



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Ilha Solteira

Angélica Mattioli Rodrigues

O papel da sala de aula invertida na construção de modelos mentais sobre conceitos químicos no ensino superior

**Ilha Solteira
2023**

Angélica Mattioli Rodrigues

O papel da sala de aula invertida na construção de modelos mentais sobre conceitos químicos no ensino superior

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino e Processos Formativos da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Bizarria Gibin

Ilha Solteira
2023

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

R696p Rodrigues, Angélica Mattioli.
O papel da sala de aula invertida na construção de modelos mentais sobre conceitos químicos no ensino superior / Angélica Mattioli Rodrigues. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023
291 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Ciências e Matemática, 2023

Orientador: Gustavo Bizarria Gibin

Inclui bibliografia

1. Cognitivismo. 2. Metodologias ativas. 3. Tecnologias. 4. Ensino híbrido. 5. Nível submicroscópico das reações.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: O papel da sala de aula invertida na construção de modelos mentais sobre conceitos químicos no Ensino Superior

AUTORA: ANGÉLICA MATTIOLLI RODRIGUES

ORIENTADOR: GUSTAVO BIZARRIA GIBIN

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Ensino e Processos Formativos, pela Comissão Examinadora:



Documento assinado digitalmente
GUSTAVO BIZARRIA GIBIN
Data: 28/07/2023 16:35:38-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. GUSTAVO BIZARRIA GIBIN (Participação Virtual)
Departamento de Química e Bioquímica / Faculdade de Ciências e Tecnologia - UNESP

Prof. Dr. JACKSON GOIS DA SILVA (Participação Virtual)
Departamento de Educação / Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas - UNESP

Prof. Dr. MOACIR PEREIRA DE SOUZA FILHO (Participação Virtual)
Departamento de Física / Faculdade de Ciências e Tecnologia - UNESP



Documento assinado digitalmente
MOACIR PEREIRA DE SOUZA FILHO
Data: 28/07/2023 17:15:41-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Ilha Solteira, 28 de julho de 2023

AGRADECIMENTOS

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

RESUMO

Devido crescente uso da tecnologia nas relações humanas, é reconhecida a importância da inserção tecnológica nas metodologias de ensino científico, tal como em aulas de Química. Tal relevância procede, visto que aplicativos, simuladores e animações dos processos químicos podem auxiliar os alunos a compreenderem conceitos abstratos em nível submicroscópico. Estudos sugerem que os alunos ingressantes em cursos superiores de Química podem apresentar noções superficiais sobre o funcionamento químico neste nível. Nesse sentido, procurou-se investigar as modificações inerentes às representações internas – modelos mentais – de alunos de licenciatura em Química, sobre conceitos químicos trabalhados com acompanhamento da pesquisadora, em uma abordagem de sala de aula invertida. Este modelo de aula envolveu atividades auxiliadas por ferramentas tecnológicas. Objetivou-se reconhecer características dos modelos e avanços que possam ser alcançados pela abordagem com ferramentas que permitem visualizar indiretamente reações em nível subatômico. Por meio do questionário inicial, observou-se que os alunos possuem dificuldades em representar as proporções estequiométricas, as interações íon-moléculas, substâncias iônicas e moleculares, movimentação de íons, além de haver dificuldades de representação da formação de precipitados e das diferenças de reatividade dos metais. Ao longo das atividades, trabalhou-se com textos, vídeos e animações na modalidade de sala de aula invertida, e os participantes demonstraram melhorias em seus modelos mentais. Entretanto, ainda foram perceptíveis dificuldades na diferenciação das estruturas de substâncias iônicas e moleculares, na representação dos precipitados e na demonstração do movimento dos elétrons em um sistema de oxirredução. Os licenciandos passaram a apresentar opiniões positivas sobre a modalidade de sala de aula invertida, visto que o contato prévio com alguns materiais foi considerado essencial para o desenvolvimento do conhecimento conforme o ponto de vista dos estudantes, além de que o trabalho com atividades em desenho, *quizzes* da plataforma *Kahoot!* e simulações sobre os fenômenos em nível atômico-molecular estimularam a participação ativa, as discussões e colaboraram para o aumento da motivação e engajamento dos estudantes. Tendo isso em consideração, é essencial que os modelos mentais de licenciandos em Química passem a ser conhecidos, tendo em vista que atuarão na formação de alunos do Ensino Médio e algum aspecto incorreto em seus modelos mentais pode ser futuramente refletido pelos estudantes da educação básica. Atualmente, as tecnologias são fundamentais ao ensino das Ciências como a Química, pois simplificam o entendimento dos processos em nível submicroscópico e, aliadas ao ensino híbrido, colaboram para a maior autonomia do estudante em tomar decisões que guiem sua aprendizagem, possibilita o desenvolvimento de momentos de discussão crítica e participativa, permite a diminuição das dificuldades de compreensão de fenômenos abstratos, além de possibilitar o uso de diversas ferramentas para atividades *on-line* ou presenciais, e a proposta de trabalhos colaborativos que engajem os estudantes.

Palavras-chave: cognitivismo; metodologias ativas; tecnologias; ensino híbrido; nível submicroscópico das reações.

ABSTRACT

Due to the increasing use of technology in human relations, the importance of technological insertion in scientific teaching methodologies, such as in Chemistry classes, is recognized. Such relevance proceeds, since applications, simulators and animations of chemical processes can help students to understand abstract concepts at a submicroscopic level. Studies suggest that freshmen students in higher Chemistry courses may have superficial notions about chemical functioning at this level. In this sense, an attempt was made to investigate the modifications inherent to the internal representations – mental models – of undergraduate students in Chemistry, on chemical concepts worked with the researcher's monitoring, in an inverted classroom approach. This class model involved activities aided by technological tools. The objective was to recognize characteristics of the models and advances that can be achieved by the approach with tools that allow you to indirectly visualize reactions at the subatomic level. Through the initial questionnaire, it was observed that students have difficulties in representing stoichiometric proportions, ion-molecule interactions, ionic and molecular substances, ion movement, in addition to having difficulties in representing the formation of precipitates and differences in reactivity of metals. Throughout the activities, texts, videos and animations were worked on in the inverted classroom mode, and the participants demonstrated improvements in their mental models. However, difficulties were still noticeable in differentiating the structures of ionic and molecular substances, in the representation of precipitates and in demonstrating the movement of electrons in a redox system. The undergraduates started to present positive opinions about the inverted classroom modality, since the previous contact with some materials was considered essential for the development of knowledge according to the students' point of view, in addition to the fact that working with drawing activities, quizzes from the Kahoot platform! and simulations on phenomena at the atomic-molecular level stimulated active participation, discussions and collaborated to increase student motivation and engagement. Taking this into account, it is essential that the mental models of undergraduate students in Chemistry become known, considering that they will act in the training of high school students and any incorrect aspect in their mental models may be reflected in the future by basic education students. Currently, technologies are fundamental to the teaching of Sciences such as Chemistry, as they simplify the understanding of processes at a submicroscopic level and, combined with hybrid teaching, contribute to greater student autonomy in making decisions that guide their learning, enabling the development of moments of critical and participatory discussion, allows the reduction of difficulties in understanding abstract phenomena, in addition to enabling the use of various tools for online or face-to-face activities, and the proposal of collaborative works that engage students.

Keywords: cognitivism; active methodologies; technologies; hybrid teaching; submicroscopic level of reactions.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Modalidades de ensino híbrido	28
Figura 2 - Comparação entre as modalidades de ensino tradicional e híbrido: expansão do uso das tecnologias no ensino ao longo do tempo	30
Figura 3 - Acesso dos estudantes ao Kahoot! (a) e projeção das atividades pelo professor (b)	37
Figura 4 - Visualização de reagentes (a), de reações químicas e do nível de inflamabilidade quando um fósforo é aceso (b)	40
Figura 5 - Software “Construa uma molécula” da plataforma PhET (a; b) e ferramenta Atomlig 77 Educação (c; d)	43
Figura 6 - Plataforma JoVE - Journal of Visualized Experiments - com vídeos didáticos e de experimentos em diversas áreas	49
Figura 7 - Construção de modelos mentais pela sobreposição sequencial de imagens	55
Figura 8 - Exemplos de diagramas com palavras em determinada ordem espacial	59
Figura 9 - Sala de aula invertida conforme a proposta de Naw (2020)	71
Figura 10 - Vídeo de introdução às reações químicas	82
Figura 11 - Simulação PhET para o balanceamento de equações químicas	83
Figura 12 - Aplicativo Lab. de Reações: Explicação teórica e animação sobre a ionização do cloreto de hidrogênio	84
Figura 13 - a) Animação referente ao processo de autoionização da água, b) Representação da presença elevada de íons em eletrólitos fortes, c) Representação de íons em eletrólitos fracos	85
Figura 14 - Representação macroscópica e submicroscópica da dissolução de um precipitado	86
Figura 15 - Corrosão do metal cobre ao ser inserido em solução contendo íons prata (I)	87
Figura 16 - Acesso a plataforma Kahoot! pela interface do estudante	87
Figura 17 - Cálculo do índice de validade de conteúdo (IVC) para cada item (questão) do instrumento	94
Figura 18 - Representações dos alunos 2, 3 e 4 para a questão 1b	98
Figura 19 - Representações dos alunos 5 e 6 para a questão 1b	101
Figura 20 - Proporções estequiométricas ilustradas pelos alunos 2 e 4 para a questão 2	103
Figura 21 - Proporções estequiométricas ilustradas pelos alunos 6 e 7 para a questão 2	104
Figura 22 - Representações dos alunos 3, 4 e 9 para a reação entre Mg(OH)_2 e HCl	105
Figura 23 - Representações do aluno 5 para a reação entre Mg(OH)_2 e HCl	107
Figura 24 - Ilustrações dos alunos para a solução de Mg(OH)_2 e HCl puro	112
Figura 25 - Representações dos alunos 3 e 5 para as moléculas de H_2O no estado puro e moléculas de HCl no estado gasoso	114
Figura 26 - Representação do aluno 7 para as moléculas de H_2O no estado puro e moléculas de HCl no estado gasoso	116
Figura 27 - Representações dos alunos 3, 5 e 9 para a questão 5	117

Figura 28 - Representações dos alunos 4, 6 e 7 para a questão 5	118
Figura 29 - Representações dos alunos 1 e 9 para a questão 6	121
Figura 30 - Representações dos alunos 5 e 7 para a questão 6	123
Figura 31 - Representações dos alunos 2 e 5 para a questão 7	126
Figura 32 - Representação do aluno 4 para a questão 7	128
Figura 33 - Representação do aluno 7 para a questão 7	129
Figura 34 - Gráfico que representa as quantidades de repostas categorizadas obtidas por questão	130
Figura 35 - Número de respostas coerentes, parcialmente coerentes, incoerentes ou ausentes, obtidas por cada aluno	131
Figura 36 - Imagens representativas da proporção estequiométrica correta para a questão 2 do formulário 1	136
Figura 37 - Representação do aluno 3 para as interações na camada de solvatação	142
Figura 38 - Representação do aluno 6 para as interações na camada de solvatação	143
Figura 39 - Representação do aluno 5 para as interações na camada de solvatação	144
Figura 40 - Respostas dos alunos 1, 4 e 6 para as questões 2a e 2d do formulário 2	147
Figura 41 - Respostas dos alunos 7 e 9 para a questão 2a do formulário 2	149
Figura 42 - Respostas dos alunos 4, 7 e 8 para a questão 3b do formulário 2	150
Figura 43 - Respostas dos alunos 2 e 6 para a questão 3e do formulário 2	154
Figura 44 - Representações dos alunos 4 e 7 para a questão 1 do formulário 3	160
Figura 45 - Representações dos alunos 5 e 8 para a questão 1 e comparação com os resultados de Kelly, Barrera e Mohamed (2009)	161
Figura 46 - Representações dos alunos 1 e 11 para a questão 1 do formulário 3	164
Figura 47 - Representações dos alunos 3 e 9 para a questão 1 do formulário 3	165
Figura 48 - Representações dos alunos 2 e 8 para a questão 1 do formulário 3	166
Figura 49 - Representação do aluno 6 para a questão 1 do formulário 3	166
Figura 50 - Representação do aluno 5 para a questão 2 do formulário 3	169
Figura 51 - Representação do aluno 7 para a questão 2 do formulário 3	169
Figura 52 - Representação do aluno 4 para a questão 2 do formulário 3	170
Figura 53 - Representações dos alunos 2 e 3 para a questão 2 do formulário 3	171
Figura 54 - Representações dos alunos 1 e 5 para a questão 3c do formulário 3	173
Figura 55 - Representações dos alunos 7 e 8 para a questão 3c do formulário 3	174
Figura 56 - Representação do aluno 6 para a questão 3c do formulário 3	175

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Momentos e objetivos das etapas do minicurso	80
Quadro 2 - <i>Tokens</i> demonstrados pelos alunos na Questão 1 e subclassificação dos alunos quanto a categoria de respostas parcialmente coerentes	99
Quadro 3 - <i>Tokens</i> demonstrados pelos alunos na Questão 3 e classificação dos alunos quanto a seus modelos mentais	104
Quadro 4 - <i>Tokens</i> demonstrados pelos alunos na Questão 4 (a,b,c), classificação dos modelos mentais e subclassificação dos alunos quanto a categoria de respostas parcialmente coerentes	109
Quadro 5 - <i>Tokens</i> demonstrados pelos alunos na Questão 4 (d, e, f), classificação dos modelos mentais obtidos (parcialmente coerente e coerente), e subclassificação dos alunos quanto a categoria de respostas parcialmente coerentes	112
Quadro 6 - <i>Tokens</i> demonstrados pelos alunos na Questão 5 e classificação dos modelos mentais obtidos (incoerente e parcialmente coerente), e subclassificação dos alunos quanto a categoria de respostas parcialmente coerentes	116
Quadro 7 - <i>Tokens</i> demonstrados pelos alunos na Questão 6 e classificação dos modelos mentais obtidos (incoerente e parcialmente coerente), e subclassificação dos alunos quanto a categoria de respostas parcialmente coerentes	118
Quadro 8 - <i>Tokens</i> demonstrados pelos alunos na Questão 7 e classificação dos modelos mentais obtidos (incoerente e parcialmente coerente), e subclassificação dos alunos quanto a categoria de respostas parcialmente coerentes	123
Quadro 9 - Comparação entre os <i>tokens</i> obtidos pelo questionário inicial e pelo formulário 1 e categorização dos modelos mentais no formulário 1 quanto a estequiometria	136
Quadro 10 - Comparação entre os <i>tokens</i> demonstrados no questionário inicial e no formulário 2 e categorização dos modelos mentais demonstrados na questão 2 do formulário 2	143
Quadro 11 - Comparação entre os <i>tokens</i> demonstrados no questionário inicial e no formulário 2 e categorização dos modelos mentais demonstrados na questão 3 (b, e) do formulário 2	150
Quadro 12 - Comparação entre os <i>tokens</i> demonstrados no questionário inicial e no formulário 3 e categorização dos modelos mentais demonstrados nas questões 1 e 2 do formulário 3	160
Quadro 13 - Comparação entre os <i>tokens</i> demonstrados no questionário inicial e no formulário 3 (questões 3c e 3d) e categorização dos modelos mentais demonstrados	170

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
CAPÍTULO 1 - O PAPEL DAS TECNOLOGIAS NO ENSINO: RELEVÂNCIA DO ENSINO HÍBRIDO NA ATUALIDADE	22
1.1. As tecnologias digitais e sua importância na educação atual	22
1.2. O protagonismo e engajamento do aluno no ensino híbrido	Error! Bookmark not defined.
1.2.1. Modalidades de Ensino Híbrido	28
1.2.2. A modalidade de sala de aula invertida	31
1.3. Recursos digitais para o ensino da dimensão atômico-molecular na Química	36
CAPÍTULO 2 - OS MODELOS MENTAIS	50
2.1. A teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird	50
CAPÍTULO 3 – OS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	68
3.1 Objetivos e questão de pesquisa	68
3.1.1. Questão de pesquisa	68
3.1.2. Objetivos geral e específicos	68
3.2. Etapas metodológicas e instrumentos de coleta de dados	69
3.3. Visualização indireta da evolução dos modelos mentais	75
3.4. Realização de Intervenção Pedagógica	79
3.5. Sequência didática proposta no minicurso	79
3.5.1. Atividade realizada com o Kahoot!	87
3.5.2. Tratamento ético com os participantes da pesquisa	89
3.6. Validação dos instrumentos de coleta de dados	91
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	96
4.1. Questionário sobre conhecimentos prévios	97
4.1.1. Análise dos resultados obtidos para a questão 1	97
4.1.2. Análise dos resultados obtidos para a questão 2	102
4.1.3. Análise dos resultados obtidos para a questão 3	104
4.1.4. Análise dos resultados obtidos para a questão 4	107
4.1.5. Análise dos resultados obtidos para a questão 5	119
4.1.6. Análise dos resultados obtidos para a questão 6	119
4.1.7. Análise dos resultados obtidos para a questão 7	123
4.1.8. Gráficos representativos do desempenho em cada questão e dos tokens que os alunos possuíam – visão geral do questionário inicial	130
4.2. Análise dos formulários de atividades posteriores aos encontros coletivos	132
4.2.1. Análise do formulário 1 sobre proporções estequiométricas	132
4.2.2. Análise de tokens demonstrados no formulário 2 sobre substâncias eletrolíticas	139
4.2.2.1. Comparativos entre questionário inicial (situação anterior) e formulário 2	156
4.2.3. Análise de tokens demonstrados no formulário sobre reações ácido-base, de precipitação e oxirredução	157

4.2.3.1 Comparativos entre questionário inicial (situação anterior) e formulário 3	176
4.3 Análise das entrevistas	180
CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	188
REFERÊNCIAS	192
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SEMI-ESTRUTURADO	206
APÊNDICE B - ROTEIRO DE ESTUDO PRÉVIO SOBRE REAÇÕES QUÍMICAS E ESTEQUIOMETRIA	216
APÊNDICE C – FORMULÁRIO SOBRE REAÇÕES QUÍMICAS E ESTEQUIOMETRIA	220
APÊNDICE D – ROTEIRO DE ESTUDOS PRÉVIOS SOBRE SUBSTÂNCIAS ELETROLÍTICAS	223
APÊNDICE E – FORMULÁRIO SOBRE SUBSTÂNCIAS ELETROLÍTICAS	229
APÊNDICE F – ROTEIRO DE ESTUDOS PRÉVIOS SOBRE REAÇÕES EM FASE AQUOSA	235
APÊNDICE G – FORMULÁRIO SOBRE REAÇÕES QUÍMICAS EM FASE AQUOSA	242
APÊNDICE H – ROTEIRO PARA JOGO DE PERGUNTAS E RESPOSTAS NA PLATAFORMA KAHOOT!	247
APÊNDICE I – ROTEIRO PARA ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA	254
APÊNDICE J – TRANSCRIÇÃO DAS ENTREVISTAS	255

INTRODUÇÃO

Esta seção foi dedicada à descrição de aspectos que se mostraram essenciais para as pesquisas norteadoras do presente trabalho, a exemplo das trajetórias acadêmicas e motivacionais percorridas, e que justificam a temática do estudo realizado. Também são apresentados os objetivos que guiaram a realização da pesquisa, assim como se faz uma descrição prévia dos aspectos que serão tratados em cada um dos capítulos que compõem este estudo.

- **O surgimento do interesse no estudo de Ciências**

Realizei minha formação no Ensino Fundamental e Médio em uma escola estadual do interior do estado de São Paulo, na cidade de Quatá. Inicialmente na infância demonstrei interesse no estudo de organismos vivos, e no funcionamento interno do corpo humano e sua anatomia. No Ensino Fundamental, passei a realizar apenas por curiosidade e interesse pessoal, leituras em livros didáticos de nível básico, principalmente sobre conteúdos de Biologia, os quais não estavam diretamente associados aos afazeres e atividades das disciplinas que cursava.

