáveis pela transferência de elétrons. Os estudantes com estes MMs não relacionam as causas da obtenção da eletricidade aos potenciais de oxidação e redução ou mesmo a oxirredução. Ou seja, não reconhecem a transferência de elétrons. Por exemplo, o grupo G1A explica que a condução elétrica se deve a Ligação Metálica e a força de atração entre os elétrons sem mencionar diferença de potencial ou um dos potenciais de oxirredução.

No que se refere a representação da semirreação verifica-se que eles não reconhecem a oxirredução; a redução e a simultaneidade envolvida no processo redox. Ainda no Quadro 4.20, verifica-se que quanto a representação das semirreações os grupos G1A, G3A, G4A, G5A, G1B, G2B, G3B, G4B não representam funcionalmente as semirreações de redução. Os grupos G5A, G1B e G3B não realizam as representações, apenas descrevem o que está ocorrendo. Vê-se assim que ainda há estudantes com dificuldade em utilizar os símbolos, a linguagem específica da eletroquímica.

Consequentemente, os MMs da reação global solicitada na questão 5, de maneira geral indicam que os estudantes não conseguem obter a equação global, resultante da soma das duas semirreações. Eles representam as semirreações como se estivessem sendo somadas, contudo não conseguem produzir a equação global. Sendo que, somente o grupo G1C obtém funcionalmente a equação global sem, contudo, identificar os estados físicos delas. Assim, podemos inferir que os estudantes compreendem a equação global como uma

representação obtida da soma das semirreações de oxidação e redução, mas não se arriscam representá-la.

Observou-se que apesar de todos considerarem que existe condução de elétrons no sistema observado, ao justificarem nem todos possuem compreensão do que está acontecendo no sistema. Os estudantes da escola A apresentam apenas a afirmativa de que há condução de elétrons, mas não explicam o porquê esta condução está ocorrendo. O grupo G5A se diferencia apenas pela justificativa desta condução elétrica a partir da “troca de elétrons” entre o prego e a moeda, mas não explica por que existe esta troca entre eles. Os estudantes da escola B apresentam justificativas mais significativas em relação a esta condução de elétrons.

Também aparecem justificativas direcionadas ao uso do instrumento identificador da voltagem. Por exemplo, o G1B, justifica a partir da detecção com o uso do voltímetro utilizado, afirmando que o equipamento identifica os elétrons nos metais. O G2B justifica sua resposta pela formação de eletricidade, que ele julga perceber a partir do equipamento usado. O grupo G4B justifica a partir da camada de valência, mas não realiza uma explicação sobre isso.

Percebe-se que mesmo os estudantes identificando a condução de elétrons no sistema e justificando a partir do uso de conceitos químicos como camada de valência e potencial de oxidação suas explicações não são completas ou tão próximas do conhecimento científico esperado. Podemos inferir a partir disso, que os estudantes percebem o fenômeno, possuem certa compreensão da linguagem química, Aspecto Representacional, mas suas limitações quanto a compreensão do Aspecto Teórico dificulta suas justificativas.

Com isso, os resultados corroboram com a observação de Pacca et al. (2003), de que há um certo apelo dos estudantes ao conteúdo da Química, contudo percebe-se dificuldades em ligar a eletricidade a elementos da estrutura dos materiais. Ou seja, os estudantes possuem dificuldades em explicar a observação do fenômeno da deterioração metálica a partir da constituição dos materiais e das cargas elétricas envolvidas.

Quanto a **não cientificidade** verificou-se somente o G1B e em relação ao conceito de eletrólito. Isto porque justificaram a presença de eletrólito somente por terem elétrons.

Os dados discutidos quanto a **incompletude** e **não cientificidade** corroboram com a literatura de que os conceitos como carga, diferença de potencial e capacidade elétrica, redução, corrente elétrica, condutibilidade elétrica em soluções, representação de reações redox, potencial de redução, simultaneidade entre as reações de oxidação e redução, processo de transferência de elétrons, significado do número de oxidação, identificação dos reagentes, identificação das reações redox e o balanceamento das reações de oxirredução (GARNETT e TREAGUST, 1992a, 1992b; DE JONG et al., 2002), não são utilizados pela maioria dos estudantes em suas interpretações. Configura-se assim que os estudantes apresentam dificuldade na diferenciação das reações no Aspecto Representacional e no Aspecto Teórico do conhecimento químico (BARKE et al., 2005).

Assim, os MMs dos estudantes sobre obtenção de eletricidade apresentam características de modelos com ausência de detalhes conceituais e linguagem química o que está relacionado ao fato dos MMs não serem cópia do Modelo Conceitual/Científico e sim uma interpretação do estudante sobre o fenômeno. Logo, os resultados obtidos nos fornecem indícios da aproximação entre os MMs dos estudantes e o Modelo Conceitual abordado no curso.

Encontro F. Reação espontânea e não-espontânea envolvida na transformação metálica

Neste encontro utilizando-se da temática deterioração dos materiais metálicos, abordou-se a **reação espontânea** e **não-espontânea** envolvidas uma transformação metálica. Para isso, a abordagem foi desenvolvida por meio de uma Animação/simulação - O troféu de alumínio – nela os alunos assistiram sobre a obtenção do Alumínio através da **eletrólise** a qual se trata de uma reação de oxirredução não espontânea que ocorre pela passagem de energia elétrica.

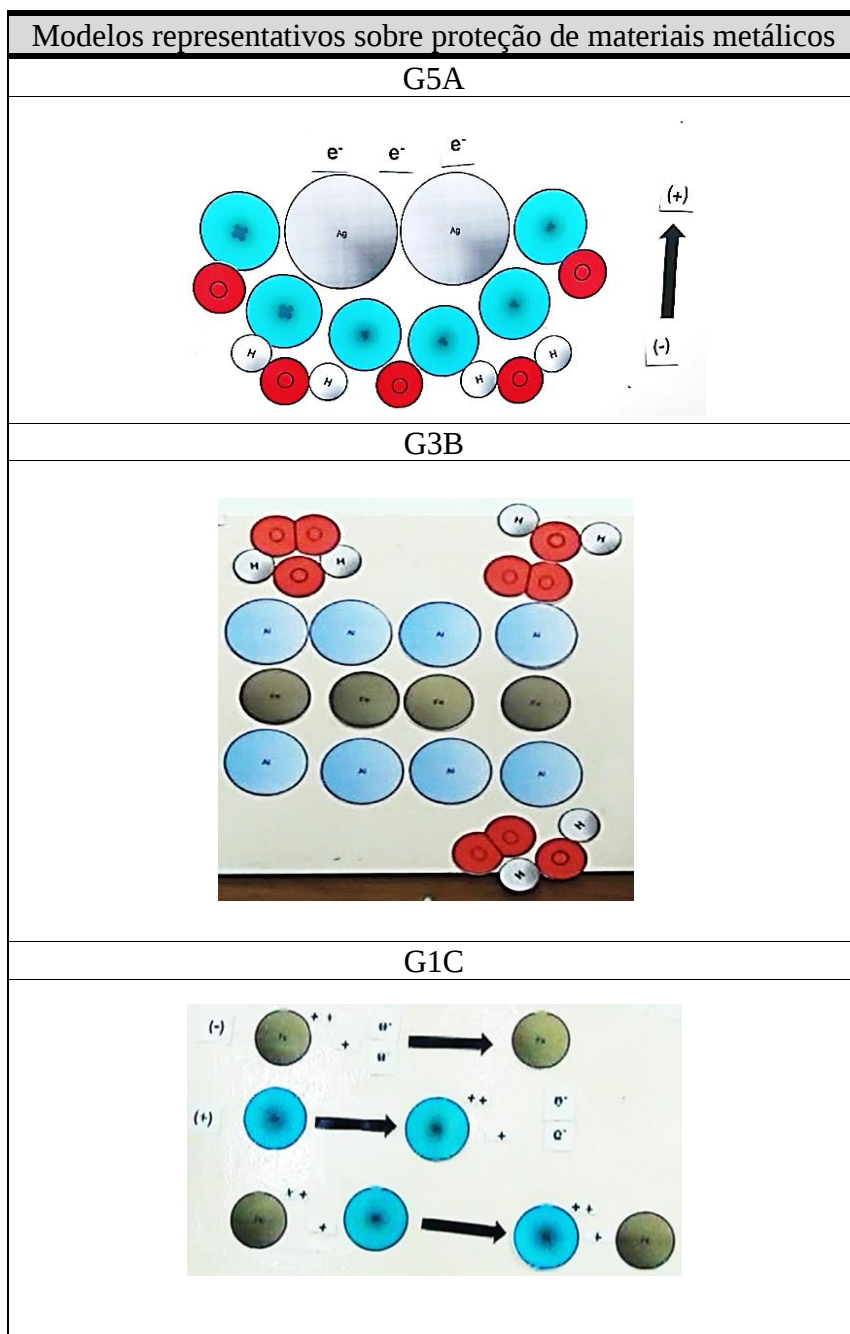
Sendo abordado sucintamente a eletrólise ígnea – célula eletrolítica – em seguida eram propostas questões de múltipla escolha sobre a eletrólise que envolviam representações de semirreações de oxirredução, reação global, classificação das semirreações de oxirredução, conceitos de anodo e catodo associados as semirreações, tal como as convenções polo positivo (+) e polo negativo (-).

Os estudantes se organizaram em grupos e acessaram a ferramenta, respondendo ao seguinte questionamento: **Como proteger metais da corrosão?** E, após a discussão em grupo retomou-se esta questão novamente. De maneira geral, os estudantes responderam que se pode proteger os metais da corrosão: limpando e pintando o metal; evitando sua exposição ao sol, a chuva e ao ar.

f.1) Aspectos gerais da análise dos filmes produzidos pelos estudantes sobre proteção dos materiais metálicos

Nesta etapa solicitou-se que os estudantes elaborassem um filme *stop motion* que apresentasse um processo de proteção de um metal contra a deterioração. Para isso a resposta **funcional** deveria englobar os seguintes aspectos: o **metal que seria protegido** da deterioração e o - **metal de sacrifício** – que protegeria o metal. Logo, deveriam atentar-se ao uso de metais diferentes e/ou formação de óxidos dos mesmos metais. Para isso, poderiam consultar a tabela de potenciais fornecida pelo professor através da qual poderiam escolher como referência o **potencial de oxidação ou redução**. Assim, tendo sido escolhido o potencial de oxidação, o metal de sacrifício deveria ser o de maior valor neste potencial.

No Figura 4.33 de maneira geral podemos observar que os estudantes tendem a proteger os metais da ação do oxigênio e da água utilizando-se para isso metais com um potencial de oxidação maior que o potencial de oxidação do metal a ser protegido. Com exceção a estes, o grupo G4A utilizou como metal de sacrifício o metal com potencial de oxidação menor - a prata. Os estudantes da escola B não representaram os elétrons envolvidos, anodo e catodo. Contrariamente, os estudantes da escola A e da escola C representaram os elétrons no modelo.

Figura 4. 33 – MMs dos estudantes sobre proteção metálica.

Fonte: elaborado pela autora.

f.2) Análise dos modelos mentais de potencial de oxirredução segundo a funcionalidade

No Quadro 4.23 são apresentados os MMs dos estudantes quanto a aproximação do modelo científico.

Quadro 4. 23– MMs Funcionais dos estudantes sobre proteção metálica.

Categoria	Frequência
Reconhecem o metal de sacrifício e o metal protegido	G4A, G1B, G2B, G3B, G4B, G1C
Protegem da reação com o oxigênio e a água	G4A, G1B, G2B, G3B, G4B,
Representam como equação química	G1C
Representam transferência de elétrons	G4A; G1C
Representam anodo e catodo (oxidação e redução)	G4A; G1C

*G3A – ausentes **Fonte:** elaborado pela autora.

De maneira geral, os estudantes de **MMs Funcionais** representaram corretamente os metais de sacrifício e o metal a ser protegido. Significando que a maioria dos estudantes soube identificar e utilizar funcionalmente os conceitos de **potencial de oxidação e redução** dos metais escolhidos por eles. Além disso, representaram que os metais estavam sendo protegidos da reação com o oxigênio e a água.

Dentre os **MMs Funcionais** o G3B apresenta um modelo próximo ao do mar de elétrons. Quando os estudantes foram questionados sobre raciocínio do grupo no desenvolvimento do filme sobre como evitar a deterioração metálica, verifica-se tentativas de utilizar os conceitos funcionais. Isto pode ser observado na fala do integrante do G3B:

*[...] o **alumínio** poderia proteger o ferro, porque ele tem mais... o **valor mais alto de oxidação**... o valor mais alto pra não ser oxidado tão fácil, já o ferro já é mais baixo, então a gente colocou o alumínio pra ele proteger o ferro e acima dele a gente colocou a molécula de água e de oxigênio. (A14, G3B).*

Nesta expressão do estudante verifica-se que ele se apropria do conceito de oxidação ao relacionar corretamente com o metal de sacrifício. Ou seja, observa-se que o estudante compreende que a escolha de um metal de sacrifício está relacionada ao potencial de oxidação e tal expressão verbal é coerente com a representação realizada pelo grupo. Verifica-se ainda que o estudante apesar de não utilizar o termo potencial, faz corretamente menção ao mesmo quando explica todo o raciocínio químico envolvido no processo de proteção metálica em questão.

Conforme observado na explicação do representante do G1B há equívocos no MM expresso de conceitos, como: “potenciação”, “balanceação” (A22, G1B). E, também vê-se limitações/inapropriação da linguagem química na explicação do integrante do G2B conforme a seguinte explicação:

*A gente...discutiu um pouco aí...a gente chegou à conclusão de que o alumínio poderia ...pode ...pode juntar **a água e o oxigênio**. (A8, G2B).*

Nesta explicação o estudante não se apropriou dos conceitos de potencial de oxidação, pois utiliza a expressão “juntar a água e o oxigênio” ao alumínio. Isto denota dificuldades no uso da linguagem química. Tal como neste grupo os estudantes do G4B expressam dificuldades conceituais como:

*A gente teve dificuldade [...] sobre a **oxidação** [...] capaz de ser oxidável além do outro. A gente foi escolhendo entre as substâncias.” (A19, G4B).*

O estudante expressa a inapropriação da linguagem química apesar da representação adequada do grupo. Com isso, temos indícios de que os estudantes conseguiram expressar seus MMs sobre proteção metálica mais facilmente utilizando as representações do que no Modo Verbal oral.

Quando questionados sobre os critérios que utilizaram para escolher o metal que seria de revestimento e o que seria protegido, observou-se que o G2B, referiram-se ao uso do potencial de oxidação e redução:

*A gente olhou...foi pelo que tá na tabela, vendo ...o qual o "**processo**" de oxidação é maior (...) (A8, G2B).*

Nisto o estudante expressa que utilizaram o potencial de oxidação da tabela, mas apresenta limitações no uso da linguagem química. Assim, os estudantes compreendem a relação do potencial de oxidação com a proteção metálica. Mas, possuem limitações na expressão correta do conceito, exemplo, “processo” de oxidação maior em vez de “potencial”.

Quando os estudantes foram questionados sobre o raciocínio do grupo no desenvolvimento do filme sobre como evitar a deterioração metálica, o integrante do G1C diz que:

*A nossa equipe pegou o princípio que a senhora deu ...lá o do... quanto **maior a potência de oxidação** pra revestir é melhor, no caso o ferro ele tem uma potência, potência de oxidação melhor do que ... do que a do zinco e **o zinco tem a maior** e com isso ao invés de **oxidar ele vai reduzir** e isso acaba evitando a oxidação. (A13, G1C).*

Com isso, o estudante expressa o pensamento do grupo apropriando-se dos conceitos de potencial de oxidação e referindo-se a deterioração metálica como oxidação. Nisto há aproximação entre os MMs dos estudantes ao Modelos Conceitual de oxidação. Apesar das

limitações próprias na linguagem usual da química como “potência” em vez de “potencial”, o estudante refere-se ao metal a ser protegido como aquele que vai reduzir – receber elétrons – ao invés de oxidar – perder elétrons. Ou seja, para ele o metal de sacrifício ao invés de provocar a oxidação do outro metal – oxidar – ele vai provocar a sua redução, indícios estes da aproximação aos conceitos de “agente oxidante” e “agente redutor”. Tais expressões do estudante aludem ao **Modelo de Transferência de Elétrons**.

Além disso, tais expressões do estudante são coerentes com a representação do grupo durante o filme. Verifica-se ainda que o grupo expressa um modelo de acordo com as semirreações de oxidação e redução originando a reação global funcionalmente. Nisto vê-se que os estudantes aludem ao **Modelo do Número de Oxidação** para expressar sua compreensão da deterioração metálica.

Quando questionados sobre as dificuldades da equipe e sobre os conceitos químicos envolvidos na escolha de qual metal seria o de sacrifício e de qual seria o metal protegido o representante responde da seguinte forma:

*[...] os **anodos e os catodos**, a gente não sabe.... não consegui discernir ainda, no caso, ainda mais agora com o [...] as não **espontâneas**, no caso, o que passava a ser anodo agora é catodo e isso confundiu o nosso grupo. (...) O seu **potencial de oxidação** e a sua **quantidade de elétrons**. (A13, G1C).*

Neste relato, apesar do estudante expressar certa insegurança do grupo diante do novo conceito abordando as reações “não espontâneas”, ele menciona os conceitos anodo, catodo e potencial de oxidação na explicação do pensamento do grupo. Sua expressão de que nas reações espontâneas o que era anodo passa a ser catodo, denota que eles basearam sua concepção nos sinais dos pólos, os quais são invertidos.

Tal fato pode ser observado na representação do grupo, onde identificam o ferro na semirreação do catodo e com “pólo negativo”, enquanto o zinco é identificado na semirreação do anodo com pólo positivo. Corroborando Caramel e Pacca (2011) mesmo quando não se menciona os termos catodo e anodo, polo (+) e polo (-), alguns estudantes os utilizam em suas explicações, demonstrando confusão quanto ao emprego e quanto à condição teórica dessas convenções.

f.3) Análise dos modelos mentais de potencial de oxirredução quanto a não cientificidade

Os estudantes de **MMs Não científicos** não souberam representar o metal de sacrifício e o metal a ser protegido (Quadro 4.24). Isto, pode estar relacionado a equívocos conceituais de potencial de oxidação e na sua relação com a proteção metálica.

Quadro 4. 24– MMs Não científicos dos estudantes sobre proteção metálica.

Categoria	Frequência
Não reconhece o metal de sacrifício e o metal protegido corretamente	G1A, G2A e G5A;
Representam a transferência de elétrons	G1A; G2A; G5A
Protegem da ação com o oxigênio e a água	G1A; G5A
Representam oxidação e redução (anodo e catodo)	G5A

*G3A – ausentes **Fonte:** elaborado pela autora.

Quando os estudantes foram questionados sobre o raciocínio do grupo no desenvolvimento do filme sobre como evitar a deterioração metálica, de modo geral os estudantes explicam a partir dos diferentes metais. Contudo, o G1A utilizou o conhecimento de “**diferença de potencial**” existente entre os metais corretamente. No entanto, confunde o modelo da Prata utilizado na representação do grupo com o modelo do ferro. Isto pode ser percebido na fala do representante:

A nossa equipe teve a ideia de colocar o zinco e o ferro, porque ...o zinco estaria protegendo o ferro pra não ocorrer o enferrujamento.” (...) A gente pensou em usar o ferro e o zinco, porque o zinco, como estava lá exposto na tabela, ele têm (...) um potencial.de oxidação (...) por isso que a gente decidiu usar o zinco e o ferro, porque como o zinco tem um maior ...esqueci a palavra...(...) o zinco tem o maior potencial, ele estaria ...meio que enviando o elétron pra proteger o ferro.” (A5, G1A).

Nesta fala o estudante apesar de confundir os metais utilizados por seu grupo, utiliza os conceitos de potencial de oxidação corretamente ao associá-lo ao metal de sacrifício, o zinco. No entanto, na representação o grupo utilizou a prata como metal a ser protegido, sendo que esta possui o potencial de oxidação maior e devendo por isso ser o metal de sacrifício.

Ao serem questionados sobre os critérios que utilizaram para escolher o metal que seria de revestimento e o que seria protegido, de modo geral os estudantes utilizaram os

conceitos químicos de oxidação, redução e, principalmente, o conceito de potencial oxidação e redução. Isto pode ser observado na explicação dada pelo integrante do G2A:

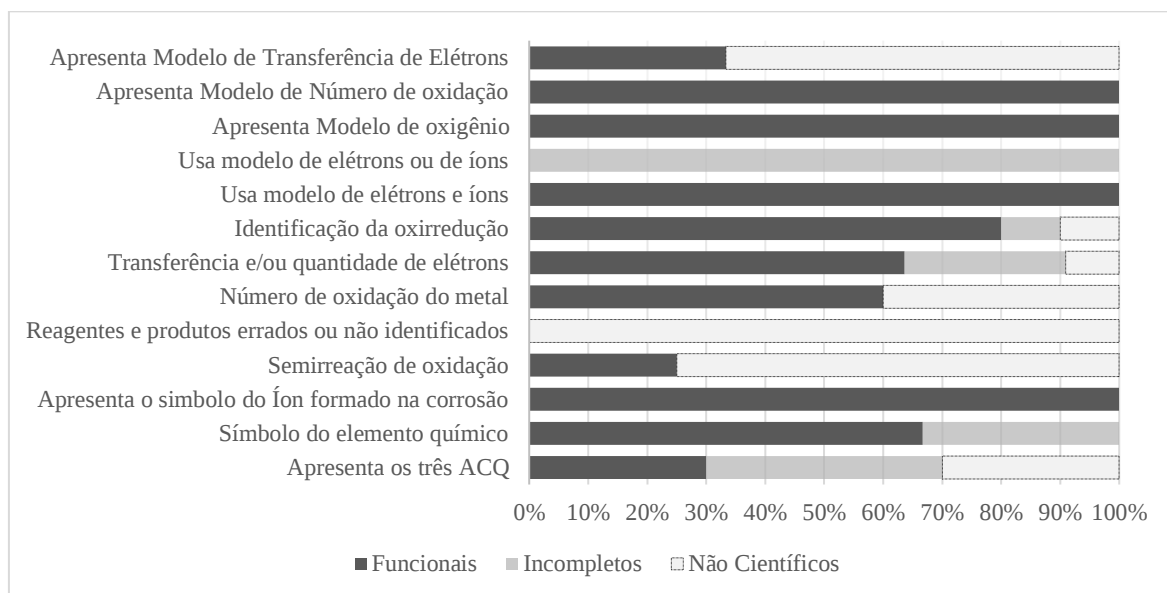
*[...] **potenciais** de.... aí me esqueci a palavra..., a gente escolheu primeiro o de **redução** depois o de **oxidação**.* (A23, G2A).

Desta forma, observa-se que os estudantes se utilizam do conceito de **potencial de oxidação e de redução** para explicar a representação elaborada por seu grupo. Corroborando com Vosniadou (2002) *apud* Ferreira e Justi (2008) de que a aprendizagem ocorre mais ao construir e manipular modelos do que apenas a partir de observações destes.

De maneira geral, os estudantes tenderam a utilizar a prata ou o ferro como metal a ser protegido pelo zinco ou pelo alumínio. E, na escolha de qual seria o metal de sacrifício e o a ser protegido se basearam funcionalmente na **diferença de potencial** existente entre eles. Além disso, reconhecem a água e o oxigênio como os agentes responsáveis pelo processo de deterioração metálica. Estes são indícios da aproximação existente entre os MMs destes estudantes ao Modelo Científico destes conceitos em eletroquímica. Contudo, ainda se observa alguns distanciamentos como a dificuldade em representar a transferência de elétrons que ocorre no sistema em estudo.

Na Figura 4.34, observa-se que o maior percentual de respostas funcionais dos estudantes relaciona-se **aos conceitos** de: oxidação e redução; perda ou ganho de elétrons (oxirredução) e o número de oxidação (Nox). Quanto **a representação** o maior quantitativo de respostas funcionais está na identificação do símbolo do elemento químico. E, no que se refere aos modelos de oxirredução observa-se que nos MMs expressos pelos estudantes os maiores percentuais são do Modelo de Número de Oxidação e Modelo de Oxigênio.

Figura 4. 34- Percentual de respostas funcionais dos estudantes quanto a representação e conceitos químicos



Fonte: elaborado pela autora.

Com isso, verifica-se que o conceito de oxirredução é mais compreensível pelos estudantes do que o uso dos termos perda e ganho de elétrons. Isto pode estar relacionado ao uso diversificado de estratégias de aprendizagem durante o curso, permitindo ao estudante explorar o fenômeno da corrosão Inter-relacionando os três Aspectos do Conhecimento Químico – Fenomenológico, Teórico e Representacional.

Ressalta-se ainda a dificuldade dos estudantes em descrever funcionalmente o símbolo do íon formado na corrosão e a semirreação de oxirredução. Corroborando assim com a literatura de que na ausência de um conhecimento conceitual substancial – Aspecto Teórico - e da capacidade visual-espacial – Aspecto Representacional, os estudantes são incapazes de traduzir uma dada representação em outra (KEIG e RUBBA, 1993; SEDDON e ENIAIYEJU, 1986; WU et al., 2001).

Reitera-se a necessidade de se utilizar estratégias diversificadas de aprendizagem e de se explorar os três aspectos do conhecimento químico na sala de aula e nos Livros Didáticos de forma que os MMs dos estudantes se aproximem cada vez mais dos Modelos Científicos e favoreçam a Aprendizagem de Conceitos de forma mais duradoura.