Eu considerava fascinante entender o comportamento da natureza, e meu interesse inicial era realizar pinturas, desenhos de paisagens e conhecer, mesmo que apenas superficialmente, alguns organismos vivos e algo sobre seu funcionamento biológico. Isto se passava de forma extracurricular, pois nenhuma nota me era atribuída pelo estudo dos materiais que eu encontrava armazenados em uma sala de livros empoeirada na escola, e que não eram frequentemente utilizados nas aulas, a não ser para a simples cópia de textos e exercícios.

Durante o ensino básico, presenciei na grande maioria dos momentos, atividades nas quais se requeria a simples cópia de textos ou a resolução de exercícios para os quais já existiam respostas prontas. Concordo com os dados levantados pela pesquisa de Ovigli e Bertucci (2009), pois os autores comentam que no Ensino Fundamental é recorrente a modalidade tradicional de ensino, na qual não são geradas condições suficientes para a construção significativa de conhecimentos que permitam aos alunos compreender aspectos científicos básicos atrelados à resolução de problemas práticos do cotidiano e do meio ambiente, já que muitas vezes se recorre a um ensino acrítico (ausência de reflexões sobre os fenômenos científicos

presentes na sociedade e meio ambiente), a-histórico (não compreensão da natureza da Ciência e da instabilidade das leis e teorias) e memorístico.

Assim como comentado pelos autores acima citados, o Ensino Fundamental que presenciei era essencialmente caracterizado pela simples cópia de textos e memorização de conceitos prontos, com ausência de atividades problematizadoras que estimulassem a tomada de decisões na sociedade. Devido à influência deste modelo de ensino, os estudos que eram realizados por mim eram falhos, uma vez que existia a extrema necessidade de memorização. Mesmo que eu apresentasse interesses em relação ao funcionamento do meio ambiente e dos seres vivos, as leis e conceitos por mim memorizados não eram associados com problemáticas ambientais, e meu aprendizado se limitou ao contexto da própria sala de aula.

A minha curiosidade inicial sobre os conhecimentos e assuntos biológicos, entretanto, me levou a realizar leituras sobre aspectos básicos referentes às interações entre fatores biológicos e inorgânicos, o que pôde dessa forma ter me despertado para questões de natureza químico-biológica. Muitos dos conceitos por mim estudados, no entanto, não eram utilizados na reflexão e elaboração de soluções para problemas cotidianos, e permaneciam limitados aos livros em sua natureza teórica. Acredito que as influências do ensino tradicionalista não me permitiram, neste momento de formação básica, um melhor desenvolvimento de minhas capacidades argumentativas, cooperativas, de diálogo e de questionamento, uma vez que tais habilidades, segundo Galiazzi e Moraes (2002), são melhor desenvolvidas perante atividades problematizadoras, que instiguem, gerem curiosidade, estimulem debates, e proponham problemas para os quais se busque ativamente por soluções.

Metodologias de ensino ativas que estimulem a reflexão e o trabalho cooperativo estão muito presentes também em correntes construtivistas, que têm por base ideias de autores como Vigotsky, Piaget, Ausubel, Freire e outros, que possuem ênfase em aspectos sociais, históricos e associados a construção ativa de conhecimentos. Metodologias ativas não eram frequentes nos momentos iniciais da minha formação, e os poucos projetos que envolviam qualquer tipo de colaboração em equipe eram internamente rejeitados por mim, como se não fossem compatíveis com meu modo de aprendizagem. Isto se deve ao fato de os trabalhos colaborativos não serem, nesta fase da vida, familiares aos meus hábitos ou comportamentos interiorizados, o que me fez construir resistências internas às atividades cooperativas de debate e investigação.

Conforme comentam Carvalho e Gil-Pérez (1992) e Freitas e Villani (2002), durante a trajetória de vida pessoal e acadêmica do indivíduo e desde suas experiências nas primeiras séries do ensino básico, existe uma interiorização a-teórica e irrefletida de ideias, atitudes, comportamentos e valores que se derivam destas experiências pessoais, e que se caracterizam como esquemas conceituais espontâneos, pré-científicos e derivados da epistemologia do senso comum. Tais concepções, conforme Freitas e Villani (2002), podem futuramente interferir na identidade profissional de um indivíduo que decida se tornar professor, e podem se posicionar de forma contrária à reconstrução de conhecimentos, ao desenvolvimento de novos valores e posturas, e às mudanças atuais requeridas nos modos de ensino e aprendizagem, como as instituídas pelas correntes construtivistas.

Desta forma, no ensino superior e básico, Galiuzzi e Moraes (2002) sugerem que contrariamente ao ensino tradicional, ocorra o questionamento reconstrutivo e crítico de conhecimentos iniciais, a detecção de falhas ou lacunas de aprendizagem, a formulação de novos argumentos para solucionar um problema ou “preencher” uma lacuna (conhecimento incompleto ou superficial). A comunicação destes argumentos entre alunos e entre aluno-professor, assim como o diálogo crítico com referenciais teóricos e dados de experiências práticas, também poderiam auxiliar os alunos a compreender o caráter sociocultural, histórico e dinâmico dos conhecimentos científicos (GALIAZZI; MORAES, 2002), algo que eu desconhecia no ensino básico.

No Ensino Médio, meus interesses passaram a estar mais envolvidos com um futuro curso universitário, o que me fez realizar constantemente leituras e exercícios com o objetivo de responder corretamente a maior quantidade possível de problemas encontrados em vestibulares, muitas vezes de forma acrítica e não reflexiva. A realização de exercícios de forma acrítica, repetitiva, sem questionamento das respostas prontas encontradas nos livros preparatórios para o vestibular, pode ter interferido na minha aprendizagem, já que meus objetivos eram na maioria das vezes, conquistar melhores resultados em vestibulares. Também cabe mencionar que tais estudos extras realizados, ocorriam com base em livros doados por professores, e eram independentes das atividades e de outros estudos obrigatórios associados às disciplinas do Ensino Médio.

Entretanto, mesmo sem qualquer noção ou entendimento atrelado ao processo de construção crítica e significativa de conhecimentos, e mesmo imaginando uma futura atuação em laboratórios de pesquisa (devido às exigências e opiniões de

membros familiares), eram recorrentes pensamentos nos quais eu ensinava outras pessoas os conhecimentos que eu possuía, ou lhes dizia sobre minhas experiências e maneiras que descobri para a resolução de exercícios de algumas disciplinas científicas. Reconheço hoje que estes pequenos momentos imaginativos, sobre atos de ensino praticados com amigos ou familiares, podem ter se concretizado, mesmo que de forma inconsciente e irrefletida, no desejo de trilhar alguma carreira acadêmica não diretamente ligada aos laboratórios de pesquisa, mas sim a alguma atividade teórica de escrita e reflexão. E isso se tornou muito mais evidente no futuro, ao realizar um curso universitário, cursar disciplinas práticas em laboratórios, e perceber que estas últimas não se associavam diretamente a uma possível “carreira dos sonhos”.

Para Langhi e Nardi (2012), a vida familiar, as atitudes e opiniões de membros da família, relações com pessoas próximas, assim como experiências anteriores à graduação e durante o ensino básico, podem modelar a postura do indivíduo em relação ao ensino e determinar sua futura escolha profissional, como a de se tornar professor. Nesse sentido, o que mais me influenciou em realizar um curso de Licenciatura em Química, foram fatores como a opinião da minha família (como em procurar por um campus próximo, no qual não houvesse necessidade de mudança de cidade), a limitação financeira (ausência de possibilidades de pagar uma universidade particular) e a familiaridade e interesse que possuía com disciplinas vinculadas às Ciências da Natureza (Química, Física e Biologia). E deste modo, o curso de Licenciatura em Química da UNESP de Presidente Prudente foi o que esteve mais próximo dos requisitos sociais e pessoais demandados por mim e pelos membros da minha família.

A Química também chamou atenção a mim, uma vez que na região onde vivo existiam interesses econômicos e sociais associados aos melhores cargos conquistados por pessoas, como engenheiros químicos ou técnicos em Química, os quais trabalham em usinas sucroalcooleiras. Trata-se também de uma grande influência do meu pai, e de seu próprio interesse nesse ramo de serviço. Entretanto, futuramente descobri que o trabalho com a usina sucroalcooleira não era compatível com minha personalidade, o que também notei ao cursar o Ensino de Técnico em Açúcar e Alcool, feito na ETEC (Centro Paula Souza) da cidade de Quatá-SP, que ocorreu de forma concomitante ao Ensino Médio em escola pública estadual.

Através do curso técnico me aproximei de muitos conceitos químicos e de algumas práticas laboratoriais. Foi um período de muitas inquietações e de tentativas

de adaptação às mudanças em minhas próprias linhas de pensamento. Pude descobrir que possuía facilidade no entendimento de conceitos teóricos, e também grande dificuldade na execução de simples procedimentos e práticas recorrentes em laboratórios. Além disso, frequentemente era requerida a realização de várias atividades de cooperação em equipes e de exposição oral de projetos, o que me fez perceber minhas limitações, medos associados aos diálogos ou apresentações para colegas da sala de aula ou para qualquer conjunto de pessoas.

Concordo com os escritos de Laburú, Arruda e Nardi (2003) ao dizer que o espaço da sala de aula é complexo, heterogêneo, e que os alunos podem apresentar diferentes modos de aprender, além de diferentes valores, crenças, motivações em aprender e variadas trajetórias emocionais, psicológicas e cognitivas. Consequentemente surgem modos distintos de aprendizagem, pois enquanto alguns alunos são mais sociáveis e curiosos, outros procuram se ater a detalhes minuciosos dos sistemas, alguns começam a demonstrar competitividade e outros se isolam do grupo em momentos de esforço cognitivo (LABURÚ; ARRUDA; NARDI, 2003). Isto corrobora o fato de que, na opinião dos autores, deveria existir uma pluralidade metodológica, ou seja, o trabalho com diferentes metodologias de ensino que poderiam englobar o ambiente complexo e heterogêneo que constitui a sala de aula.

Ao correlacionar os argumentos dos autores anteriores com minhas facilidades ou limitações na aprendizagem dos conceitos, percebi que devido tanto à minha personalidade quanto à minha trajetória emocional e cognitiva, passei a desenvolver hábitos de estudo nos quais me isolava de grandes grupos de alunos ou de projetos escolares cooperativos. Entretanto, também posso comentar que muitas habilidades sociais e de argumentação foram melhor desenvolvidas no curso universitário de Licenciatura em Química, no qual pude em diversos momentos: reconstruir conhecimentos, reformular crenças, perceber minhas falhas e limitações, reconhecer diferentes modos de ensino (dentre eles atrelados a vertentes construtivistas), refletir sobre minhas ações e valores internalizados, me envolver em atividades metacognitivas, ou seja, de reflexão sobre os meus próprios mecanismos, controles e objetivos de aprendizagem, e refletir sobre a necessidade de constante reconstrução de saberes. Tais ações foram desenvolvidas principalmente ao longo de atividades de Iniciação Científica na graduação, e no ponto de vista de Freitas e Villani (2002), podem auxiliar no desempenho do professor na sociedade em constante modificação.

- **Licenciatura em Química e Atividades de Pesquisa em Ensino**

No início do ano de 2017 ingressei no curso de Licenciatura em Química da Universidade Estadual Paulista, campus de Presidente Prudente. No início sofri com muitas dificuldades de adaptação ao novo ambiente de ensino, às novas pessoas com as quais tive que manter contato, e a um modo de ensino que pressionava e exigia melhores resultados de aprendizagem por parte dos alunos, se comparado com o ensino básico.

No primeiro ano da licenciatura, realizei trabalhos que consistiram em leituras, análises teóricas e descritivas efetuadas através de fichamentos de diversos artigos e obras associadas ao ensino de Ciências e Química. Tais trabalhos estiveram vinculados a bolsa VUNESP/SEESP destinada aos alunos de escola pública que obtiveram os melhores desempenhos no vestibular. Tal bolsa, que perdurou durante todo o curso de licenciatura, permitiu a realização de atividades de pesquisa, que colaboraram para o meu crescimento acadêmico e pessoal. Posso relatar também que no primeiro ano me dediquei completamente a todas as disciplinas em que eu estive matriculada, pois foi o que sempre fiz desde o ensino básico – me dedicar ao máximo e esperar conseguir o melhor resultado.

O período que parece ter sido o de maior inquietação e dificuldade foi o segundo ano, no qual me deparei com disciplinas mais complexas, e com relações sociais de maior conflito. Mesmo me dedicando totalmente à compreensão dos conceitos, a metodologia de ensino utilizada por alguns dos professores não me garantia condições suficientes à aprendizagem e à conquista de melhores resultados. Já nesta fase tinham se iniciado disciplinas pedagógicas, as quais me permitiram refletir sobre os modos de ensinar de alguns professores (universitários ou não). Tal reflexão também se iniciou devido ao fato de que além de mim, a grande maioria dos meus colegas de sala de aula alcançou resultados parcos mesmo tendo estudado por um longo tempo para determinadas provas ou exames de certa disciplina (a mais difícil e traumatizante que já enfrentei).

Posso relacionar isso aos estudos de Freitas e Villani (2002), os quais comentam que muitos professores, devido a sua formação ambiental e sua identidade profissional influenciada por experiências de ensino tradicional e memorístico, seguem cegamente metodologias de ensino caracterizadas pela simples cópia dos conceitos. Neste sentido, presenciei um método de ensino em uma disciplina que para mim foi

traumatizante, que procedia pela explicação (“palestra” em que o professor dialogava apenas consigo mesmo) repleta de termos científicos e conceitos a serem memorizados, ou pela aplicação de uma prova na qual se requeria a ilustração de um raciocínio que não foi sequer ensinado em aula.

A subjetividade também é algo relatado por Freitas e Villani (2002) e Ovigli e Bertucci (2009), como sendo algo intrínseco a própria natureza humana do professor, e essencial para a convivência e diálogo com outros sujeitos participantes do processo de ensino. Paralelo a isso, ao longo de alguns dos anos do curso universitário, pude perceber certa falta de aproximação (ou seja, frieza) entre aluno e professor em certas disciplinas específicas e práticas, já que o rigor científico e metodológico encontrado, ofuscava o seu caráter humano (a exemplo do extremo distanciamento entre os sujeitos). Uma reflexão sobre estes fatores me levou a pensar que futuramente, como professora, eu deva ter uma relação mais próxima dos discentes, o que corrobora os argumentos de Ovigli e Bertucci (2009) sobre o papel das experiências pessoais e acadêmicas oriundas do ensino básico e universitário, que influenciam os comportamentos, atitudes e valores dos professores.

Além disso, houve uma reflexão e um questionamento de minha parte, no processo de interpretação dos motivos das minhas falhas ou lacunas de aprendizagem geradas no segundo ano do curso de licenciatura em Química, momento em que me deparei com disciplinas que para mim eram de grande complexidade, e que utilizavam de métodos de ensino que eu julgava incoerentes ou defasados. Acredito que tenha sido durante este momento que eu tenha realmente decidido realizar pesquisas em metodologias de ensino de Ciências e Química.

Outro ponto a ser comentado é que pude verificar a constante desvalorização do professor, tanto por parte do diálogo com colegas universitários, quanto através da visualização do comportamento de professores em sala de aula nos estágios. Tal desvalorização era visualizada principalmente quando a profissão do docente do ensino básico, era comparada à de um engenheiro químico ou à de um pesquisador que analisava produtos que poderiam ser mais relevantes financeira e tecnologicamente.

Haviam comentários e ações, da parte de colegas universitários, que colocavam as disciplinas específicas e o trabalho laboratorial em alto patamar em comparação a um “simples” professor de rede básica. Segundo os estudos de Ayres e Selles (2012), isso já se iniciou há tempos, pois em 1939 a Faculdade Nacional de

Filosofia da Universidade do Brasil consolidou o modelo de formação 3 + 1 (três anos de estudo em uma área específica e apenas um ano de licenciatura) que deveria ser seguido pelas outras instituições de ensino superior do Brasil. Conforme os autores, surgiu uma hegemonia da comunidade científica sobre a docente, de modo que os cursos de licenciatura foram considerados “apêndices” dos cursos de bacharelado, e os professores formados nesta época passaram a atuar em escolas de renome, como o Colégio Dom Pedro II, ou na própria faculdade em que se formaram, e recusavam em sua maioria a lecionar no ensino básico em escolas de menor prestígio.

Conforme Ayres e Selles (2012), com a expansão da escola em 1960 e as demandas associadas à formação de um maior número de professores, houve grande desvalorização dos salários destes profissionais, diminuição da qualidade da educação escolar, e surgimento de programas de formação de professores que não se mostravam suficientes às necessidades de preparo para ministrar aulas de Ciências. De fato, ao longo dos anos esta profissão foi desvalorizada, ao ponto de existir conselhos de pessoas próximas a mim, para desistir ou não investir nesta carreira. A busca por bens econômicos e a valorização exacerbada de status e hierarquia social parece guiar a maioria das pessoas até carreiras ou atividades cujas origens desconhecem. Entretanto, também fui levada a acreditar que a profissão docente, apesar dos percalços, possui seus méritos, uma vez que através dos professores e das situações de aprendizagem construídas por estes profissionais, os alunos passam a decidir o seu papel na sociedade, o caminho a ser percorrido e quais objetivos procurarão atingir.

No segundo ano da licenciatura, desenvolvi um trabalho de Iniciação Científica que procurava investigar os modelos mentais, ou seja, as representações internas construídas pelos indivíduos em seu processo de compreensão do mundo, referentes a fenômenos eletroquímicos, como por exemplo, as reações de pilhas e de eletrólise. Era de meu interesse entender os modelos mentais de alunos do Ensino Médio sobre eletroquímica, uma vez que muitas pesquisas em ensino indicavam que os discentes da educação básica e superior possuíam dificuldades em compreender aspectos eletroquímicos, devido à grande abstração e complexidade do tema. Isso me levou a oferecer um minicurso sobre eletroquímica, para coleta e análise de dados, com 23 alunos das três séries do Ensino Médio. Isso se passou na mesma escola em que cursei o Ensino Fundamental e Médio.

Neste minicurso, houve primeiramente a aplicação de um questionário prévio para análise dos conhecimentos iniciais dos estudantes, seguido de explicações conceituais sobre o tema, realização de experimentos químicos e desenvolvimento, por parte dos alunos, de animações com auxílio do aplicativo Stop Motion. Tais animações estavam atreladas ao funcionamento atômico-molecular dos sistemas “Pilha de Daniell” e “Eletrólise do NaOH”. Através da visualização das animações produzidas, pôde-se obter indiretamente certos detalhes dos modelos mentais dos alunos, compreender os seus aspectos superficiais (principalmente atrelados a dificuldade de “visualização mental” de espécies químicas não visíveis a olho nu) e localizar os pontos nos quais seriam necessárias novas intervenções, debates e explicações (como em caso de ausência de compreensão de proporções estequiométricas).

Por meio das atividades desenvolvidas no minicurso, foram constatadas dificuldades de reconhecimento de termos e nomenclaturas científicas empregadas para o reconhecimento de moléculas. Isto assinalou deficiências de compreensão de fatores químicos representativos de fenômenos submicroscópicos muitas vezes demasiadamente complexos e abstratos aos alunos, como os conceitos em nível atômico e eletrônico, sobre o arranjo espacial de átomos em uma molécula, e de processos de ionização e dissociação em meio aquoso. Apesar dos percalços encontrados, foi possível notar a construção do conhecimento de modo crítico, uma vez que os conceitos químicos foram associados à resolução de problemas de ordem social e ambiental (a exemplo da galvanoplastia, purificação de minérios, surgimento de ferrugem), o que fez com que os alunos demonstraram grande interesse em compreender acontecimentos com os quais têm contato frequente.