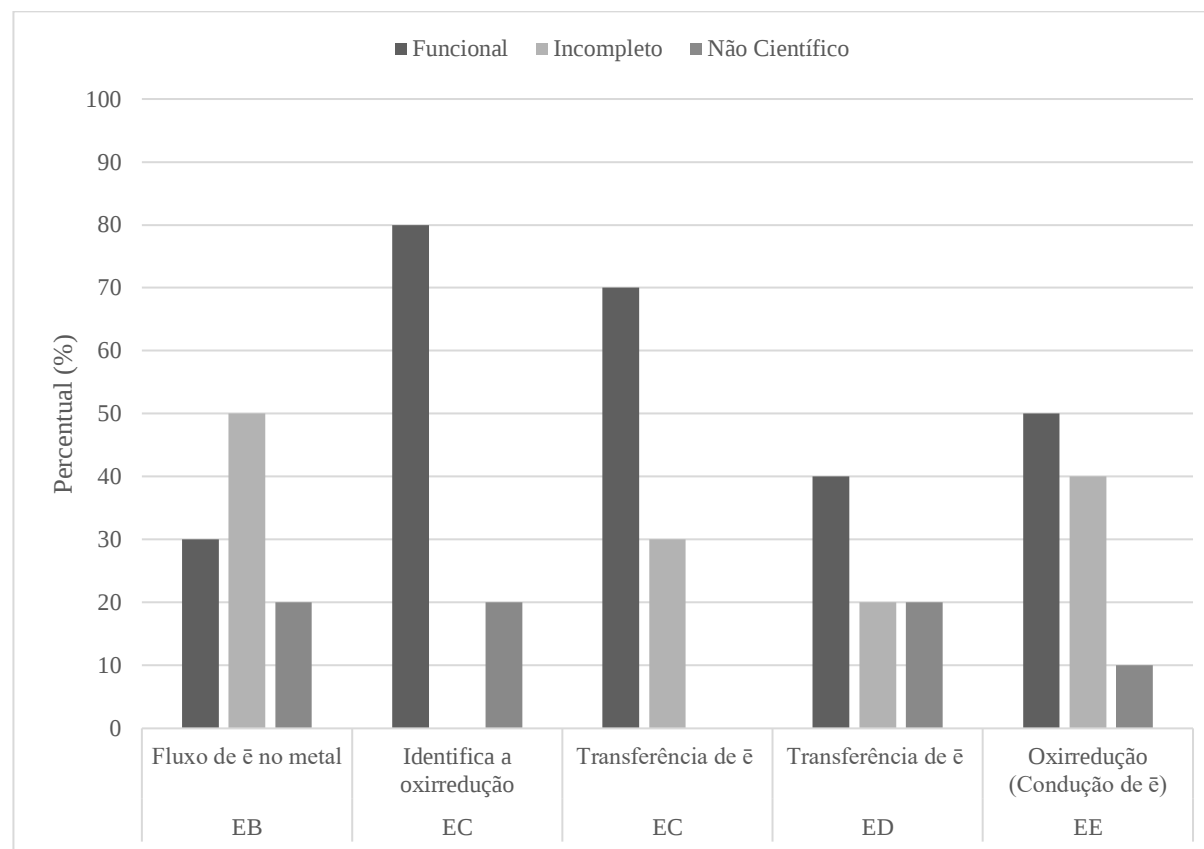
4.2.3 Indícios na evolução dos Modelos Mentais dos estudantes durante o curso de eletroquímica.

Na Figura 4.35 observa-se que os **MMs Funcionais** aparecem em todos os encontros. Verifica-se indícios de evolução destes MMs de Oxirredução no decorrer dos encontros. Corroborando Santos Junior et al. (2016), mostram que o uso de diferentes estratégias contribui para uma melhor compreensão dos alunos de conceitos como transferência de elétrons, oxidação e redução.

Também se verificou maior frequência dos MMs Funcionais na **identificação da Oxirredução** (Encontro C com AEI), ou seja, os estudantes reconheceram a oxirredução no fenômeno observado (80%); reconhecem a Oxirredução enquanto **transferência de elétrons** (70% no EC e 40% ED) e quando relacionada a condução de elétrons (Encontro E).

Quanto a relação da Oxirredução com a condução dos Elétrons verifica-se indícios de evolução nos MMs dos estudantes do encontro B para o encontro E. Os **MMs Funcionais** foram menos frequentes na primeira abordagem sobre o conceito de Oxirredução a partir do fluxo de elétrons no metal e em solução (EB), mas em todos os encontros seguintes os MMs Funcionais foram os mais frequentes entre os estudantes. Verificou-se que seguidamente os **MMs Incompletos** foram frequentes quanto ao fluxo de elétrons no metal (EB) e segundo mais frequente nos outros encontros. Inferimos que isto associa-se ao a pouca familiaridade que estes estudantes possuem com a utilização de modelos, com o Aspecto Teórico do conhecimento químico e mesmo com as limitações dos modelos.

Figura 4. 35 - MMs dos estudantes relacionados ao fluxo de elétrons e a oxirredução por encontro.



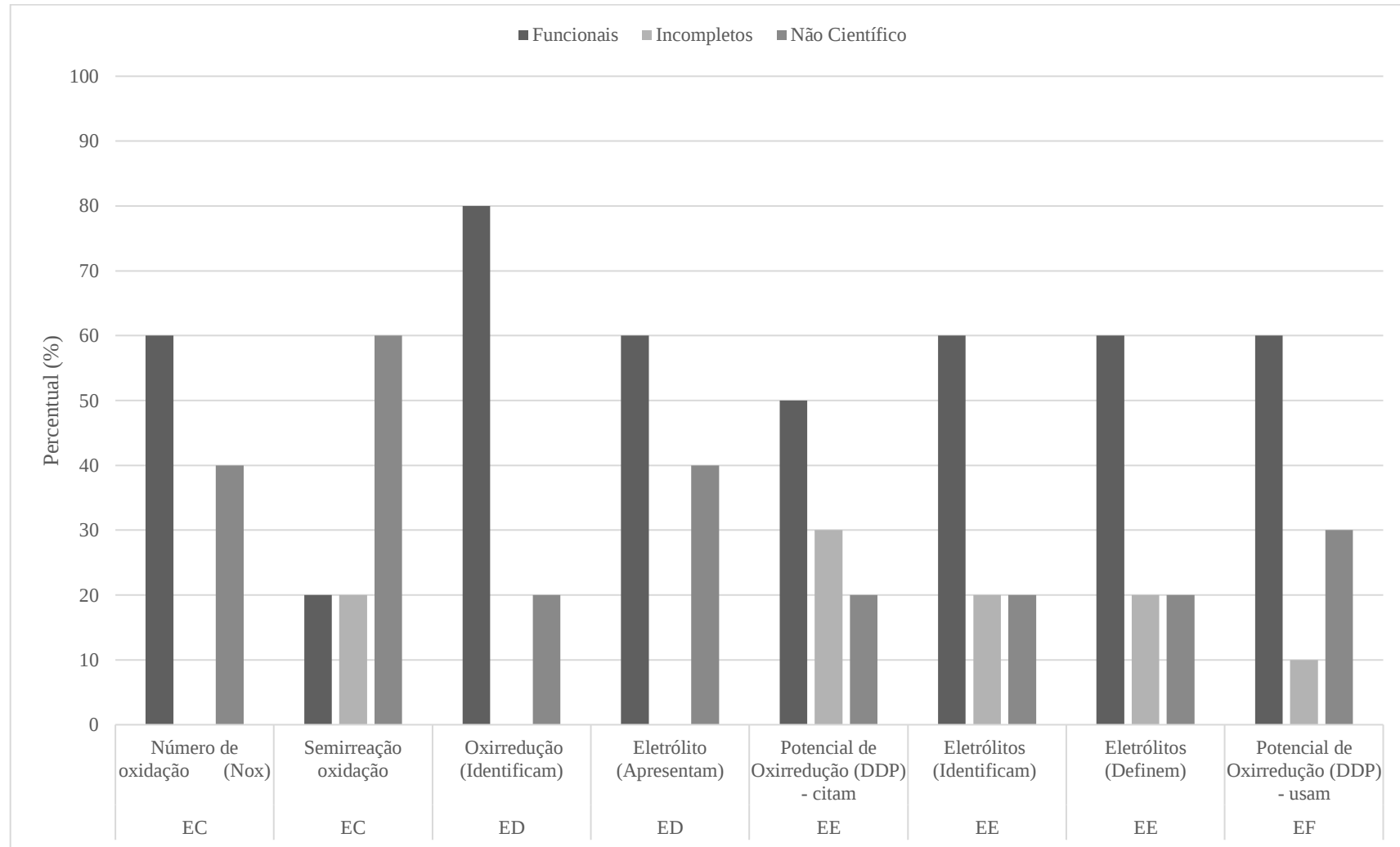
Fonte: elaborado pela autora.

Diante dos dados apresentados nas três escolas observa-se que os estudantes possuem dificuldades no uso dos modelos. Corroborando Pesa et al. (2014) verificou que depois de realizarem atividades de laboratório seus graduandos continuavam apresentando dificuldades no desenvolvimento de algumas competências, como na compreensão de modelos, na explicação do comportamento dos materiais, na aplicação de conhecimentos teóricos no planejamento e desenvolvimento de uma experiência, como também no desenvolvimento de argumentos para justificar suas respostas.

Na Figura 4.36 os **MMs Funcionais** aparecem em todos os encontros e foi o de maior frequência nos encontros, com exceção do encontro C, em que foi maior a frequência dos MMs Não científicos. No encontro D (Identificação da Oxirredução) a maior frequência de MMs funcionais foi encontrada. Sendo tais conceitos específicos de eletroquímica e considerados uns dos mais difíceis de entender, podemos inferir que tal resultado se deva ao uso diferenciado de estratégias didáticas ao longo dos encontros como também aos diferentes modos de representação dos MMs dos estudantes.

Vale dizer que no Encontro E realizou-se Atividade Experimental Investigativa (AEI) e observou-se que os MMs Funcionais são mais frequentes nos conceitos de eletrólitos. Nisto verificou-se que os estudantes possuem facilidade tanto em identificar os eletrólitos como em os definir. Mesmo sendo desafiante o uso da linguagem química para o estudante que está acostumado com a linguagem cotidiana o uso de diferentes estratégias promovem a aproximação ao Modelo Conceitual.

No Encontro F (Abordagem da Proteção Metálica) na abordagem do Potencial de Oxidação e Redução os MMs Funcionais foram mais frequentes que no Encontro E (Deterioração Metálica). Inferimos que pode estar associado ao uso das diferentes estratégias didáticas e de representação dos MMs. E, a abordagem da Oxidação a partir da compreensão do Número de Oxidação também apresentou um percentual significativo de MMs Funcionais.

Figura 4. 36- MMs dos estudantes sobre conceitos básicos de Eletroquímica por encontro.

Fonte: elaborado pela autora.

4.3 Modelos Mentais dos Estudantes e Modelos Didáticos: possíveis relações e implicações no processo de ensino e aprendizagem

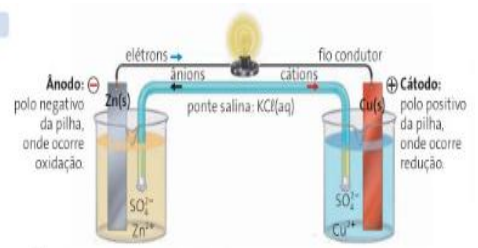
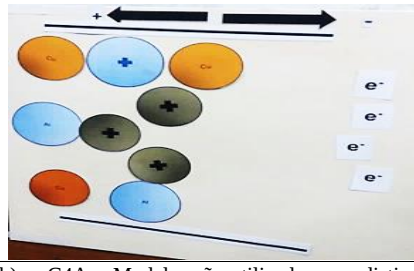
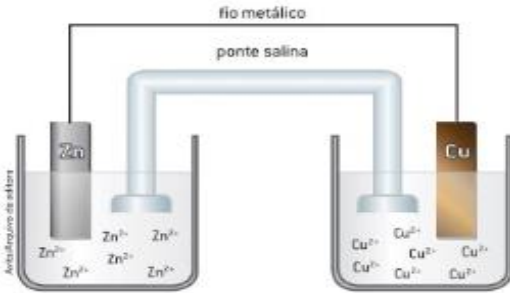
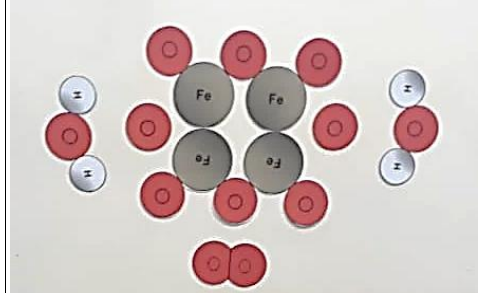
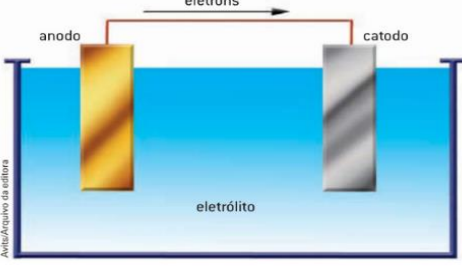
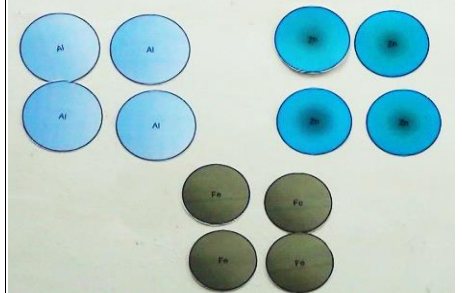
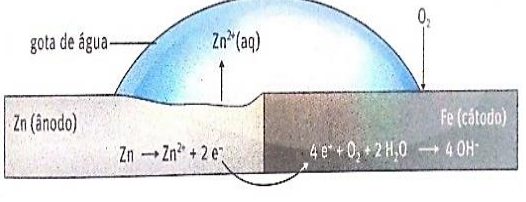
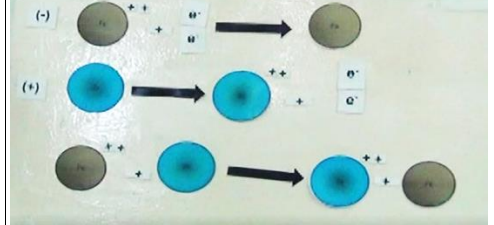
Os modelos didáticos possuem a função de tornar o conteúdo científico, o qual é abstrato e por isso difícil de entender, mais compreensível para o aluno. Estes modelos podem ser encontrados nos livros didáticos que servem de subsídio tanto para o professor como para o estudante. Contudo, estes modelos didáticos podem não cumprir sua função e até mesmo favorecer o surgimento de concepções errôneas sobre conceitos básicos da ciência.

No Quadro 4.25 são apresentados exemplos de modelos presentes nos Livros Didáticos analisados neste estudo e alguns modelos construídos pelos estudantes que possuem características semelhantes aos dos livros didáticos. No livro A, figura “a” o modelo destaca o polo positivo (+) e o polo negativo (–), catodo e anodo dos eletrodos e não são explicados como apenas uma convenção. Ao enfatizar o sentido do fluxo de elétrons o modelo não facilita a compreensão da corrente gerada pela interação iônica.

Além disso, não se descreve a função do modelo e nem suas limitações, os metais são representados como símbolos iônico dos elementos; não mostra a função das cores; Na ponte salina não diferencia cátions e ânions presentes (subentende-se que o aluno já sabe identificar). Não são apresentados os estados físicos dos íons em solução. Elétrons não são modelados. Não se identificam agentes redutor e oxidante.

Percebe-se que o modelo construído pelos estudantes do grupo G4A, figura “b” não apresenta uma uniformidade no uso das cores e das simbologias utilizadas, além de utilizarem modelos com símbolos e com cargas. Outra característica são os elétrons que migram em sentido contrário aos dos íons metálicos e não se atentam as cargas opostas dos polos do campo elétrico. Pode-se inferir que os estudantes não compreendem o sentido destas convenções, não se atentam o significado das diferentes cores e símbolos dos modelos utilizados e assim não compreendendo a geração de corrente por diferentes cargas.

Quadro 4. 25- Singularidades entre os modelos presentes nos Livros Didáticos e os apresentados pelos estudantes.

Modelos dos livros	Modelos dos estudantes
	
a) Livro A - O polo (+) e (-) dos eletrodos não são explicados como convenção e são destacados. O modelo não facilita a compreensão da corrente eletrônica e da corrente iônica. Reforça a idéia de campo elétrico ao direcionar os elétrons somente indo do negativo para o positivo.	b) G4A – Modelos são utilizados sem distinção de cores. Confusão no sentido do fluxo de elétrons e na direção dos pólos.
	
c) Livro B - Não mostra os íons envolvidos na ponte salina. Ela aparece como que não contribuir em nada. A ideia de condução eletrônica e de íons não aparece. Reações envolvidas não aparece.	d) G2A – O fluxo de elétrons e de íons não é apresentado.
	
e) Livro C - Elétrons em uma única direção; O eletrólito não foi modelado em seus íons constituintes. Apenas apresenta materiais já apresentados anteriormente;	f) G1B – Modelo sem informações mais detalhadas sobre: o eletrólito, os íons e o fluxo de elétrons.
	
g) Livro D - ; Apesar de estar centralizado no texto não apresenta os estados físicos das substâncias e não facilita a compreensão das reações envolvidas. Somente, valorizando a reação do metal com o oxigênio e a água sem o fluxo de elétrons.	h) G1C – Modelo com ênfase nas representações: representam o ânodo e o cátodo; as semirreações; equivoco no metal a ser protegido e no metal a proteger.

Fonte: elaborado pela autora.

Nos modelos apresentados do Livro B e Livro C observa-se a ausência de alguns detalhes essenciais a compreensão das reações de oxirredução, função da ponte salina e do eletrólito. E, nos modelos construídos pelos estudantes do G2A e G1B, observa-se a ausência de detalhes importantes na elaboração do modelo como o fluxo de elétrons, ausência na movimentação de cargas, não evidência do metal a ser oxidado e o a ser reduzido.

E, no modelo apresentado pelo Livro D, Figura “g”, observa-se que ele explora o aspecto fenomenológico e representacional da proteção metálica. O Aspecto Teórico com uso de modelos não é apresentado. E, isto não permite ao estudante compreender a interrelação existente entre esses três aspectos do conhecimento químico na observação da transformação que está ocorrendo no metal.

O desenho não deixa claro como ocorre o fluxo de elétrons. As formas como as semirreações estão sendo apresentadas torna confuso a compreensão das reações envolvidas no processo. A mera identificação de catodo e anodo não permite ao estudante visualizar qual o metal está sendo protegido.

Observando o modelo construído pelos estudantes da escola C, Figura “h”, verifica-se que mesmo utilizando os modelos fornecidos, os estudantes dispõem os modelos como semirreações de oxidação, redução e equação global. Ou seja, valorizaram o aspecto representacional, a linguagem química.

Podemos observar o conhecimento conceitual da equipe na seguinte fala de seu representante, quando questionado no que se basearam para construir o filme de proteção metálica:

O de revestimento o zinco [...] que era [...] que ele liberava dois elétrons pro ... na oxidação e o de revestimento o ferro bivalente, o revestido...o ferro bivalente. (...) Porque ele (o zinco) tem o potencial de oxidação maior. (A13, G1C)

Desta forma, percebe-se que mesmo tendo o conhecimento teórico do fenômeno de proteção metálica os estudantes tendem a valorizar o aspecto representacional. Ou seja, possuem dificuldades em utilizar os modelos. Isto, pode estar relacionado a pouca ou nenhuma utilização deles nas salas de aula e nos livros didáticos. E, também a valorização do aspecto fenomenológico e representacional sem a devida utilização dos modelos teóricos.

As dificuldades apresentadas pelos estudantes neste estudo corroboram com pesquisas que afirmam consistir em problemas persistentes no aprendizado de eletroquímica, como por exemplo: na determinação dos polos das pilhas (MATSUBARA et al., 2007), na incompreensão de reações químicas e reações redox (MORTIMER e MIRANDA, 1995; JUSTI, 1998) e na abordagem inadequada destes conceitos em Livros Didáticos (MENDONÇA et al., 2004; PITANGA et al., 2014).

Nisto pode-se enfatizar que o papel do professor é de suma importância. Pois, ele pode realizar a transposição didática do modelo científico em modelo didático, uma vez que desenvolve ao longo de sua trajetória modelos didáticos. E, uma vez que, entre os modelos que norteiam sua prática educativa estão os livros didáticos e as suas percepções sobre a aprendizagem dos estudantes, como as concepções alternativas é imprescindível a sua intervenção assegurando a proximidade do conhecimento científico.

Isto porque, se o professor tem a percepção das limitações dos modelos utilizados nos livros didáticos ele pode intervir inter-relacionando os três aspectos do conhecimento químico.

Como podemos observar nas entrevistas com os professores, eles percebem de certa forma que os livros didáticos precisam usar uma **linguagem mais simples e direta** na abordagem dos conteúdos. Pois, a supervalorização de textos não permite a visualização, a imaginação, a compreensão dos aspectos submicroscópico do conhecimento químico.

E, ao reconhecerem como ponto negativo os livros didáticos aprovados pelo PNLD se configurarem como único material de apoio dos estudantes demonstram a necessidade de se rever as abordagens destes materiais.

Contudo, nesta pesquisa observa-se que o modelo didático preponderante entre os professores é o tradicional. Caracterizado pela valorização do livro didático como recurso didático e estratégia de ensino e aprendizagem.

Vimos ainda, que para os professores desta pesquisa as dificuldades na aprendizagem dos estudantes não estão relacionadas ao conteúdo da química em si, mas na forma como os livros didáticos abordam os conteúdos, supervalorizando textos e conceitos abstratos; a interpretação de textos e questões problemas e a dificuldade em resoluções matemáticas.

Diante disso, observa-se que mesmo os professores reconhecendo algumas limitações do livro didático não mencionam concepções errôneas presentes nos modelos didáticos utilizados pelo livro e isto pode interferir na sua prática em sala de aula favorecendo concepções alternativas resistentes ao conhecimento científico necessário.

4.4 O curso proposto

4.4.1 O pré- curso

A realização do curso consistiu em duas fases importantes: sendo a primeira o período anterior a aplicação do curso e a segunda ao período de aplicação do curso. Na **primeira fase** realizou-se o convite aos estudantes e entrega dos Termos - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A) e um Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE B) – e a recolha dos mesmos e análise da adequação dos termos entregues. A **segunda fase** iniciou-se com a aplicação do curso aos estudantes com termos entregues adequadamente assinados.

4.4.2 Aplicação do curso

O curso proposto foi realizado com o objetivo de investigar a aprendizagem de conceitos eletroquímicos a partir do uso de diferentes estratégias didáticas que permitem a construção de Modelos Mentais. Para isso, elaborou-se uma sequência didática com abordagem da temática corrosão, a qual foi estruturada de forma a explicar os conceitos mais gerais da química, aqueles mais essenciais a compreensão dos conceitos específicos da eletroquímica os foram explorados ao longo do curso. Durante a aplicação do curso as perguntas, os comportamentos, dificuldades e contratempos foram sendo registrados no diário de campo e utilizadas na observação/ esclarecimento dos dados coletados com os outros instrumentos de coleta.

A fase de aplicação do curso pode ser subdividida em três momentos, sendo eles: O **primeiro momento** o qual consistiu na identificação/reconhecimento dos estudantes bem como na apresentação do curso aos mesmos. Iniciou-se o curso com uma dinâmica de grupo visando o conhecimento dos estudantes e logo após apresentou-se o curso, os objetivos de sua aplicação como também a importância e seriedade da participação dos estudantes em cada etapa. Após os esclarecimentos aplicou-se o questionário inicial individualmente para

posterior análise dos seus conhecimentos prévios. Recolhidos os questionários iniciava-se a correção das questões aplicadas e esclarecimentos de eventuais dúvidas dos estudantes. Vale dizer que não era disponibilizado ao estudante o gabarito com seus acertos o que pode ter dificultado que avaliassem o próprio desenvolvimento durante o curso.

O **segundo momento** consistiu na realização das aulas sobre os conteúdos químicos sendo abordada a temática corrosão. Para isso, os conteúdos foram sendo abordados dentro de quatro temas fundamentais: 1 - Deterioração de materiais do cotidiano; 2 - Materiais formados por metais; 3 - Implicações Sociais e Ambientais da Corrosão e 4 -Deterioração dos Metais.

No **primeiro tema** abordou-se os tipos de materiais e suas características, propriedades e classificação, tal como as transformações destes materiais (deterioração); tratou-se a abordagem a partir da problematização com apresentação de três questões a serem respondidas em grupo: *Que tipos de materiais podemos encontrar no dia a dia? Como pode-se agrupar estes materiais? E, que materiais podem ter suas características modificadas?* Estas questões eram propostas com o objetivo de identificar a percepção dos estudantes quanto os diferentes materiais e principalmente os metálicos, agrupando-os adequadamente e apontando as possíveis modificações que lhes podem ocorrer. Para isto, as respostas do primeiro grupo eram descritas no quadro e sequencialmente as dos grupos posteriores, destas acrescentavam-se no quadro somente as que se mostravam diferentes das respostas dos grupos antecedentes.

Os estudantes mostravam-se participativos nas três escolas. Contudo na escola B os estudantes do G1B e G4B tentavam consultar o livro e o celular para responder as questões em grupo e tinham dificuldade de socializar a opinião, além disso possuíam dificuldade em criar critérios para agrupar os materiais. Isto pode estar relacionado a pouca ênfase na realização de problematizações e por não serem estimulados a criar critérios em suas atividades em sala de aula.

Logo após os estudantes assistiram a um vídeo sobre uma reportagem que tratava da deterioração de três caixas d'água as quais eram monumentos históricos da cidade. Com este vídeo pretendia-se apresentar as causas e consequências da deterioração de materiais metálicos. Depois retomava-se a discussão das questões com os estudantes. Terminado a discussão solicitava-se aos estudantes que tirassem fotos de materiais em deterioração e fizessem uma pesquisa para aula 5. Isto foi proposto no intuito de verificar a percepção

dos estudantes quanto as causas e consequências da deterioração de materiais metálicos do seu cotidiano.

O **segundo tema** consistiu na abordagem da história dos metais e o homem; das características e classificação dos metais; bem como na constituição dos materiais metálicos sendo neste abordado o conteúdo de ligação metálica e de ligas metálicas. Tais conteúdos foram explanados em duas aulas.

Na **primeira aula** tratou-se do aspecto histórico, características e classificação dos metais. Inicialmente recorrendo-se a aula expositiva foram apresentadas características de materiais metálicos como: condução de eletricidade e calor; os estados físicos da matéria – apresentando o modelo de estado sólido – e abordando a resistência a deterioração, recorrendo-se ao uso de algumas imagens de materiais (Figura 37). E, apresentava-se a classificação destes metais inicialmente como metais alcalinos, halogênios, calcogênios entre outros até apresentar a tabela periódica.

Figura 4. 37 – Imagem utilizada como um dos exemplos na abordagem das características de materiais metálicos.



Fonte: elaborado pela autora.

Logo após exibia-se um vídeo sobre a história dos metais. Com o filme explanava-se o processo de descoberta de alguns metais como o cobre, o bronze e o ferro. E, com isso o desenvolvimento dos materiais e da sociedade. Terminado o filme questionava-se os estudantes sobre estes aspectos e possíveis dúvidas, depois distribuía-se a folha de atividade.

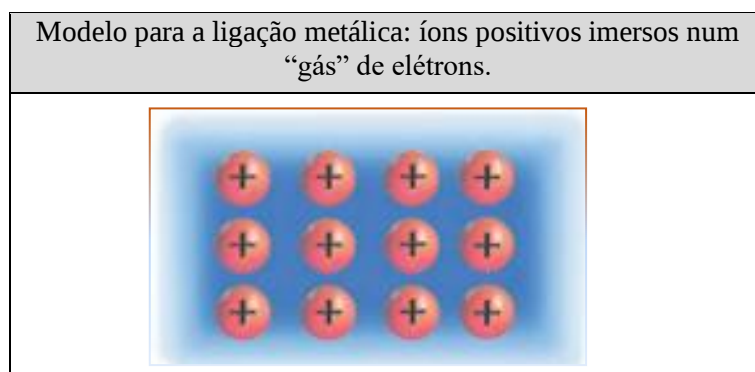
Após recolhida as folhas de atividade explicavam-se a *técnica stop motion* aos estudantes. Confirmado que todos tinham baixado o aplicativo stop motion no celular distribuía-se os palitos de fósforo para que criassem o roteiro e o filme. Terminado a elaboração destes os estudantes transferiam o filme para o professor pesquisador. Quanto a

isto houve alguns contratempos como: alguns estudantes não conseguiam transferir o filme diretamente do celular para o computador, mas somente pelo aplicativo WhatsApp. E, tinham dificuldade de controlar o tempo de rolagem das imagens no aplicativo.

Terminado o filme solicitava-se dos estudantes que em grupos pesquisassem respectivamente os temas: corrosão dos metais e os impactos na saúde humana – medicina; Deterioração dos metais e o mobiliário urbano e monumentos históricos – construção civil; Corrosão de metais em nossa casa e possíveis impactos econômicos e por fim os danos ao meio ambiente devido aos desgastes metálicos (vazamento de produtos químicos). E, que tirassem fotos de materiais metálicos em deterioração, devendo apresentar na aula 5 – abordagem do terceiro tema.

Na **segunda aula** explanou-se a constituição dos materiais metálicos abordando o conteúdo de ligações metálicas bem como de ligas metálicas. Inicialmente apresentou-se imagens de alguns materiais metálicos de diferentes metais como ferro, cobre e alumínio presentes no cotidiano do estudante e partir disso apresentou-se o significado de ligações químicas e os três tipos de ligação. Depois apresentou-se um breve histórico sobre ligação metálica onde apresentou-se o primeiro modelo didático para ligação metálica (Figura 38).

Figura 4. 38 – Imagem do primeiro modelo de ligação metálica apresentada aos estudantes.

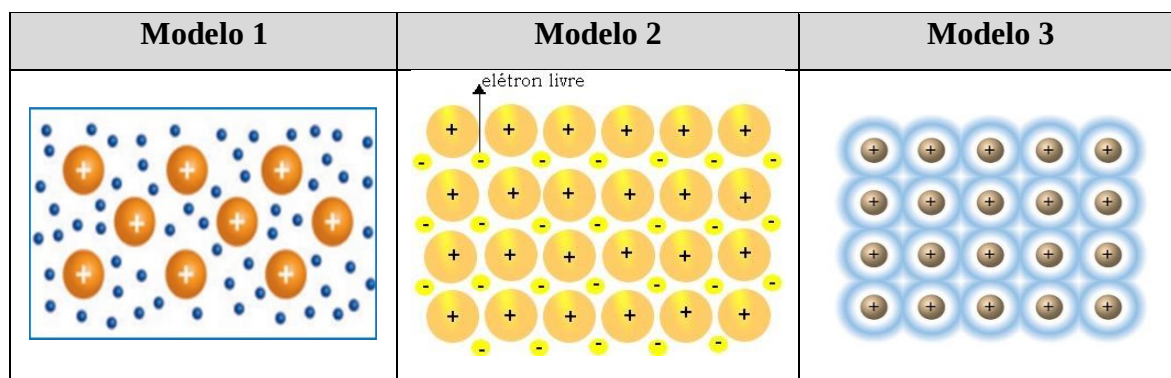


Fonte: elaborado pela autora.

Continuou-se explicando como ocorre a ligação metálica, para isso explanou-se o conceito de elétrons de valência apresentando alguns exemplos de distribuição eletrônica de metais como magnésio, cobre, alumínio e ferro. Em seguida apresentou-se a representação

de ligações metálicas a partir do Modelo de Mar de Elétrons, mostrando diferentes exemplos do mesmo (Figura 39).

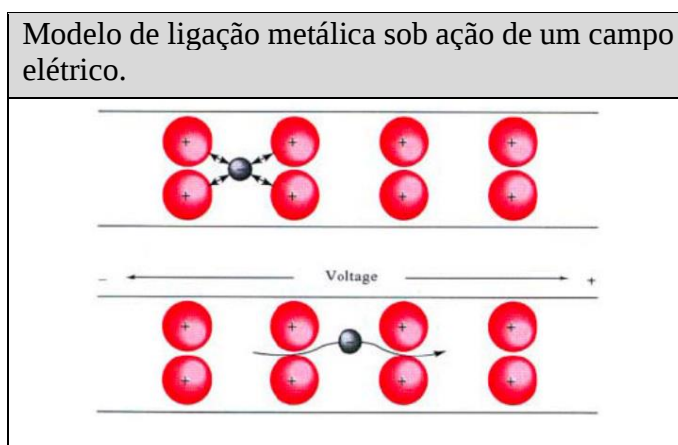
Figura 4. 39 – Diferentes modelos didáticos de representação de ligação metálica segundo Modelo do Mar de Elétrons.



Fonte: elaborado pela autora.

Apresentadas as representações também com imagens abordou-se algumas características das ligações metálicas como fácil deformação e formação de corrente elétrica (Figura 40).

Figura 4. 40– Imagem da representação do comportamento dos elétrons na ligação metálica sob ação de um campo elétrico.

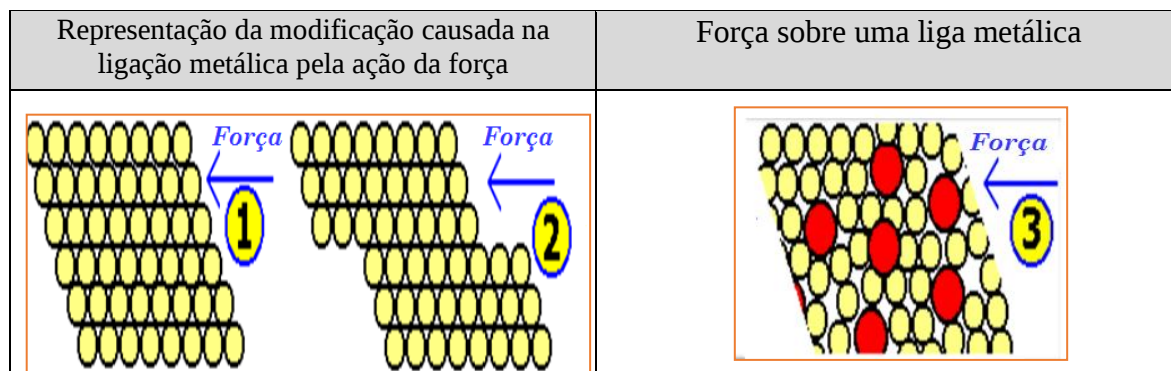


Fonte: elaborado pela autora.

Seguidamente abordava-se as características e propriedades das ligas metálicas com imagens de alguns materiais metálicos, apresentando o conceito, tipos de ligas e diferença

dos metais. Concluindo com a comparação de imagens do modelo de ligação metálica e de liga metálica sob deformação (Figura 41).

Figura 4. 41– Imagens dos modelos didáticos utilizados para diferenciar ligações metálicas de ligas metálicas.



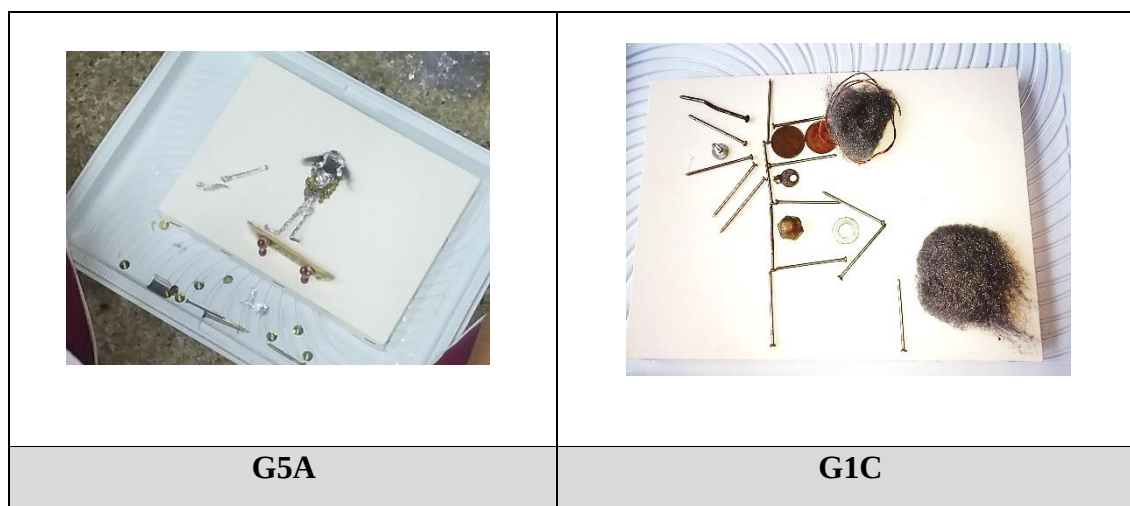
Fonte: elaborado pela autora.

Depois da abordagem sobre ligação metálica e liga metálica, questionava-se os estudantes sobre o conteúdo e respondia-se as dúvidas apresentadas. Em seguida distribuíam-se os modelos didáticos dos elementos metálicos e orientava-se os estudantes quanto a identificação dos mesmos, uso do roteiro e construção do filme stop motion. Depois realizava-se a entrevista em grupo.

O **terceiro tema** consistiu na explanação das implicações sociais da corrosão como acidentes, segurança pessoal e patrimonial, tal como a contaminação por metais. Ainda neste tema abordou-se as implicações ambientais explanando a diminuição das reservas naturais e os danos causados ao meio ambiente. Para isso, contou-se com as solicitações feitas aos estudantes na primeira aula sobre deterioração de materiais no cotidiano. E, para integração dos conteúdos apresentados pelos estudantes foram enfatizadas as principais ideias destacando as reações associadas a corrosão dos metais.

No **quarto tema** tratou-se diretamente da corrosão, abordando-se as transformações dos materiais metálicos, os princípios do processo de corrosão, as formas e tipos de corrosão e por fim a corrosão dos metais. Para tanto, utilizou-se de aula experimental investigativa para tratar das transformações que os metais podem sofrer. Disponibilizou-se aos estudantes o roteiro de atividade a ser seguido e os materiais a serem utilizados, somados aos materiais metálicos que os estudantes apresentaram (Figura 42).

Figura 4. 42 - Aula Experimental Investigativa sobre corrosão realizada com os estudantes.



Fonte: elaborado pela autora.

Dentro deste tema abordou-se as transformações dos materiais metálicos e reações envolvidas através de problematização, partindo-se do seguinte questionamento: *Por que ocorre o enferrujamento?* Após as respostas dos estudantes, apresentava-se o vídeo: “Ferrugem - A volta do ferro à natureza”. Ao término retomávamos a questão. Logo após os estudantes elaboraram a partir do roteiro o filme stop motion. Verificou-se que de modo geral os estudantes não se atentavam a seguir o roteiro. Era preciso está sempre lembrando da importância em seguir o roteiro.

Na aula seguinte abordou-se a eletricidade e sua relação com a transformação dos materiais metálicos. Para isso, realizou-se aula experimental investigativa para tratar da relação entre reação química e o processo de condução elétrica entre metais. Nesta aula observou-se que alguns estudantes tinham dificuldade em dar explicações para a questão: *Como se pode explicar a obtenção de eletricidade a partir da reação entre diferentes metais?* Também se observou que confundiam os conceitos de Nox e ddp. Por isso, realizou-se uma breve discussão sobre estes conceitos.

Por fim, abordou-se os conceitos de reação espontânea e não-espontânea envolvida na transformação metálica. Para isso, utilizou-se uma animação/simulação sobre o “O troféu de alumínio”. Ela foi acessada pelos estudantes em grupo. Iniciava-se questionando aos estudantes: *Como se pode proteger os metais da corrosão?* Depois acessavam a simulação

e logo após eram novamente questionados. Com tal questão pretendia-se que os estudantes respondessem como se poderia proteger os metais da deterioração, se mencionariam processos espontâneos e não espontâneos de proteção metálica. E, com a simulação apresentou-se processos espontâneos e não espontâneos que ocorrem com os metais, por exemplo, o Alumínio. Apresentou-se as semirreações de oxirredução, reação global, conceitos de agente oxidante e agente redutor, catodo, anodo.

Na escola A e na escola B o acesso a simulação foi possível somente pelo computador pessoal da pesquisadora, pois não havia computador disponível nas escolas e na escola C, os estudantes conseguiram acessar no computador do laboratório de informática. De modo geral, os estudantes foram participativos. Observou-se dificuldades quanto as questões de agente oxidante. Os estudantes por vezes não se davam conta de que se perguntava qual a alternativa seria a “falsa” e não a “certa”. Logo após fornecia-se o roteiro para produção de filmes stop motion e a tabela de potenciais de oxidação. Explicava-se como se utilizar a tabela de potenciais e o roteiro. Distribuíam-se os modelos. Com o filme objetivava-se que os estudantes identificassem as condições em que o metal pode ser de sacrifício e como ocorrem as reações espontâneas e não-espontâneas.

O **terceiro momento** consistiu na síntese da unidade trabalhada e na retomada do tema corrosão. Isto ocorreu através de aula expositiva e ao final aplicou-se um questionário final para avaliação do curso pelos estudantes (APENDICE R).

4.5 Avaliação dos estudantes sobre o curso

Os estudantes realizaram uma avaliação do curso proposto e de maneira geral nas três escolas eles consideraram o curso bem-organizado (100 % escola A, 95% da escola B e 75% da escola C), interessante (76,19% da escola A, 85% da escola B e 100 % da escola C) e que os métodos utilizados como os experimentos, os filmes, as atividades em grupo, a temática corrosão, a diversidade de técnicas e a explicação da professora contribuíram no seu aprendizado de química. E, por isso julgavam que cursos desse tipo deveriam acontecer mais vezes na escola.

Quanto aos conteúdos os estudantes de maneira geral consideraram mais fáceis de aprender todos os conteúdos apresentados: 1 – Deterioração dos materiais no cotidiano; 2 –

Materiais formados por metais; 3 – Implicações sociais e ambientais da corrosão; 4 – Deterioração dos metais; 5 – Proteção dos metais.

Contudo, observou-se que a deterioração dos metais e a proteção dos metais foram as apontadas como mais difíceis de aprender por mais de 35% dos estudantes da escola A (47,62% e 38,10%) e da escola B (45% e 40%) respectivamente. E, na escola C, 50% dos estudantes considerou difícil de entender sobre implicações sociais e ambientais da corrosão.

Ao questionar os estudantes sobre o uso dos modelos 61,90% da escola A, 55% da escola B e 75% da escola C afirmaram que utilizaram em muitas atividades. E, quanto ao uso durante as atividades experimentais 66,67% da escola A, 75% da escola B e 50% da escola C consideraram importante a construção do **filme stop motion** na aprendizagem de química.

E, quanto ao uso das representações (desenhos e uso de modelos no filme stop motion) os estudantes afirmaram significar para eles: formas de tentar expressar o que imaginam sobre o assunto, 61,90% da escola A e 65% da escola B; são representações do conhecimento químico, 65 % escola B e 50% da escola C e também que representam o conhecimento obtido, 57,14% da escola A e 50% da escola C.

Ao se perguntar dos estudantes sobre o que os ajudou mais no aprendizado de química de maneira geral responderam que todas as estratégias foram importantes, contudo, as mais votadas foram as discussões em grupo sendo 85,71% na escola A, 65% na escola B e 100% da escola C e também as atividades experimentais por 76,19% da escola A, 85% da escola B e 100% da escola C.

Os modelos foram considerados importantes no aprendizado sendo votados quanto: ao uso de modelos por 61,90% na escola A, 75% na escola B e 25% na escola C; o filme stop motion, 52,38% da escola A, 65% da escola B e 25% da escola C; e no uso como imagens 47,62% na escola A, 65% na escola B e 100% na escola C.

Observou-se assim, que os estudantes consideraram importante o uso diversificado de estratégias de aprendizagem. Sendo que, as atividades didáticas diferenciadas como a experimentação demonstrativa, investigativa e problematizadora, estas envolvendo as discussões em grupo, se configuram como estratégias facilitadoras da aprendizagem de conceitos.

Neste sentido, vale lembrar Wartha e Lemos (2016) os quais destacam que os momentos de discussões, podem ajudar os estudantes a relacionarem o conceito com o contexto interno e externo a realidade escolar e a participação na atividade de forma intelectualmente ativa.

A elaboração de desenhos, também pode ser destacada como estratégia eficaz no ensino de conceitos científicos e no diagnóstico de concepções e modelos dos estudantes. Todavia, o uso de imagens ainda é restrito nas salas de aula e quando ocorre geralmente é por meio das imagens presentes nos livros didáticos, os quais prezam mais por imagens explicativas de um fenômeno ou estrutura.

E, vale dizer que nem todas as atividades são igualmente eficazes para se conseguir qualquer tipo de aprendizagem o que também se observou nesta pesquisa. No entanto, concorda-se com Pozo (2002) de que a realização de diversas atividades de aprendizagem com o fim de promover a reflexão sobre o que se está aprendendo é realmente muito mais lucrativa.

Desta forma, as atividades didáticas propostas foram organizadas tendo em vista o processo de construção dos conceitos científicos, partindo do diagnóstico por meio da valorização e reconhecimento do conhecimento prévio dos alunos e organizando atividades em abordagens de temas sociais e contextualizados, a partir da valoração da realidade cotidiana do estudante, como forma de motivar e despertar o seu interesse pela Ciência e nisto destaca-se a construção de modelos onde os estudantes expressam suas compreensões dos modelos teóricos estudados.

Investigando as falas dos Professores de Química podemos identificar indícios de Modelos Didáticos os quais estão dispostos no Quadro 4.26. Observou-se características de um **Modelo Tradicional** que se mostram na valorização do Aspecto Representacional em detrimento do Conceitual, no uso do Livro didático como único recurso, valorização de aula expositiva e da prática de exercícios do livro.

Quadro 4. 26- Categorias quanto aos modelos didáticos do professor de química.

Categoria	Unidade de análise	Sujeitos
Tradicional	Livro didático e/ou Livro paradidático como recurso e estratégia de ensino e aprendizagem, bem como base de referência no PE	P1; P2; P3; P5
	Uso do quadro	P1; P2; P3;
	Aula expositiva (explicação teórica)	P1; P2; P3; P5
	Trabalhos; Provas; Exercícios dos livros;	P1; P2; P3; P4
	O mesmo PE de 5 anos alterando somente a ordem dos conteúdos	P2
Tecnológico	Data show	P1; P4
	Celular e mídias sociais	P3;
Espontaneísta-ativista	Atividades em grupo e interdisciplinares	P4
	Kit de modelos	P1;
	Pequenos projetos;	P3
	Consideração do que o aluno já sabe	P3
	Pesquisa de campo	P3
Investigação na escola	Materiais alternativos	P1; P4; P3;
Base de referência no PE	*PPP (Planejamento estabelecido) e uso da plataforma do governo; **PCN (Currículo Nacional) e o livro didático.	P4; P5; P3;

Legenda: PPP: Projeto Político Pedagógico da Escola; PCN: Parâmetros Curriculares Nacionais.

Fonte: elaborado pela autora.

O **modelo tecnológico** aparece com o uso de alguns recursos como Datashow, celular e mídias sociais. Quanto ao **modelo didático espontaneísta-ativista** podemos perceber a valorização de atividades em grupo e interdisciplinares (P4, Escola C), uso de modelos (P1, Escola A), consideração do que os alunos sabem e realização de pequenos projetos e pesquisa de campo (P3, Escola B).

E, a valorização do uso de materiais alternativos pode designar uma tentativa de **investigação na escola** (P1, P3 e P4). Isto pode ser observado na fala do professor ao falar sobre o critério na escolha do livro:

Os instrumentos que utilizo?! Bem, normalmente eu utilizo a sala de aula, aula expositiva e atividades de campo que usam justamente materiais do cotidiano. (P3, Escola B)

Os principais referenciais utilizados pelos professores no planejamento do ensino estão: o Projeto Político Pedagógico da Escola, os Parâmetros Curriculares Nacionais e o Livro Didático. Apesar de o Livro didático ser o menos apontado pelos professores participantes desta pesquisa; vale considerar os seguintes depoimentos dos professores:

[...] O meu planeamento [...] eu elaboro a partir do livro didático, porque queira ou não nós somos determinados a utilizar o livro didático e o livro didático na mão do professor cria vida né?! (P3, Escola B)

Isto corrobora com a afirmação de Torres (1998) de que no âmbito das reformas educacionais, o livro didático é a segunda prioridade como insumo educativo e por isso torna-se cada vez mais fechado e autossuficiente, detalhado nos conteúdos, na didática e na sequência de atividades, reduzindo ao mínimo a intervenção do professor. Quando na verdade precisa ser estratégia de apoio ao professor. Contudo, também devemos considerar a importância do Livro Didático, principalmente para estudantes com pouco acesso a materiais e recursos que disponibilizam informações ou imagens de outros contextos e realidades.

Todavia, mesmo com a melhoria dos livros em relação aos aspectos gráficos, editoriais e à correção conceitual, em função do desenvolvimento do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), de modo geral, o Livro Didático ainda “introduz ou reforça equívocos, estereótipos e mitificações com respeito às concepções de ciência, ambiente, saúde, ser humano, tecnologia, entre outras concepções de base intrínsecas ao ensino de Ciências Naturais” (MEGID NETO e FRACALANZA, 2003, p. 154).

Nesse sentido, a utilização do Livro Didático com pouca ou nenhuma análise e reflexão não pode contribuir na problematização da prática pedagógica e assim, para mudanças de concepções em relação aos conteúdos escolares e por ser um instrumento de suma importância para o ensino e aprendizagem de conteúdos químicos faz-se necessário que o professor conheça suas limitações e o utilize nas aulas de química utilizando/questionando suas abordagens junto aos estudantes e somado a estratégias diversificadas de ensino e aprendizagem.

Conclusões e Considerações Finais

5.1 Conclusões

De maneira geral, podemos verificar que os Modelos Didáticos presentes nos Livros Didáticos não contribuem significativamente ao aprendizado de conceitos de eletroquímica como as reações de oxirredução e sua relação com a movimentação dos elétrons nos materiais. Primeiro porque há ausência de Modelos Didáticos necessários a compreensão de certos conteúdos como oxirredução, perda e ganho de elétrons, ponte salina, movimentação de íons e elétrons, não permite que os estudantes criem representações mentais suficientes a compreensão dos conceitos científicos.

Segundo os Modelos Didáticos que aparecem nos Livros Didáticos de Química não facilitam a interrelação entre os três Aspectos do Conhecimento Químico. Normalmente abordam um dos aspectos com características e limitações que ocasionam concepções errôneas de conceitos fundamentais no estudo da Eletroquímica.

Dentre as características e limitações dos Modelos Didáticos encontrados nos LDQ, podemos citar no: Aspecto Fenomenológico – a abordagem da oxirredução é apresentada apenas como ilustração da deterioração metálica; nos sistemas eletroquímicos (pilhas, baterias e eletrólise) são enfatizados os fenômenos ou a ilustração de modelo histórico; - Aspecto Teórico – na abordagem da oxirredução não a representam; erros na identificação das cargas; ênfase na teoria; e nos sistemas eletroquímicos - modelos sem identificação e indiferenciação de partículas; - Aspecto Representacional – a oxirredução é abordada como fluxo de elétrons unidirecional, sem simultaneidade, ausência de elétrons, os átomos e os elétrons não são identificados na Ligação Metálica; e nos sistemas eletroquímicos – eletrodos sem ponte salina; elétrons se movendo em solução; destaque para as convenções anodo, catodo e pólos; ausência na condução de íons na ponte salina e em solução. Características estas que favorecem MMs distantes dos Modelos Científicos por induzir os estudantes a erros conceituais sobre a oxirredução e a movimentação de elétrons e íons nos materiais.

E a partir das vivências dos professores, os Modelos Didáticos destes revelam que para eles o Livro Didático precisa ter linguagem simples e direta; possibilidades de contextualização e interdisciplinaridade. Ele é utilizado como material de apoio, sendo

apontado como ponto negativo único material de apoio para o estudante e falta de aproximação com o contexto regional. Observou-se ainda que no Planejamento Escolar estes professores ainda se valem de Recursos didáticos e Estratégias de ensino tradicionais.

Com isso, a maneira como estes professores compreendem a aprendizagem e a aquisição de conteúdos químicos reforça o Modelo Didático Tradicional apresentado por eles. Pois, ainda que lançando mão de recursos tecnológicos e tendo disponíveis laboratórios e sala de mídias possuem dificuldades na elaboração de novas estratégias para o ensino e aprendizagem de conteúdos químicos. E, relacionam as dificuldades no aprendizado de química preponderantemente a língua portuguesa e a matemática, não apresentando as dificuldades conceituais que os estudantes possuem.

Observou-se que Aquisições Conceituais de Eletroquímica aconteceram durante as Situações Didáticas. Isto porque percebemos a construção de Modelos Mentais pelos estudantes no decorrer das atividades propostas e entrevistas realizadas. Como aquisições adquiridas durante o curso mencionou-se: o uso correto de conceitos científicos nas respostas como os de eletrólito, oxidação, potencial de oxidação, abordagem de anodo e catodo de forma simultânea entre outros. Conceitos estes mostrados na literatura como aqueles difíceis de aprender.