A partir deste trabalho de Iniciação Científica, foi escrito o artigo denominado “Investigação sobre modelos mentais de alunos do Ensino Médio sobre Eletrólise expressos em animações”, o qual foi divulgado por meio de comunicação oral no Congresso Brasileiro de Educação no ano de 2019. E neste mesmo ano foi aceito e apresentado para a comunidade científica local o trabalho denominado “Modelos Mentais dos alunos sobre a pilha de Daniell: Investigação com o aplicativo Stop Motion” no VII Simpósio de Educação Inclusiva e Adaptações (SEIA) e V Simpósio Internacional de Educação a Distância (SIEaD). Houve também a publicação em uma revista do artigo denominado “Modelos mentais dos alunos sobre a Pilha de Daniell: Investigação com o aplicativo stop motion”, no periódico TICs & EaD em Foco, na

edição de volume 6, e número 2, de jul./dez. (2020), como versão expandida da comunicação oral realizada no VII SEIA/V SIEaD.

Ao longo do terceiro ano do curso de Licenciatura em Química, desenvolvi o trabalho de Iniciação Científica “Atividades Experimentais Investigativas no ensino de conceitos químicos para o Ensino Médio no contexto socioambiental”, o qual teve como objetivo analisar a aprendizagem de estudantes de Ensino Médio por meio da realização de atividades experimentais investigativas. As investigações estavam em torno de questões associadas à presença de certos íons metálicos em água, à identificação do caráter ácido ou básico de substâncias encontradas no cotidiano dos alunos, e à simulação da chuva ácida.

Foi oferecido um minicurso para alunos da 1ª e 2ª série do Ensino Médio de uma escola pública do Estado de São Paulo. E foi criado um ambiente crítico e participativo, em que os conceitos químicos forneciam justificativas para os acontecimentos de determinados fenômenos cotidianos. A análise do nível de construção do conhecimento ocorreu ao longo de atividades, tanto individuais quanto coletivas, associadas aos procedimentos experimentais propostos pelos alunos para a resolução de determinada problemática pré-estabelecida. Foi constatado um melhor entendimento, ao longo das explicações, indagações e questionamentos, sobre termos e conceitos científicos anteriormente desconhecidos pelos estudantes. Entretanto, algumas dificuldades ainda foram detectadas sobre o comportamento em nível molecular e atômico das reações químicas, e também houve a presença de confusões e dúvidas com relação a alguns termos da linguagem química.

Ao longo deste trabalho julgou-se fundamental que os alunos estabelecessem conexões entre os conceitos científicos e os fenômenos sociais e ambientais. Pode-se correlacionar isto com alguns dos objetivos que subjazem as dimensões da alfabetização científica descritos por Sasseron e Carvalho (2011), como o de compreender os termos científicos necessários ao entendimento da natureza da Ciência, comunicar e tomar consciência de descobertas científicas e entender os impactos das Ciências e suas tecnologias na cultura e no meio ambiente. É possível considerar também que as atividades investigativas associadas à compreensão científica de fenômenos sociais e ambientais presentes no projeto de Iniciação Científica mencionado, puderam atuar na formação pessoal dos indivíduos, pois conforme argumentam Sasseron e Carvalho (2011), este tipo de atividade pode

auxiliá-los na tomada de decisões éticas ou políticas associadas com as Ciências e seus artefatos tecnológicos.

No quarto ano do curso de licenciatura, novos empecilhos foram enfrentados devido a pandemia do novo coronavírus, existindo um planejamento de atividades, inicialmente presenciais, associadas à coleta de dados para compor análises e descrições necessárias à Monografia de Conclusão de Curso. Foi necessário, entretanto, um grande ajuste metodológico, já que se realizou um minicurso on-line, cujo público alvo eram alunos ingressantes no curso de Licenciatura em Química. Os objetivos se atrelavam à investigação dos modelos mentais dos participantes quanto aos conceitos de eletroquímica, de modo semelhante ao realizado nas atividades do minicurso efetuadas anteriormente com alunos do Ensino Médio. No entanto, recorreu-se a formulários digitais, *softwares*, experimentos demonstrativos no formato de vídeos e encontros virtuais.

Pelo tratamento de informações visuais originadas das animações, obteve-se indiretamente noções sobre as falhas, inconsistências e aspectos coerentes que possam estar presentes nos modelos mentais sobre eletroquímica dos alunos de licenciatura. Identificaram-se aspectos onde os participantes possuíam dificuldades em visualizar mentalmente os fenômenos eletroquímicos, ou seja, os pontos onde os modelos mentais se mostravam falhos ou superficiais quanto ao entendimento das reações em nível atômico-molecular. Os dados coletados permitiram reconhecer a importância de se discutir as metodologias de ensino vigentes no ensino superior, e sobre como possíveis noções superficiais ou incompletas dos licenciandos, referentes aos acontecimentos atômicos-moleculares, podem refletir futuramente em dificuldades de compreensão de alunos do ensino básico.

Todas as atividades e etapas concretizadas ao longo do curso de licenciatura em Química, me fizeram questionar os modelos de formação vigentes, refletir sobre minha própria trajetória formativa, e aceitar que ser professor requer lidar com a instabilidade dos conhecimentos socialmente construídos, uma vez que o avanço científico e tecnológico e as mudanças sociais decorrentes, constantemente demandam que o docente desenvolva atitudes e métodos a fim de que o ensino se adeque às mudanças instituídas. Devido a isso, passei a concluir que a área de ensino precisa ser cada vez mais valorizada na sociedade, visto que é a partir dos profissionais da educação que novas metodologias de aprendizado são desenvolvidas para se adaptar ao mundo em constante transformação. Sem professores, não

haveriam médicos, policiais, dentistas, matemáticos, bancários, ou até mesmo vendedores que sabem a matemática básica necessária em seu dia a dia. Sem os professores, não haveriam as recentes inovações tecnológicas feitas por cientistas, e não haveriam descobertas sobre o sistema solar ou sobre a atmosfera de Marte. As descobertas feitas por cientistas e estudiosos importantes também tiveram um começo na própria sala de aula.

Nesse sentido, possuo atualmente questionamentos em relação à influência das tecnologias na sociedade atual e nas metodologias de ensino, assim como quais seriam suas potencialidades para o ensino de conceitos químicos complexos e abstratos. Outras questões se associam com o papel dos recursos digitais no ensino da Química, e quais seriam as vantagens e limitações que permeiam o ensino híbrido e remoto. São questionamentos que eu almejei investigar em pesquisas que ocorreram no âmbito do curso de mestrado.

Desse modo, a questão de pesquisa esteve atrelada ao seguinte questionamento: De que forma o uso de tecnologias que trabalhem com representações imagéticas, como simuladores, vídeos, animações e games, aliado à metodologia de sala de aula invertida, pode auxiliar na construção de modelos mentais mais complexos acerca de aspectos atômico-moleculares envolvidos com o nível submicroscópico de representação

• **Objetivos da pesquisa**

Objetivo geral

Investigar os modelos mentais de alunos dos anos iniciais de licenciatura em Química, quanto a sua compreensão de processos em nível atômico e molecular.

Objetivos específicos

- Analisar se possíveis dificuldades podem ser superadas ou amenizadas pelo emprego de metodologias tecnológicas e ativas associadas ao modelo de sala de aula invertida;
- Realizar a observação destas limitações ou avanços que os estudantes possam apresentar, por meio da análise de seus modelos mentais;
- Verificar se a partir do trabalho com simuladores, aplicativos, textos, vídeos e imagens, há melhor compreensão das transições entre os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico de representação.

- **Apresentação da estrutura do trabalho**

O estudo aqui apresentado, é composto por sete capítulos, os quais estão descritos a seguir quanto às suas características gerais:

Na seção de *Introdução*, se apresentou uma descrição dos aspectos da trajetória acadêmica atrelados às motivações para o desenvolvimento do presente estudo. Além disso, discorre-se sobre os objetivos que guiaram a realização da pesquisa e se apresentam os pontos que serão tratados em cada capítulo que compõe a estrutura deste estudo.

No *Capítulo I – O papel das tecnologias no ensino: Relevância do ensino híbrido na atualidade*, são apresentados fundamentos teóricos associados a utilização das abordagens de ensino híbrido, dentre elas a sala de aula invertida. Se discorre sobre a importância da presença nos processos de ensino e aprendizagem, das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação, a exemplo de ambientes virtuais de aprendizagem e de ferramentas tecnológicas imagéticas que colaboram para a diminuição das dificuldades de compreensão dos fenômenos químicos em nível atômico-molecular. Além disso, é discutido o papel das metodologias de ensino híbrido para o aumento do interesse, participação ativa e autonomia dos estudantes.

No *Capítulo II – A teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird*, se discute como o conhecimento é elaborado pelos indivíduos a partir de representações internas denominadas de modelos mentais. Neste capítulo, ocorre uma explicação sobre as características dos modelos mentais, assim como de outras representações internas, como se dá a sua construção em nível cognitivo, e como os modelos se associam com a aprendizagem de Ciências e de Química.

No *Capítulo III – Procedimentos Metodológicos*, é apresentada a questão de pesquisa que norteia este estudo, e as etapas metodológicas de coleta e análise de dados que ocorreram a fim de encontrar respostas para tal questão. São explicadas também a natureza qualitativa da pesquisa, o público-alvo e os fundamentos metodológicos que guiaram a análise de dados.

No *Capítulo IV – Resultados e Discussão*, ocorre uma apresentação dos resultados obtidos a partir do questionário de conhecimentos prévios, de atividades dos formulários 1, 2 e 3 e de entrevistas realizadas com os estudantes que compunham o público-alvo da pesquisa. Tais resultados são discutidos conforme o

referencial de modelos mentais e de outros teóricos cujos trabalhos se associam com os modelos mentais sobre o nível atômico-molecular.

No *Capítulo V – Considerações Finais*, se dão as considerações sobre a análise de dados e as implicações da pesquisa no ensino.

CAPÍTULO 1 - O PAPEL DAS TECNOLOGIAS NO ENSINO: RELEVÂNCIA DO ENSINO HÍBRIDO NA ATUALIDADE

Neste capítulo são apresentados os fundamentos teóricos que justificam a importância da presença das tecnologias nos atuais ambientes de ensino, e de como o ensino híbrido – que concilia ambientes de ensino virtuais, pode se tornar relevante para o desenvolvimento do pensamento crítico, para a participação, colaboração entre os alunos e para que estes desenvolvam competências, como as associadas a autonomia e tomada de decisões sobre seu próprio aprendizado. Também se discorre sobre a importância das ferramentas imagéticas tecnológicas no ensino de Química, uma vez que estas colaboram para a diminuição das dificuldades de compreensão do nível submicroscópico ou atômico-molecular.

1.1 As tecnologias digitais e sua importância na educação atual

Cada vez mais, ao longo da história da humanidade, a sociedade se aprimora e desenvolve novas tecnologias. Nesse contexto, a era tecnológica atual foi denominada de Sociedade do Conhecimento ou Era Digital (LEITE, 2018), devido à criação de espaços de interação virtual, e plataformas onde grande parte dos conhecimentos e informações são livremente disponibilizados. Em contrapartida, observa-se que o ritmo das mudanças sociais e do aprimoramento tecnológico não está sendo acompanhado nos ambientes de ensino em escolas e universidades. Segundo Leite (2018), poucas pesquisas foram desenvolvidas recentemente na área do ensino de Química, com o propósito de elaborar abordagens pedagógicas com a inserção de tecnologias.

Entretanto, na opinião de Mattar (2013, p. 22), é necessário o desenvolvimento de teorias e práticas pedagógicas que se adequem também ao ensino em plataformas virtuais, na Web 2.0 e em dispositivos móveis, como mediadores do diálogo e dos processos de construção do conhecimento, para que possibilitem a “[...] *interação, comunicação e produção de conteúdo colaborativo em ambientes virtuais*”.

Aulas em um ambiente predominantemente remoto (apenas com uso de tecnologias) se tornaram comuns quando as escolas se fecharam, e quando deu-se início ao ensino remoto emergencial, conforme exigências políticas e associadas à saúde pública (SOUSA, 2020). Para Mendonça, Lima Júnior e Souza (2020), grandes dificuldades surgiram em meio a este contexto social, seja no que tange à limitação

do acesso à tecnologia, ou ao perfil social e econômico dos discentes, além de questões sobre o entrave nos recursos financeiros fornecidos pelos setores públicos para a disponibilização de artefatos tecnológicos.

O Ensino Remoto Emergencial se concretizou em um processo de adaptação de conteúdos educativos anteriormente trabalhados completamente de modo presencial (NASCIMENTO, 2020). Há consideráveis diferenças entre o ensino por modalidade EaD (Educação a Distância) e o ensino remoto, uma vez que no primeiro há a oferta estruturada de conteúdos e atividades pedagógicas disponíveis em plataformas *on-line* e organizadas por uma equipe de profissionais preparados (HODGES et al., 2020). Já o ensino remoto, conforme os autores anteriores, não é totalmente estruturado com conteúdos adaptados ao ensino em plataformas digitais, e visa principalmente o acesso momentâneo a conceitos antes trabalhados em sala de aula de forma presencial. Nas palavras de Rondini, Pedro e Duarte (2020, p. 43):

As mudanças no sistema educacional tiveram que ser realizadas rapidamente, [...] os professores precisaram transpor conteúdos e adaptar suas aulas presenciais para plataformas *on-line* [...], sem preparação para isso, ou com preparação superficial, também em caráter emergencial [...]. Todavia, a literatura aponta que esse período desafiador pode ser promissor para a inovação da educação, considerando-se que os professores e estudantes não serão mais os mesmos, após o período de ensino remoto. Assim, as TDIC podem ser ressignificadas e ocupar um espaço importante no processo de ensino-aprendizagem [...] (RONDINI; PEDRO; DUARTE, 2020, p. 43).

As pesquisas de Sousa (2020) sobre os diversos fatores da modalidade de ensino com inserção das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) sugeriram que, mesmo com a presença de preocupações atreladas a um possível despreparo dos envolvidos em trabalhar e estudar remotamente, além de questões sobre a saúde mental de alunos e docentes, o autor sugere que atividades remotas foram um recurso favorável ao ensino nesta circunstância social, visto que as aulas não poderiam ocorrer presencialmente, e não restou outros modos (a não ser de forma *on-line* e remota) que garantissem algum contato dos estudantes com as aulas.

Tendo em vista que houve necessidade de utilização destas ferramentas em um contexto de educação remota emergencial, onde o uso de plataformas virtuais se tornou cada vez mais comum, estima-se que ocorra um maior aumento da utilização de atividades virtuais, recursos digitais e plataformas interativas (DIAS; PINTO, 2020). Com o desenvolvimento tecnológico e industrial, passaram a ser fabricados

dispositivos que possuem várias ferramentas acopladas, algumas que funcionam como câmeras, outras que permitem firmar, ver filmes, ler livros, digitar mensagens e escutar músicas (SILVA, 2018). Por meio de dispositivos móveis a exemplo de smartphones e tablets, para Silva e Silva (2014), surgem variedades de formas de comunicação, de representação de ideias, de compartilhamento de informações e de construção colaborativa de conhecimento.

Uma ferramenta tecnológica viável no ensino, é a plataforma *Google Classroom*, já que ela pode ser acessada a partir de smartphones, os quais são sempre utilizados pelos estudantes. A partir de tal plataforma pode-se estudar, ter acesso a materiais, realizar atividades e organizar a realização das aulas síncronas (SILVA, 2018). Conforme Silva (2018):

Os estudantes não ficam restritos ao ambiente escolar, podendo compartilhar informações, arquivos e acessar anotações a qualquer momento e em qualquer local, bem como, tirar dúvidas sobre o assunto trabalhado em aula. No ambiente GC, o professor pode gerar tarefas escolares, enviar automaticamente cópias de atividades para cada aluno e acompanhar a execução de trabalhos. Além disso, também é possível separar conteúdos ou estudantes em diferentes turmas, o que abre imensas possibilidades na organização dos materiais e atender as especificidades de cada um (SILVA, 2018, p. 66).

Os resultados da pesquisa de Silva (2018) ainda apontam que os discentes participantes de sua pesquisa (alunos do Ensino Médio), possuem grande contato com a internet e com os aparelhos smartphones; entretanto, os utilizavam exclusivamente em redes sociais. Isso demonstra que, mesmo que muitas vezes os estudantes possuam os recursos, tais aparelhos ainda não são vistos como possibilidades de acesso a informações e construção de conhecimento mesmo em espaços formais como a escola ou a universidade. Tais ferramentas tecnológicas, entretanto, são vistas pelas abordagens de Ensino Híbrido, como grandes potenciais que engajam e motivam os estudantes.

1.2. O protagonismo e engajamento do aluno no ensino híbrido

Há uma necessidade crescente da inserção dos alunos como protagonistas do processo de ensino e aprendizagem. Ainda são presentes nas práticas pedagógicas de muitos professores, as metodologias de caráter exclusivamente tradicional, que

privilegiam a fala do professor, a cópia de textos e a resolução de listas de exercícios, que não são suficientes para a construção de conhecimento de forma crítica e participativa, pois conforme Laburú, Arruda e Nardi (2003, p. 248) sabe-se que: “[...] *as velhas estratégias de ensino [...], baseado na lógica da “doação” do saber, que privilegia a audição em detrimento da fala, são insuficientes em assegurar que os aprendizes realmente aprendam os conceitos científicos*”.

As grandes mudanças nos modos de ensino e aprendizagem, apesar dos obstáculos, podem induzir alterações nas perspectivas pedagógicas com inserção das TDIC, desenvolvimento de práticas pedagógicas mais ativas, tecnológicas, motivacionais e centradas no aluno, além de incitar a geração de soluções criativas aos problemas pedagógicos que possam se conectar a situações cotidianas dos alunos (HODGES et al., 2020; RONDINI; PEDRO; DUARTE, 2020).

Conforme Leite (2020), hoje em dia procura-se por metodologias alternativas que abranjam uma formação integral e conectada com o contexto tecnológico atual, como por meio da inserção de (TDIC), o que exige reavaliar a estrutura da sala de aula. As tecnologias podem também permitir a geração de situações de aprendizagem que não se limitam ao ambiente físico da sala de aula. Ou seja, atividades e dinâmicas colaborativas podem se dar em locais e horários que se adequem ao modo de vida dos alunos, pois consideram-se as suas diferentes situações sociais, diferentes modos de aprender, e diferentes horários que os estudantes consideram oportunos.

E para que não ocorram os criticados processos de isolamento gerados por tecnologias é necessário que estas não tenham um fim em si mesmas, mas que sejam mediadoras da articulação de ideias, já que “[...] *um simples jogo ou atividade realizada no formato digital pode servir como inspiração para uma ação integradora, e não individual*” (BACICH; MORAN, 2015, p. 45). É necessário partir também de situações que estimulem os estudantes, como ao correlacionar acontecimentos cotidianos com sua explicação científica, o que aumenta as possibilidades de o aluno se engajar e participar ativamente da situação de aprendizagem, com intervenção de ferramentas tecnológicas imagéticas que demonstrem fenômenos científicos muitas vezes abstratos. As situações de aprendizagem ativas, presentes quando os estudantes se dispõem de modo engajado, crítico e como centro do processo de aprendizagem, se fazem presentes no ensino híbrido (BACICH; MORAN, 2015).

O ensino híbrido corresponde a um ambiente de comunicações, trocas de experiências e construção de conhecimento, em que a tecnologia passa a ter vínculos

com objetivos educativos estabelecidos por um mediador: o professor (DUTRA; COSTA, 2016). A educação híbrida se baseia em uma pluralidade metodológica, em formas alternativas de aprender e que não se limitam às barreiras físicas da sala de aula e às carteiras enfileiradas, já que as atividades podem ocorrer em espaços não formais (BACICH; MORAN, 2015; LOPES, 2015).

Atualmente, as relações sociais em espaços formais e informais, têm caráter colaborativo e participativo, e refletem a forma como os alunos da sociedade tecnológica pensam sobre o mundo, o que diverge de concepções tradicionais hierarquizadas (BACICH; TANZI NETO; TREVISANI, 2015; LANKASHEAR, 2007). Na aprendizagem por modelos híbridos, o estudante desempenha papel de protagonista, pois se torna participativo e reflexivo (BACICH; MORAN, 2018). Com o ensino híbrido reitera-se que há uma flexibilização dos tempos, espaços, materiais e atividades utilizados nos processos de ensino, que com orientação apropriada do professor, podem contribuir no desenvolvimento de soluções para as demandas dos estudantes da atualidade (MORAN, 2018). Em outros termos, no ensino híbrido, parte do ensino e aprendizagem se dá de forma *on-line*, e parte em modalidade presencial.

Ressalta-se que as turmas possam ser heterogêneas (LOPES, 2015), ou seja, os alunos possuem histórias cognitivas, psicológicas e culturais diferentes, que lhes garantem formas específicas de aprender. E como o ensino híbrido possibilita o uso de livros, jogos, plataformas virtuais, espaços de colaboração e outros recursos, o estudante pode trabalhar segundo o método e a ferramenta que lhe é melhor compatível (LOPES, 2015). Ou seja, isto permite ao estudante ter alguma liberdade de escolha sobre horários de estudo, modalidades de trabalhos (coletivo ou individual) ou fontes de estudo (textos, simulações, jogos, vídeos) (GARRISON; KANUKA, 2004). Desta forma, nesta modalidade de ensino, que engloba tanto atividades presenciais quanto virtuais (BARCELOS; BATISTA, 2019), há interligação com atividades que propiciam a construção de conhecimento e que levam em consideração as individualidades dos alunos em suas variadas formas de aprender.

Quanto ao ensino de Ciências e de Química em uma metodologia ativa com inserção tecnológica, pode-se afirmar que através das tecnologias é possível que os estudantes reflitam, examinem diferentes situações e problemas, compartilhem suas ideias, questionem, e proponham soluções para diversos questionamentos (LEITE, 2019). A combinação entre metodologias ativas e o uso de recursos tecnológicos pode receber a denominação de Aprendizagem Tecnológica Ativa (LEITE, 2018; 2020),

onde os discentes resolvem problemas, leem, escrevem, trabalham em grupos ou individualmente, com o auxílio de diversos materiais (o que inclui recursos digitais), e o professor se torna um mediador e aquele que define o recurso tecnológico a ser empregado, de modo a verificar suas limitações e potencialidades.

Sobre isso, as pesquisas de Garrison e Kanuka (2004) também sugerem a utilização de metodologias tecnológicas ativas vinculadas ao ensino híbrido (com etapas *on-line*) no ensino superior, uma vez que o ensino híbrido permite uma construção de significados e de conhecimentos de forma crítica, e instiga os indivíduos a terem maior controle sobre seus próprios processos cognitivos no sentido de adquirirem uma compreensão metacognitiva (aprender a aprender). Os autores então descrevem que “[...] *isso não representa o fim da instituição baseada no campus, mas nos fará reconhecer a melhor forma de utilizar o aprendizado presencial e online para fins de ensino superior*” (p. 96, tradução nossa).

O ensino híbrido, também do ponto de vista de Santos et al. (2019) leva à autonomia e a uma maior tomada de decisões, desde que haja um comprometimento por parte do aluno e uma mediação adequada. Por exemplo, há a possibilidade de que o sujeito opte pelo uso consciente de recursos digitais em determinada modalidade do ensino híbrido, além de plataformas de ensino remoto para encontros coletivos, a exemplo do *Moodle* e *Google Meet*. No entanto, é provável que as interações, nas circunstâncias atuais, se limitem ou não ao modo virtual. Neste sentido, trabalhos recentes como os de Naw (2020) e Oliveira et al. (2020) sugerem que o ensino remoto possa sofrer adequações ao modelo de ensino híbrido conhecido como sala de aula invertida (detalhada em tópico seguinte), em que a sala de aula é representada por encontros coletivos realizados em plataformas virtuais de ensino remoto.

Ainda com relação ao papel da tecnologia na educação científica, Vergara, Hinz e Lopes (2018) ainda consideram que as tecnologias digitais devem ser inseridas em combinação com mudanças de práticas educacionais, pois estas devem ser repensadas com relação à presença destas ferramentas, as quais:

[...] surgiram para mudar as formas de como as pessoas comunicam-se, trabalham, divertem-se e relacionam-se. Nas escolas, os professores já não são somente os detentores do conhecimento. Computadores, tablets, smartphones proporcionam acesso a fontes inesgotáveis de informações. Entretanto, somente o uso das tecnologias digitais é insuficiente para gerar uma mudança no modelo tradicional de escola e de aprendizagem. Assim, os

professores precisam repensar sua prática e analisar a importância de ter suas aulas planejadas e executadas com o apoio das tecnologias. [...] O papel dos docentes continua e continuará sendo essencial para a formação e preparação de crianças e jovens para um mundo em constante mutação, com acesso ampliado a todos os tipos de informações (VERGARA; HINZ; LOPES, 2018, p. 901).

Sobre o emprego de tais recursos, Matos (2017) considera que o uso de simulações e animações estimulam o interesse e interatividade dos estudantes, já que apresentam um caráter dinâmico e propiciam um ambiente lúdico de aprendizagem, além de permitir o diálogo e ressignificação sobre as concepções alternativas dos alunos (que se distanciam dos modelos científicos). Resultados das pesquisas de Mattos et al. (2021) sugerem questionamentos sobre a ocorrência superficial da aprendizagem (formação de concepções alternativas) em situações de ensino tradicional, e sobre a influência deste ensino na formação dos estudantes. Por exemplo, na pesquisa de Justi e Ruas (1997), os resultados indicaram a possibilidade de ocorrência de uma simples reprodução nas aulas, de partes isoladas do conhecimento. Para Justi e Ruas (1997, p. 24):

[...] no decorrer de anos de magistério, temos percebido que a grande maioria dos alunos apresenta ideias muito confusas a respeito do que é e de como se processa uma reação química. Muitas vezes essas ideias se resumem em descrições macroscópicas do fenômeno ou são fundamentadas em uma concepção contínua de matéria. [...]. Como alunos que têm uma visão de matéria contínua entendem uma reação química? Como esses alunos concebem a questão da dinâmica dos sistemas químicos? (JUSTI; RUAS, 1997, p. 24).

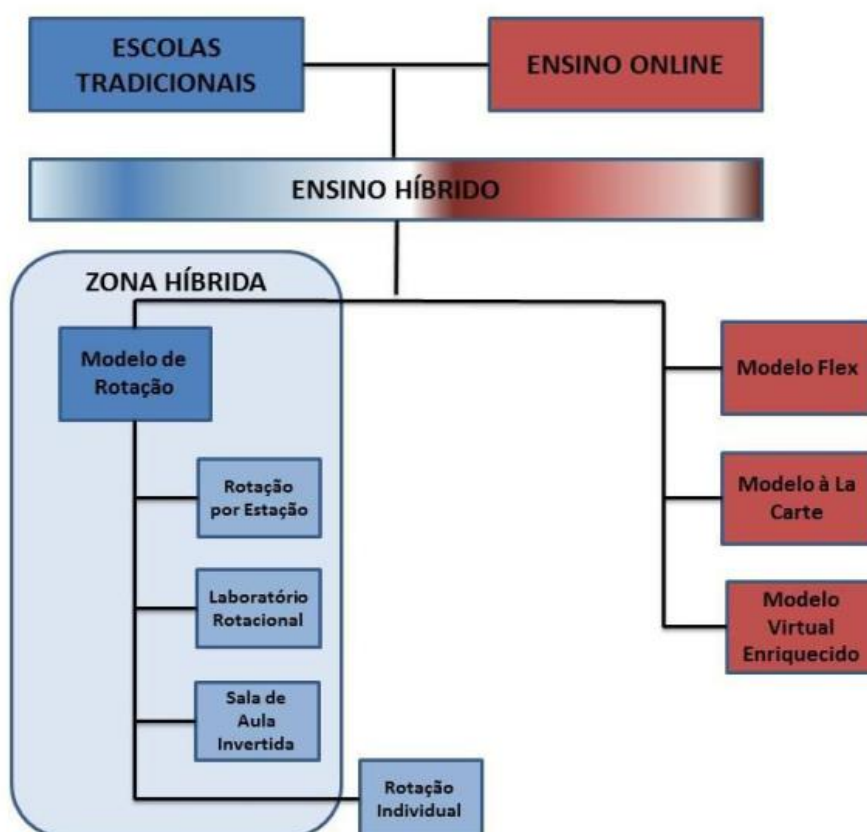
Justi e Ruas (1997) verificaram dificuldades dos alunos em imaginar as características de átomos e moléculas (sistema químico descontínuo) e também em imaginar os aspectos dinâmicos neste nível de representação. Em casos de necessidade de explicação de fenômenos cotidianos, os estudantes não utilizavam uma linguagem científica, já que a mesma se mostrava presente apenas quando alguma questão solicitada apresentava a linguagem química. Não existia, conforme os autores, uma associação feita pelos alunos entre os problemas químicos ensinados na escola e os problemas cotidianos, já que as ideias sobre reorganização de íons ou ligações químicas, eram desenvolvidas apenas com o propósito de “satisfazer expectativas do professor”. Existe a necessidade, portanto, de metodologias alternativas que estimulem o aprendizado e a busca para resolução de problemas que

ocorrem além da sala de aula. E tais abordagens muitas vezes se fazem presentes nas modalidades de ensino híbrido.

1.2.1. Modalidades de Ensino Híbrido

Horn e Staker (2015) apresentam várias modalidades de ensino híbrido, em que algumas apresentam maior quantidade de atividades desenvolvidas de forma presencial (Rotação por Estações, Laboratório Rotacional, Rotação Individual, Sala de Aula Invertida), enquanto que em outros há um maior desenvolvimento do ensino e aprendizagem de forma *on-line*: Modelo Flex, Modelo Virtual Enriquecido e Modelo à la Carte (Figura 1).

Figura 1 – Modalidades de ensino híbrido



Fonte: Santos et al. (2019, p. 291).

As modalidades Rotação por Estações, Laboratório Rotacional, Rotação Individual e Sala de Aula Invertida, se referem ao revezamento organizado pelo professor, entre atividades *on-line* e presenciais, como: leituras, discussões em grupos e atividades escritas (HORN; STAKER, 2015) (Figura 1). No modelo de

Rotação por Estações, os alunos são inicialmente organizados em grupos, e cada um destes grupos desenvolve uma atividade diferente, como leitura, jogos, simuladores, de tal forma que após um tempo anteriormente estipulado, os alunos trocam de grupos. Este é um movimento que persiste até que todos tenham tido contato com todas as atividades (BACICH; TANZI NETO; TREVISANI, 2015).

O Laboratório Rotacional consiste em uma modalidade na qual os estudantes utilizam a sala de aula, sem grandes alterações com a metodologia tradicional; entretanto, realizam uma rotação para uma atividade desenvolvida individualmente de forma *on-line*, geralmente em um laboratório de informática (BACICH; MORAN, 2015; HORN; STAKER, 2015). Na sala de aula invertida os alunos têm contato com materiais como textos e vídeos, primeiramente de modo *on-line*, a fim de construir noções prévias que posteriormente são aprofundadas em encontros presenciais. Conforme os autores, na Rotação Individual os alunos devem efetuar durante a aula as propostas presentes em uma lista, a qual é desenvolvida considerando as dificuldades do aluno e suas noções prévias, sem que obrigatoriamente este tenha de realizar rotações para outra modalidade.

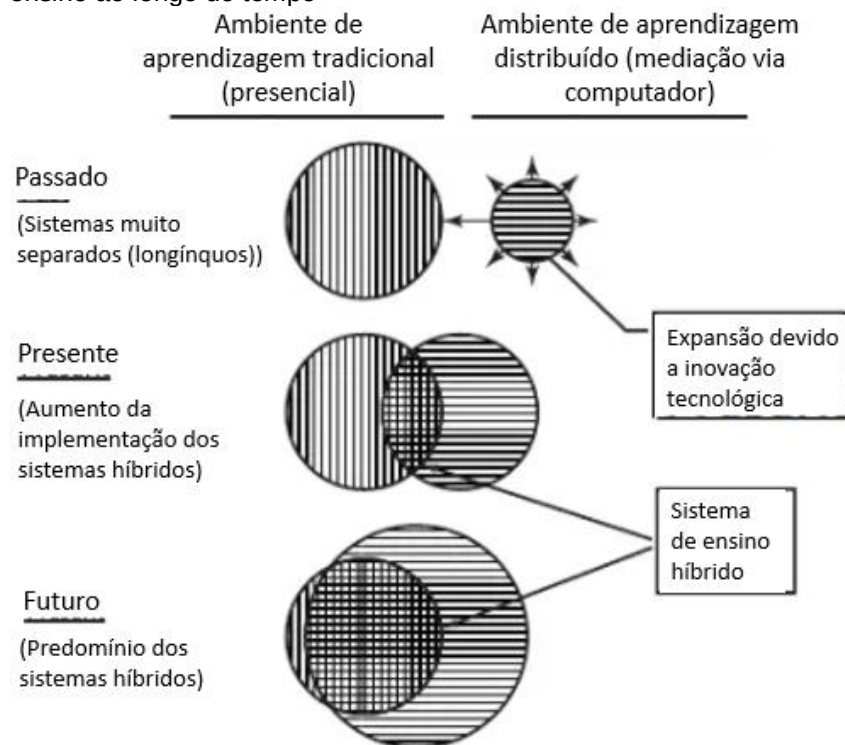
Quanto as modalidades de ensino híbrido com predominância de atividades realizadas de forma virtual (Figura 1), o Modelo Flex corresponde a um sistema de atividades dispostas na forma de uma lista que deve ser cumprida pelo aluno quase que totalmente de forma *on-line*, de modo que o professor fica disponível presencialmente para esclarecer dúvidas, conforme as necessidades dos estudantes, suas particularidades e ritmos (LOPES, 2015). No ensino pelo Método Virtual Enriquecido, os alunos podem realizar em parte do tempo, atividades *on-line*, e podem se apresentar presencialmente na escola pelo menos uma vez na semana (BACICH; TANZI NETO; TREVISANI, 2015).

Já no Modelo à la Carte, o estudante organiza seus estudos juntamente com o professor a partir de objetivos anteriormente estabelecidos, e sua aprendizagem é personalizada, ou seja, ocorre nos locais mais adequados aos estudantes, e pelo menos uma disciplina é realizada de forma inteiramente *on-line* (BACICH; TANZI NETO; TREVISANI, 2015). A principal diferença entre os modelos Flex e à la Carte, conforme Horn e Staker (2015, p. 49), é que mesmo que ambos possam ter um certo componente presencial, no “[...] *modelo à la Carte*, o professor tutor é o professor *on-line*, enquanto no *Flex*, o professor tutor é o professor presencial”.

De certa forma, o Modelo à la Carte parece apresentar o maior componente virtual conforme a descrição dos autores, e é o que mais se aproxima do ensino inteiramente *on-line*, já que os encontros e atividades presenciais, para uma determinada disciplina, são realizados com menor frequência (mesmo que possam ter um componente presencial), e conforme Horn e Staker (2015), até mesmo a tutoria se dá de forma virtual.

A expansão do ensino por modalidades híbridas em comparação com o ensino presencial (face a face), foi previsto por Graham (2003), o qual argumenta que no futuro, pelo avanço das tecnologias da informação e comunicação, o ensino se tornaria majoritariamente mediado por ferramentas como o computador, e também possuiria conexões com o ensino presencial, e ocorreria de forma híbrida, ou seja, em partes de forma virtual, e em partes de forma presencial. Se torna algo distinto do que ocorria no passado, em que o ensino era majoritariamente presencial, sem mediação através da tecnologia, e as ferramentas tecnológicas, como o computador, eram designadas a outros fins. Isto é demonstrado na Figura 2 a seguir:

Figura 2 – Comparação entre as modalidades de ensino tradicional e híbrido: expansão do uso das tecnologias no ensino ao longo do tempo



Fonte: Adaptado de Graham (2003, p. 6).

A previsão feita por Graham (2003) se concretiza nos dias atuais, pois é perceptível um aumento cada vez maior no desenvolvimento e uso de artefatos

tecnológicos mais aprimorados e que evoluem constantemente. A influência tecnológica em todas as instâncias sociais acaba por afetar o ambiente escolar, uma vez que os próprios alunos fazem parte desta sociedade que se modifica ao longo do tempo. Há de se considerar, conseqüentemente, que este avanço tecnológico também faça parte dos ambientes de ensino, desde que as ferramentas tecnológicas sejam empregadas para o desenvolvimento de metodologias adequadamente planejadas e mediadas pelo professor. Uma tendência que tende a se fazer presente no futuro, são as atividades científicas auxiliadas por óculos de visão tridimensional (3D) e realidade aumentada, que possibilitam enxergar átomos e moléculas em sua tridimensionalidade, a exemplo da pesquisa de Piva et al. (2021).

1.2.2 A modalidade de sala de aula invertida

O maior foco desse trabalho está sobre a modalidade de ensino híbrido de Sala de Aula Invertida, na qual os alunos estudam anteriormente à aula e no formato *on-line*, textos, vídeos ou outros materiais, e durante a aula presencial realizam atividades de aplicação, debates, discussão de dúvidas, e atividades que envolvam a colaboração e a criatividade (BACICH; TANZI NETO; TREVISANI, 2015). Para Moran (2015), ao longo do ensino básico, os professores explicam os conceitos básicos para garantir que um mínimo tenha sido compreendido, e conseqüentemente os conceitos são aprofundados em leituras e atividades em casa. Na visão do autor, em níveis de ensino nos quais foi desenvolvido o domínio da leitura, é possível que os estudantes obtenham informações básicas sobre um conteúdo antes das aulas, uma vez que os conhecimentos prévios podem ser ampliados durante as aulas, por meio de mediações do professor.

A sala de aula invertida pode melhorar o gerenciamento da aprendizagem por que diferentemente do ensino tradicional, nos encontros presenciais se realizam discussões, revisões, atividades ou até mesmo trabalhos colaborativos sobre problemáticas julgadas relevantes e estudadas anteriormente. Trata-se de um formato de ensino inovador, que pode aumentar o desempenho dos alunos das aulas (MARTINS; GOUVEIA, 2019). O que antes se passava na escola (leitura de textos, por exemplo) ocorre em espaços diversos, e o que se dava como lição de casa (reflexões, exercícios) se apresenta em sala de aula (BERGMANN; SAMS, 2016).

A proposta dessa modalidade de ensino híbrido é que o aluno realize pesquisas, produções, estudos prévios para desenvolver um conhecimento básico

sobre o assunto, e posteriormente aprofunde este conhecimento. Isto se concretiza em uma estratégia ativa em que a aprendizagem do aluno pode ocorrer previamente às aulas, durante tais encontros coletivos e em atividades posteriores (MORAN, 2015). Esta modalidade de ensino híbrido ainda pode ser incrementada pela descoberta e experimentação, como possibilidade de o aluno ter contato com o fenômeno antes da teoria, por meio de textos ou vídeos, “[...] *já que os alunos desenvolvem habilidades de pensamento crítico e compreendem melhor conceitualmente uma ideia quando exploram um domínio primeiro e, então, têm contato com uma forma clássica de instrução*” (BACICH; TANZI NETO; TREVISANI, 2015, p. 48). Neste sentido, os alunos teriam por exemplo, contato com vídeos ou textos que introduziriam conceitos e teoria sobre determinado experimento científico, o que posteriormente aumentaria as chances de compreensão e discussão ao longo da aula em ambiente presencial.

Na pesquisa de Gopalan e Klann (2017), quanto a existência de alguma diferença de desempenho entre o ensino tradicional e por sala de aula invertida, verificou-se que 69% dos estudantes se mostravam mais preparados em seus estudos pelo uso desta metodologia, em comparação com o ensino tradicional, já que a leitura anterior de materiais introdutórios ou o acesso a informações prévias antes da aula presencial pode facilitar sua compreensão. Tal pesquisa indica uma melhoria de aprendizagem em pelo menos 17,5% dos estudantes.