Observou-se nos MMs dos estudantes características de concepções alternativas como a associação da deterioração dos materiais metálicos a ação com o oxigênio e a água. Concepções estas que podem estar relacionadas ao fato destes estudarem no Ensino Fundamental fenômenos e reações envolvendo ação com o oxigênio, o hidrogênio e a água. Com isso, verificou-se ser mais fácil inicialmente para o estudante associar a transformação dos materiais metálicos aludindo ao Modelo de Oxigênio que engloba o Aspecto Fenomenológico. E, a partir do uso de diferentes estratégias didáticas o estudante pode ir compreendendo os Modelos de Transferência de Elétrons e de Número de Oxidação que englobam os Aspectos Teóricos e Representacionais. Sendo este – Modelo de Número de Oxidação - o conceito mais moderno e funcional por definir a reação de oxirredução de forma mais completa.

Quanto a abordagem da Ligação Metálica observou-se equívocos quanto a sua representação: representação inadequada de átomos metálicos e elétrons. Contudo, pode-se inferir que isto se deva a pouca valorização do uso de modelos em sala e aula e nos LDQ. Isto porque a valorização na aprendizagem de ligações iônicas e covalentes em detrimento

da Ligação Metálica inibe a compreensão desta e das propriedades dos materiais metálicos os quais são muito presentes no cotidiano do estudante. Logo, concorda-se com a literatura de que a abordagem das ligações químicas deveria seguir a ordem das mais simples às mais complexas - Ligações Metálicas, ligações iônicas e ligações covalentes. Para que assim se favoreça a aproximação dos MMs dos estudantes ao Modelo Conceitual.

Os estudantes elaboram Modelos Mentais como Modelos Físicos e Conceituais. Quanto aos Modelos Físicos observou-se que os estudantes conseguem expressar suas concepções sobre Ligações Metálicas, Movimento de Elétrons, Reações de Oxirredução no metal ferro, Diferença de Potencial entre outros. Nestes modelos foi possível observar os distanciamentos e aproximações ao Modelo Didático apresentado. E, permitiu aos estudantes noções de como o conhecimento científico é construído. E, quando questionavam se estava certo eram motivados a refletir sobre a própria elaboração de modelo e tirar suas conclusões confrontando com as ideias discutidas em sala de aula com os colegas e o professor.

Em relação aos Modelos Conceituais observou-se que os MMs dos estudantes se aproximam dos abordados em LDQ, como os de Ligação Metálica envolvendo o Modelo de Mar de Elétrons; o de oxirredução envolvendo o Modelo de Oxigênio, Transferência de Elétrons e Número de Oxirredução. Nisto vemos a importância de os LDQ explicarem a diferença no uso de cada modelo utilizado e evidenciar o modelo mais funcional a abordagem da oxirredução.

Tanto no Modelo Físico como no Modelo Conceitual os MMs dos estudantes foram expressos nos Modos Verbal, Simbólico e Visual. Sendo que, os estudantes expressaram-se mais facilmente através do Modo Verbal e do Visual. No Modo Simbólico percebe-se algumas limitações quanto a representação funcional das semirreações, na identificação dos constituintes e no balanceamento.

Apesar disso, nos MMs expressos pelos estudantes verificou-se que o Modo Verbal também se mostrou desafiante na abordagem alguns conceitos de eletroquímica, observado na dificuldade de estudantes em verbalizar suas ideias na construção das animações. Isto pode estar relacionado as características abstratas da linguagem química que se mostra mais desafiante que a linguagem cotidiana a qual não exige uma reflexão mais constante. Observou-se isto nas expressões limitadas e mesmo na ausência de conceitos eletroquímicos como: potencial de oxidação e redução; diferença de potencial; anodo e catodo; eletrólito; oxirredução e entre outros.

5.2 Considerações finais

O estudo do MMs dos estudantes na utilização de diferentes estratégias didáticas permitiu verificar a importância do uso de modelos como meio de aproximar o estudante ao conhecimento científico. Permitiu ainda identificar as concepções alternativas dos estudantes, suas dificuldades de aprendizagem e os principais erros na visão sobre o Modelo Conceitual.

Observou-se ainda que a elaboração das representações dos modelos no Modo Visual, Simbólico e Verbal permitiu avaliar as aproximações e os distanciamentos dos MMs dos estudantes ao Modelo Conceitual/Científico. Além do que, as atividades em grupo contribuíram para que todos os estudantes interagissem e expusessem suas ideias, questionamentos e contribuições. Logo, favorecendo não somente a Aprendizagem Conceitual como a Aprendizagem Atitudinal. Tais aprendizagens também foram sendo desenvolvidas com a Aprendizagem Procedimental, principalmente nas Atividades Experimentais Investigativas.

Uma vez que se encontrou estudantes com facilidade em se expressar utilizando estratégias que envolviam a construção de filmes stop motion, animações, simulações e também atividades investigativas se destaca a importância de estratégias que envolvam verbalizações dos estudantes durante as atividades, de forma que adquiram familiaridade com o uso da linguagem científica em suas falas.

Desta forma, verificou-se que o desenvolvimento de diferentes estratégias didáticas e a sua utilização na abordagem de conceitos eletroquímicos permitem a aproximação dos MMs dos estudantes ao conhecimento científico, favorecendo a interrelação entre os três Aspectos do Conhecimento Químico e assim contribuindo a aprendizagem de conceitos eletroquímicos.

REFERÊNCIAS

- AZCÁRATE, Pilar. Metodología de enseñanza. Cuadernos de Pedagogía, n. 276, p. 72-78, enero, 1998.
- ALVES-MAZZOTTI, A.J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais**: pesquisa quantitativa e qualitativa. 2 ed. Pioneira: THOPSON learning, 1999.
- ARRUDA, S.M.; VILLANI, A. Mudança Conceitual no Ensino de Ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.11, n.2, p.88-99, 1994.
- BARDIN, L. Análise de conteúdo. 1. ed. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BARKE, H.; HAZARI, A.; YITBAREK, S. Misconceptions in Chemistry: Addressing Perceptions in Chemical Education. **Springer-Verlag Berlin Heidelberg**. Berlim: Springer. n. 1, p. 11-294, 2005.
- BARNEA, N.; DORI, Y. J. High-school chemistry students' performance and gender differences in a computerized molecular modeling learning environment. **Journal of Science Education and Technology**, v. 8, n. 4, p. 257-271, 1999.
- BARRETO, B. S. J.; BATISTA, C. H. e CRUZ, M. C. P. Células Eletroquímicas, Cotidiano e Concepções dos Educandos. **Química nova na escola**. São Paulo, SP, v. 39, n.1, p. 52-58, 2017.
- BERTOTTI, M. Dificuldades conceituais no aprendizado de equilíbrios químicos envolvendo reações ácido-base. **Química Nova**, v. 34, n. 10, p.1836-1839, 2011.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S.. **Investigação qualitativa em educação**. Tradução de Antonio Branco Vasco et al., Porto Editora Ltda., 335f, 1994.
- BORGES, A.T. Um estudo de modelos mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.2, n.3, p. 207-226, 1997.
- BORGES, A.T. Como evoluem os modelos mentais. **Pesquisa em Educação em Ciências**, n. 1, p. 85-125, 1999.
- BRAND, M. What Beginner Teachers Find Most Difficult in Standard. **Chemistry and Why**; Paper presented at 11th National Convention of Teachers of Mathematics, Physical Science and Biology of South Africa; Grahamstown, South Africa, July 1987.
- BRASIL. **Guia de livros didáticos**: PNLD 2015 – Química. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria da Educação Básica, 2014.
- BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN + Ensino médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

CARAMEL, N.J.C e PACCA, J. L. A. Concepções alternativas em eletroquímica e circulação da corrente elétrica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 7-26, 2011.

CARVALHO, A.M.P; SANTOS, E. I., AZEVEDO, M. C. P. S., DATE, M. P. S., FUJII, S. R. S. E NASCIMENTO, V. B. **Termodinâmica: um ensino por investigação**. São Paulo: FEUSP; CAPES, 1999.

CARVALHO, N. B.; JUSTI, R. S. Papel da analogia do “mar de elétrons” na compreensão do modelo de ligação metálica. **Enseñanza de las Ciencias**, VII congreso, n. extra, p. 1-4, 2005.

CÁSSIO, F. L.; CORDEIRO, D. S.; CORIO, P. e FERNANDEZ. C. O protagonismo subestimado dos íons nas transformações químicas em solução por livros didáticos e estudantes de química. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n.3, p.595-619, 2012.

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

COLL, R.K. TREAGUST, D.F. Learners' mental models of chemical bonding. *Science Education*, v. 87, n.5, p.685-707, 2003

COSTA, A. R.; OLIVEIRA, J. P. e ALVES, J. M. Analisando a construção de explicações individuais e coletivas em aulas sobre ligações iônicas, na 8a série. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 7, n.1, 2008.

DAMASCENA, D.M.; SANTOS, T.S.; WARTHA, E.J.; SILVA, E.L. Condutividade elétrica em uma abordagem problematizadora. **Revista Scientia Plena**, v.11, n.6, 2015.

DE JONG, O. e TREAGUST, D. The teaching and learning of electrochemistry. J.K. Gilbert et al. (eds.). **Chemical Education: Towards Research-Based Practice**. Editores Acadêmicos da Kluwer, Holanda, Capítulo 14, p. 317-337, 2002.

DE POSADA, J.M. Conceptions of high school students concerning the internal structure of metals and their electric conduction: structure and evolution. **Journal Science Education**. v. 81, p. 445-467, 1997.

DE POSADA, J.M. The presentation of metallic bonding in high school science textbooks during three decades: science educational reforms and substantive changes of tendencies. **Science Education**, Vol. 83 (4), 423-447, 1999.

DELLORS, J. Os quatro pilares da educação, 2012. Disponível em: <<http://4pilares.net/text-cont/delors-pilares.htm>> Acessado em: 10 abr. 2020.

- ENGUITA, M. F. **Ambiguidade da docência: entre o profissionalismo e a proletarianização**. Teoria e Educação. Porto Alegre: Pannonica, n. 4, p. 41-61, 1991.
- FERNANDES, C.; MARCONDES, M.E.R. Concepções dos estudantes sobre Ligação Química. **Química Nova na Escola**, v.24, p.20 -24, 2006.
- FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. S. Modelagem e o “fazer Ciência”. **Química Nova na Escola**, n. 28, p. 32-36, 2008.
- FLICK, U.. **Introdução á pesquisa qualitativa**. Tradução: Joice Elias Costa. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- FRAGAL, V. H., MAEDA, S. M., PALMA, E. P., BUZATTO, M, B, P., RODRIGUES, M.A. e SILVA, E. L. Uma proposta alternativa para o ensino de eletroquímica sobre a reatividade de metais. **Química Nova na Escola**, v.33, n.4, p.101-106, 2011.
- FRANCISCO JUNIOR, W. E.; FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R. Um modelo para o estudo de deposição metálica. **Química Nova na Escola**. v. 31, n. 2, 2009.
- FREITAS FILHO, J.R.; CELESTINO, R.M.C.S. Investigação da construção do conceito de reação química a partir dos conhecimentos prévios e das interações sociais. **Revista Ciência e Cognição**, v.15, n.1, p.187-198, 2010.
- GARNETT, P, J.; TREAGUST, D.F. Difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: Electric circuits and oxidation-reduction equations. **Journal of Research in Science Teaching**, v.29, p.121 – 142; 1992b.
- GARNETT, P.J.; TREAGUST, D.F. Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: Electrochemical (galvanic) and electrolytic cells. **Journal of Research in Science Teaching**. Berlin, v. 29, n. 10, p. 1079-1099, 1992a.
- GHIBAUDI, E., REGIS, A., ROLETTTO, E. Le reazioni redox: um pasticcio concettuale?. **Perspectives in Science**, v. 5, p. 14-24, 2015.
- GIBIN, G. B. **Atividades experimentais investigativas como contribuição ao desenvolvimento de modelos mentais de conceitos químicos**. 2013. 226f. Tese (Doutorado em Química). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- GIBIN, G. B.e FERREIRA, L.H. A formação inicial em química baseada em conceitos representados por meio de modelos mentais. **Revista Química Nova**, v. 33, n. 8, São Carlos, SP, 2010.
- GIBIN, G.B. & FERREIRA, L. H. “Estudo dos modelos cinemáticos/dinâmicos sobre sistema heterogêneo por meio da produção de animações pelos estudantes”. Anais do XVI Encontro Nacional de Ensino de Química (XVI ENEQ) e X Encontro de Educação Química da Bahia (X EDUQUI). Salvador – BA, 2012. Disponível em:

<<https://portalseer.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/download/8064/5818>>. Acesso em 21 de jan. 2020.

GILBERT, J. K. (2005). Visualization: **A metacognitive skill in science and science education**. In: J. K. Gilbert (Eds.), Visualization in science education, p. 9–27. Dordrecht: Springer.

GILBERT, J. K., BOULTER, C., & ELMER, R. (2000). **Positioning models in science education and in design and technology education**. In: J. K. Gilbert & C. Boulter (Eds.), Developing models in science education, p. 3–17, Dordrecht: Kluwer.

GRECA, I.M.; MOREIRA, M.A. **Além da detecção de modelos mentais dos estudantes**. Uma proposta representacional integradora. Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, 2002.

GUISASOLA, J.; ZUBIMENDI, J. L.; ALMUDÍ, J. M.; CEBERIO, M. Dificultades persistentes en el aprendizaje de la electricidad: estrategias de razonamiento de los estudiantes al explicar fenómenos de carga eléctrica. **Enseñanza de las ciencias**, v.26, n.2, p.177–192, 2008.

HUDDLE, P. A.; WHITE, M. D.; ROGERS, F. Using a Teaching Model to Correct Known Misconceptions in Electrochemistry. **Journal of Chemical Education**, v.77, n. 1, 2000.

JOHNSTONE, A. H. Macro and Microchemistry. **The School Science Review**, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.

JOHNSTONE, A. H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. **Journal of Computer Assisted Learning** v.7, p.75-83,1991,

JOHNSTONE, A.H., The Development of Chemistry Teaching, The Forum, v. 70, no 9, 1993.

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

JOHNSON-LAIRD, P. N.; **Mental models**: towards a cognitive science of language, inference, and consciousness, 1st ed., Harvard University Press: Cambridge, 1983.

JUSTI, R. S. A afinidade entre as substâncias: pode explicar as reações químicas? **Química Nova na Escola**. n. 7,1998.

JUSTI, R. S. e GILBERT, J. K. History and philosophy of science through models: some challenges in the case “of atom”. **Internacional Journal Science Education**, London, v. 22, n. 9, p.993-1009, 2000.

KEIG, P.F.; RUBBA, P.A. Translation of representations of the structure of matter and its relationship to reasoning, gender, spatial reasoning, and specific prior knowledge. **Revista de Pesquisa em Ensino de Ciências**, v.30, n.8, p.883-903, 1993.

KIIL, K. B. **Caracterização de imagens em livros didáticos e suas contribuições para o processo de significação do conceito de equilíbrio químico**. 2009. 278f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

LABURÚ, C. E.; GOUVEIA, A. A.; BARROS, M. A. Estudo de circuitos elétricos por meio de desenhos dos alunos: uma estratégia pedagógica para explicitar as dificuldades conceituais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 1, p. 24-47, 2009.

LEFRANÇOIS, G. R. **Teorias da aprendizagem**. Tradução de: Vera Magyar, São Paulo: Cengage Learning, 2008.

LIMA, J. O. G e LEITE, L. R. O processo de ensino e aprendizagem da disciplina de Química: o caso das escolas do ensino médio de Crateús/Ceará/Brasil. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, v.7, n.7, p.72-85, 2012.

LIMA, V.A.; MARCONDES, M.E.R. Atividades experimentais no ensino de química. Reflexões de um grupo de professores a partir do tema Eletroquímica. **Enseñanza de las Ciencias**, v. extra, p. 1- 4, 2005.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MASHER, G. L. **Student's Understanding of Current Electrochemical Cells**; M.Sc. Thesis, University of the Witwatersrand, Johannesburg, 1995.

MATEUS, P. G. **Levantamento de Modelos Mentais para verificação de Aprendizagem Significativa do conceito de equilíbrio químico em licenciandos em química**. São Carlos, Programa de Pós-graduação em Química – UFSCar, 2019. Dissertação (Mestrado em Química), 183 p.

MARQUES, D. A. **Estudo do desenvolvimento de modelos mentais sobre o conceito de ligações químicas e sua relação com obstáculos epistemológicos**. Manaus, Programa de Pós-Graduação em Química – UFAM, 2015. Dissertação de mestrado, 177 p.

MATSUBARA, E. Y.; NERI, C. R.; ROSOLEN, J. M. Pilhas Alcalinas: um dispositivo útil para o ensino de Química. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 1020-1025, 2007. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v30n4/a46v30n4.pdf>> Acesso em: 30 out. 2019.

MEGID NETO, J.; FRACALANZA, H. O livro didático de ciências: problemas e soluções. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.

MENDES, M.P.L. **O conceito de reação química no nível médio: história, transposição didática e ensino.** Dissertação (Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2011.

MENDONÇA, R. J.; CAMPOS, A. F.; JÓFILI, Z. M. S. O conceito de oxidação-redução nos livros didáticos de química orgânica do Ensino Médio. **Química Nova na Escola.** v. 20, n. 20, p. 45-48, 2004.

MILAGRES, V.S.O.; JUSTI, R.S. Modelos de ensino de equilíbrio químico. **Química Nova na Escola**, n.3, p.41-46, 2001.

MIRANDA, C.L. PEREIRA, C. S., MATIELLO, J. R. e REZENDE, D. B. Modelos Didáticos e Cinética Química: Considerações sobre o que se observou nos Livros Didáticos de Química Indicados pelo PNLEM. **Revista Química Nova na Escola** – São Paulo, SP, v.37, n.3, p.197-203, 2015.

Minas Gerais. Secretaria de Estado da Educação de Minas Gerais; 1998.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise textual discursiva.** Ijuí: Editora Unijuí, 2007.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006.

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

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

MORTIMER, E. F. **As chamas e os Cristais Revisitados:** estabelecendo diálogos entre a linguagem científica e a linguagem cotidiana no ensino das Ciências da natureza. In: Santos W.L.P. e Maldaner, O.A. Ensino de química em foco. Capítulo 7, p. 183 – 207, 2011.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v.23, n.2, p.273-283, 2000.

MORTIMER, E. F.; MIRANDA, L. C. Transformações: Concepções de estudantes sobre reações químicas. **Química Nova na Escola**, n.2, Novembro, 1995.

NIAZ, M. e CHACÓN, E. A Conceptual Change Teaching Strategy to Facilitate High School Students' Understanding of Electrochemistry. **Journal of Science Education and Technology**, v. 12, n.2, 2003.

NOGUEIRA, K.S.C; GOES, L.F.; FERNANDEZ, C. O estado da arte sobre o ensino de reações redox nos principais eventos na área de educação no Brasil. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 16, n. 3, p. 410-434, 2017.

NORMAN, D. **Some observations on mental models**. In: GENTINER, D.; STEVENS, A. (Eds.). *Mental models*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, p.6-14, 1983.

OGUDE, A. N.; BRADLEY, J. D. J (a). Ionic Conduction and Electrical Neutrality in Operating Electrochemical Cells: Pre-College and College Student Interpretations. **Journal of Chemical Education**, v.71, p.29–34, 1994.

OGUDE, N. A. e BRADLEY J. D. Electrode processes and aspects relating to cell EMF, current, and cell components in operating electrochemical cells. **Journal of Chemical Education**, v. 73, p. 1145-1149, 1996.

OLIVEIRA, D. K. B.S.; JUSTI, R.; MENDONÇA, P. C. C. The Use of Representations and Argumentative and Explanatory Situations. **International Journal of Science Education**, 2015.

OLIVEIRA, R.C. **Uso de modelos moleculares por alunos de Ensino Médio: contribuições para o desenvolvimento de modelos mentais de conceitos químicos**. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Carlos, São Carlos, 2012.

ÖSTERLUNND, L. L.; BERG, A.; EKBORG, M. Redox models in chemistry textbooks for the upper secondary school: friend or foe? **Chemical Education Research and Practice**, v.11, p.182–192, 2010.

PACCA, J. L. A.; FUKUI, A.; BUENO, M. C. F.; COSTA, R. H. P.; VALÉRIO, R. M.; MANCINI, S. Corrente elétrica e circuito elétrico: algumas concepções do senso comum. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.20, n.2: p.151-167, 2003.

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

PESA, M. A.; BRAVO, S.; PÉREZ, S.; FUERTE, M. V. Las actividades de laboratorio en la formación de ingenieros: propuesta para el aprendizaje de los fenómenos de conducción eléctrica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 3, p. 642-665, 2014.

PITANGA, A. F.; SANTOS, H. B.; GUEDES, J. T.; FERREIRA, W. M.; SANTOS, L. D. História da Ciência nos Livros Didáticos de Química: Eletroquímica como Objeto de Investigação. **Química Nova na Escola**. São Paulo, v. 36, n. 1, p. 11-17, 2014.

POSSO, A. S. **A produção de significados em um ambiente virtual de aprendizagem: utilizando a teoria da ação mediada para caracterizar a significação dos conceitos relacionados à solubilidade dos materiais**. 183f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

POZO, J. I. **Aprendizes e Mestres: A Nova Cultura da Aprendizagem**. Tradução de Ernani Rosa. Porto Alegre: Artmed, 2002.

POZO, J.I e CRESPO, M.A.G. **A Aprendizagem e o Ensino de Ciências: Do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico.** Tradução de Naila Freitas. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

REGO, A.; PINA e CUNHA, M.; MEYER JR., V. Quantos participantes são necessários para um estudo qualitativo? Linhas práticas de orientação. **Revista de Gestão dos Países de Língua Portuguesa**, v. 17, n. 2. p. 43-57, 2018.

ROSA, M.I.F.P e SCHNETZLER, R.P. Sobre a importância do conceito transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. **Química Nova na Escola**, n.8,1998.

ROUSE, W.B.; MORRIS, N.M. On looking into the black box: Prospects and limits in the search for mental models. **Psychological Bulletin**, v. 100, n.3, p. 349-363, 1986.

SANGER, M. J.; GREENBOWE, T. J. J. Students' Misconceptions in Electrochemistry Regarding Current Flow in Electrolyte Solutions and the Salt Bridge. **Journal of Chemical Education**. v. 74, p.819– 823, 1997b.

SANGER, M.J.; GREENBOWE, T.J. Common student is conceptions in electrochemistry: galvanic, electrolytic and concentration cells. **Journal of Research in Science Teaching**. v.34, n.4, p. 377-398, 1997a.

SANJUAN, M. E. C.; SANTOS, C. V. ; MAIA, J. O. ; SILVA, A. F. A. e WARTHA, E. J.. Maresia: Uma Proposta para o Ensino de Eletroquímica. **Química nova na escola**, v. 31, n. 3, p.190-197, 2009.

SANTOS JUNIOR, J. B.; BENEDETTI FILHO, E.; CAVAGIS, A. D. M. e ANUNCIAÇÃO, E. A.. Um estudo comparativo entre a atividade experimental e a simulação por computador na aprendizagem de eletroquímica. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 15, n.2, p.312-330, 2016.

SANTOS T. N. P; BATISTA, C. H.; DE OLIVEIRA, A.P. C. e CRUZ, M. C. P.. Aprendizagem Ativo-Colaborativo-Interativa: Inter-Relações e Experimentação Investigativa no Ensino de Eletroquímica. **Química nova na escola** – São Paulo-SP, BR. v. 40, n.4, p. 258-266, 2018.

SANTOS, A.C.O.; MELO, M.R.; ANDRADE, T.S. Identificando modelos mentais de equilíbrio químico: uma alternativa para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem. **Revista Fórum Identidades**. Itabaiana: Gepiadde, Ano 9, v. 18, 2015.

SANTOS, F.M.T; GRECA, I.M. **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias**. 440f. Ed. Unijuí, Ijuí. 2007.

SANTOS, T. N. P.; BATISTA, C. H.; OLIVEIRA, A. P. C. e CRUZ, M. C. P. Aprendizagem Ativo-Colaborativo-Interativa: Inter-Relações e Experimentação Investigativa no Ensino de Eletroquímica. **Química nova na escola**. São Paulo, SP, v. 40, n.4, p. 258-266, 2018.

SEDDON, G.M.; ENIAIYEJU, P.A. The understanding of pictorial depth cues, and the ability to visualize the rotation of three-dimensional structures in diagrams. **Research in Science and Technological Education**, v.4, n.1, p.29-37, 1986.

SILVA, R. M.; SILVA, R. C.; ALMEIDA, M. G. O. e AQUINO, K. A. S. Estudo da eletroquímica a partir de pilhas naturais: uma análise de mapas conceituais. **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review**, v. 4, n. 2, p. 45-56, 2014.

SILVA, T.R.; SILVA, B.R. NASCIMENTO, I.B.C.; RIOS, T.L. Modelização didática no ensino de química: construindo representações mentais sobre as estruturas dos átomos. **Pesquisa em Foco**, vol. 23, n. 2, p. 187-207, 2018.

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

STERNBERG, R.J. **Cognitive psychology**. Forth Worth, TX: Harcourt Brace College Publishers. 555p., 1996.

STRAUSS, A. **Pesquisa qualitativa: técnicas e procedimentos para o desenvolvimento de teoria fundamentada**. Tradução de: Luciane de Oliveira da Rocha. 288p. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

TABER, K. S.. Mediating mental models of metals: Acknowledging the priority of the learner's prior learning. **Science Education**, v.87, p.732–758, 2003.

TARGINO, M.L.S. **Psicologia da Aprendizagem**. 21 ed., 196p, Campina Grande: EDUEPB, 2013.

TORRES, Rosa María. **Tendências da formação docente nos anos 90**. In: WARDE, Mírian (org.) Novas políticas educacionais: críticas e perspectivas. São Paulo, PUC/SP, 1998.

TWENEY, R.. Inventing the field: Michael Faraday and the creative "engineering" of electromagnetic field theory. In: R.J. Weber and D.N. Perkins (Eds.) **Inventive Minds: Creativity in Technology**. New York: Oxford University Press, p. 31- 47, 1992.