Assim como em outras modalidades de ensino híbrido, na sala de aula invertida se consideram os diferentes modos e ritmos dos alunos em construir conhecimento, e que permitem uma maior autonomia ao estudante (SANTOS et al., 2019), já que em sala de aula (ou em algum outro espaço coletivo em que os alunos se reúnam) não se trabalha passivamente, mas sim com resolução de problemas, debates e projetos, pois conforme Horn e Staker (2015, p. 43):

Mudar o fornecimento do conteúdo básico para um formato on-line dá aos estudantes a oportunidade de retroceder ou avançar de acordo com sua velocidade de compreensão. Eles decidem o que e quando assistir, e isso – pelo menos teoricamente – lhes dá maior autonomia em sua aprendizagem. Assistir aulas expositivas on-line pode parecer não muito diferente da lição de casa tradicional, mas há pelo menos uma diferença fundamental: o tempo em sala de aula não é mais gasto assimilando conteúdo bruto, um processo amplamente passivo. Em vez disso, enquanto estão na escola, os estudantes praticam resolução de problemas, discutem questões ou trabalham em projetos (HORN; STAKER, 2015, p. 43).

Exemplos disso estão em pesquisas em áreas como a saúde, que demonstram um potencial inovador desta modalidade de ensino, ao permitir que os alunos raciocinem, resolvam problemas e consigam aplicar os conceitos teóricos em sua realidade, como destacam Martins e Gouveia (2019). Conforme Margolis, Porter e Pitterle (2017), melhorias em práticas realizadas com a presença da sala de aula invertida, envolvem ainda uma maior responsabilidade, pois os alunos se sentem mais responsáveis pela sua aprendizagem, além de pontualidade e uma melhor aprendizagem ativa e estruturada a partir dos *feedbacks* dos alunos e orientações do professor.

Um exemplo de pesquisa com ensino híbrido, do tipo sala de aula invertida (proposta também nesta pesquisa), foi desenvolvida por Frantz et al. (2018) com graduandos e com utilização de videoaulas *on-line*, encontros presenciais e encontros em Ambientes Virtuais de Aprendizagem, como a plataforma *Moodle*. As várias ferramentas permitiram que o conhecimento fosse construído em rede, ou seja, de modo colaborativo, e em adaptação às necessidades individuais dos estudantes. Os autores constataram que, após uma comparação entre uma aula com metodologia tradicional e outra aula com abordagem de sala de aula invertida, houve grande melhoria na aprendizagem conceitual e também da lógica matemática do tema estudado, o qual consistiu na mecânica Hamiltoniana.

Nesse sentido, Damiance et al. (2019) ao realizarem uma proposta de ensino por sala de aula invertida em um curso de Licenciatura em Química, também constataram evoluções no processo de ensino e aprendizagem por meio desta abordagem, e apontaram para a necessidade de interação e diálogo entre os envolvidos. Desse modo, na experiência descrita pelos autores, são encontrados resultados relevantes quanto a participação dos alunos, sua autonomia no aprendizado, cooperativismo e também quanto a conquista de objetivos pessoais ou metas de vida que os estudantes possam ter.

Oliveira, Rossi e Alves (2020), ao investigaram o ensino de ácidos e bases de Arrhenius por meio das modalidades de sala de aula invertida e laboratório rotacional, também constataram significativa melhoria no processo de construção do conhecimento. Os autores ressaltaram, entretanto, a necessária realização de atividades nos ambientes virtuais e associados à sala de aula invertida, para que os estudantes passem a se habituar a esta metodologia de ensino híbrido, a qual ainda é pouco trabalhada entre alguns alunos.

É possível realizar, ainda, certa adaptação entre a natureza das atividades que se desenvolvem na modalidade de Ensino Remoto Emergencial e no ensino por modelos híbridos do tipo sala de aula invertida (KHAN; ABDOL, 2020; NAW, 2020), o que nas circunstâncias da pandemia foi desenvolvido por vários sistemas educacionais de diversos países. Nesse sentido, Naw (2020) menciona uma adaptação, realizada em universidades em Mianmar, para o modelo de sala de aula invertida considerando o ensino remoto:

Uma sala de aula invertida é um tipo de aprendizagem combinada (online + offline) em seu significado real. No entanto, as universidades precisam desenvolver uma sala de aula invertida durante o bloqueio do COVID-19. Portanto, não há aulas presenciais neste período. Em vez disso, a tecnologia será usada para projetar uma sala de aula invertida durante esta crise [...] as universidades podem substituir a definição de sala de aula invertida pela criação de conteúdo off-line, transmissão ao vivo on-line e Sistema de Gerenciamento de Aprendizagem (LMS) (NAW, 2020, p.4-5, tradução nossa).

Na definição do autor, a adaptação da sala de aula invertida em ensino remoto, consistia na geração off-line pelos professores, de um conteúdo a ser ensinado, a partir por exemplo, de vídeos, *links*, imagens, slides em *PowerPoint*, de forma que esta produção fosse interessante ao aluno, e apresentada aos discentes de forma organizada. A etapa de discussão desse conteúdo acontecia de modo *on-line* e de forma síncrona, e o Sistema de Gerenciamento de Aprendizagem (LMS) citado anteriormente pelo autor, consistia em *softwares* a exemplo do sistema *Moodle*.

As associações e adaptações entre o ensino remoto emergencial e ensino por sala de aula invertida também foram constatadas por Oliveira et al. (2020), que implementaram um projeto com grupos de alunos do curso de Ciência da Computação, no qual estiveram presentes técnicas e ferramentas associadas à sala de aula invertida e gamificação, como uma nova abordagem “[...] capaz de atender as demandas para as aulas remotas, [...] com adaptações ao novo contexto de pandemia da COVID-19” (p. 912). Há propostas neste sentido, que sugerem uma evolução da sala de aula invertida convencional (com atividades on-line e presenciais) para a sala de aula invertida que pode se ajustar às necessidades das aulas remotas, nas quais os encontros coletivos (aulas síncronas e *on-line*) são realizados por meio de ferramentas como o *Zoom* (KHAN; ABDOL, 2020; NAW, 2020; OLIVEIRA et al., 2020). Tais adaptações podem ser necessárias em certas circunstâncias, uma vez que

[...] dentre as possibilidades de trabalhar com metodologias ativas e a utilização de tecnologias, a sala de aula invertida é uma das que mais se adaptam às necessidades atuais da educação a distância - considerando que, em tempos de distanciamento social, a sala de aula é a tela do seu computador (OLIVEIRA et al., 2020, p. 911).

Entretanto, em situações nas quais a sala de aula se faz presente com interações presenciais entre os alunos e entre aluno-professor, pode-se complementar as atividades presenciais com momentos de estudo *on-line*, o que ainda caracteriza aulas com modalidade de ensino híbrido por sala de aula invertida. Entende-se também que a etapa presencial da sala de aula invertida seja a mais adequada em termos de geração de debates e interações colaborativas (em situações que não exigem o ensino totalmente remoto).

Atualmente é possível, entretanto, se deparar com desafios à implementação da sala de aula invertida, como pela limitação que pode haver de estrutura tecnológica (para recursos de animação, vídeo e de acesso à internet) em escolas, caso se queira trabalhar com tais recursos em momentos de encontro presencial, ou caso de queira que o estudante utilize tecnologias educacionais em outros espaços, devido às condições materiais dos alunos. Todavia, é crescente o interesse por tal modalidade de ensino, o que já se demonstrou no aumento do número de estudos sobre esta temática entre os anos de 2016 e 2017, conforme relatam Martins e Gouveia (2019), mesmo que grande quantidade destes estudos foram realizados em outros países e majoritariamente divulgados em periódicos internacionais.

Para Martins e Gouveia (2019, p. 229-230), ainda é possível ainda citar uma carência de pesquisas que "[...] favoreçam ao governo ou formuladores de políticas determinarem a Sala de Aula Invertida como um modelo contemporâneo a ser implementado em atividades de ensino-aprendizagem para o ensino superior, fundamental e médio". Contudo, acredita-se que o presente estudo possa contribuir com reflexões relativas a esta temática.

1.3 Recursos digitais para o ensino da dimensão atômico-molecular na Química

Observa-se que grande parte das dificuldades apresentadas pelos estudantes de Química na Educação Básica ou no Ensino Superior, além das limitações presentes em abordagens passivas, estão envolvidas com a compreensão superficial

ou limitada de processos em nível submicroscópico (onde os fenômenos químicos ocorrem em escala atômica, que não pode ser constatada por meio dos sentidos) (CAAMAÑO, 2007; FREIRE; SILVA JÚNIOR; SILVA, 2012; GIBIN, 2009; LOCATELLI; ARROIO, 2017; SANTOS; LIMA; SARMENTO, 2017).

Johnstone (2000) explica que além do nível submicroscópico, o conhecimento químico também pode ser expresso pelos níveis macroscópico e simbólico, onde os alunos compreendem mais facilmente o primeiro, pois fenômenos empíricos e visíveis são mais familiares aos estudantes. Já o nível simbólico corresponde a equações, símbolos de elementos químicos, descrições matemáticas, ou representações do arranjo espacial de espécies químicas. Para que haja aprendizagem acerca dos fenômenos químicos, é necessário realizar transições entre os três diferentes níveis de representação, e neste ponto os alunos encontram dificuldades, pois os níveis atômico-molecular e simbólico podem apresentar alto grau de complexidade (GIBIN, 2009).

Como as interações atômicas e moleculares não são observáveis empiricamente e necessitam de uma representação imagética ou simbólica para serem compreendidas, é propícia a utilização de recursos tecnológicos imagéticos, como animações, simulações, *softwares*, e outras ferramentas que permitam ao estudante manipular representações de espécies químicas em nível submicroscópico, e consequentemente obter maior entendimento sobre certo fenômeno químico estudado (GIBIN, 2009; RODRIGUES; GIBIN, 2019; SOUZA et al., 2020). Entretanto, o emprego destas ferramentas também sugere uma participação ativa do aluno, conforme um trabalho ativo, reflexivo, crítico e colaborativo entre professores e discentes.

Dentre os recursos tecnológicos potenciais a serem empregados, se encontram os *games*, que procuram incorporar certos elementos, como componentes dinâmicos e *designs* gráficos, metas, *feedbacks*, *rankings*, pontuações, para motivar os estudantes, incitar o engajamento e a participação, e auxiliá-los a resolver problemas (KAPP, 2012). Um exemplo de recurso digital com características de *game*, que teve papel importante neste trabalho, é a plataforma interativa *Kahoot!*, que se baseia em um conjunto de perguntas (que podem ser elaboradas pelo professor) e respostas, que possibilita que os discentes colaborem entre si e investiguem determinado problema ou fenômeno (LICORISH et al., 2018; SILVA et al., 2018).

As atividades no *Kahoot!* podem estar dispostas em forma de *Quiz*: questões de múltipla escolha, que podem envolver os alunos individualmente ou em grupos, com posterior pontuação e ranqueamento das equipes participantes ou dos alunos de forma individual (LEITE, 2019; LICORISH et al., 2018; SILVA et al., 2018). Além disso, tal plataforma permite realizar atividades do tipo *Verdadeiro ou Falso*, em que se permite que o aluno analise se determinada afirmação é correta ou não.

A pesquisa desenvolvida por Reis et al. (2021) sobre o uso do *Kahoot!* e *Mentimeter* (nuvem de palavras) no ensino de polímeros para alunos do Ensino Médio, se mostrou promissora como possibilidade de metodologia ativa, pois o uso destas ferramentas juntamente com encontros realizados via *Google Meet* promoveu momentos de discussão, indagação e reflexão. Os autores comentam que as discussões foram realizadas no sentido de trabalhar tanto com os erros quanto com os acertos, e promover o pensamento crítico sobre os assuntos estudados.

A plataforma *Kahoot!* pode ser acessada de forma gratuita por dispositivos móveis como *smartphone* e *tablet*, ou por meio de *notebooks* e computadores, em que o professor fornece o acesso às atividades por meio do código gerado (“PIN”), que é inserido pelo aluno em certo local do endereço eletrônico www.kahoot.it (Figura 3a), e as perguntas (*quizzes*) são projetadas em uma tela pelo docente, conforme a Figura 3b, na qual aparecem os enunciados das atividades.

Figura 3 – Acesso dos estudantes ao *Kahoot!* (a) e projeção das atividades pelo professor (b)



Fonte: a) Kahoot (2021); e b) Leite (2019, p. 6).

O *Kahoot!* também permite que o docente determine qual conteúdo ou conceito os alunos apresentam maior dificuldade (LEITE, 2020). Consequentemente, pode-se retornar a certos detalhes ou características conceituais que se mostraram mais

complexas e difíceis aos alunos, com o objetivo de se discutir sobre as suas dúvidas e diminuir os obstáculos à sua compreensão.

De acordo com Almeida, Marcelino e Machado (2020), dificuldades atreladas à compreensão de aspectos submicroscópicos abstratos presentes na área da Química, podem ser superados ou minimizados pela adoção de aplicativos educacionais, uma vez que os alunos podem passar a ter um maior contato com, por exemplo, representações de estruturas submicroscópicas tridimensionais. Tais representações, como imagens digitais, simuladores ou animações, permitem obter uma noção mais clara de estruturas complexas e abstratas que antes eram restritas ao imaginário das pessoas (SILVA; SOUZA JÚNIOR; PIRES, 2017).

Neste sentido, aplicativos de fácil acesso aos estudantes, podem permitir uma maior aproximação com os conhecimentos químicos, a exemplo da utilização de *softwares* de simulação, que surge como estratégia inovadora de ensino, pois os simuladores possuem ferramentas de visualização, ambientes realísticos, e apresentação de diferentes problemas que exigem que os estudantes tomem decisões, e compreendam as mudanças nesse modelo de realidade conforme executam ações baseadas em hipóteses (MENDES; SANTANA; PESSOA JÚNIOR, 2015; SILVA; NETTO; SOUZA, 2016).

Além da plataforma *Kahoot!* de interação virtual, também pode-se mencionar outros exemplos de certos aplicativos da área da Química e espaços virtuais onde podem ser criadas atividades e jogos personalizados. Por exemplo, a rede social educativa *EFuturo* possibilita a criação de jogos de palavras, *puzzle* e *quizzes* que podem ser compartilhados com alunos e incitar sua participação e aprendizado mesmo a partir de aplicativos remotos, em situações de aprendizagem proporcionadas pelo ensino híbrido ou pelo ensino presencial (BRAGA, 2020).

Nascimento et al. (2021) sugerem inclusive a utilização da plataforma Socrative no ensino sobre polímeros sintéticos para alunos do Ensino Médio. Os autores desenvolveram atividades lúdicas e que envolviam o raciocínio lógico por meio de jogos (*quizzes*) da plataforma Socrative, o que resultou em grande aprendizagem. Esta plataforma é um exemplo de recurso com potencial para estimular a participação dos alunos e a cooperação em equipes (NASCIMENTO et al. 2021), uma vez que é nítido que pela inserção de recursos tecnológicos com as devidas intervenções e orientações por parte do docente, as ferramentas tecnológicas estimulam o interesse, a criatividade e o envolvimento ativo dos envolvidos.

Outro exemplo de ferramenta tecnológica interessante ao ensino ativo e híbrido, é o Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) Openredu, que possui funcionalidades semelhantes tanto a sistemas de gestão de aprendizagem, quanto a gêneros textuais de rede social (GOMES et al., 2017). Assim como o *Google classroom*, que também é um AVA, o Openredu oferece grande simplicidade conforme os autores anteriores, pois alunos e professores podem utilizá-lo mesmo sem treinamento prévio, e há um maior tempo de interação entre alunos e professor, a depender das especificidades de cada discente.

Verifica-se, pelo uso do ambiente virtual Openredu, uma maior aproximação entre professor e aluno, já que este último pode se sentir mais confortável em escrever comentários e questionar; e a comunicação se procede de forma escrita, no sentido de se criar ao longo do tempo uma memória coletiva sobre o que foi escrito e compartilhado, e isto “[...] *eleva o cuidado de cada um dos alunos ao expor suas ideias e isso pode ter impactos positivos na aprendizagem [...]*” (GOMES et al., 2017, p. 11). Isso também pode acontecer com o ambiente virtual de aprendizagem denominado de *Google classroom*.

Gomes et al. (2017) ainda explicam que com a utilização deste recurso, ou seja, dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem como o Openredu ou *Google classroom*, a relação de poder é diminuída, pois o tutor, professor, ou aquele que se dispõe a tirar dúvidas e explicar conteúdos, passa a não ter mais a função de detentor do conhecimento, mas sim de mediador; consequentemente, dúvidas podem ser discutidas a qualquer momento.

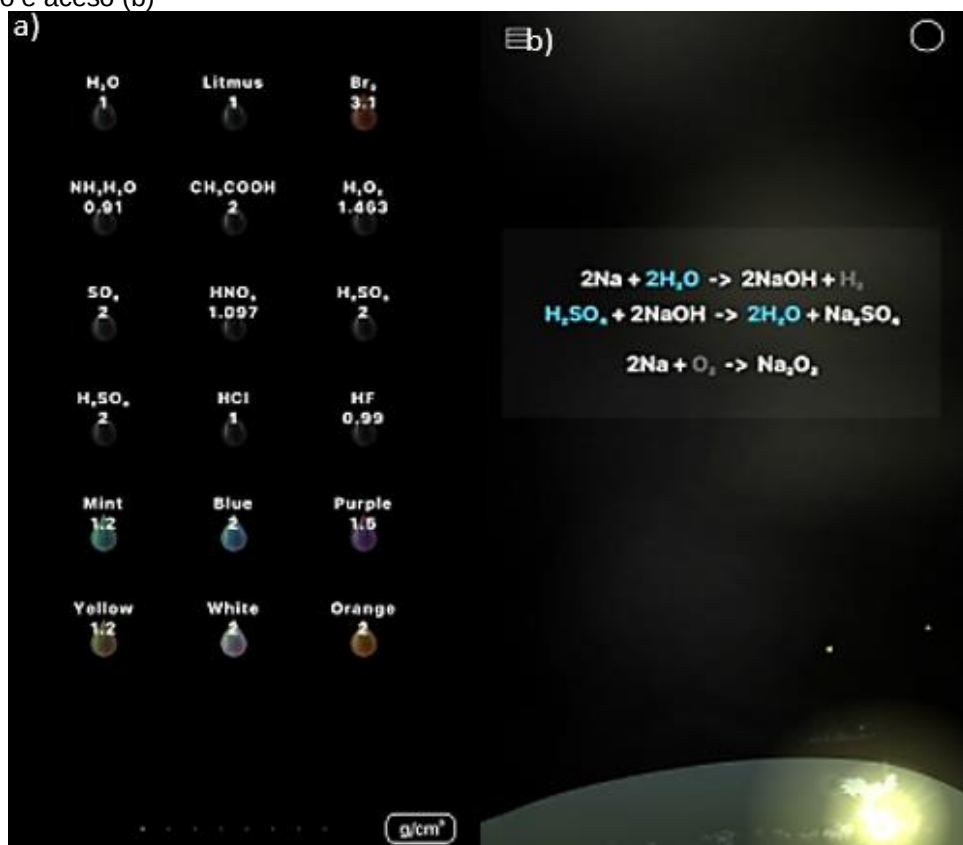
Alguns aplicativos e *softwares* digitais podem ser utilizados conforme o contexto da sala de aula e os conceitos científicos a serem trabalhados, uma vez que além de ser possível trabalhar com o nível representacional de estruturas subatômicas, pode-se promover a participação ativa, e incrementar as discussões e atividades através de versões eletrônicas de tabelas periódicas com detalhes a respeito das propriedades e características dos elementos (JAÑA; CARDONA; JIMÉNEZ, 2015), laboratórios virtuais de reações químicas, jogos sobre proporções estequiométricas, entre outros.

A plataforma *Play Store* (2023), amplamente utilizada pelos estudantes e pela população em geral para o *download* de jogos e aplicativos diversos, também oferece acesso a aplicativos de função educacional gratuitos. Existem aplicativos na *Play Store*, que consistem em jogos de Química e que são de fácil acesso e permitem uma

maior aproximação com os conhecimentos químicos. Alguns exemplos são os aplicativos *Beaker* e *EsteQuiz*, além de outros que podem estar associados às propriedades da tabela periódica, à formação de moléculas conforme sua geometria, formação de ligações químicas e de estruturas orgânicas (ALMEIDA; MARCELINO; MACHADO, 2020).

No aplicativo *Beaker*, por exemplo, vários reagentes e solventes estão disponíveis para reação, de modo que a estequiometria e os produtos da reação podem ser examinados, assim como fatores como o ponto de inflamabilidade (Figura 4), e o nível de reatividade com outras substâncias (MEDEIROS, 2018). Além disso, há efeitos sonoros semelhantes aos fenômenos experimentais reais, assim como também existe uma movimentação da mistura reacional a fim de acompanhar os movimentos do próprio aparelho eletrônico utilizado.

Figura 4 – Visualização de reagentes (a), de reações químicas e do nível de inflamabilidade quando um fósforo é aceso (b)



Fonte: os autores.

O aplicativo *EsteQuiz* foi desenvolvido pela pesquisadora Rochele da Silva Fernandes, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, a qual comenta que o jogo

[...] foi elaborado para que o jogador aplique e teste seus conhecimentos, e possa aprender e treinar os conceitos sobre Estequiometria ao longo de todo o jogo [...]. O EsteQuiz é constituído de cinco etapas, as quais se complementam e aprofundam os conceitos, o grau de dificuldade ao longo do jogo também vai aumentando. [...] Durante todo o jogo, o jogador tem acesso a instruções, dicas de conversão de unidades, calculadora com operações básicas, tabela periódica para consulta de massas atômicas, além de dicas de balanceamento [...] (FERNANDES, 2019, p. 40).

Portanto, se torna evidente que este recurso digital é atrativo aos estudantes e permite a aprendizagem de conceitos associados com estequiometria, proporções, funcionamento de reações químicas, operações com massas atômicas, massas moleculares, números de mol e cálculos de concentração molar (FERNANDES, 2019).

É válida a utilização destes recursos, além de outros como as simulações, tendo em vista que as dificuldades no ensino de Ciências também se originam da complexidade de se associar os níveis macroscópico (fenômenos empíricos visíveis), simbólico (equações químicas, cálculos, simbologias de elementos químicos), e submicroscópico (átomos, moléculas e partículas subatômicas não visíveis diretamente) (LOCATELLI; ARROIO, 2017). As associações entre níveis representacionais podem ser melhor realizadas com auxílio de simuladores sobre a dinâmica da matéria em seu caráter atômico-molecular, uma vez que há um aumento da atenção e da reflexão sobre um conceito, quando se requer que o estudante realize uma ação a fim de resolver desafios presentes em simulações, pela reflexão sobre os três níveis (MARTINS; FERNANDES; GOMES, 2017).

Conforme Mendes, Santana e Pessoa Júnior (2015), um *software* de simulação pode auxiliar na compreensão de equações químicas e operações de balanceamento de equações, além de permitir, como é o caso do simulador PhET (*Physics Educational Technology*, desenvolvido pela Universidade de Colorado), que aluno e professor possam, em diferentes contextos, imaginar uma situação e testá-la.

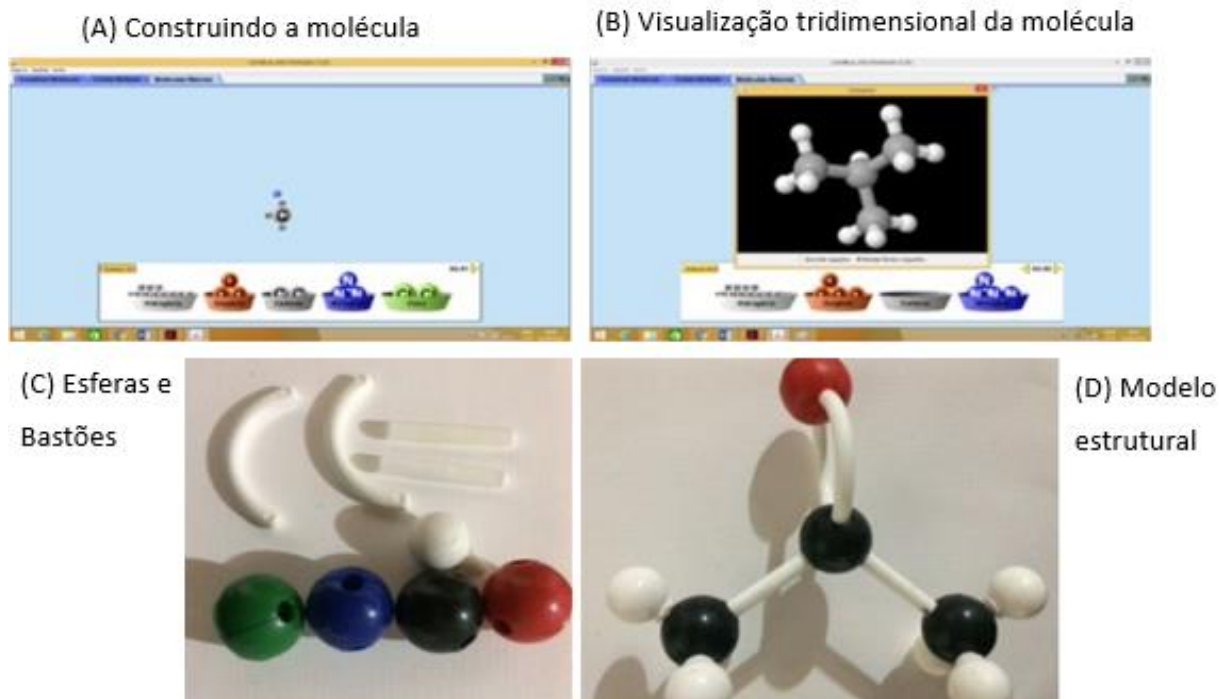
Nesse sentido, Mattos et al. (2021) do mesmo modo consideram importante a utilização de novos métodos e técnicas alternativas à simples explanação acrítica de conceitos, a exemplo do emprego de tecnologias como as simulações da plataforma PhET, pois o *software* permite a visualização de fenômenos científicos nos níveis microscópico e atômico-molecular, além de ser atrativo aos estudantes devido a sua natureza dinâmica e intuitiva. Os resultados obtidos na pesquisa de Mattos et al. (2021) corroboram que a utilização da plataforma permite uma melhor compreensão sobre os assuntos de cinética química, uma vez que houve presença de gráficos

intuitivos e imagens dinâmicas que simulavam os fenômenos cinéticos em diferentes condições (como temperatura e pressão).

Entretanto, em uma modalidade de ensino híbrido também deve-se considerar o estímulo ao papel ativo do estudante, em refletir, agir em atividades colaborativas, pesquisar, discutir e desenvolver criticamente os conhecimentos, de modo que em tais processos “[...] os alunos precisam estar predispostos a aprender de maneira colaborativa e autônoma, sendo o centro de personalização do processo de ensino e de aprendizagem” (VERGARA; HINZ; LOPES, 2018, p. 902). Para isso, é necessário que os discentes considerem relevantes os conceitos trabalhados, os associando a fatos, fenômenos, objetos com os quais convivem no cotidiano.

A pesquisa realizada por Pascoin, Carvalho e Souto (2019) também demonstrou que o ensino de temas da química orgânica pode ser realizado com o auxílio de ferramentas que propiciem a “manipulação” de moléculas ou átomos representados por *softwares* de simulação e/ou por modelos físicos manipuláveis. Os autores propuseram o uso do *software* “Construa uma molécula” da plataforma PhET (Figura 5a e Figura 5b). Nesta plataforma, é possível construir moléculas orgânicas pelo ajuste de diferentes átomos e ligações químicas e visualizar tais estruturas de forma tridimensional. A construção física de cadeias carbônicas também pode ser realizada com o kit educacional de modelos moleculares *Atomlig 77 Educação*, que conta com a representação física de átomos e ligações por meio de bolas e varetas (Figuras 5c e 5d).

Figura 5 – Software “Construa uma molécula” da plataforma PhET (a; b) e ferramenta Atomlig 77 Educação (c; d)



Fonte: Adaptado de Pascoin, Carvalho e Souto (2019, p. 218-222).

Pascoin, Carvalho e Souto (2019) argumentam que a utilização do *software* “Construa uma molécula” e do modelo *Atomlig 77 Educação* pode ocorrer de forma complementar. Um recurso de manipulação dos objetos físicos possibilitaria a visualização tridimensional de moléculas, e um *software* de simulação complementaria tais representações físicas pela construção de cadeias carbônicas mais complexas ou de formas que não poderiam ser feitas apenas pelos modelos físicos, devido ao fato de que estes últimos podem ter números limitados de átomos e de ligações. Deve ocorrer, entretanto, mediações por parte do docente, no sentido de estimular a aproximação dos alunos com os conceitos teóricos e simbólicos, que passam a ser melhor explicados com tais ferramentas. É necessário incitar uma participação ativa dos alunos, questioná-los sobre a forma com a qual constroem as moléculas, e incitar discussões apoiadas em concepções teóricas, uma vez que:

[...] as duas tecnologias utilizadas, permitiram a participação ativa e dinâmica dos alunos. Todavia, considera-se importante o aperfeiçoamento na mediação dessas práticas, nas quais, entende-se ser substanciais complementos aos conteúdos teóricos nos processos de ensino e aprendizagem da química (PASCOIN; CARVALHO; SOUTO, 2019, p. 224)

Existem outras vantagens na utilização de simuladores, principalmente os associados às situações laboratoriais e situações não facilmente reproduzíveis no ambiente da sala de aula, uma vez que há ausência de riscos físicos ou agentes nocivos, facilidade de acesso em diferentes tempos e lugares, e capacidade de serem realizadas simulações mesmo quando há difícil acesso a equipamentos ou reagentes necessários à experiência científica no laboratório (BERTOLINI et al., 2013; SOUZA et al., 2020; SILVA; TANZI NETO; SOUZA, 2016).

Os resultados da pesquisa de Fidelis et al. (2016), que empregaram simulações computacionais PhET no ensino sobre densidade, demonstraram avanço dos estudantes em sua compreensão sobre o nível submicroscópico, uma vez que seus modelos mentais passaram a conter mais aspectos sobre disposição espacial de espécies químicas em sua natureza atômica-molecular. Além disso, a utilização de aplicativos para smartphone de simulação virtual e realidade aumentada permite aos alunos uma visualização tridimensional de átomos, moléculas e partículas subatômicas conforme demonstram os resultados da pesquisa de Piva et al. (2021).

Piva et al. (2021) investigaram a construção de modelos mentais por alunos do Ensino Médio, referentes aos conceitos de atomística, e notaram que a partir do uso de aplicativos de simulação e realidade aumentada, os modelos mentais se tornaram mais elaborados, pois passaram a conter maior número de *tokens* (unidades de significado em um modelo mental) e maior número de aspectos coerentes com o ponto de vista científico:

Ao comparar os dados dos modelos expressos prévios com os modelos finais dos alunos, foi perceptível que, inicialmente, boa parte dos alunos possuía concepções equivocadas em relação a elemento químico e aos aspectos das estruturas atômicas, possuindo modelos mentais incoerentes ao modelo científico aceito. Além disso, muitos apresentavam modelos mentais muito simplistas. Após a realização das atividades, que tiveram como foco o uso dos aplicativos de simulação virtual e realidade aumentada para smartphone, houve um significativo aprimoramento dos modelos mentais desses alunos, visto que o número de modelos mentais considerados coerentes com os modelos científicos aumentou. Também foi perceptível que os modelos mentais passaram a ter representações mais elaboradas, apresentando mais elementos (*tokens*) em sua construção (PIVA et al., 2021, p. 22).

Investigações feitas por Borges, Sá e Sousa (2020), atreladas ao entendimento de fenômenos químicos com utilização de simuladores da plataforma PhET – Colorado, concluíram que os estudantes apresentam dificuldades de visibilidade dos fenômenos e de correlação entre os níveis macro e submicroscópico de

representação. Entretanto, as atividades permitiram um ambiente de participação ativa e de estimulação da curiosidade, pois os resultados da pesquisa dos autores sugerem grande interação entre os envolvidos, interesse em entender os fenômenos químicos, além do fato de que “os alunos consideram o PhET interessante, inovador e de fácil aplicação no contexto educacional” (p. 58).

Como já citado, as Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) atualmente tem seu uso intensificado no processo de ensino, o que pode ter sido causado por recentes exigências de ensino de modo remoto, além do fato de que segundo Brasileiro e Matias (2019), as tecnologias facilitam processos de elaboração conceitual e habilidades de modelização de entidades constituintes de fenômenos químicos.

Simulações e laboratórios virtuais contam com a possibilidade de reproduzir experiências químicas difíceis de serem realizadas em ambientes presenciais, representar fenômenos em nível atômico-molecular e estimular a criticidade e o protagonismo durante a aprendizagem de conteúdos científicos (BRASILEIRO; MATIAS, 2019). A pesquisa desenvolvida pelos autores anteriores, em que se investigou as noções dos alunos sobre a radiação de micro-ondas com auxílio de simuladores, demonstrou avanços obtidos na compreensão dos estudantes sobre o tema, de forma que conseguiram visualizar com grande facilidade aspectos do conceito químico que não poderiam ser representados de outro modo, como as características do nível submicroscópico da matéria.

Recursos que possibilitam uma visualização dinâmica dos fenômenos físicos e manipulação de várias entidades dos sistemas químicos em nível submicroscópico, permitem que o aluno realize conexões entre conceitos novos e os já definidos em sua estrutura cognitiva, além de gerar uma aprendizagem mais contextualizada (AGUIAR, 2016). A contextualização se atrela ao fato de que, com o desenvolvimento científico das sociedades, diferentes instâncias da vida social passaram a contar com dispositivos digitais. Um desses dispositivos é o próprio computador, que se tornou presente em lojas, em sistemas computacionais de caixas eletrônicos nos bancos, e até mesmo em sistemas de comandos dos automóveis, e, portanto, diretamente associados ao dia a dia das pessoas e com os fenômenos sociais.

Por meio de propostas de ensino deste tipo, pode haver uma conexão entre os conceitos aprendidos e a realidade social do discente, conforme Silveira, Nunes e Soares (2013), pois estes comentam que com *softwares* e recursos multimídia, o aluno

“aprende a construir os conceitos, informações e modelos através da aquisição de instrumental lógico-racional. Essas simulações são abordadas de uma maneira ilustrada e lúdica, associando, muitas vezes, os conteúdos a situações do cotidiano” (p. 135).

Ainda sobre a utilização de simulações computacionais, segundo Aguiar (2016, p. 29-30), a aprendizagem se torna mais dinâmica e os discentes desenvolvem melhores noções sobre o nível submicroscópico. Portanto, na visão da autora, que trabalhou com simulações no ensino sobre estados de agregação da matéria, o emprego de atividades com simuladores representa *“[...] um grande potencial, pois pode dar apoio total às aulas em diversas disciplinas, principalmente em disciplinas com assuntos mais abstratos, microscópicos e considerados difíceis entre os alunos”*.

A partir de experimentos, de maquetes 3D a exemplo de modelos físicos bola-vareta - usados em aulas de estereoquímica - ou mesmo a partir de simulações computacionais que demonstram a realidade de um fenômeno científico, estimula-se a criação de modelos mentais pelo sujeito. Os alunos passam a reconhecer as simulações ou os modelos físicos experimentais como *“a primeira instância de representação analógica da realidade. Nessas situações, o sujeito se percebe diante de uma representação da realidade, obrigando-se a formular a sua própria, que venha a se ajustar àquela em simulação”* (GIORDAN, 1999, p. 47).

A partir de simulações que dinamizam e expressam os modelos científicos do ponto de vista da organização atômica e molecular dos conceitos, pode-se conferir algum grau de concretude à representação do fenômeno, o que facilita sua compreensão e o engajamento do aluno, além de estimular o que Giordan (1999) denomina de transição de um nível concreto de pensamento, ou seja, uma reflexão com base nas simbologias dos elementos químicos e nos objetos empírico-experimentais, para o nível formal de pensamento, que considera uma noção imagética do nível abstrato atômico e molecular. Essa transição pode ser facilitada pela utilização de simulações computacionais, pois de acordo com Giordan (1999), que empregou exemplos de simulação do conceito de cadeias carbônicas,

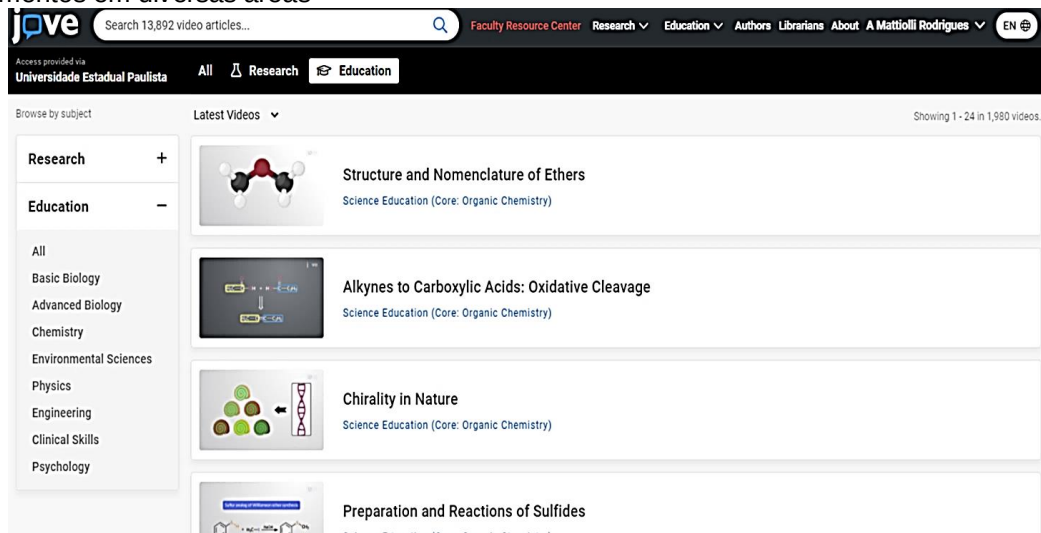
Deve-se subsidiar a transição do estágio de observação do modelo bola-vareta concomitante a sua fixação imagética na memória, para um estágio de apropriação desse modelo, no qual o aluno possa alterá-lo conforme a situação-problema que lhe é apresentada. Nessa fase de transição, pode-se operar com outra modalidade de simulação, capaz de incorporar outros modelos representativos das estruturas moleculares, a simulação computacional. Por meio dessa modalidade, o aluno poder perceber que o

conceito de cadeia carbônica pode vir a ser representado por uma opção esqueleto [...], na qual as ligações entre os átomos de carbono, e entre estes e os de hidrogênio, estão representadas, ou ter a noção de preenchimento espacial, próximo ao conceito de nuvem eletrônica, por uma outra opção [...] na qual as varetas não podem mais ser percebidas e as bolas passam a se sobrepor. Finalmente, a própria capacidade de rotação espacial do modelo de estrutura molecular, simulado na tela do computador, portanto na bidimensionalidade, confere uma interação inusitada com os modelos moleculares, animando-os de acordo com as idiosincrasias do modelo mental do sujeito, em estágio inicial de elaboração (GIORDAN, 1999, p. 48).

A importância de plataformas e recursos digitais tem se mostrado cada vez mais evidente no campo da pesquisa e do ensino. A plataforma JoVE - Journal of Visualized Experiments, por exemplo, trabalha com a elaboração e/ou publicação de vídeos sobre experimentos realizados nas diferentes áreas do conhecimento, em que nos vídeos há simulações e imagens ilustrativas de acontecimentos que podem não ser empiricamente visíveis, o que facilita no aprendizado de conceitos científicos (JOVE, 2021).