UEHARA, F.M.G. **Refletindo dificuldades de aprendizagem de alunos do ensino médio no estudo do equilíbrio químico**. 2005. 101f. Dissertação (Ensino de Ciências Naturais e Matemática). – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

UEHARA, F.M.G; NUNEZ, I.B.; VICTOR, C.M.B. Erros e dificuldades de aprendizagem de estudantes do ensino médio na compreensão de Reação Química como um sistema

complexo. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 9, 2013, Águas de Lindóia, São Paulo, 2013.

VASCONCELOS, F.C.G.C.; SANTOS, V.C.; ARROIO, A. As representações mentais de professores de química em formação continuada e inicial: limites e aproximações. Revista de Education em Ciencias. **Journal of Science Education Specialissue**. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, Brasil, v.14, p.16-19, 2013.

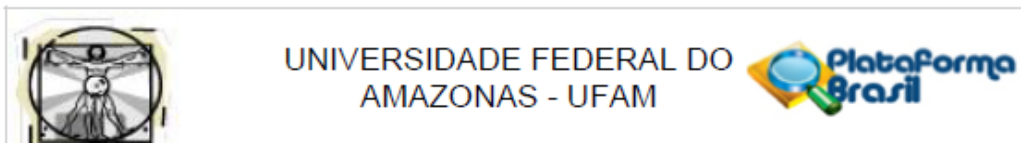
VIENNOT, L. Spontaneous reasoning in elementary dynamics. **European Journal of Science Education**, v. 1, n. 2, p. 205-221, 1979.

WARTHA, E. J.; LEMOS, M. M. Abordagens investigativas no ensino de Química: limites e possibilidades. **Amazônia**, v. 12, n. 24, p. 5-13, 2016.

WU, Hsin-Kai; KRAJCIK, J.S.; SOLOWAY, E. Promoting Understanding of Chemical Representations: Students' Use of a Visualization Tool in the Classroom. **Journal of research in science teaching**, v. 38, n.7, p.821-842, 2001.

ANEXOS

ANEXO A – Parecer de Aprovação do Comitê de Ética



Continuação do Parecer: 1.996.246

TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_assentimento.docx	15/02/2017 00:10:54	DANIELLE DE OLIVEIRA VIEIRA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Danielle_professores.docx	15/02/2017 00:10:34	DANIELLE DE OLIVEIRA VIEIRA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Danielle_pais_e_responsaveis.docx	15/02/2017 00:10:04	DANIELLE DE OLIVEIRA VIEIRA	Aceito
Outros	Termo_de_anuencia.pdf	08/11/2016 12:15:19	DANIELLE DE OLIVEIRA VIEIRA	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	08/11/2016 12:10:35	DANIELLE DE OLIVEIRA VIEIRA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

MANAUS, 03 de Abril de 2017

Assinado por:
Eliana Maria Pereira da Fonseca
(Coordenador)

APÊNDICES

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Caros pais ou responsáveis,

Seu filho (a) está sendo convidado (a) a participar, da pesquisa **“Estudo da aprendizagem conceitual em físico-química: modelos mentais na aprendizagem de eletroquímica”**, sob a responsabilidade de **Danielle de Oliveira Vieira**, aluna de doutorado vinculada ao Programa de Pós Graduação em Química (endereço profissional: Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Química; Av. Gal. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 6200 - Bloco 10 - Setor Norte; Coroado, 69077000 - Manaus, AM – Brasil, Telefone: (92) 3305– 2875; email: danivieiralq@gmail.com.br), **Prof^o Dr. Raimundo Ribeiro Passos** (*orientador*; endereço profissional: Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Química; Av. Gal. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 6200 - Bloco 10 - Setor Norte; Coroado, 69.077.000 - Manaus, AM – Brasil, Telefone: (92) 3305 – 2875; email: rdopassos@gmail.com) e **Prof^a. Dra. Sidilene Aquino de Farias**(*co-orientadora*; endereço profissional: Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Química; Av. Gal. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 6200 - Bloco 10 - Setor Norte; Coroado, 69077000 - Manaus, AM – Brasil, Telefone: (92) 3305 – 2875; email: sidilene.ufam@gmail.com), os quais tem como objetivo investigar **“Como os modelos mentais auxiliam o processo de construção da aprendizagem de conceitos relacionados ao conteúdo eletroquímica”**, tendo ainda os seguintes objetivos específicos: analisar nos livros didáticos de Química, aprovados no PNLD/2015 (Programa Nacional do Livro Didático), os modelos didáticos relacionados ao conteúdo de eletroquímica e a temática corrosão; investigar, a partir da percepção dos professores de química, os conteúdos de físico-química em que os estudantes apresentam dificuldades de aprendizagem; levantar os conhecimentos prévios dos estudantes da 2ª série do Ensino Médio sobre eletroquímica; elaborar e desenvolver situações didáticas pautadas na teoria dos modelos mentais que contribuam na construção de conceitos eletroquímicos e também analisar as representações mentais dos estudantes acerca dos conceitos eletroquímicos e a aproximação aos modelos científicos. A participação de seu filho se dará por meio de **entrevistas, resolução de questionários e participação em atividades em sala de aula com registros audiovisuais**. A participação é voluntária não recebendo nenhuma vantagem financeira e não tendo nenhum custo, mas caso haja alguma despesa para seu filho (a) e/ou acompanhante, relativo a esta pesquisa como custos com transporte coletivo, alimentação, canetas e papel, o mesmo será ressarcido (a) baseado no cálculo dos gastos reais quando for necessário. Estão assegurados o direito a indenizações e cobertura material para reparação a dano causado pela pesquisa ao participante, conforme resolução CNS nº 466 de 2012, IV.3.h, IV.4.c e V.7). Seu filho (a) será esclarecido (a) sobre qualquer dúvida que possa ter e estará livre para participar ou recusar-se. O (a) Senhor (a) poderá retirar o consentimento ou interromper a participação do seu filho (a) em qualquer momento da pesquisa, seja antes ou depois da coleta dos dados, independente do motivo e sem nenhum prejuízo ou penalidade. Toda pesquisa com seres humanos envolve riscos, mas podem ser minimizados. Os riscos nesta participação são mínimos, podendo ocorrer durante o manuseio de ferramentas de ensino, por exemplo acidente no manuseio de papeis, canetas e no uso do laboratório, como quebra de vidrarias. Contudo a pesquisadora se encarrega de debater previamente com os alunos normas de segurança a serem adotadas nas atividades, nas quais serão priorizados experimentos simples e seguros. Na pesquisa os alunos serão devidamente orientados quanto aos procedimentos a serem seguidos e os pequenos experimentos serão testados antecipadamente e realizados pela pesquisadora, cabendo ao aluno apenas a observação dos mesmos, para responder a entrevista e ao questionário. Também pode ocorrer constrangimento devido a não compreensão de alguma etapa do desenvolvimento da pesquisa, dificuldade de aprendizagem dos conteúdos químicos ou mesmo bullying na sala de aula. Mas, a pesquisadora estará atenta para pôr limites a tais atitudes dos demais participantes, agindo com ética profissional, não permitindo tais situações e caso necessário comunicando ao CEP/CONEP para as devidas providências que resguardam a integridade dos participantes. A participação na pesquisa contribuirá na elaboração de novas formas de abordar os conceitos científicos em sala de aula, na aprendizagem de novos conceitos e na aplicabilidade de conceitos científicos, conceitos químicos, além de permitir entender como os alunos aprendem e aplicam esses conceitos e na revisão de novas estratégias de ensino, aprendizagem e avaliação. Os resultados e as questões elaboradas para o diagnóstico podem se constituir em um material didático-pedagógico alternativo para o ensino de eletroquímica e as questões constituindo atividades adequadas para evidenciar as concepções dos estudantes e os resultados permitirem a realização de discussões em sala de aula.

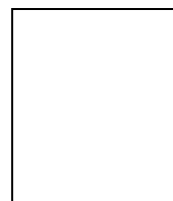
Contudo, esclarecemos que nosso objetivo não é investigar o certo ou o errado e sim as respostas mais adequadas ao seu contexto. Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados, mas sua identidade não será divulgada, sendo guardada em sigilo. Quando terminarmos a pesquisa estes serão apresentados para comunidade acadêmica e publicados em revistas nacionais de educação. Para qualquer outra informação, o (a) Sr

(a) poderá entrar em contato com os pesquisadores no endereço; **Programa de Pós Graduação em Química, localizado no Departamento de Química do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal do Amazonas, situada na Av. General Rodrigo Otavio Jordão Ramos, 6200 – Campus Universitário Senador Arthur Virgílio Filho, Setor Norte, Coroado I. CEP: 69077-000. Manaus - Amazonas - Brasil**, pelo telefone **(92)3305 2872**, ou poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFAM, na Rua Teresina, 495, Adrianópolis, Manaus-AM, telefone (92) 3305-5130.

CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO

Eu, _____, fui informado sobre o que o pesquisador quer fazer e porque precisa da minha colaboração, e entendi a explicação. Por isso, eu concordo em participar do projeto, sabendo que não vou ganhar nada e que posso sair quando quiser. Este documento é emitido em duas vias que serão ambas assinadas por mim e pelo pesquisador, ficando uma via com cada um de nós.

Manaus- AM, Data: ____/ ____/ ____



Assinatura do Participante da Pesquisa Caso não saiba assinar

Assinatura do Participante da Pesquisa Caso não saiba assinar

Danielle de Oliveira Vieira

Responsável pelo projeto

danivieiralq@gmail.com rdopassos@gmail.com

Profº Dr. Raimundo Ribeiro Passos

Orientador

APÊNDICE B – Termo de Assentimento

Você está sendo convidado (a) a participar da pesquisa **“Estudo da aprendizagem conceitual em físico-química: Modelos mentais na aprendizagem de eletroquímica”**, a qual pretende investigar a aprendizagem de conceitos químicos relacionados aos conteúdos de físico-química por meio de modelos mentais apresentados pelos estudantes do ensino médio. A sua participação neste estudo, requer que o responsável por você autorize e assine um termo de consentimento. A sua participação nesta pesquisa ocorrerá através de projeto de pesquisa cuja temática é **“CORROSÃO”**, na qual adotaremos os seguintes procedimentos: questionários, observações, atividades didáticas inseridas no projeto e registros audiovisuais. Caso não queira, você não precisa participar da pesquisa. É direito seu não querer participar. Você não será prejudicado em nada se quiser desistir.

A pesquisa será realizada com estudantes que estejam cursando o 2º ano do ensino médio que aceitem participar da pesquisa e que possuam autorização do responsável (em caso de ser de menor). Serão usadas ferramentas próprias do ensino, como uso de material escolar, lousa, datashow e aulas no laboratório. Toda pesquisa com seres humanos envolve riscos, mas podem ser minimizados. Os riscos nesta participação são mínimos, podendo ocorrer durante o manuseio de ferramentas de ensino, por exemplo, acidente no manuseio papeis, canetas e no uso do laboratório, como quebra de vidrarias. Contudo a pesquisadora se encarrega de debater previamente normas de segurança a serem adotadas nas atividades, nas quais serão priorizados experimentos simples e seguros. Na pesquisa os alunos serão devidamente orientados quanto aos procedimentos a serem seguidos e os pequenos experimentos serão testados antecipadamente e realizados pela pesquisadora, cabendo ao aluno apenas a observação dos mesmos, para responder a entrevista e ao questionário. Também pode ocorrer constrangimento devido a não compreensão de alguma etapa do desenvolvimento da pesquisa, dificuldade de aprendizagem dos conteúdos químicos ou mesmo bullying na sala de aula. Mas a pesquisadora estará atenta para coibir tais atitudes dos demais participantes, agindo com profissionalismo ético, não permitindo tais situações e até mesmo comunicando, caso necessário ao CEP/CONEP para as devidas providências que resguardam a integridade dos participantes. A sua participação é voluntária não recebendo nenhuma vantagem financeira e não tendo nenhum custo, mas caso haja alguma despesa para você e/ou acompanhante, relativo a esta pesquisa como custos com transporte coletivo, alimentação, canetas e papel, o mesmo será ressarcido (a) baseado no cálculo dos gastos reais quando for necessário. Estão assegurados o direito a indenizações e cobertura material para reparação a dano causado pela pesquisa ao participante, conforme resolução CNS nº 466 de 2012, IV.3.h, IV.4.c e V.7). A participação na pesquisa contribuirá na elaboração de novas formas de abordar os conceitos científicos em sala de aula, na aprendizagem de novos conceitos e na aplicabilidade de conceitos científicos, conceitos químicos, além de permitir entender como os alunos aprendem e aplicam esses conceitos e na revisão de novas estratégias de ensino, aprendizagem e avaliação. Ninguém saberá que você está participando desta pesquisa. Não informaremos a outras pessoas e nem forneceremos a estranhos as informações que você nos der. Os resultados desta pesquisa serão publicados, mas as pessoas que participaram da pesquisa não serão identificadas. Ao término da pesquisa, a mesma será apresentada para comunidade acadêmica e publicada em revistas nacionais de educação.

A pesquisadora responsável terá os cuidados necessários para o cumprimento do que foi citado acima. Para qualquer informação, o (a) Sr (a) poderá entrar em contato com os pesquisadores responsáveis: Danielle de Oliveira Vieira - Pós-Graduada – PPGQ/UFAM (99449-2273 ou danivieiralq@gmail.com); Raimundo Ribeiro Passos, Departamento de Química (ICE/UFAM), (92) 3305-2876 ou email rdopassos@gmail.com.br, ou ainda com o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFAM, na Rua Teresina, 495, Adrianópolis, Manaus-AM, telefone (92) 3305-1181 ramal 2004.

Este termo de assentimento encontra-se impresso em duas vias originais: sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável e a outra será fornecida a você.

Eu, _____, fui informado (a) dos objetivos da presente pesquisa, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar informações, e o meu responsável poderá modificar a decisão de participar se assim desejar. Tendo o consentimento do meu responsável já assinado, declaro que concordo em participar dessa pesquisa, sabendo que não vou ganhar nada e que posso sair quando quiser. Recebi uma cópia deste termo e esclareci todas as minhas dúvidas.

Manaus, ____ de _____ de _____.

Assinatura do menor

Assinatura da pesquisadora

APÊNDICE C - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Prezado(a) professor(a),

O Sr (a) está sendo convidado (a) a participar, da pesquisa **“Estudo da aprendizagem conceitual em físico-química: modelos mentais na aprendizagem de eletroquímica”**, sob a responsabilidade de **Danielle de Oliveira Vieira**, aluna de doutorado vinculada ao Programa de Pós Graduação em Química (endereço profissional: Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Química; Av. Gal. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 6200 - Bloco 10 - Setor Norte; Coroadó, 69077000 - Manaus, AM – Brasil, Telefone: (92) 3305– 2875; email: danivieiralq@gmail.com.br), **Profº Dr. Raimundo Ribeiro Passos (orientador)**; endereço profissional: Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Química; Av. Gal. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 6200 - Bloco 10 - Setor Norte; Coroadó, 69.077.000 - Manaus, AM – Brasil, Telefone: (92) 3305 – 2875; email: rdopassos@gmail.com) e **Profª. Dra. Sidilene Aquino de Farias (co-orientadora)**; endereço profissional: Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Química; Av. Gal. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 6200 - Bloco 10 - Setor Norte; Coroadó, 69077000 - Manaus, AM – Brasil, Telefone: (92) 3305 – 2875; email: sidilene.ufam@gmail.com), os quais tem como objetivo investigar **“Como os modelos mentais auxiliam o processo de construção da aprendizagem de conceitos relacionados ao conteúdo eletroquímica”**, tendo ainda os seguintes objetivos específicos: analisar nos livros didáticos de Química, aprovados no PNLD/2015 (Programa Nacional do Livro Didático), os modelos didáticos relacionados ao conteúdo de eletroquímica e a temática corrosão; investigar, a partir da percepção dos professores de química, os conteúdos de físico-química em que os estudantes apresentam dificuldades de aprendizagem; levantar os conhecimentos prévios dos estudantes da 2ª série do Ensino Médio sobre eletroquímica; elaborar e desenvolver situações didáticas pautadas na teoria dos modelos mentais que contribuam na construção de conceitos eletroquímicos e também analisar as representações mentais dos estudantes acerca dos conceitos eletroquímicos e a aproximação aos modelos científicos. A sua participação se dará por meio de **entrevistas com registro de gravação de voz**. Esta participação é voluntária não recebendo nenhuma vantagem financeira e não tendo nenhum custo, mas caso haja alguma despesa relativa a esta pesquisa como custos com transporte coletivo, alimentação, canetas e papel, o mesmo será ressarcido (a) baseado no cálculo dos gastos reais quando for necessário. Estão assegurados o direito a indenizações e cobertura material para reparação a dano causado pela pesquisa ao participante, conforme resolução CNS nº 466 de 2012, IV.3.h, IV.4.c e V.7). A pesquisadora pode esclarecer sobre qualquer dúvida que possa ter e estará livre para participar ou recusar-se. O (a) Senhor (a) pode desistir de participar em qualquer momento da pesquisa, seja antes ou depois da coleta dos dados, independente do motivo e sem nenhum prejuízo ou penalidade. Toda pesquisa com seres humanos envolve riscos, mas podem ser minimizados. Os riscos nesta participação são mínimos, podendo ocorrer durante o manuseio de papeis e canetas. A participação na pesquisa contribuirá na elaboração de novas formas de abordar os conceitos científicos em sala de aula, na aprendizagem de novos conceitos e na aplicabilidade de conceitos científicos, conceitos químicos, além de permitir entender como os alunos aprendem e aplicam esses conceitos e na revisão de novas estratégias de ensino, aprendizagem e avaliação.

Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados, mas sua identidade não será divulgada, sendo guardada em sigilo. Quando terminarmos a pesquisa estes serão apresentados para comunidade acadêmica e publicados em revistas nacionais de educação. Para qualquer outra informação, o (a) Sr (a) poderá entrar em contato com os pesquisadores no endereço; **Programa de Pós Graduação em Química, localizado no Departamento de Química do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal do Amazonas, situada na Av. General Rodrigo Otavio Jordão Ramos, 6200 – Campus Universitário Senador Arthur Virgílio Filho, Setor Norte, Coroadó I. CEP: 69077-000. Manaus - Amazonas - Brasil**, pelo telefone (92)3305 2872, ou poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFAM, na Rua Teresina, 495, Adrianópolis, Manaus-AM, telefone (92) 3305-5130.

CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO

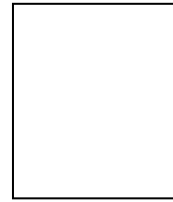
Eu, _____, fui informado sobre o que o pesquisador quer fazer e porque precisa da minha colaboração, e entendi a explicação. Por isso, eu concordo em participar do projeto, sabendo que não vou ganhar nada e que posso sair quando quiser. Este documento é emitido em duas vias que serão ambas assinadas por mim e pelo pesquisador, ficando uma via com cada um de nós.

Manaus- AM, Data: ____/ ____/ ____

_____ Impressão do dedo polegar

Assinatura do Professor

Participante da Pesquisa



Caso não saiba assinar

Danielle de Oliveira Vieira

Profº Dr. Raimundo Ribeiro Passos

Responsável pelo projetoOrientador

danivieiralq@gmail.com rdopassos@gmail.com

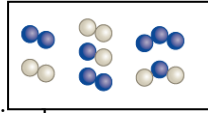
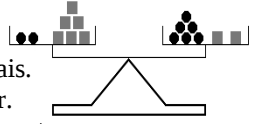
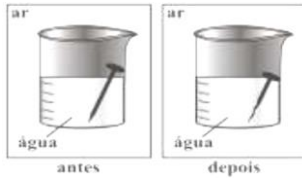
APÊNDICE D – Protocolo de Entrevista com Professores

1. Professor conte sobre sua formação acadêmica (graduação, pós-graduação, locais da sua formação acadêmica e experiência na sala de aula).
2. Você fez bacharelado e/ou licenciatura? Como e quando ocorreu sua opção profissional de ser professor? Quanto tempo de profissão?
3. Professor que critérios utiliza na escolha do livro didático? Quais os pontos negativos e positivos na utilização do mesmo?
4. Fale sobre a importância social dos conteúdos químicos.
5. Quais instrumentos utiliza para verificação das concepções alternativas dos estudantes? Você se considera um professor tradicional, construtivista, os dois ou nenhum?
6. Professor fale sobre o planejamento de suas aulas (recursos didáticos, experimentos e avaliações).
7. Professor comente sobre o ensino e a aprendizagem dos conteúdos químicos.
8. Quanto a aprendizagem de físico – química aponte a (as) dificuldade(s) mais comuns entre os estudantes.
9. Quais conceitos químicos considera importantes para aprendizagem de Físico-Química? E de eletroquímica?
10. Algo a mais gostaria de acrescentar?

APÊNDICE E – Questionário Inicial

ESCOLA: _____ SÉRIE: _____ DATA: ____/____/____

ALUNO(A): _____ TURMA: _____

01. O estudo central da Química baseia-se nas reações químicas. Por isso, dizemos que a Química é a Ciência que estuda as transformações das substâncias. Com relação às transformações das substâncias, julgue os itens marcando C para os corretos e E para os errados. () A palha de aço úmida, com o passar do tempo, de acinzentada torna-se avermelhada, o que indica a ocorrência de um fenômeno químico. () Uma lata de alumínio, depois de amassada e descartada, enferruja com o passar do tempo, pois sofre uma transformação física. () O nosso organismo sintetiza, com base em substâncias contidas nos alimentos ingeridos, milhares de outras substâncias que vão fazer a constituição das nossas células. Essas transformações são certamente químicas. () O papel é um material reciclável. Devido a algumas facilidades desse processo, papelão, papéis de todo tipo e de toda cor podem ser reciclados. A mudança de cor desses materiais nas etapas de reciclagem indica transformação química.	04. A condutibilidade elétrica é uma das diversas propriedades físico-químicas das substâncias químicas e é explicada pela transferência de elétrons a partir da formação de íons. Determinados materiais podem facilmente conduzir eletricidade, como por exemplo, os metais. Observando as figuras abaixo julgue as alternativas em (C) certo ou (E) errado.  Corpo humano (I)  árvore (II)  tomada (III)  água com sal (IV) () O corpo humano pode facilmente conduzir eletricidade por que possui sais minerais dissolvidos em água. () A árvore, que é um organismo vivo, facilmente absorve alguns nutrientes do solo os quais a tornam favorável a condução de elétrons. () A tomada, apesar de desconectada, continua sendo condutora de eletricidade pois é constituída de metais. () A água com sal não é uma boa condutora de eletricidade pois não tem íons dissolvidos.
02. Observe a equação química abaixo e responda: $\text{C}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)}$ a) Qual(is) substância(s) é(são) reagentes? _____ b) Qual(is) substância(s) é(são) produtos? _____ c) Qual o estado físico do CO_2? _____	05. Com a cédula ao lado, é possível comprar: a) só 20 litros de gasolina. b) no máximo 20 dólares. c) um microcomputador. d) uma cesta básica. e) nenhum produto. 
03. Considerando o esquema abaixo, julgue as alternativas como (C) certo ou (E) errado.  () Temos cinco componentes. () É formado por duas substâncias simples. () Foram usados apenas dois elementos. () É um material. () Temos cinco substâncias simples e duas substâncias compostas.	06. Sobre a figura da balança, é correto afirmar que: a) cubos e bolinhas têm massas iguais. b) objetos maiores têm massa maior. c) cubos e bolinhas têm massas diferentes. d) bolinhas têm massa igual a pirâmides. e) Não dá para tirar conclusões a respeito das massas. 
07. Em qual (is) das situações abaixo pode ocorrer condução de energia elétrica? a) Numa solução de açúcar dissolvido em água. b) No sal de cozinha sólido. c) Numa solução de NaCl dissolvido em água. d) No óleo de motores. e) No açúcar sólido.	09. Em relação à figura é correto afirmar que: a) a presença do ferro altera as propriedades da água. b) a água faz com que o prego sofra apenas redução no tamanho. c) o prego é preservado quando colocado em água. d) a água utilizada tem alguma propriedade especial. e) o prego (ferro) sofre modificações quando colocado em água. 

08. Observe as figuras abaixo e julgue com V (verdadeiro) e F (falso), sobre o que ocorre nas três figuras.



(I)



(II)



(III)

- () Microorganismos estão agindo de forma a alterar a aparência dos materiais.
() A exposição direta com o oxigênio do ar provocou a mudança de aspecto.
() A umidade do ar contribuiu para o desgaste visual.
() A modificação de cor da maçã não poderia ter sido evitada;

10. Os revestimentos e os *inibidores de corrosão* objetivam evitar, prevenir ou impedir o desenvolvimento das reações de corrosão. Marque a(s) alternativa(s) onde a ação dos revestimentos/inibidores de corrosão é muito importante.

- a) As pinturas de grades de ferro são formas de inibir a formação da ferrugem, pois impedem o contato direto do ferro com o oxigênio.
b) Nas latas de alumínio o revestimento das mesmas impede o desgaste do alumínio.
c) As estruturas de concreto armado também podem sofrer corrosão por isso a importância do uso de inibidores.
d) Plásticos e borrachas podem sofrer uma degradação por ação do meio.
e) O revestimento asfáltico das rodovias protege as mesmas de possíveis processos corrosivos.

Obrigada pela participação!
Obrigada pela participação!