A visualização de imagens ou o trabalho com representações visuais são de extrema importância na construção do conhecimento, no mundo corporativo, na escola, cursos superiores ou de especialização. Muitos dos vídeos presentes na plataforma JoVE são gratuitos a partir do cadastro em <<https://www.jove.com/educationcore>>, em que há vídeos de experimentos sobre Bioengenharia, Bioquímica, Biologia, Engenharia, Genética, Desenvolvimento, Imunologia, Medicina, Química e vídeos específicos para a área de educação. Na Figura 6 a seguir, exibe-se a tela da plataforma na qual há acesso a vídeos da área de ciências, especificamente da Química, com viés educativo.

Figura 6 – Plataforma JoVE - Journal of Visualized Experiments - com vídeos didáticos e de experimentos em diversas áreas



Fonte: JoVE, 2021.

Ao utilizar vídeos, animações, simuladores ou simples ferramentas imagéticas que demonstrem os fenômenos científicos em sua dinâmica atômica-molecular, que é o nível mais abstrato e difícil de ser imaginado, e ao se propor a partir destas ferramentas situações de ensino e aprendizagem que estimulem o raciocínio de modo a transitar entre os níveis macroscópico, simbólico e submicroscópico, contribui-se no desenvolvimento de modelos mentais mais coerentes. As definições referentes aos modelos mentais, sua construção e funcionamento, estão presentes no capítulo seguinte.

CAPÍTULO 2 - OS MODELOS MENTAIS

Neste capítulo se discorre sobre os fundamentos teóricos associados a construção dos modelos mentais e de outras representações internas, conforme a teoria cognitivista desenvolvida por Johnson-Laird. Se discutem os tipos de modelos mentais, seu modo de construção e de funcionamento cognitivo, e como a construção dos modelos mentais sobre os fenômenos químicos em nível atômico-molecular, pode se tornar mais coerente em termos científicos, quando associada a ferramentas imagéticas tecnológicas, a exemplo de simuladores e animações.

2.1 A teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird

A comunicação realizada entre os indivíduos presentes em uma comunidade é decorrente da elaboração de representações externas através das quais os sujeitos exprimem fatos, sentimentos, ideias e conhecimentos entre si (JOHNSON-LAIRD, 1983). Tais representações externas podem ser de natureza escrita, imagética, sonora (linguagem oral) ou por meio da linguagem de sinais. Para Johnson-Laird (1980; 1983), o núcleo psicológico de compreensão e da consequente construção de representações internas, responsáveis pelo conhecimento e realização de inferências acerca dos fatos e objetos, demanda um modelo mental de trabalho do fenômeno em nossa mente, pois:

[...] se você entende inflação, uma prova de matemática, a maneira como um computador funciona, DNA ou um divórcio, então você tem uma representação mental que serve como um modelo de uma entidade, da mesma forma que, digamos, um relógio funciona como um modelo de rotação da Terra [...] (JOHNSON-LAIRD, 1983, p. 2).

O ser humano, assim como outros animais mamíferos ou até mesmo insetos, é capaz de interagir com as diversas situações do mundo, e ao tentar compreender e aprender a partir de estímulos, percepções e reflexões, desenvolve representações mentais do mundo (JOHNSON-LAIRD, 2008). Johnson-Laird é um psicólogo americano que se interessou pela busca de respostas sobre como o raciocínio humano é construído, ou seja, como os pensamentos se formam e quais processos mentais estão a eles associados. Isso levou ao desenvolvimento da teoria dos modelos mentais no século XX, por pesquisadores que também incluíram Kenneth J. W. Craik, o qual sugeriu que o fluxo de pensamentos se concretiza em ações da mente

humana no sentido de manipular e desenvolver representações internas do mundo (JOHNSON-LAIRD, 2004).

O entendimento acerca de diversos fenômenos presentes no mundo é decorrente de um processo mental de tradução destes fatos externos com posterior surgimento de representações mentais. Johnson-Laird (1983) afirma que estas representações em específico são análogas de um estado de coisas presentes no mundo físico ou imaginário, e que deste modo pode ser análoga a um objeto, ideia, fenômeno físico ou conceitual, e ser utilizada na simulação e compreensão de um estado de coisas em específico. Portanto, Borges (1997, p. 207) explica que um modelo mental “[...] *implica na existência de uma correspondência estrutural entre sistemas distintos*”.

A descrição de Johnson-Laird (1983) sobre modelos mentais se assemelha ao que Craik (1943, p. 61) comenta sobre o desenvolvimento das representações mentais em geral, pois este último descreve a presença de modelos do mundo real (realidade externa) em pequena escala no interior da mente humana, onde seria possível simular e realizar ações sobre situações diversas, decidir sobre as alternativas e as ações a serem seguidas no mundo real, e refletir sobre acontecimentos futuros com base em saberes provenientes de experiências vividas anteriormente, a fim de realizar inferências e tomar melhores decisões.

Outros tipos de representações internas são o que Johnson-Laird (1980; 1983) denomina de imagens e proposições. As imagens envolvem processos mentais subjacentes à visualização e interpretação específica de um objeto ou figura, além de serem representações coerentes e integradas, com relações entre seus elementos constituintes, e que podem sofrer transformações, como rotações ou expansões. Já as proposições ou representações proposicionais, são caracterizadas por uma sequência de símbolos ou códigos, que em conjunto passam a ter um significado. Podem ser pensadas como um argumento, uma descrição (e apresentar valor de veracidade ou falsidade), ou como a função apresentada por um estado de coisas imaginado ou lembrado (JOHNSON-LAIRD, 1980).

As representações proposicionais se atrelam a forma verbal de expressar ideias, e também ao modo de pensar através de sentenças, frases e palavras hipotéticas ou até imaginárias (JOHNSON-LAIRD, 1983). Tal linguagem da mente é denominada por Moreira (1996) de "mentalês", consistindo em frases e palavras individuais e abstratas, em certo idioma, que se associam à linguagem mental e à

forma de se construir pensamentos verbalmente. Por exemplo, ao se deparar com alguma situação que demande uma reflexão interna por parte do sujeito, este automaticamente desenvolve pensamentos a partir de palavras e frases, para compreender um contexto ou circunstância.

Os modelos mentais e as imagens possuem uma natureza comparável às linguagens de programação, como descreve Moreira (1996) sobre o estudo da teoria de Johnson-Laird:

Ainda que em seu nível básico o cérebro humano possa computar as imagens e os modelos em algum código proposicional (o “mentalês”), o uso destas representações liberta a cognição humana da obrigação de operar proposicionalmente em “código de máquina”. Estas representações de alto nível podem ser comparadas às linguagens de programação dos computadores (MOREIRA, 1996, p. 195).

Os modelos mentais e as imagens possuem especificidade quanto ao objeto ou estado de coisas que representam, e, portanto, são representações de alto nível, embora as imagens possam sugerir características subjetivas não necessariamente presentes na estrutura dos modelos mentais (JOHNSON-LAIRD, 1980). Segundo o autor, os modelos são utilizados pelos indivíduos no processo de compreensão do mundo, e por terem estrutura análoga a um específico estado de coisas, sua estrutura não é arbitrária como a de uma proposição, pois os aspectos e detalhes mais relevantes possuem um correspondente analógico no modelo.

No processo de raciocínio, os modelos mentais funcionam como blocos de construção cognitivos, pois se associam com a realização de inferências, interpretação de teorias, descrições, propostas de soluções para problemas, e nisto os modelos mentais podem ser combinados e recombinaados (MOREIRA, 1996). Johnson-Laird (1983) explica que os modelos mentais são constituídos de elementos denominados *tokens* no texto original, de modo que há determinadas relações entre os *tokens* para representação de um estado de coisas em específico.

Dessa forma, a estrutura de um modelo mental é construída conforme relações específicas entre os *tokens*, onde tais relações estão de acordo com o uso específico deste modelo. Segundo o autor, para representar cada estado de coisas, demanda-se a construção de um modelo mental. Giordan (1999) ainda acrescenta que os modelos mentais são como sistemas intermediários que realizam a mediação entre os fenômenos da realidade empírica e sua apropriação interna pelo sujeito, atuando

como “[...] *uma espécie de filme interno cujas cenas são formadas por imagens animadas e signos, cuja concatenação expressa o estado de coisas e dialoga com a representação que o sujeito confere à realidade*” (p. 47).

No processo de construção dos modelos mentais, influem o conhecimento prévio dos sujeitos, suas experiências para com determinados objetos ou situações de estudo, e também o modo como as informações são reconhecidas e organizadas na mente do indivíduo (MOREIRA, 1996). Dessa forma, a construção dos modelos mentais também depende da forma com que os sujeitos percebem o mundo. As diferentes percepções dos indivíduos, e as características próprias que os definem quanto a sua personalidade, formas de agir e pensar, influem diretamente em seus modelos mentais. Para compreender o mundo, os sujeitos então captam através de suas habilidades perceptivas, diferentes informações, que ao serem interpretadas e analisadas de acordo com as formas próprias e distintas de raciocínio de cada sujeito, formam o modelo mental, através do qual se realizam inferências, descrições e se compreende as situações a sua volta (JOHNSON-LAIRD, 1983).

As habilidades de percepção e a fonte das informações captadas são importantes e atuam diretamente na construção de modelos. Se a construção depender unicamente de dados visuais, por exemplo, a percepção visual que se tem de um objeto, isso consistirá em uma única entidade, ou seja, definirá um particular estado de coisas. Por outro lado, quando se parte de discursos e argumentações, diferentes estados de coisas podem se fazer presentes, pois diferentes entidades (fatores, aspectos, situações) podem ser compatíveis com o discurso. Portanto, pode-se deduzir que utilizar diferentes habilidades perceptivas para a construção do modelo mental seja importante em termos de aumento de complexidade do mesmo, uma vez que sua estrutura poderá conter maior número de *tokens* e de relações entre eles (JOHNSON-LAIRD, 1983).

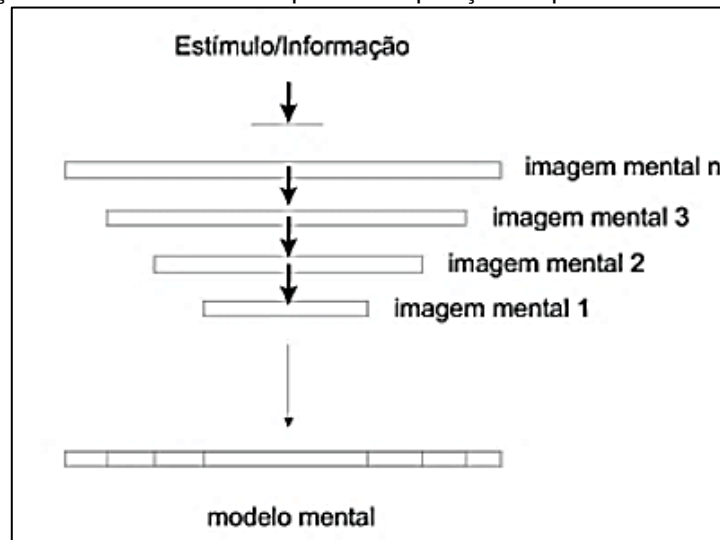
Neste sentido, Silva (2013) relata que durante a construção destas representações internas, há primeiramente a captação de poucos detalhes presentes no sistema de estudo, de forma que novas informações podem ser reconhecidas e organizadas na estrutura cognitiva, conforme o sujeito elabora seu modelo mental e o emprega em situações variadas. Ainda para Lagreca e Moreira (1999), o ponto inicial de construção dos modelos reside na assimilação de informações através de conceitos associados com as experiências perceptivas, ou seja, através dos sentidos, como pela visualização dos fatos e fenômenos.

A captação de novas informações e sua reorganização no modelo mental, acarreta em modificações consecutivas, que resulta em aumento de complexidade e de entendimento sobre o fenômeno estudado (SILVA, 2013). Isto é estimulado pela imaginação, percepção, leitura e por atividades que induzam os indivíduos a compreender eventos, notar relações de causalidade e tomar decisões. Portanto, isso pode proceder durante o ensino, na interação entre os indivíduos, e entre os indivíduos e os eventos do mundo (BORGES, 1997).

Descrições de D' Amore (2007) sugerem um processo semelhante de construção e aperfeiçoamento de modelos mentais, uma vez que: primeiramente se dá a captação de imagens ou visualizações gerais do sistema em estudo, com posteriores modificações e adição de novos detalhes e informações. Tais modificações são originárias de conflitos cognitivos, ou seja, ocorrem quando o sujeito não consegue compreender certo conceito ou fenômeno a partir de seus dados iniciais de modelos mentais, o que faz com que este procure ter contato com novas informações. Ao compreender novos dados e informações, o sujeito tende a aperfeiçoar seu modelo inicial, que lhe permitirá explicar e realizar inferências sobre conceitos antes desconhecidos.

Uma vez que as imagens mentais representam direta e ilustrativamente os modelos mentais correspondentes, tais imagens podem passar ao longo do tempo por alterações e aumentos de nível de complexidade ao passo que os conceitos são analisados em variadas atividades e situações que permitam o contato com novos dados e detalhes de um certo fenômeno. Estes novos dados encontrados em problemas e contextos diversos, devem passar por análise e reflexão interna, para que façam parte de modelos mentais cada vez mais complexos, refletidos por suas correspondentes imagens mentais (D'AMORE, 2007), conforme a Figura 7 a seguir:

Figura 7 – Construção de modelos mentais pela sobreposição sequencial de imagens.



Fonte: Adaptado de D'Amore (2007, p. 154.)

As imagens, como representações mentais, são fotos internas de conceitos, fenômenos ou ideias, em que o indivíduo desenvolve um reflexo visual do mundo externo ou de processos abstratos, que atuam como guias ou referências para suas ações reflexivas ou ações nas experiências do mundo externo. Entretanto, a definição do conceito de imagens como tipo de representação mental foi motivo de discussões entre pesquisadores do campo da psicologia cognitivista nas discussões que ocorreram na década de 80, uma vez que existiam os "imagistas" e os "proposicionalistas" que defendiam definições diferentes sobre as imagens (JOHNSON-LAIRD, 1983).

Os *imagistas* acreditavam que as imagens possuem aspectos associados à percepção visual que se possa ter de objetos, situações ou fotografias. Este ramo de pensamento dos "imagistas" também considerava que as imagens são reconstruções visuais de cenas, fatos ou elementos empíricos vistos de um determinado ângulo. As imagens também poderiam sofrer modificações na estrutura mental, como rotações ou aumentos (expansões) em seu conteúdo. Ligeiras alterações na estrutura da imagem mental, repercutem em mudanças na forma de percepção do objeto ou cena empírica. E assim como os modelos mentais, as imagens possuiriam de acordo com os *imagistas* uma estrutura análoga às situações e objetos do mundo que se queira representar (JOHNSON-LAIRD, 1983).

Uma outra linha de pensamento, vinculada aos *proposicionalistas*, considerava que em processos cognitivos nos quais existem sequências de simbologias, poderiam possuir correspondentes imagéticos análogos aos desenvolvidos a partir da

visualização de fotografias, cenas ou objetos. Os *proposicionalistas* consideravam também que diferentes partes ou aspectos presentes em um objeto, são correspondentes às distintas proposições que em conjunto descrevem o objeto. As imagens descritas pelos *proposicionalistas* também poderiam sofrer alterações, pelo aumento no número de elementos (proposições) constituintes, e poderiam apresentar aspectos que condizem (aspectos verdadeiros) ou que não condizem (aspectos falsos) com o objeto. Como resultado, suas estruturas não seriam necessariamente reflexos diretos dos objetos ou cenas experienciadas no mundo (JOHNSON-LAIRD, 1983).

Johnson-Laird (1983) parece estar mais inclinado à definição de imagens como correspondentes visuais do mundo. Para o autor, as imagens seriam visualizações bidimensionais dos modelos, algo que também dependeria da percepção dos objetos, da imaginação, e dos processos reflexivos. Entretanto, os modelos mentais diferem das imagens, uma vez que estas últimas correspondem às visualizações internas ou fotografias mentais sobre como um fenômeno ou cena seria vista de certo ângulo ou posição específica, o que Johnson-Laird (2008) denomina de representação egocêntrica.

Para o desenvolvimento dos modelos mentais, a estrutura cognitiva do cérebro constrói um modelo tridimensional de objetos ou situações. Posteriormente, a partir deste modelo mental 3D, constrói-se uma imagem mental (2D) com a aparência e percepção visual do modelo a partir de um certo ângulo de visualização (JOHNSON-LAIRD, 2008). Para o autor, portanto, as imagens mentais quando externalizadas em esquemas e correspondentes empíricos, são essenciais nos campos da tecnologia, Ciência ou na área artística, pois a partir das imagens mentais e das criações da mentalidade humana, se desenvolvem conceitos físicos, teorias e construções de objetos empíricos. Dessa forma, quando as imagens mentais são externalizadas em objetos artísticos e tecnológicos ou teorias, permitem observar pontos do modelo mental do sujeito.

Os modelos mentais, segundo Johnson-Laird (1983), possuem características fundamentais que os definem, que consistem no princípio da contabilidade, princípios do finitismo e construtivismo, princípio da economia e princípio da identidade estrutural. O primeiro se baseia no processo de computação dos elementos (*tokens*) necessários ao desenvolvimento dos modelos e interpretação dos mesmos. Desta forma, ao se analisar um contexto ou problema, pode-se extrair variadas informações

e dados perceptivos, que ao serem interpretados e computados, se tornam *tokens* utilizados na construção de um modelo. Já o princípio do finitismo, se refere à quantidade limitada de *tokens* presentes em um modelo mental, assim se atrela com o fato de que as relações entre estes diferentes *tokens*, para formação da estrutura do modelo, serem limitadas e passarem por processos restritos de construção.

É possível que tal finitude esteja muitas vezes associada com a incapacidade humana de compreender infinitos estados de coisas, ou com as recorrentes concepções superficiais presentes nos modelos, pois ao longo do tempo, muitos de seus elementos podem ser confundidos e outros detalhes esquecidos, o que é comentado por Norman (1983). O princípio do construtivismo corresponde ao modo pelo qual os modelos são construídos, ou seja, são compostos pelas associações entre elementos denominados *tokens*, que se organizam de formas específicas conforme o estado de coisas que se procura reconstruir mentalmente. Também existe o princípio da economia, que define que um único estado de coisas do mundo externo é reconstruído mentalmente através de um único modelo mental. Associado a isso tem-se o princípio da identidade estrutural, segundo o qual a estrutura de cada modelo reflete direta e exatamente a estrutura de um estado de coisas presentes no mundo (JOHNSON-LAIRD, 1983).

Apesar da especificidade dos modelos mentais, estes podem atuar na representação de uma classe ou conjunto de estados de coisas com características semelhantes. Como inúmeros processos interpretativos estão associados a compreensão de um único modelo mental, a este conjunto de processos interpretativos pode se vincular uma amostra ou conjunto representativo de um número de estado de coisas pertencentes a uma mesma classe. Os modelos mentais são modificados e reajustados a partir do contato com novos dados e informações; entretanto, quanto parte-se apenas de informações presentes na linguagem, que pode ser vaga, os modelos mentais podem possuir suposições arbitrárias, ou seja, que não são específicas a algum processo, objeto ou fenômeno e suas características elementares, e os modelos se tornam mais generalizados (JOHNSON-LAIRD, 1983).

As imagens, proposições e modelos mentais se diferenciam em suas estruturas, em seus aspectos definidores, conteúdos e formas de funcionamento. Imagens mentais e modelos possuem alto teor de especificidade; entretanto, podem funcionar de formas distintas. A partir dos escritos de Johnson-Laird (1983), é possível deduzir que, por exemplo, ao se ouvir a palavra "quadrilátero", o cérebro humano não

desenvolve uma imagem mental sobre algum quadrilátero em geral. O que ocorre é a formação de um modelo mental cuja estrutura é análoga à estrutura de qualquer quadrilátero, ou seja, uma figura com quatro lados retos que se unem. Entretanto, quando se soma novas informações a tal quadrilátero, e diz que se trata de uma figura com lados de comprimento igual e ângulos internos de 90 graus, o modelo mental desenvolvido é reformulado a fim de corresponder às novas informações adicionadas. O indivíduo irá compreender que se trata do polígono *quadrado*, que poderá ser visto internamente a partir de uma imagem mental 2D construída através do modelo. Em tal imagem mental se tornarão nítidas as características dos lados e ângulos internos do polígono.