APÊNDICE F – Sequência Didática do Curso

Observação: ➤ Distribuir o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) ➤ Termo de Assentimento.		
o	SITUAÇÕES DIDÁTICAS	
	Conteúdo abordado	Metodologia/Coleta de Dados
	A. Sobre os envolvidos • Apresentação da professora • Apresentação informal dos alunos B. Sobre o Curso: • Tema: Corrosão! • Recursos a serem utilizados • Frequência • Horário (Incluindo o do lanche!) • Formação de Grupos de trabalho. C. Sobre a pesquisa: • Salientar que eles estarão participando de uma pesquisa. ➤ Abordar como será realizada a coleta de dados Obs.: Salientar a importância da participação dos estudantes. A participação deles será fundamental para a pesquisa!!	• Dinâmica do Nome: Permitirá que os estudantes digam seus nomes, série e passatempo preferido. Objetivo: conhecer os estudantes melhor. Conversa sobre o curso e também sobre a pesquisa que será realizada durante o mesmo. Coleta de dados: gravação em áudio e diário de campo. - Questionário Inicial.
	Duração: ± 2 horas	
	1. Deterioração de materiais no cotidiano • Tipos de materiais Questão 1: Que tipos de materiais podemos encontrar no dia a dia? Questão 2: Como pode-se agrupar estes materiais? • Transformações dos materiais Questão 3: Os materiais podem ter suas características modificadas?	• Aula será desenvolvida por meio de problematização, onde os alunos irão se organizar em grupo e responder aos questionamentos. • Após a problematização será utilizado o vídeo “As três Caixas D’água, monumentos da capital, estão deterioradas” (3min): https://www.youtube.com/watch?v=xgJsf-MuvP8 • Solicitar aos alunos que tirem fotos de materiais em deterioração e façam uma pesquisa para aula 5. Coleta de dados: gravação em áudio e diário de campo.
	Duração: ± 2 horas	
	2. Materiais formados por metais • História: os metais e o homem • Características e Classificação dos metais <i>Técnica Stop Motion</i>	• Aula expositiva com utilização de vídeo e Imagens: História antiga: a idade dos metais - (4 min) • https://www.youtube.com/watch?v=d3Hf1yWepE. • Apresentação da técnica Stop Motion. Coleta de dados: gravação em áudio e diário de campo. -Folha de Atividade 1.
	Duração: ± 2 horas	
	2. Materiais formados por metais • Constituição dos materiais metálicos: ligação metálica e ligas metálicas.	• Aula expositiva com utilização de Imagens. Coleta de dados: produção de um filme que represente os modelos mentais dos alunos sobre a ligação metálica (uso da técnica stop motion). -- Entrevista 1. Com 3 alunos por turma. Obs.: Solicitar materiais metálicos para Aula 6.
	Duração: ± 2 horas	

	3. Implicações Sociais e Ambientais da Corrosão • Implicações sociais • Implicações ambientais • Algumas reações associadas	• Os alunos, em grupo, irão apresentar a pesquisa realizada e fazer exposição das fotos tiradas na cidade solicitadas na segunda aula. <u>Para integração</u> dos conteúdos apresentados pelos alunos, serão enfatizadas as principais ideias destacando reações associadas a corrosão dos metais. Coleta de dados: Diário de campo e gravação em áudio da apresentação dos alunos.
	Duração: ± 2 horas	
	4. Deterioração dos Metais: Corrosão • Transformações dos materiais metálicos	• Aula experimental investigativa para tratar das transformações que os metais podem sofrer. Coleta de dados: Diário de campo e gravação em áudio; - Roteiro da atividade experimental.
	Duração: ± 3 horas	
	4. Deterioração dos Metais: Corrosão • Transformações dos materiais metálicos e reações envolvidas. Questão: Por que ocorre o enferrujamento?	• Aula será desenvolvida por meio de problematização, onde os alunos irão se organizar em grupo e responder ao questionamento. • Após a problematização será utilizado o vídeo “Ferrugem - A volta do ferro à natureza: https://www.youtube.com/watch?v=UKstBS4cpsI Coleta de dados: gravação em áudio e diário de campo. - Os alunos produzirão um <i>filme stop motion</i> sobre o processo de corrosão; - <i>Entrevista 2.</i> Com 3 alunos por turma.
	Duração: ± 3 horas	
	4. Deterioração dos Metais: Corrosão • A eletricidade e sua relação com a transformação dos materiais metálicos.	• Aula experimental investigativa para tratar da relação entre reação química e o processo de condução elétrica entre metais. Coleta de dados: gravação em áudio e diário de campo. - Folha de Atividade.
	Duração: ± 2 horas	
	4. Deterioração dos Metais: Corrosão • Reação espontânea e não-espontânea envolvida na transformação metálica. Questão: Como proteger metais da corrosão?	• Aula será desenvolvida por meio de uma animação/simulação, onde os alunos irão se organizar em grupo e acessar a ferramenta, respondendo ao questionamento. • Animação/simulação: “O troféu de alumínio”, fonte: http://www.labvirtq.fe.usp.br/simulacoes/quimica/sim_qui_trofeu.htm • Retomada da questão inicial. Coleta de dados: gravação em áudio e diário de campo. - Filme stop motion - <i>Entrevista 3.</i> Com 3 alunos por turma.
	Duração: ± 2 horas	
	4. Deterioração dos Metais: Corrosão • Síntese da unidade e a retomada do tema corrosão.	• Aula expositiva com síntese da unidade trabalhada. Coleta de dados: gravação em áudio e diário de campo. - Questionário final.
	Duração: ± 3 horas	

APÊNDICE G – Temas Para Pesquisa em Grupo

Solicitado aos alunos que tirassem fotos de materiais em deterioração e fizessem uma pesquisa para aula 5.

Temas para Pesquisa	
GRUPO 1	Corrosão dos metais e os impactos na saúde humana – medicina.
GRUPO 2	Deterioração dos metais e o mobiliário urbano e monumentos históricos – construção civil.
GRUPO 3	Corrosão de metais em nossa casa e possíveis impactos econômicos.
GRUPO 4	Danos ao meio ambiente devido ao desgaste metálico (vazamento de produtos químicos).

APÊNDICE H – Folha de Atividade 1 – AULA 03

Escola: _____

Estudante: _____ Turma: _____

1. Ao longo do tempo o homem tem marcado a história com o desenvolvimento de instrumentos, armas e tudo o mais que resulta da ação do fogo. De acordo com o vídeo apresentado na aula, associe corretamente a coluna da esquerda com a direita.

- | | |
|--------------------|--|
| 1. Idade do cobre | () O cobre puro não apresenta dureza suficiente para a produção de armas e instrumentos. Com aprimoramento de técnicas de fundição e modelagem, descobre-se que a adição de pequenas porções de estanho ao cobre o torna mais duro e útil. |
| 2. Idade do bronze | () Período em que o homem aquece por acaso pedras que continham o minério cúprico, marcando o início da idade dos metais. |
| 3. Idade do ferro | () Período em que o homem passa a fabricar utensílios diversificados: espadas, capacetes, machados, facas e outros.
() O homem já dominava as técnicas metalúrgicas. Neste período é descoberto o último metal a ser trabalhado pelo homem pré-histórico e ocorre a produção de armas mais resistentes. |

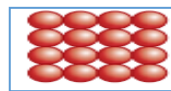
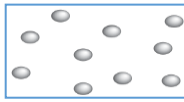
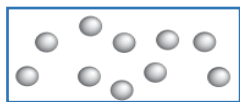
2. Algumas propriedades específicas permitem diferenciar os metais de outros materiais, contribuindo para a produção de diferentes objetos metálicos. Analise as afirmações abaixo e marque corretamente V para verdadeiro ou F para falso.

- () Alta condutividade e pequena resistência a tração são características que facilitam o uso de metais na produção de fios elétricos.
- () Alta dureza e altos pontos de fusão e ebulição são propriedades evidentes dos metais.
- () A condução térmica e a condução elétrica são propriedades que facilitam o uso dos metais na produção de diferentes utensílios como: panelas e sanduicheiras.
- () Devido à baixa maleabilidade e ductibilidade os metais são utilizados na produção de fios, chapas, lâminas e vários instrumentos musicais.
- () A alta densidade é característica notória dos metais, o que os diferencia facilmente de outros materiais de densidade mais baixa como a água.

3. Consulte a Tabela Periódica e identifique os grupos metálicos aos quais pertencem os seguintes elementos químicos:

- | | | | |
|---------------------------|-------------|------------|--------------|
| (1) Alcalinos | () Rubídio | () Sódio | () Potássio |
| (2) Alcalinos terrosos | () Ferro | () Zinco | () Cobre |
| (3) Metais de transição | () Prata | () Cálcio | () Níquel |

4. Observe as imagens abaixo e identifique, corretamente, as que representam os **MODELOS** do estado sólido, líquido e gasoso (**Observação:** Todas as esferas têm o mesmo tamanho e cor).



APÊNDICE I – Apresentação da Técnica Stop Motion – AULA 03

- Apresentação da técnica stop motion;
- Evidenciar a importância da elaboração do roteiro para a produção de um filme;
- Pedir que os alunos produzam o roteiro de uma animação em que sejam evidenciadas interações com palitos de fósforo (Obs. Entregar apenas os palitos aos alunos).

Sequência para a produção do filme:

- Inicialmente os estudantes devem desenhar em uma folha de papel as posições que as peças devem ocupar na tela e a trajetória que será descrita por elas durante a animação;
- Em seguida, devem copiar este esquema para uma transparência e a projetar em um quadro de aço fixado na parede de uma sala;
- Devem colocar as figuras no quadro de aço, nas posições iniciais indicadas pela projeção;
- Explicar que as figuras possuem um ímã de geladeira em seu verso, que possibilita a sua fixação e movimentação;
- Poderão utilizar uma filmadora digital para tirar as fotografias;
- Finalmente, os estudantes devem fazer pequenos movimentos das figuras conforme a projeção da trajetória e tirar as fotografias;
- Com todas as fotos já produzidas, será utilizado um software para colocar as fotos em sequência e produzir o arquivo de vídeo.

Boa atividade!

APÊNDICE J – Roteiro Para Filme Stop Motion – AULA 04

1. Produza um filme *stop motion* que apresente um modelo que represente uma **ligação metálica** quando:
 - a) Constituição de uma panela de ferro.
 - b) Há condução de elétrons em um metal (Exemplo: Condução de eletricidade em um fio de cobre). Represente a ligação metálica *antes* da ação do campo elétrico e *depois* da ação do campo elétrico.

Lembre-se de:

 - Representar o campo elétrico;
 - Representar a ligação metálica do metal escolhido pela sua equipe;
 - Representar a ligação *antes* do campo elétrico;
 - Representar a ligação *depois* do campo elétrico;

APÊNDICE K – Protocolo de Entrevista – Estudantes – AULA 04

Aula 4 - Produção de um filme que represente os modelos mentais dos alunos sobre a ligação metálica
--

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">- No que sua equipe se baseou para produzir o filme sobre ligação metálica em uma panela de ferro?- De quais conhecimentos químicos sua equipe lançou mão para construir o filme sobre condução de elétrons nos metais?- Qual o pensamento da equipe na construção da ordem seguida no filme? |
|---|

APÊNDICE L – Atividade Experimental Investigativa – AULA 06



OBJETIVO: Identificar as transformações de diferentes materiais metálicos.

Os metais são muito utilizados no nosso dia a dia. Podemos ver inúmeras utilizações dos metais no nosso simples caminhar por uma rua. Nos carros, nas portas, nas janelas e nos portões das nossas casas, em todo lugar podemos encontrar metais. Nos nossos celulares, no computador e etc. Dentre estes metais pode-se destacar o Ferro, que é largamente usado em automóveis, barcos e edifícios, devido ao seu baixo preço e resistência. Por vezes pode ser substituído pelo aço, quando uma maior dureza é necessária. O Cobre é especialmente usado em equipamentos elétricos tais como: motores elétricos, nas instalações elétricas (cabos, interruptores, etc.). Encontramos também muitas moedas de cobre. O Zinco é muito usado na produção de latão devido ao seu baixo consumo de energia.



PROBLEMA: Os metais em geral sofrem transformações com a mesma facilidade?

- Elabore uma explicação.

MATERIAIS



- Tela de pintura ____ cm x ____ cm. Observação: a tela não deve conter impermeabilizante.
- Pedacos de metais (ferro, aço inoxidável, cobre, prata,ouro, alumínio)
- Solução de vinagre contendo cloreto de sódio (em uma solução de vinagre 20% (v/v), adiciona-se uma colher de NaCl).

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL



Montagem das telas para o experimento de oxidação:

1. Coloca-se a tela de ____ cm x ____ cm dentro de um recipiente plástico.
2. Os metais são dispostos sobre a tela, de acordo com a criatividade do aluno.
3. A solução de vinagre é vertida lentamente sobre os metais e a tela é deixada em repouso por um período de *três dias*. Em seguida, os metais são retirados e a tela é mantida à temperatura ambiente, por um período de dois dias, para secagem.

OBSERVAÇÕES: Anote suas observações para cada material metálico no quadro abaixo.

Materiais metálicos	Antes da solução	1º dia	2º dia
1.			
2.			
3.			
4.			

5.			
----	--	--	--

QUESTÕES PÓS-EXPERIMENTO

1. Escolha um dos materiais metálicos que você acompanhou a transformação e faça um desenho que mostre o material metálico antes do contato com a solução e no 2º dia em contato com a solução. Identifique no desenho os elétrons e o íon formado.

Antes da solução	2º dia após a ação da solução

2. Para o mesmo material que você escolheu para fazer o desenho, responda:

a) Qual o símbolo do elemento químico? _____

b) Qual seu número de oxidação (Nox) antes da transformação? _____

c) Na transformação, esse material metálico perdeu ou ganhou elétrons? Quantos elétrons?

d) Esse metal se transformou em cátion ou ânion? _____

e) Escreva o símbolo químico desse íon. _____

f) Esse material metálico sofreu oxidação ou redução? _____

g) Escreva a semi-reação que representa a transformação que ocorreu com o material metálico. (**Obs.:** não esqueça representar os elétrons e fazer o balanceamento).

--

APÊNDICE M – Roteiro Para Filme Stop Motion – AULA 07

1. Elabore um filme *stop motion* que mostre como ocorre o processo de enferrujamento do ferro. Para isso, utilize os modelos fornecidos pelo professor(a) e crie o roteiro do filme. Lembre-se de destacar os seguintes aspectos durante o filme:

- íons envolvidos
- reação química (reagentes e produtos)
- balanceamento
- perda e/ou ganho de elétrons
- eletrólito
- anodo e catodo

Observação: Lembre-se de elaborar um roteiro e a sequência das figuras.

Modelos e símbolos						
		(+)	(-)	e^-		
Átomo de Ferro	Seta indicativa da reação	Pólo Positivo	Pólo negativo	Elétron	Átomo de hidrogênio	Átomo de oxigênio
Carga Positiva	Carga negativa	Molécula de oxigênio	Óxido de ferro	Molécula de água	Hidróxido de Ferro	

Boa atividade!

APÊNDICE N - Protocolo de Entrevista – Estudantes – AULA 07**Aula 7 - Produção de um filme sobre o processo de deterioração metálica**

- Na construção do filme sobre processo de enferrujamento, qual raciocínio que sua equipe seguiu para deixar evidente de que se tratava de um processo de deterioração metálica?
- Que conhecimentos químicos foram necessários na construção do roteiro do filme?
- Na construção do filme vocês abordaram todos os conceitos sugeridos? Justifique.

APÊNDICE O - Atividade Experimental Investigativa - AULA 8

OBJETIVO: Investigar a relação entre reação química e o processo de condução elétrica entre metais.



Os metais são ótimos condutores de calor, sendo, em razão dessa propriedade, muito utilizados em painéis e caldeiras industriais, isto se deve a características próprias da ligação metálica, motivo pelo qual também são ótimos condutores de eletricidade. Possuem alto ponto de fusão e ebulição devido à força de atração causada pelos elétrons livres ser muito forte, mantendo os átomos unidos com muita intensidade. Assim, para que se rompa essa ligação é preciso fornecer altas energias externas. Tal característica permite que sejam usados em caldeiras e em reatores nucleares, onde ocorrem intensos aquecimentos sem que derretam. O tungstênio (W) é um exemplo, pois é o metal de maior ponto de fusão, sendo usado na fabricação de filamentos de lâmpadas incandescentes.



PROBLEMA: Como se pode explicar a obtenção de eletricidade a partir da reação entre diferentes metais? Elabore uma explicação.



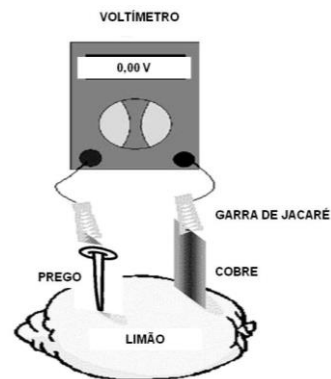
MATERIAIS E REAGENTES: Aponte aqueles utilizados durante o experimento.

[illegible]

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL



- Faça dois pequenos cortes na casca do limão (batata, banana, etc.), próximos às extremidades da fruta. Com a ajuda de uma palha de aço limpe bem os metais que vai utilizar (placas, moeda, prego) para remover qualquer ponto de oxidação ou impureza depositada em sua superfície.
- Espete a placa ou moeda de cobre em uma das extremidades e a placa ou prego de zinco na outra. Tome cuidado para que os metais não se toquem no interior do limão e também para que não toquem na outra extremidade da casca (os metais devem estar imersos na solução de ácido cítrico – suco do limão). Conecte o fio vermelho ligado ao voltímetro à placa ou moeda de cobre utilizando a garra jacaré e conecte o fio preto ligado ao voltímetro à placa ou prego de zinco. Observe. Logo depois, inverta os polos. Repita o processo com outros alimentos e também com outros metais. *Observação:* Tabela de potenciais em anexo.



OBSERVAÇÕES. Anote a voltagem em cada condição utilizada:

Alimento utilizado para imersão dos metais	Metais utilizados como		Voltagem (V)
	polo positivo	polo negativo	

QUESTÕES PÓS-EXPERIMENTO:

- 1) Desenhe o experimento realizado, identificando o anodo, catodo, polo positivo, polo negativo, sentido de transferência de elétrons e os metais das placas com respectivos números de oxidação.

2) Há condução de elétrons no processo observado? Justifique sua resposta.

3) Qual a semirreação que está ocorrendo no anodo?

4) Qual a semirreação que está ocorrendo no catodo?

5) Qual a reação global envolvida neste processo?

6) Há eletrólitos? Quais? Justifique.

OBRIGADA POR PARTICIPAR!!

OBRIGADA POR PARTICIPAR!!

Potenciais-padrão de redução e de oxidação						
Potenciais de redução						Potenciais e oxidação
-3,045	Li	$\rightleftharpoons$	Li ⁺	+	1 e ⁻	+3,045
-2,925	Rb	$\rightleftharpoons$	Rb ⁺	+	1 e ⁻	+2,925
-2,924	K	$\rightleftharpoons$	K ⁺	+	1 e ⁻	+2,924
-2,923	Cs	$\rightleftharpoons$	Cs ⁺	+	1 e ⁻	+2,923
-2,92	Ra	$\rightleftharpoons$	Ra ²⁺	+	2 e ⁻	+2,92
-2,90	Ba	$\rightleftharpoons$	Ba ²⁺	+	2 e ⁻	+2,90
-2,89	Sr	$\rightleftharpoons$	Sr ²⁺	+	2 e ⁻	+2,89
-2,87	Ca	$\rightleftharpoons$	Ca ²⁺	+	2 e ⁻	+2,87
-2,71	Na	$\rightleftharpoons$	Na ⁺	+	1 e ⁻	+2,71
-2,375	Mg	$\rightleftharpoons$	Mg ²⁺	+	2 e ⁻	+2,375
-1,87	Be	$\rightleftharpoons$	Be ²⁺	+	2 e ⁻	+1,87
-1,66	Al	$\rightleftharpoons$	Al ³⁺	+	3 e ⁻	+1,66
-1,18	Mn	$\rightleftharpoons$	Mn ²⁺	+	2 e ⁻	+1,18
-0,76	Zn	$\rightleftharpoons$	Zn ²⁺	+	2 e ⁻	+0,76
-0,74	Cr	$\rightleftharpoons$	Cr ³⁺	+	3 e ⁻	+0,74
-0,48	S ²⁻	$\rightleftharpoons$	S	+	2 e ⁻	+0,48
-0,44	Fe	$\rightleftharpoons$	Fe ²⁺	+	2 e ⁻	+0,44
-0,403	Cd	$\rightleftharpoons$	Cd ²⁺	+	2 e ⁻	+0,403
-0,28	Co	$\rightleftharpoons$	Co ²⁺	+	2 e ⁻	+0,28
-0,24	Ni	$\rightleftharpoons$	Ni ²⁺	+	2 e ⁻	+0,24
-0,14	Sn	$\rightleftharpoons$	Sn ²⁺	+	2 e ⁻	+0,14
-0,13	Pb	$\rightleftharpoons$	Pb ²⁺	+	2 e ⁻	+0,13
-0,036	Fe	$\rightleftharpoons$	Fe ³⁺	+	3 e ⁻	+0,036
0,000	H₂(g) + 2 H₂O(l) $\rightleftharpoons$ 2 H₃O⁺(aq) + 2 e⁻					0,000
+0,15	Cu	$\rightleftharpoons$	Cu ⁺	+	1 e ⁻	-0,15
+0,15	Sn ²⁺	$\rightleftharpoons$	Sn ⁴⁺	+	2 e ⁻	-0,15
+0,337	Cu	$\rightleftharpoons$	Cu ²⁺	+	2 e ⁻	-0,337
+0,40	2 OH ¹⁻	$\rightleftharpoons$	1/2 O ₂ + H ₂ O	+	2 e ⁻	-0,40
+0,54	2 I ¹⁻	$\rightleftharpoons$	I ₂	+	2 e ⁻	-0,54
+0,77	Fe ²⁺	$\rightleftharpoons$	Fe ³⁺	+	1 e ⁻	-0,77
+0,80	Ag	$\rightleftharpoons$	Ag ¹⁺	+	1 e ⁻	-0,80
+0,85	Hg	$\rightleftharpoons$	Hg ²⁺	+	2 e ⁻	-0,85
+0,88	2 OH ¹⁻	$\rightleftharpoons$	H ₂ O ₂	+	2 e ⁻	-0,88
+1,07	2 Br ¹⁻	$\rightleftharpoons$	Br ₂	+	2 e ⁻	-1,07
+1,36	2 Cl ¹⁻	$\rightleftharpoons$	Cl ₂	+	2 e ⁻	-1,36
+1,41	Au ¹⁺	$\rightleftharpoons$	Au ³⁺	+	2 e ⁻	-1,41
+1,50	Au	$\rightleftharpoons$	Au ³⁺	+	3 e ⁻	-1,50
+1,84	Co ²⁺	$\rightleftharpoons$	Co ³⁺	+	1 e ⁻	-1,84
+2,87	2 F ¹⁻	$\rightleftharpoons$	F ₂	+	2 e ⁻	-2,87

aumenta o potencial de receber elétrons

força oxidante crescente

força redutora crescente

aumenta o potencial de doar elétrons

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

APÊNDICE P – Roteiro Para Filme Stop Motion – AULA 09

1. Elabore um filme *stop motion* apresentando um processo de proteção de um metal contra a deterioração. Destaque os seguintes aspectos durante o filme:
 - a. O metal que estará sendo protegido da deterioração;
 - b. O metal de sacrifício (se houver);

Observação: Atente-se ao uso de metais diferentes e/ou formação de óxidos dos mesmo metal. Você poderá consultar a tabela de potenciais fornecida pelo professor(a).

Boa atividade!

APÊNDICE Q – Protocolo de Entrevista – Estudantes – AULA 09

Aula 9 - Proteção metálica
- Explique o raciocínio da sua equipe no desenvolvimento do filme sobre como evitar a deterioração metálica. - Na construção do filme vocês se atentaram a certos aspectos como os diferentes tipos de proteção e ação da eletricidade. Comente. - Fale sobre as dificuldades da sua equipe e sobre os conceitos envolvidos. - Que critérios vocês utilizaram para escolher o metal que seria de revestimento e o que seria protegido?

APÊNDICE R – Questionário de Avaliação do Curso pelos Estudantes

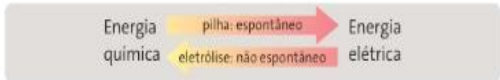
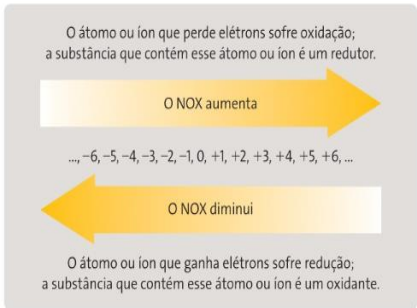
1. Você gostou de participar do minicurso? (☐) Sim (☐) Um pouco (☐) Não Justifique: _____ _____
2. Em relação à infraestrutura do minicurso você considerou: (☐) Desorganizado (☐) Pouco organizado (☐) Bem organizado
3. Dê uma nota de 0 a 10 sobre a contribuição das atividades para a sua aprendizagem de Química. (☐) 0 (☐) 1 (☐) 2 (☐) 3 (☐) 4 (☐) 5 (☐) 6 (☐) 7 (☐) 8 (☐) 9 (☐) 10. Explique o motivo da nota dada: _____ _____
4. Em relação ao tema “corrosão” você achou: (☐) Desinteressante (☐) Razoável (☐) Interessante Comente: _____
5. Aponte os conteúdos que você achou mais difíceis com um D e os mais fáceis com um F: (☐) 1 – Deterioração dos materiais no cotidiano; (☐) 4 – Deterioração dos metais; (☐) 2 – Materiais formados por metais; (☐) 5 – Proteção dos metais. (☐) 3 – Implicações sociais e ambientais da corrosão;
6. Aponte a(s) etapa(s) das atividades experimentais que você acredita ser(em) a(s) mais importante(s) para a sua aprendizagem com um sinal de mais (+) e a(s) etapa(s) que você achou menos importante(s) com um sinal de menos (-): (☐) elaboração das hipóteses individuais; (☐) desenhos sobre os conceitos envolvidos; (☐) elaboração das hipóteses em grupos; (☐) questões pós-experimento; (☐) realização do experimento; (☐) trabalho em equipe; (☐) construção do filme stop motion; (☐) discussão dos resultados; (☐) Outro. Comente: _____
7. Aponte a(s) característica(s) mais importante(s) que você acha que desenvolveu durante a realização do minicurso (é possível assinalar mais de uma opção): (☐) tenho confiança para pensar em hipóteses que resolvem os problemas; (☐) sei usar conhecimentos teóricos no experimento; (☐) aprendi sobre deterioração dos materiais; (☐) sei aplicar conhecimentos em situações novas; (☐) aprendi a realizar experimentos; (☐) agora tenho pensamento crítico; (☐) adquiri autonomia para realizar atividades no laboratório; (☐) aprendi a trabalhar em grupo; (☐) consigo coletar dados durante o experimento; (☐) aprendi muitas coisas sobre a Química; (☐) consigo interpretar os dados do experimento; (☐) não percebi diferença em meu comportamento ou aprendizado. (☐) consigo pensar com meu conhecimento cotidiano;
8. Em relação à utilização dos modelos durante o minicurso (marque uma opção): (☐) Não utilizei em nenhum dia (☐) Utilizei em poucas atividades (☐) Utilizei em muitas atividades Explique o motivo: _____

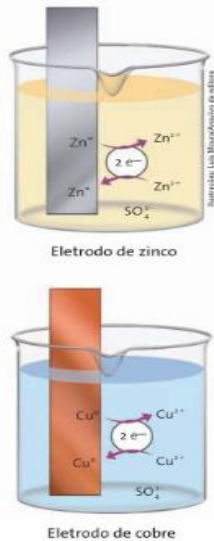
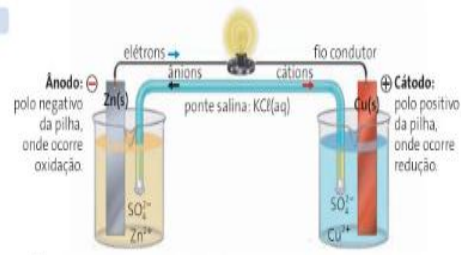
9. Sobre uso das representações (desenhos e uso de modelos no filme stop motion), marque a(s) opção(ões) que melhor expressa(m) o que significa(m) pra você: () representam o conhecimento obtido; () são formas de tentar expressar o que imagino sobre o assunto; () representam o que eu penso sobre o assunto; assunto; () são representações do conhecimento químico; () são apenas representações; () outro. Comente: _____	
10. Marque o que ajudou no seu aprendizado sobre o tema (é possível assinalar mais de uma opção): () uso de imagens () as discussões em grupo () o filme stop motion () os experimentos () os desenhos () uso de modelos () vídeos () animação/simulação () aula expositiva () Outro. Comente: _____	
11. As atividades envolvendo os modelos e o filme stop motion durante o minicurso contribuíram para a sua aprendizagem? () não contribuiu () contribuiu razoavelmente () contribuiu pouco () contribuiu muito	
12. Faça uma avaliação da atuação do professor durante o curso. _____ _____	
13. Em sua opinião, quais foram os aspectos POSITIVOS do curso? _____ _____	
14. Em sua opinião, quais foram os aspectos NEGATIVOS do curso? _____ _____	
15. Utilize o espaço a seguir caso queira fazer algum comentário adicional, como contribuição para sua formação. _____ _____	

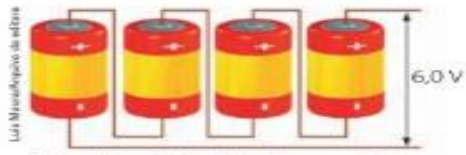
Obrigada pela participação!

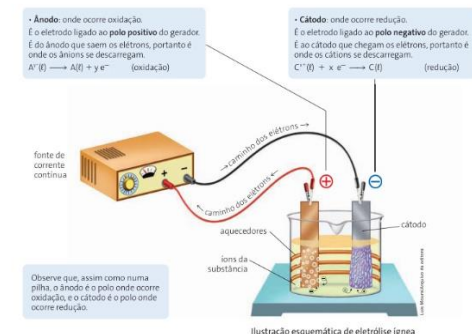
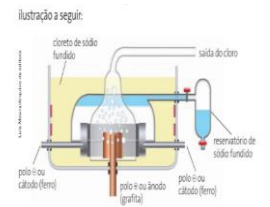
Obrigada pela participação!

APENDICE S - Quantitativo de Modelos no Livro A

Pag.	Conteúdo	Modelo didático	Comentário: função, limitações,	Qtd
265	Oxidação e Redução	Obs.: Considerando que as explicações relativas à neutralidade elétrica, condução elétrica e condução iônicae aos processos de oxidorredução situam-se no nível microscópico, pode-se afirmar que poucos modelos de ensino têm como tema algum aspecto essencial para a compreensão de idéias relativas ao conceito de pilhas e eletrólise.	Este conteúdo complexo é apresentado diretamente ao estudante sem relação com conceitos básicos: reagentes e produtos; não há explicação dos processos; não se estabelece as relações entre os níveis de conhecimento;	0
	Pilhas e Baterias Energia		Somente ilustra;	1
266	NOX		Modelo incompleto: Não apresenta representações/modelos de cargas elétricas e iônicas; Apenas para memorização;	1
	Pilha de Daniel			

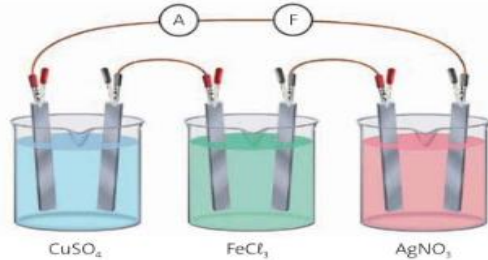
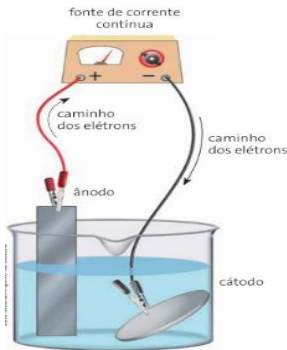
269	Pilha de Daniel – Eletrodos de Zinco	As ilustrações estão fora de escala. Cores fantasia. 	Os desenhos não são autoexplicativos. Subentende-se que o aluno é capaz de compreender as representações iônicas e de relacioná-las com o conhecimento científico descrito no texto. Modelo não é explicado: função das cores e significado das representações. Sem estado físico; Elétrons representados como bola pode gerar a concepção de que eles nadam na solução. <i>Eletrodos em separado dificultam o entendimento da corrente iônica em solução e na ponte salina.</i>	1
270	Eletrodos da Pilha: ânodo e cátodo		O polo + e – dos eletrodos não são explicados como convenção. O modelo não facilita a compreensão da corrente eletrônica e da corrente iônica. Reforça a idéia de campo elétrico ao direcionar os elétrons somente indo do negativo para o positivo. Não se descreve a função do modelo e nem suas limitações.; Não mostra a função das cores; Na ponte salina não diferencia cátions e ânions presentes (subentende-se que o aluno já sabe identificar). Não são apresentados os estados físicos dos íons em solução. Elétrons não são modelados. Não identificam-se agentes redutor e oxidante.	1

272	Medida do Potencial Padrão de um Eletrodo	-		0
273	Fatores que interferem na força eletromotriz de uma pilha;	-		0
273	Medida do potencial padrão de um eletrodo	-		0
274	Cálculo da força eletromotriz	-		0
276	Pilha seca ácida	-		0
278	Pilha seca alcalina	-		0
279	Outros tipos de pilha	-	Apresenta conceitos complexos sem modelos didáticos	1
	Acumuladores ou baterias	-	-	
280	Pilha	 Bateria de pilhas ligadas em paralelo: quatro pilhas de 1,5 V cada, ligadas em paralelo, fornecem um potencial final de 1,5 V, mas uma corrente elétrica quatro vezes maior que a gerada por uma única pilha.  Bateria de pilhas ligadas em série: quatro pilhas de 1,5 V cada uma, ligadas em série, fornecem um potencial final quatro vezes maior que o gerado por uma única pilha, 6,0 V, mas a corrente elétrica é a mesma que a produzida por uma única pilha.	Pilhas em paralelo e em série e respectiva valor da ddp. Texto explicativo.	1

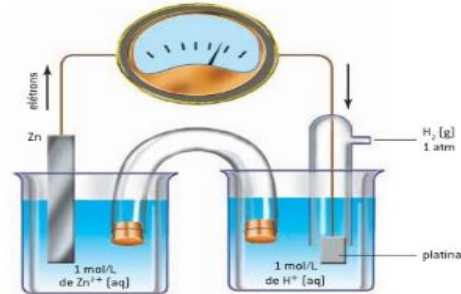
281	Classificação de sistemas eletroquímicos	-		
283	Descarte de pilas e baterias	-	-	0
286	Reciclagem do lixo eletrônico	-	-	0
288	Exercícios de revisão	-		
290	Eletrólise com eletrodos inertes			
292	Eletrólise ígnea	• Ânodo: onde ocorre oxidação. É o eletrodo ligado ao polo positivo do gerador. É do ânodo que saem os elétrons, portanto é onde os ânions se descarregam. $A^+(l) \longrightarrow A(l) + y e^-$ (oxidação) • Cátodo: onde ocorre redução. É o eletrodo ligado ao polo negativo do gerador. É ao cátodo que chegam os elétrons, portanto é onde os cátions se descarregam. $C^+(l) + x e^- \longrightarrow C(l)$ (redução)  Observe que, assim como numa pilha, o ânodo é o polo onde ocorre oxidação, e o cátodo é o polo onde ocorre redução. Ilustração esquemática de eletrólise ígnea	A ênfase dada a ânodo, cátodo, polo + e -, pode causar confusão quanto ao emprego e quanto à condição teórica dessas <i>convenções</i> (Conforme Caramel e Pacca, 2003). Íons da substância são apresentados como bolinhas ocas; a placa é chamado de cátodo; Na solução aparece carga negativa e positiva podendo gerar conflito cognitivo no aluno, uma vez que não se estabelece as relações com reações das substâncias envolvidas; Podendo passar a ideia de as cargas livres nadam na solução; Logo, o modelo não permite a compreensão das reações envolvidas e a condução de corrente elétrica ou iônica. Representa os íons em termos de cargas elétricas (isso confunde o aluno). Não explica o que significa cada símbolo. As fitas textuais são meramente conceituais, abstratos.	1
293	Obtenção de substâncias simples	ilustração a seguir: 	Identifica as partes do equipamento e as substâncias envolvidas. As fitas textuais não explicam os processos envolvidos associando ao desenho, claramente. O modelo e sua função não são explicadas.	1

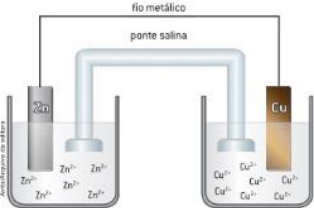
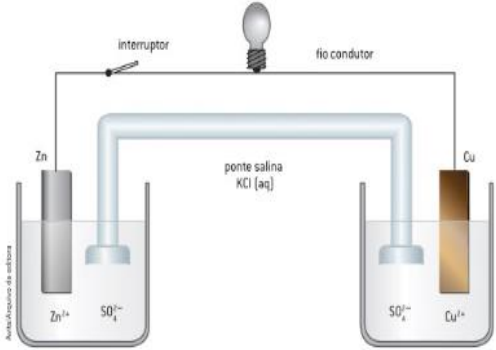
296	Obtenção do Alumínio. Eletrólise.		O modelo não é explicado. Aponta as “bolinhas” como se fosse o gás carbônico.	1
300	Os diferentes casos de eletrólise em meio aquoso		-	0
301	Eletrólise do iodeto de potássio		Apenas apresenta o desenho dos materiais envolvidos.	1
302	Eletrólise do cátion da água e do ânion do sal	A ilustração está fora de escala. Cores fantasia. Relacionamo: do processo: dissociação e reação catódica	Não apresenta a transferência de elétrons. Não explica a função do modelo, das cores e das bolhas. Não identifica o que é o sinal positivo e negativo.	1

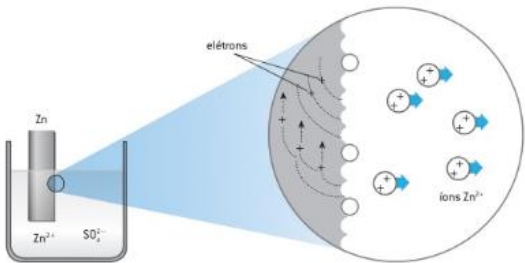
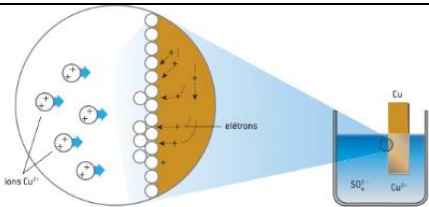
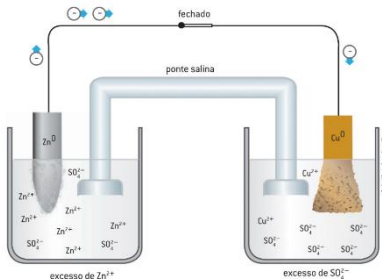
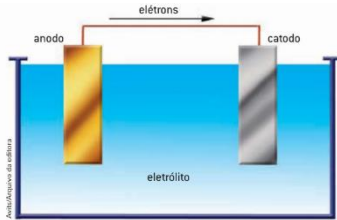
	Exercício de revisão			
305	Eletrólise com eletrodos ativos			
306	Eletrólise de purificação		- Ênfase na observação do fenômeno material. E, apresenta alguns conceitos e representações iônicas e moleculares; - Não explica a função do modelo; - Não aborda aspectos microscópicos. - Mesmas cores para metais diferentes;	1
307	Galvanoplastia			
308	Processo de cromagem		Modelo incompleto; Não apresenta um texto explicativo de representações. Não apresenta as representações dos íons metálicos (Átomos de cromo metálico - Cr^0), somente dos cátions (Cr^{+3}); Não apresenta a representação de elétrons apesar de citá-los;	1
309	Questões			
309	Leis de Faraday			
310	Eletrolise		Modelos incompletos; não mostram os modelos metálicos; não explicam modelos de bolas e cores; Metais diferentes são apresentados com mesma coloração; Ausência de elétrons;	1

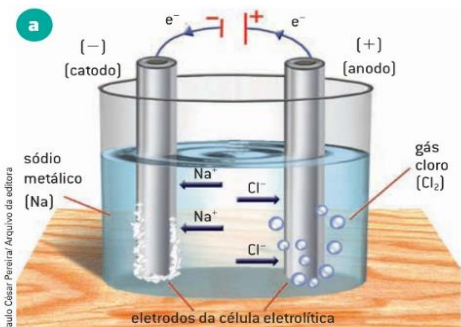
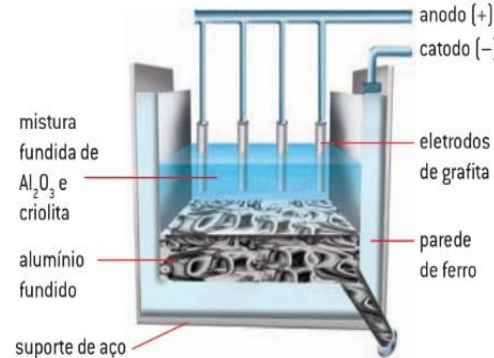
312	Aplicações das Leis de Faraday			
312	Aplicações das Leis de Faraday Cubas eletrolíticas ligadas em série	 CuSO_4 FeCl_3 AgNO_3	Modelo não explicado; Não apresenta os modelos de metal da placa metálica; apenas ilustra.	1
313	Leis de Faraday Galvanoplastia	 fonte de corrente contínua caminho dos elétrons ânodo cátodo	Modelo não explicado; Não apresenta os modelos de metal da placa metálica; apenas ilustra. Não apresenta modelo de elétrons.	1

APENDICE T - Quantitativo de Modelos no Livro B

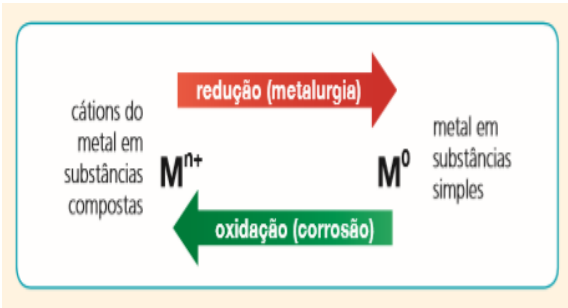
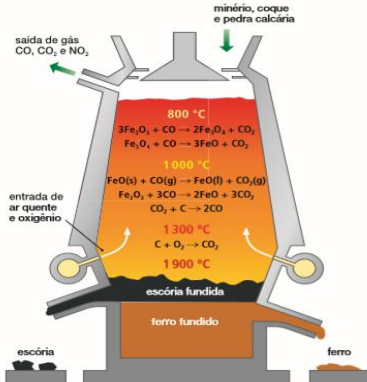
Lv. B	pg. 10 – Unidade	MORTIMER, Eduardo Fleury e MACHADO, Andréa Horta. Química. 2º Ed., São Paulo: Scipione, 2013. 5		
Pág	Conteúdo	Modelo didático (modelo concreto; desenhos; gráficos; esquemas; diagramas; analogias)	Comentário: limitações;	Qtd
196	Introdução ao movimento dos elétrons	Não há. Apenas Imagens e textos.	-	0
206	Regras de nomenclatura de sais e ácidos	 Reprodução/Arquivo da editora	No meio dotexto; Deveria está na lateral;	
Obs.:	196 a 217	Não há modelos de ensino. Somente apresenta: textos, tabelas, imagens, experimentos;	-	0
218	Pilha – potencial padrão	 Figura 5.28 Medindo o potencial de eletrodo-padrão para o zinco.		1

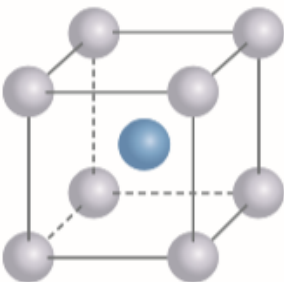
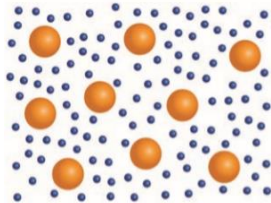
	219 a 220	Na 220 – No exercício aparece um desenho meramente ilustrativo, que não é aludido no texto.		0
221	células eletroquímicas, pilhas e baterias	Não há. Somente textos e imagens.		
222	Pilha de Daniell	 Figura 5.33 Representação esquemática para uma pilha de Daniell.	Não mostra os íons envolvidos na ponte salina. Ela aparece como que não contribuir em nada. A ideia de condução eletrônica e de íons não aparece. Reações envolvidas não aparece.	1
223	Funcionamento da Pilha de Daniell		Eletrodos em separado; Não mostram as reações envolvidas; O fluxo de íons não é apresentado.	1
224	Pilha de Daniell e circuito elétrico fechado.		Não mostra os íons envolvidos na ponte salina. Ela aparece como que não contribuir em nada. A ideia de condução eletrônica e de íons não aparece. Reações envolvidas não aparecem.	1

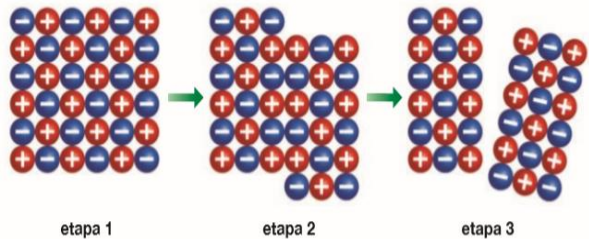
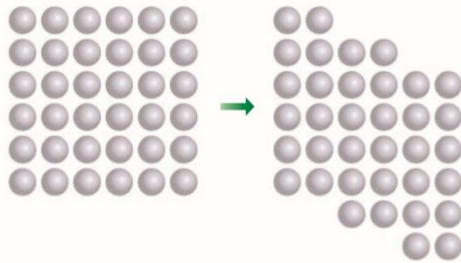
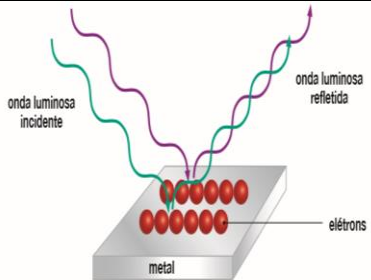
225	processo de oxidação que ocorre no eletrodo de zinco após se fechar o circuito elétrico na pilha de Daniell.		Modelos de bolas de dois tipos e de mesma cor, não explica o que significa uma delas ; e aponta cargas positivas como sendo elétrons; Eletrodos separados;	1
225	processo de oxidação que ocorre no eletrodo de cobre após se fechar o circuito elétrico na pilha de Daniell.		Modelos de bolas de dois tipos e de mesma cor, não explica o que significa uma delas ; e aponta cargas positivas como sendo elétrons; Eletrodos separados;	1
226	Representação para a pilha de Daniell após algum tempo de funcionamento		Alteração de massa; Bolas brancas novamente mas agora negativas (não diz o que significam); Elétrons apenas de um lado pra outro; Corrente iônica não parece; Ponte salina sem influencia alguma; neutra.	1
	227 a 232	Não há. Somente aparecem textos e imagens.		0
233	Célula eletroquímica		Elétrons em uma única direção; Não explica nada; Apenas apresenta materiais já apresentados anteriormente; Sem utilidade para o ensino;	1

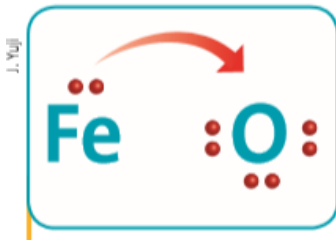
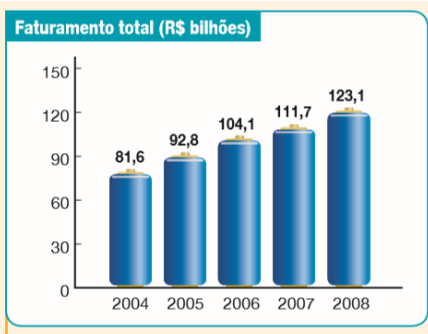
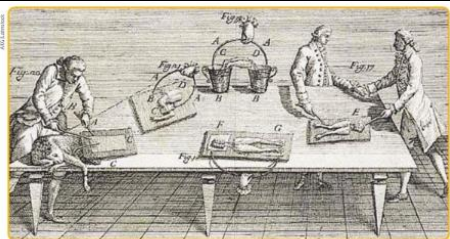
235	Exemplos de eletrose para obtenção de materiais.		O sódio metálico não é identificado no estado líquido; Elétrons em única direção; Modelos de bola e riscos não são anteriormente definidos; Não apresenta a constituição do eletrodo; Não explica que são apenas representações ou modelos; Pólo positivo e negativo não são explicado como convenção e diferente posição do da pilha;	
236	Eletrólise do Alumínio		Não apresenta reações; Não explica processos; Não facilita o aprendizado de conceitos específicos; Apenas ilustra um equipamento e seus componentes;	1
	237 a 244,	Na 244 - Exercício com dois desenhos ilustrativos; Na 248 – Dois desenhos ilustrativo; Na 249 – Três desenhos ilustrativos;		0

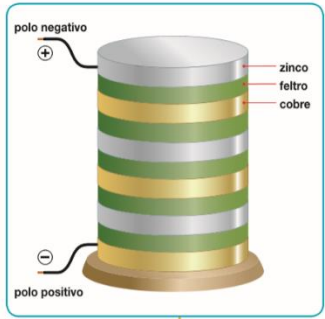
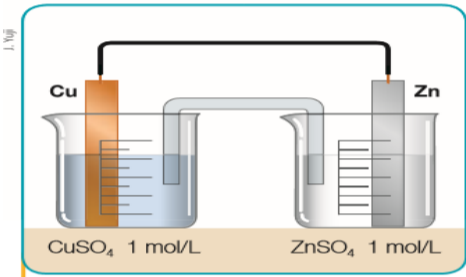
APÊNDICE U - Quantitativo de Modelos no Livro C

Pág	Conteúdo de eletroquímica no modelo	Modelo didático	Comentário	Qtd
	210 a 213	Não há. Desde a 210 somente imagens, textos, ...		
214	Metalurgia: Oxidação e redução; Nox		Não explicar/esclarecer conteúdo oxidação e redução de uma reação.	1
216	Siderurgia: Alto-forno, Reações e transformações químicas. Obtenção do metal ferro.		Não são apresentados os estados físicos de todas as substâncias; Mudança de cor realça as reações sendo formadas; Não contribui pro entendimento do conteúdo específico; Ilustrar/Explicar a abordagem do texto.	1

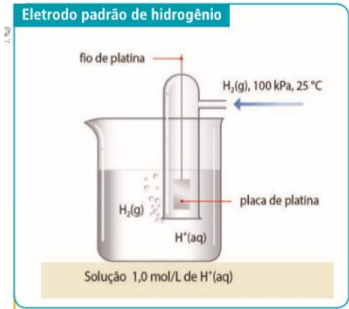
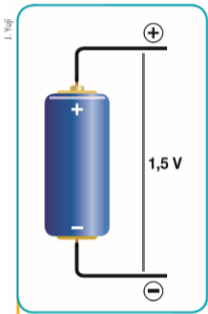
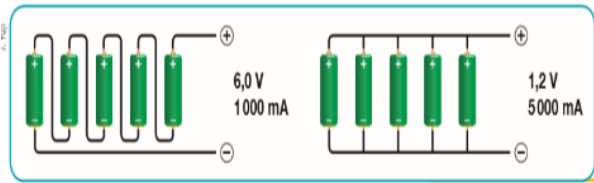
220	Temperatura de fusão, densidade e dureza.		Ilustrar/exemplificar o descrito no texto. Ela ilustra bem as propriedades físicas dos metais citados;	1
224	Ligação metálica - Determinado sistema cristalino		Modelo de bolas; Deveria estar centralizado e não à esquerda; O significado das bolas não aparece; Cores diferenciadas; Deve-se dizer que são modelos; Representar as ligações	1
	Ligação metálica: modelo de Mar de elétrons.		Modelo de bolas; Deveria estar centralizado e não à esquerda; O significado das bolas aparece no texto; Ilustra o texto explicativo. Explicar ligação metálica	1

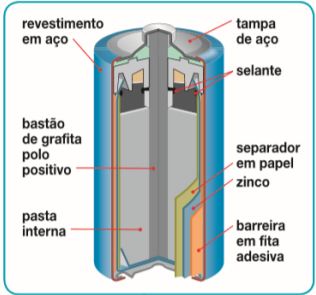
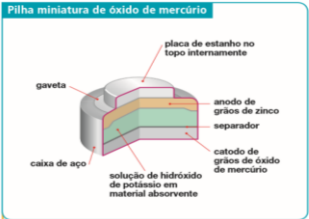
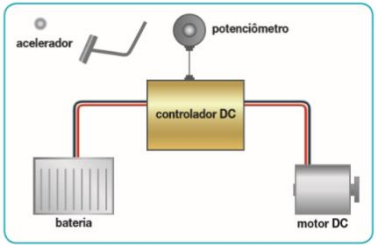
225	Sólido iônico – interação, deslocamento e rompimento	 etapa 1 etapa 2 etapa 3	Ilustrar/exemplificar o descrito no texto; Ponto negativo não identificam o significado de cada bola. *Centralizados. Ex. A bola azul, pode ser confundida com um modelo de elétrons.	1
	Sólido metálico – interação e deslocamento		Ponto negativo não identificam o significado de cada bola. *Centralizados. Ilustrar/exemplificar o descrito no texto	1
	Metais – brilho e reflexo		Ajuda a entender o brilho e reflexo. *Centralizados. Ilustrar/exemplificar o descrito no texto	1

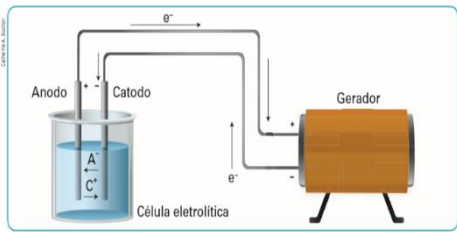
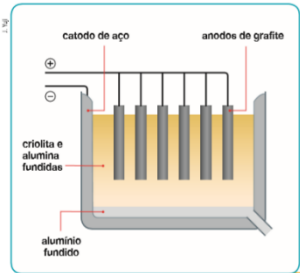
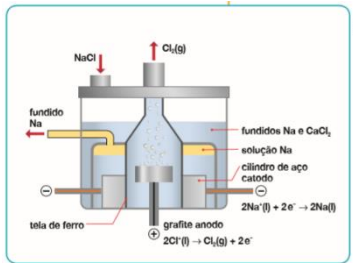
228	Oxirredução		Não mostra o que significam as bolas vermelhas; Deveria está centralizado; Ilustrar/explicar	1												
230	Número de oxidação	-	-	0												
234	Balanceamento de equações de reações de oxidorredução	-	-	0												
240	Pilhas e Eletrólise															
241	Descarte de pilhas e baterias	 <table border="1"> <caption>Faturamento total (R\$ bilhões)</caption> <thead> <tr> <th>Ano</th> <th>Faturamento (R\$ bilhões)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2004</td> <td>81,6</td> </tr> <tr> <td>2005</td> <td>92,8</td> </tr> <tr> <td>2006</td> <td>104,1</td> </tr> <tr> <td>2007</td> <td>111,7</td> </tr> <tr> <td>2008</td> <td>123,1</td> </tr> </tbody> </table>	Ano	Faturamento (R\$ bilhões)	2004	81,6	2005	92,8	2006	104,1	2007	111,7	2008	123,1	Ilustra e permite compreender a relação de consumo de equipamentos eletrônicos com uso e de pilhas; Obs.: Com o texto explicativo abaixo;	1
Ano	Faturamento (R\$ bilhões)															
2004	81,6															
2005	92,8															
2006	104,1															
2007	111,7															
2008	123,1															
245	Pilhas – aspecto histórico. Teoria da eletricidade animal		Modelo histórico; Centralizado;													

247	Pilha de Volta		Erro na nomenclatura dos polos: o positivo dito negativo; Ilustrar/exemplificar o descrito no texto	1
250	Pilha de Daniell		Ilustrar	
	Pilha de Daniell (metais envolvidos)		Ilustrar/exemplificar o descrito no texto	

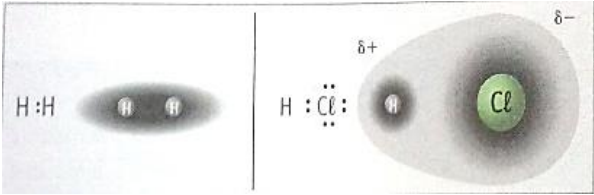
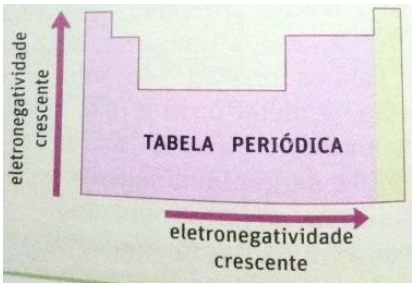
	Pilha de Daniell (constituição química)	Esquema dos processos químicos da pilha de Daniell	Ilustrar/exemplificar o descrito no texto	
251	Representação de Célula eletroquímica - conceitos eletroquímicos - reações de oxirredução - símbolos	Representação da célula eletroquímica	Modelo incompleto: Não mostra os íons da ponte salina; Não se percebe condução elétrica e de íons; Apesar do texto explicativo dar conta disso o modelo não cumpre sua função; Ilustrar/exemplificar/ identificar itens descritos no texto	
	Célula eletroquímica - conceitos eletroquímicos - símbolos	Representação esquemática da pilha de cobre-prata	Destaca ânodo e cátodo; não seria necessário visto q são apenas convenções; Faltou ênfase em oxidação e redução; Ilustrar/exemplificar/explicar de forma simplificada o descrito no texto	

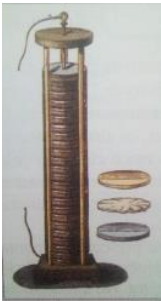
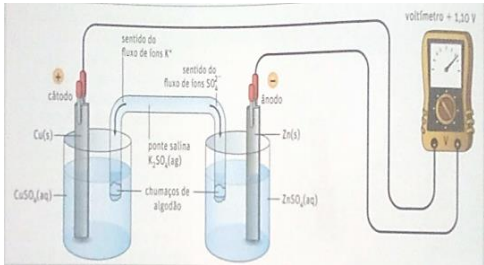
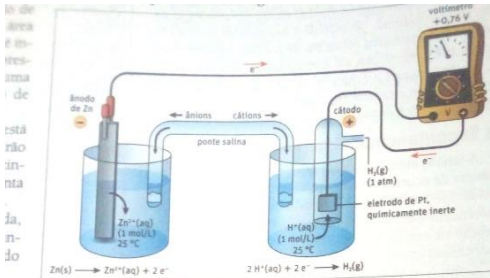
252	Potencial padrão de redução			
253	- Eletrodo padrão de hidrogênio	 Eletrodo padrão de hidrogênio fio de platina $H_2(g)$, 100 kPa, 25 °C placa de platina $H_2(g)$ $H^+(aq)$ Solução: 1,0 mol/L de $H^+(aq)$	Ilustrar/exemplificar/explicar de forma simplificada o descrito no texto	
254	Pilha – pólos e diferença de potencial - ddp		Ilustrar	
	257	Exercício: com um modelo de desenho da pilha.	Ilustrar	
	258	Exercício: com dois modelos de desenho da pilha.	Ilustrar	
	259	Exercício: com dois modelos de desenho da pilha.	Ilustrar	
259	Tipos de pilhas e baterias		Ilustrar	

261	Pilha seca de zinco e carbono		Ilustrar/identificar	
	Pilha miniatura	Pilha miniatura de óxido de mercúrio  Embora apresentem potencial elétrico praticamente invariável, essas pilhas representam sérios riscos ao ambiente, pois são feitas de mercúrio, um metal pesado, e devem ser fabricadas obedecendo aos limites legais. Seu descarte poderá ser feito juntamente com os dejetos domiciliares. Pilha miniatura de óxido de prata  As pilhas de óxido de prata são muito utilizadas em relógios de pulso.	Repetitivas Ilustrar/identificar	2
266	Baterias de chumbo ácido		Ilustrar/identificar	
	267- Exercício de pilha			
	268	Dois exercícios com desenhos	Ilustrar/identificar	

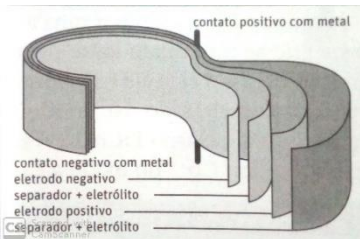
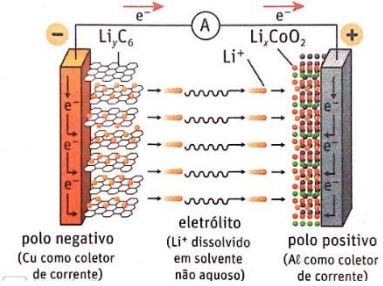
272	Eletrólise			
273	Pilha e eletricidade, gerador/ anodo, catodo e célula eletrolítica.		Anodo e catodo destacados em detrimento das reações envolvidas; Contudo percebe-se fluxo de elétrons e de íons; Ilustrar/identificar	
275			Ilustrar/identificar componentes; Não ajuda nos conceitos;	
			Ilustrar/identificar	
	276 a 283	Não há modelo de: eletrodeposição; proteção catódica contra corrosão; Aspectos quantitativos da eletrólise: Lei de Faraday		

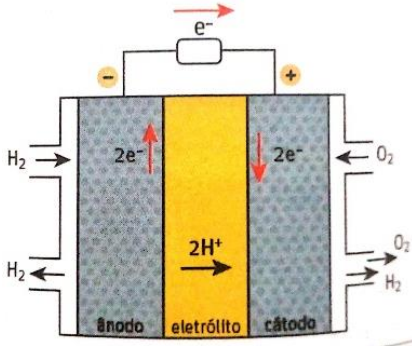
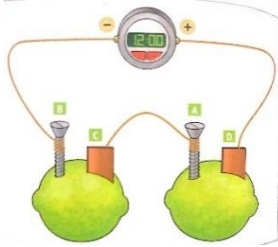
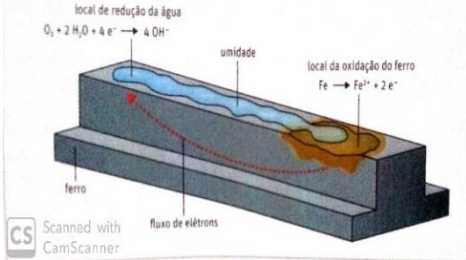
APÊNDICE V- Quantitativo de Modelos no Livro D

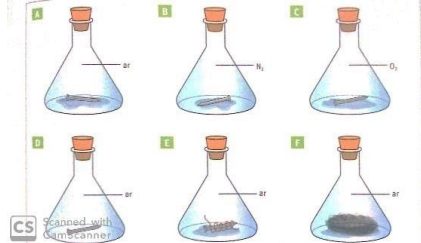
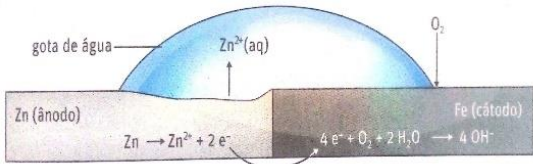
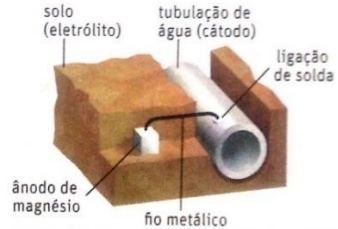
Pág	Conteúdo eletroquímica	Modelo didático	Comentário/limitações	Qtd
200	Transformações químicas que produzem energia	-	-	-
202	Número de oxidação e balanceamento de reações	-	-	-
204	Eletronegatividade e número de oxidação		Não diz que se trata apenas de um modelo; Ilustrar e Representar	1
204	Tabela – propriedade periódica		Ilustrar	
205 a 218	Na 214 – aparece um modelo no exercício.	Não há.		

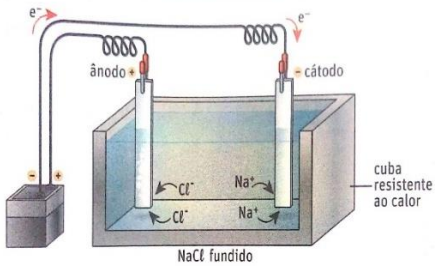
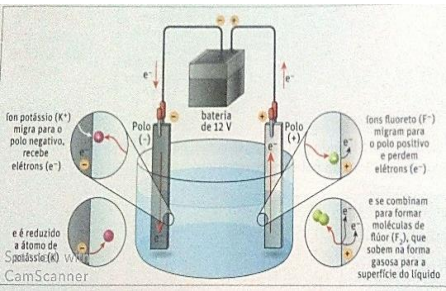
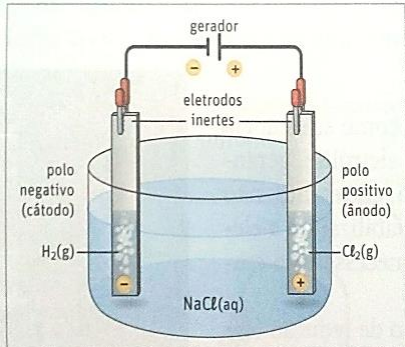
219	Reações de oxirredução e produção de corrente elétrica.		Modelo histórico; ilustrar	
220	Pilha de Daniell		Os pólos são destacados sem necessidade; Condução de elétrons não aparece; Solução de substâncias diferentes com mesma cor; E, placas de metais diferentes com mesma cor; fluxo de íons na solução não aparece; Mostra o fluxo de íons somente na ponte salina (processo); Ilustrar e representar	
221	Eletrodo padrão de H e Zn		Os pólos são destacados sem necessidade; Condução de elétrons aparece; Solução de substâncias diferentes com mesma cor; E, placas de metais diferentes com mesma cor; fluxo de íons na solução aparece; Mostra o fluxo de íons na ponte salina (processo), MAS não mostra os íons; Ilustrar e representar	
	Eletrodo padrão de H e Cu		Os pólos são destacados sem necessidade; Condução de elétrons aparece;	

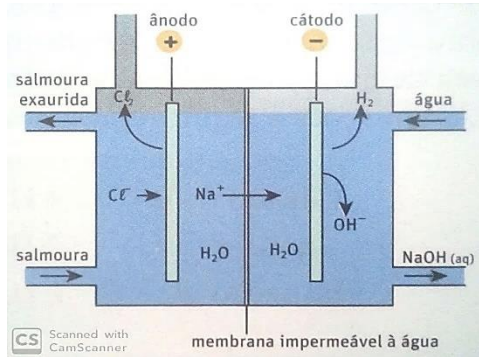
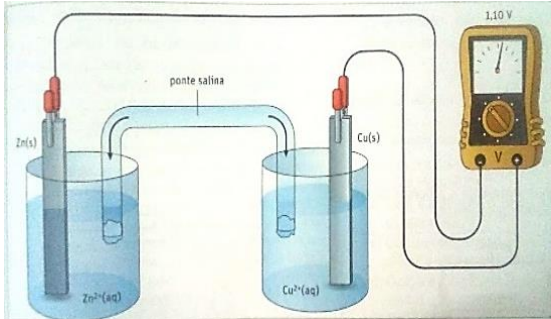
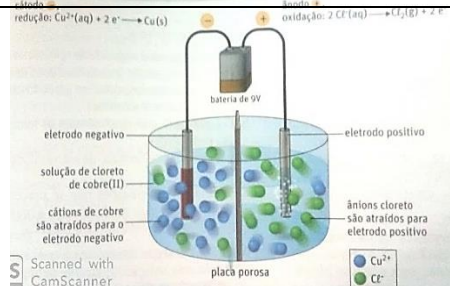
			Solução de substâncias diferentes com mesma cor; E, placas de metais diferentes com mesma cor; E, <i>apesar de ser outro esquema de outro metal deixou a mesma cor</i>; fluxo de íons na solução aparece; Mostra o fluxo de íons na ponte salina (processo), MAS não mostra os íons;	
	223 - Exercícios	Célula galvânica	Ilustrar e representar	
	223 - Exercícios	Pilha, anodo, catodo	Ilustrar	
224	Pilha em série e em paralelo		Fita lateral; Ilustrar e exemplificar	
	Pilha comum e Pilha alcalina	Representação de uma pilha comum (A) e de uma pilha alcalina (B). Esquema fora de escala e em cores-fantasia.	Ilustrar e exemplificar	

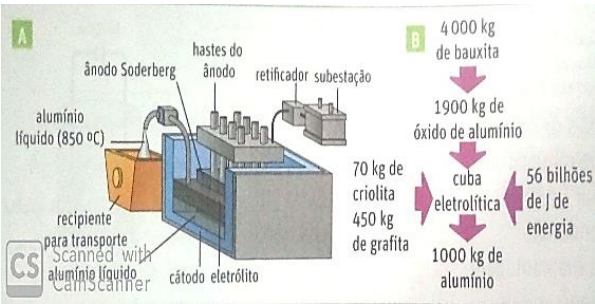
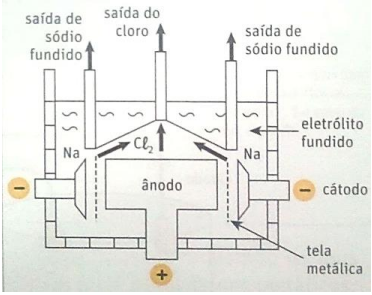
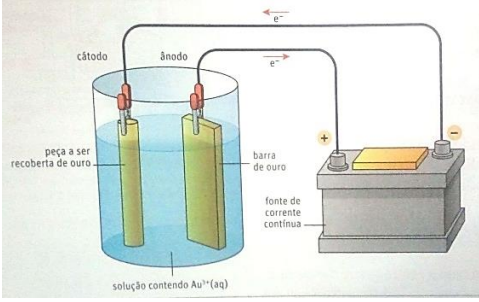
225	Bateria	 Bateria ácido-chumbo placa de chumbo recoberta com chumbo esponjoso ânodo - cátodo + placa de chumbo recoberta com PbO_2 H_2SO_4	Destaca o anodo e o catodo Ilustrar e exemplificar	
	Bateria	 contato positivo com metal contato negativo com metal eletrodo negativo separador + eletrólito eletrodo positivo separador + eletrólito	Ilustrar e exemplificar	
226	Baterias de íon lítio	 polo negativo (Cu como coletor de corrente) polo positivo (Al como coletor de corrente) eletrólito (Li^+ dissolvido em solvente não aquoso) Li_7C_6 Li_7CoO_2 Li^+ e^-	Utiliza vários modelos e cores mas não diz seus significados; Destaca os polos sem necessidade; Figura deveria ser ampliada; Possui texto explicativo mas não da conta de tantos modelos; Ilustrar e exemplificar	

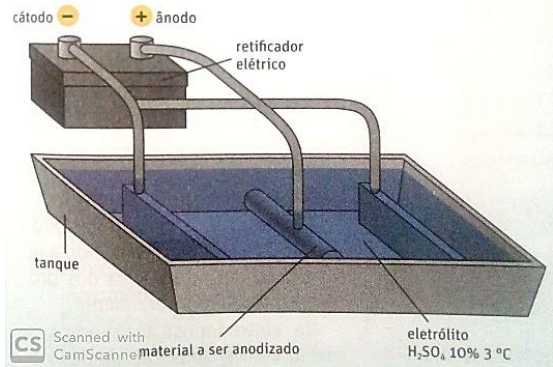
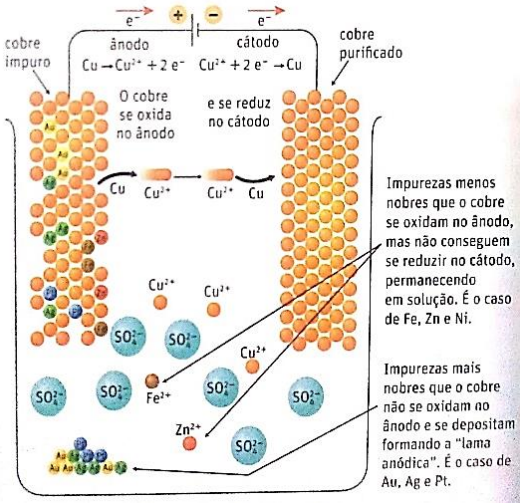
226	Célula combustível		Fita lateral; Destaca AO PÓLOS, anodo e catodo; Condução eletrônica e ausência da condução iônica. Estados físicos AUSENTES; Não ajuda no entendimento das reações envolvidas; Ilustrar e representar	
227	Exercício - Célula eletroquímica		Ilustrar e representar	
228	Experimento: Célula eletroquímica de limão		Ilustrar e exemplificar	
229	Exercício - Célula eletroquímica		Ilustrar e representar	
231	Exercício - Bateria		Ilustrar e representar	
Capítulo 15	Corrosão de metais		Corrosão de metais	
234	Formação da ferrugem-Áreas anódicas e catódicas		As reações envolvidas não são explicadas; Elétrons representados como pontos de uma seta, ficou confuso; Não mostra o fluxo de íons apenas de elétrons; Os estados físicos não aparecem; submicroscópico em detrimento; representar e exemplificar	

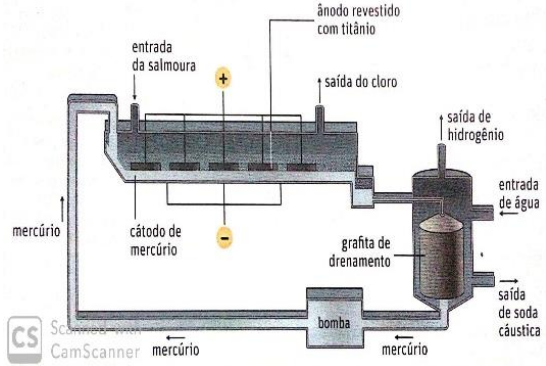
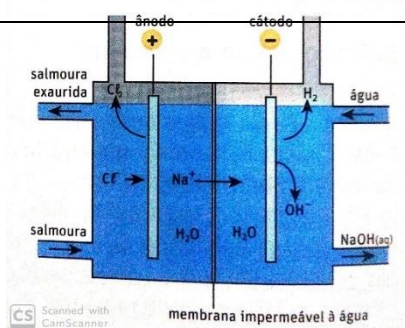
235	Corrosão - ferrugem		Ilustrar e exemplificar	
	Corrosão - ferrugem		Ilustrar e exemplificar	
237	Metal de sacrifício		Não aparece os estados físicos; Não facilita a compreensão das reações envolvidas; Apesar de está centralizado no texto, representar e exemplificar	
	Proteção catódica		Lateral. Ilustrar e exemplificar	
	238-246	– somente aparecem em exercícios -Proteção da corrosão	Ilustrar	

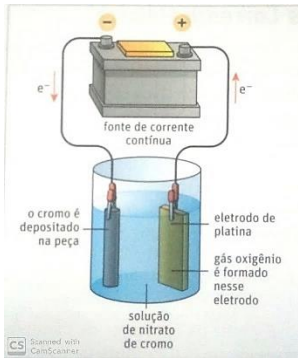
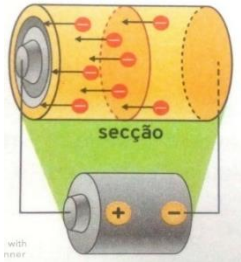
247	Eletrolise ígnea e aquosa -Eletrodos de Platina		Eletrolise NÃO TEM ponte salina; Não mostra os estados físicos; Não identifica a placa apesar de aparecer no texto explicativo; Representar e exemplificar	
248	Eletrólise ígnea		Destaca e repete os pólos; Não mostra os metais que formam as placas; Não explica os modelos; Contudo é u bom modelo; representar e exemplificar	
249	Eletrólise aquosa		Representar e exemplificar	

	Eletrólise – célula de membrana Produção de cloro e soda caustica		Tira lateral; Figura pequena; Destaca os pólos; Substâncias sem os estados físicos; Constituição da placa não aparece; Elétrons da placa não são modelados; representa e exemplificar	
251	Comparação entre Eletrólise e a Pilha		Não apresenta modelos para submicroscópico; Mesma cor para soluções de metais diferentes; Mesma cor para placas de metais diferentes; Não apresenta fluxo de elétrons e/ou íons; Não mostra os íons da ponte salina, setas sem sentido; Representar e exemplificar	
251	Eletrólise		Destaca e repete as palavras dos pólos anodo e catodo, negativo e positivo; Fluxo íons aparece e o do fluxo de elétrons não; Não diz na figura e no texto que o gás cloro está representado por bolhas; E, não diz o que representa a cor marrom na placa 1; Não diz a constituição das placas metálicas; Não deixa claro a função da placa porosa; Representar e exemplificar	
	252-253	Exercícios de Eletrólise- Desenhos	Representar	

254	Eletrólise		Destaca as convenções e terminologias catodo e anodo sem necessidade; e está centralizado no texto também sem necessidade; ilustrar	
255	Eletrólise - Célula de Downs		Tira lateral; Destaca pólos e anodo e catodo; Não apresenta estados físicos; Não mostra fluxo de íons ou elétrons; Representar e ilustrar	
256	Eletrólise-galvanoplastia do ouro		Destaca anodo e catodo; Fluxo de elétrons mas não o de íons; Mesma cor de placas de metais diferentes; Peça “a ser recoerta de ouro” já aparece coberta. Deveria mostrar um antes e depois; Representar e ilustrar	

	Eletrólise-anodização	 Scanned with CamScanner	Destaca anodo e catodo; Não mostra reações envolvidas; Não mostra fluxo de íons e/ou elétrons; Não destaca o material a ser anodizado; Representar e ilustrar	
257	Eletrólise- refino eletrolítico do cobre	 CS	Desenho mediano no meio do texto; Simbolos muito pequenos, difíceis de enxergar; Mostra o fluxo de íons e de elétrons; Não diz qual a representação da solução eletrolítica (apenas no texto diz fala da solução sulfato de cobre, mas sem aludir ao esquema); Não mostra a função do sulfato; Neutralidade elétrica; Destaca os pólos; Não apresenta o que significa cada bola colorida; Representar e ilustrar	

258	Eletrólise – célula de cátodo de mercúrio		Centralizado no texto; Não apresenta representações de substâncias; Destaca anodo e catodo; Não destaca a placa metálica; Não apresenta reações; Não contribui; Apenas ilustra;
	Elétrólise – célula de membrana		Fita lateral; Não mostra estados ; Já apresentados anteriormente (p.249); Destaca anodo catodo e polos; Representar e ilustrar
259-265	Exercícios de Eletrólise - desenhos	Representar e ilustrar	

267	Eletrólise -aspectos quantitativos		Fita lateral; Mostra fluxo de elétrons e não mostra o de íons; Destaca anodo, catodo e pólos; Não apresenta antes e depois da deposição; Não mostra as representações dos íons e metais; Não representa o gás oxigênio; E, nem o cromo depositado ou se depositando; Ilustrar e representar	
268	Pilhas		Pequena no meio do texto; Destaca pólos; Não mostra o que significam as bolas vermelhas; Não diz que a figura amarela se trata da ampliação da pilha na figura cinza; Enfase do fluxo de elétrons do negativo ao positivo (relevando o conceito de campo elétrico da física); Ilustrar e representar	
	272-275	Exercícios de Eletrólise - desenho	Ilustrar	