Quanto às diferenças entre modelos conceituais e mentais, os primeiros são representações feitas de modo preciso por pesquisadores e cientistas, e utilizados por professores em suas metodologias de ensino. Ao passo que os modelos conceituais são representações exatas, os modelos mentais têm natureza subjetiva e inexata, pois são construções humanas elaboradas internamente pelos sujeitos, e geralmente não são acurados, mas devem ser funcionais para auxiliar o sujeito em sua compreensão da realidade (MOREIRA, 1996).

Experimentos no campo da psicologia cognitivista feitos a fim de se compreender o desenvolvimento das representações internas, também puderam elucidar alguns aspectos sobre o raciocínio humano, a exemplo dos experimentos realizados por Mani e Johnson-Laird (1982). Um experimento realizado pelos autores tratava-se de descrever aos indivíduos participantes da pesquisa algumas frases sobre a ordem espacial de objetos. Por exemplo, baseando-se na pesquisa de Mani e Johnson-Laird (1982), a seguinte descrição de objetos poderia ser dada aos sujeitos: "o trapézio está à esquerda do cilindro; a esfera está à direita do cilindro; o triângulo está em frente ao trapézio, e o quadrado está em frente ao cilindro". Posteriormente, os indivíduos deveriam visualizar um diagrama com palavras descritoras dos objetos, arranjadas em ordem específica. Exemplos podem ser visualizados na Figura 8a a seguir.

Figura 8 – Exemplos de diagramas com palavras em determinada ordem espacial

a)	Diagrama construído com base na pesquisa de Mani e Johnson-Laird (1982)	<table><tr><td>Trapézio</td><td>Cilindro</td><td>Esfera</td></tr><tr><td>Triângulo</td><td>Quadrado</td><td></td></tr></table>	Trapézio	Cilindro	Esfera	Triângulo	Quadrado	
Trapézio	Cilindro	Esfera						
Triângulo	Quadrado							
b)	Diagrama referente às descrições espaciais mencionadas por Mani e Johnson-Laird (1982)	<table><tr><td>colher</td><td>faca</td><td>prato</td></tr><tr><td>garfo</td><td>copo</td><td></td></tr></table>	colher	faca	prato	garfo	copo	
colher	faca	prato						
garfo	copo							

Fonte: Adaptado de Carvalho (2022, p. 31)

Os sujeitos deveriam então considerar os diagramas coerentes ou incoerentes com as descrições verbais dadas anteriormente. Na pesquisa desenvolvida pelos autores, estes construíram, entretanto, diagramas com objetos diferentes, como observado na Figura 8b. Conforme Carvalho (2022 p. 31), os autores primeiramente acreditavam que *"os indivíduos tendem a formar um modelo mental de descrições espaciais específicas, porém, não o fariam para descrições indeterminadas que seriam consistentes com mais de um layout espacial"*. Os participantes da pesquisa destes autores, em uma etapa seguinte, realizavam um teste de memória em que existiam várias tentativas nas quais deveriam classificar quatro alternativas com base na coerência dos diagramas com as descrições verbais dadas inicialmente. As classificações eram as de descrição original, descrição dedutível e duas com significados diferentes das descrições originais, ou seja, inconsistentes.

Um exemplo de descrição dedutível consistiria em alocar a sentença "o triângulo está à esquerda do quadrado" no local da sentença "o trapézio está à esquerda do cilindro". Os autores puderam perceber que em descrições determinadas (que se encaixam em apenas um *layout* espacial), foi possível recordar maiores peculiaridades das descrições em comparação com as descrições indeterminadas (que poderiam ser coerentes com mais de um *layout* espacial). Entretanto, notaram que os sujeitos apresentavam uma maior tendência em recordar detalhes literais presentes em descrições indeterminadas (MANI; JOHNSON-LAIRD, 1982).

O experimento demonstrou que os sujeitos empregaram tanto modelos mentais quanto representações proposicionais no teste de memória. Os sujeitos iniciavam pela construção de modelos mentais a partir de descrições específicas e determinadas sobre a posição dos objetos, onde o *layout* espacial dos objetos descritos se reconstruía em suas mentes. Entretanto, ao encontrar algo indeterminado nas descrições, que permitiam imaginar os objetos em mais de uma disposição espacial,

passavam a ser construídas representações proposicionais (JOHNSON-LAIRD, 1983). Consequentemente, o autor comenta que a partir das proposições, é possível ao cérebro humano trabalhar igualmente com relações espaciais indeterminadas e determinadas, ao passo que os modelos mentais trabalham melhor com relações onde os objetos estão em um *layout* espacial específico.

Como os modelos mentais tendem a ser mais estruturados e elaborados, e requerem maior grau de atividade cognitiva para serem construídos, estes podem ser recordados em maior facilidade em comparação com as representações proposicionais, ao passo que os modelos tendem a não apresentarem dados frequentes em formato linguístico, o que pode dificultar sua construção se a fonte de informações que geram os modelos for única e exclusivamente por via linguística. Mesmo que as proposições apresentem maior dificuldade em serem recordadas ao longo do tempo, elas podem processar a linguagem de uma sentença, e permitir reconhecer conteúdos literais, como objetos, pessoas ou outras entidades citadas em uma frase (JOHNSON-LAIRD, 1983).

Quando os indivíduos se dispõem a compreender determinado fenômeno empírico ou objeto físico (modelos mentais de acontecimentos empíricos), os sujeitos podem construir modelos mentais de cinco tipos: relacionais, espaciais, temporais, cinemáticos e dinâmicos, que conforme Johnson-Laird (1983) apresentam as seguintes características:

- Modelos Relacionais: Funciona como um quadro estático, no qual há elementos (*tokens*). As relações entre os elementos são análogas (em termos de características definidoras) às relações entre objetos físicos do mundo empírico. Rodrigues e Gibin (2021) comentam que tais modelos funcionariam como esquemas mentais que representem entidades físicas de algum objeto ou fenômeno. Os autores comentam que, por exemplo, ao se considerar um modelo relacional do objeto guarda-chuva, existiriam representações das entidades físicas deste objeto e das relações entre as entidades. Como resultado, seria possível visualizar mentalmente a haste de um guarda-chuva, que se uniria ao dispositivo para abrir ou fechar o guarda-chuva, e também sua superfície côncava;
- Modelos Espaciais: É um tipo de modelo relacional, em que existem relações de natureza espacial entre seus elementos. Ao se retornar para o exemplo do guarda-chuva, se desenvolveria uma compreensão da natureza espacial das entidades, ou seja, de que se trata de uma haste que se posiciona verticalmente, e de uma

superfície côncava, ou seja, que possui curvatura voltada para baixo, no momento em que o objeto guarda-chuva está em uso (RODRIGUES; GIBIN, 2021);

- Modelos Temporais: Se baseia em uma sequência de quadros estáticos, em que cada um destes expressa um modelo espacial. Há uma ordem temporal no surgimento dos quadros, de acordo com uma ordem de eventos, e de forma que tal temporalidade possa funcionar de forma não linear. Por exemplo, para Rodrigues e Gibin (2021), ao se imaginar um modelo temporal com o objeto guarda-chuva, haveriam representações de uma sequência de quadros, em que primeiramente este seria aberto a partir do dispositivo presente na região superior de sua haste, e posteriormente o objeto seria posicionado a fim de que sua superfície curva (voltada para baixo) protegesse o sujeito da chuva. Estes quadros ou cenas passariam em uma linha do tempo que poderia ou não ser contínua;
- Modelos Cinemáticos: É semelhante a um filme que é expresso na mente dos indivíduos, pois consiste em um tipo de modelo temporal no qual existe uma ordem contínua (linearidade) na sucessão dos quadros. Neste caso, os quadros relativos as ações realizadas sobre o objeto guarda-chuva, ocorrem em uma ordem cronológica específica, ou seja, uma sequência definida;
- Modelos Dinâmicos: Se trata de um tipo de modelo cinemático, em que há relações de causa e efeito entre os quadros. E mais uma vez, pela realização de analogias com o modelo mental do objeto guarda-chuva, as relações de causa e efeito poderiam ser descritas por representações nas quais o sujeito imagina a superfície curvada do guarda-chuva voltada “para cima” () “[...] o que causaria o não desvio da água da chuva, e conseqüentemente o indivíduo se molharia. Estes eventos procederiam em uma sequência específica de acontecimentos” (RODRIGUES; GIBIN, 2021, p. 36).

Muitas vezes ao longo do raciocínio e da resolução de problemas, em que se deve obter uma conclusão baseando-se em premissas, os sujeitos realizam tais processos lógicos sem estar conscientes sobre eles. A partir de certas premissas, como por exemplo: “Todo A é B; Todo B é C”, o ser humano busca por soluções válidas a partir de modelos mentais construídos. Das premissas, pode-se construir um número limitado de modelos a partir de processos reflexivos e inferências, e parte-se destes modelos para formular conclusões e raciocinar sobre modelos de premissas

que funcionem como contraexemplos que justifiquem as conclusões (JOHNSON-LAIRD, 1983).

Quando os sujeitos procuram realizar uma ação mental, a exemplo de rotacionar um objeto em formato de disco, como um CD, isto ocorre de modo inconsciente, pois o que é perceptível ao indivíduo é a visualização de uma imagem bidimensional em movimento. Os sujeitos se tornam conscientes de sua imagem mental, pois esta se torna presente nos pensamentos e reflexões que possuem efeitos visuais. O modelo mental correspondente a esta imagem mental é abstrato, indireto e inconsciente, o que consiste em uma diferença entre modelo mental e imagem (JOHNSON-LAIRD, 2008).

Outro fator a ser comentado, é que os modelos mentais apresentam natureza finita, de tal modo que se torna inconcebível que um sujeito tenha o domínio infinito das coisas, pois o próprio cérebro tem limitação de tamanho, e a construção dos modelos procede conforme mecanismos finitos (JOHNSON-LAIRD, 1987). Johnson-Laird (1987) também comenta que um estado de coisas específico será representado por apenas um modelo mental, mesmo que um único modelo tenha a capacidade de representar um domínio variável de estados de coisas, já que o mesmo pode sofrer consecutivos desequilíbrios, rearranjos e modificações.

Modelos mentais associados a compreensão de ideias, hipóteses, teorias ou conceitos que não possuem um correspondente físico e empírico, são denominados modelos conceituais (JOHNSON-LAIRD, 1983). Estes podem ainda ser categorizados em modelos monádicos, relacionais, metalinguísticos e conjunto-teóricos, que são descritos a seguir na perspectiva de Johnson-Laird (1983):

- Modelos Monádicos: Se fundamentam a partir de raciocínios dedutivos no que diz respeito às suas características definidoras. Parte-se de premissas, ou seja, de conceitos e informações específicas para que se chegue a uma conclusão derivada das premissas anteriores. Tais modelos se limitam quanto ao número de *tokens* constituintes;
- Modelos Relacionais: Possuem relações finitas entre seus elementos (*tokens*) ou entidades específicas presentes nestes modelos. As relações podem ser de natureza finita e abstrata, ou seja, se referir a conceitos complexos, a exemplo de relações matemáticas ou que envolvem subpartículas não visíveis empiricamente;
- Modelos Metalinguísticos: Seus elementos constituintes (*tokens*) atuam na representação metalinguística dos fenômenos. Podem haver associações entre

tokens de representações metalinguísticas e outros *tokens*, de modo que tais associações são admitidas entre os códigos de linguagem e seus significados atribuídos, o que é expresso em frases e argumentos;

- Modelos Conjunto-Teóricos: Consiste na reunião de um limitado número de *tokens* em conjuntos. Cada conjunto realiza um número limitado de relações de identidade ou de não identidade, e atua na representação de fenômenos não empíricos. Tais relações de identidade ou não identidade, ocorrem entre *tokens* que expressam características semelhantes ou diferentes, respectivamente.

Rodrigues e Gibin (2021, p. 32-33) também comentam sobre possíveis exemplos para tais tipos de modelos, e os correlacionam com algumas situações ou objetos. Nesse sentido, como os modelos monádicos contam com premissas, a partir das quais se realizam deduções, um exemplo de modelo monádico pode ser ilustrado pela seguinte situação:

Um estudante pode partir das premissas de que: 1) a matéria física é composta por átomos; 2) os átomos são compostos por nêutrons, prótons e elétrons; 3) os cadernos e lápis utilizados nas anotações são compostos de matéria física. Então, como conclusão: os cadernos e lápis são compostos por subpartículas como nêutrons, prótons e elétrons (RODRIGUES; GIBIN, 2021, p. 32-33).

Quanto aos modelos relacionais, pode-se utilizar como exemplo o modelo mental da estrutura atômica de um elemento, em que supostamente existiriam relações abstratas entre seus *tokens*, ou seja, relações entre as entidades representativas de prótons e elétrons (que constituem os elementos), de modo que tais relações seriam invisíveis, abstratas, guiadas pela noção da atração entre cargas elétricas opostas. As relações entre os diferentes *tokens* do modelo mental, que podem ser representações das diferentes entidades e partículas subatômicas constituintes do elemento, são limitadas, pois ao se imaginar um átomo pesado no qual há inúmeros níveis de energia, aumentar-se-ia a dificuldade em se construir um modelo mental que contenha uma visão simultânea de todas as relações elétricas entre elétrons de grande número de estados de energia, ou das relações entre tais elétrons e as cargas positivas presentes em seu núcleo (RODRIGUES; GIBIN, 2021).

Exemplos de modelos metalinguísticos seriam os expressos por meio linguístico, como em frases nos quais emitem opiniões; e em modelos conjunto-teóricos, que podem possuir relações de identidade e não identidade, existiriam

noções sobre como as diferentes entidades, objetos ou fenômenos se assemelham ou se distinguem. Por exemplo, Rodrigues e Gibin (2021) explicam o seguinte sobre os modelos conjunto-teóricos:

As relações podem ser de identidade ($=$), ou seja, de correspondência entre os elementos, ou podem ser de não identidade ($\neq$), ou seja, de não correspondência ou não semelhança entre os tokens, ou entre estes e o fenômeno que se quer estudar. Por exemplo, tokens que representem elétrons podem apresentar relações diretas com o processo de transferência entre níveis de energia, um fenômeno abstrato. Os tokens que representam nêutrons assumiriam relações de não-identidade (não correspondência $\neq$) com os tokens representativos de elétrons, uma vez que se tratam de subpartículas distintas, ou seja, não idênticas. Tokens representativos de nêutrons assumiriam relação de não identidade $\neq$ com os tokens de elétrons, pois se associam com partículas diferentes, e, portanto, com acontecimentos subatômicos diferentes. O mesmo procederia entre tokens de elétrons e tokens de prótons, ou com quaisquer outros pares de subpartículas distintas (RODRIGUES; GIBIN, 2021, p. 34).

Levando em conta tal finitude apresentada pelos modelos mentais, Norman (1983) considera normal ao ser humano de forma geral, o desenvolvimento de modelos com presença de erros e aspectos superficiais ou incompletos. O autor comenta que muitos detalhes dos modelos podem ser esquecidos ou confundidos, principalmente quando alguns de seus aspectos deixaram de ser utilizados nos processos de raciocínio por um longo tempo.

Os modelos mentais não garantem o domínio de um número infindável de elementos, já que sua construção inicialmente parte de elementos simples, que posteriormente se aprimoram, aumentam quanto ao nível de complexidade e de informações, e, no entanto, se rearranjam em uma estrutura restrita, que apresenta finitudes em seu desenvolvimento (NORMAN, 1983).

De forma geral, os modelos correspondem a análogos mentais das situações do mundo empírico ou imaginário, em que existem opções de simulação, ou seja, possibilidades sobre o que é possível inferir e refletir. Além de dados empíricos perceptíveis, as representações mentais também são construídas por meio da linguagem, do discurso e da imaginação. Desse modo, se desenvolvem representações proposicionais a partir de sentenças linguísticas determinadas ou até indeterminadas, ou seja, sem especificidade na organização de seus elementos. As proposições podem ser interpretadas e codificadas a fim de se obter uma representação tridimensional, o que também pode contar com a adição de dados derivados de habilidades perceptivas no mundo empírico. Tal representação

tridimensional corresponde a um modelo mental, cujo processo de desenvolvimento é inconsciente. Os sujeitos posteriormente percebem tais modelos a partir de imagens mentais que os descrevem de maneira bidimensional (CARVALHO, 2021).

A construção de conhecimento do ser humano depende diretamente de sua capacidade de desenvolvimento de modelos mentais, de forma que no processo de ensino e aprendizagem deve-se instigar a construção dos modelos. Deve-se tornar consciente do seu nível de complexidade, para revisão de seu conteúdo e aprofundamento consequente dos saberes construídos (JOHNSON-LAIRD, 1983). Para Ferreira e Justi (2008), a partir do momento em que se trabalha com o conhecimento conceitual e com a construção de modelos mentais, é possível que o conhecimento seja empregado na construção de modelos, e estes, por sua vez, potencializam a construção de novos saberes.

Pelo trabalho com modelos mentais, Ferreira e Justi (2008) descrevem ser possível observar o processo de construção de conhecimento, assim como de suas limitações, complexidades, e aspectos corretos e superficiais que naturalmente podem estar igualmente presentes no saber construído, o que se diferencia da visão exata e absolutista presente no ensino científico que se dá no meio escolar e acadêmico. Se trata de um distanciamento da concepção da Ciência como algo inabalável, exato e imutável ao longo do tempo. É perceptível que ao longo da história da Ciência, erros e acertos foram cometidos no desenvolvimento de uma teoria, e da mesma forma procede no desenvolvimento dos saberes escolares, pois parte-se de modelos mentais muitas vezes superficiais e incompletos, e ao longo de um processo dinâmico de aumento de complexidade do modelo, pelo discurso, pelas percepções e contato com novas informações, estes modelos se tornam mais completos e aplicáveis a diversas situações de aprendizagem.

Nesse sentido, é importante que no ensino de Química e das Ciências em geral, se conheçam os modelos mentais em construção pelos alunos, uma vez que por meio destes é possível obter informações sobre seu nível de aprendizagem, suas dúvidas, conceitos que já estejam ou não compreendidos, ou a forma como o aluno utiliza seu modelo mental para resolução de problemas (RODRIGUES; GIBIN, 2019).

Ao se tratar de assuntos complexos e de alto teor de abstração, como é o caso dos conteúdos estudados pela Química em nível básico ou superior, é importante obter conhecimento sobre os modelos mentais dos alunos, uma vez que estes podem demonstrar quais aspectos do sistema o aluno conhece, e quais aspectos devem ser

melhor explanados, comentados e reconhecidos (RODRIGUES; GIBIN, 2019). Tal identificação permite, portanto, uma melhor tomada de posição por parte do docente durante a construção de conhecimentos. Na pesquisa de Lopes et al. (2018) também se torna evidente que os modelos mentais dos estudantes podem ser externalizados a partir de materiais alternativos, através dos quais se fazem desenhos, esquemas ou modelos físicos que utilizem palitos, bolas de isopor e materiais artesanais, de forma que também se desenvolvam as habilidades artísticas e a criatividade. Para os autores “[...] *ensinar química é interpretar os experimentos e teorias complexas relacionando com o modelo, construção imaginária*” (p. 2).

A partir de modelos físicos, que consistem em externalizações dos modelos mentais, pode-se expressar a compreensão que se tenha sobre algum conceito, e potencializar o entendimento dos fenômenos atômicos e moleculares envolvidos, pois por meio destas ferramentas e modelos físicos, os estudantes passam a manipular representações destas espécies químicas em nível submicroscópico (LOPES et al., 2018; PIVA et al., 2019; RODRIGUES; GIBIN, 2021). O conhecimento químico é expresso nos níveis macroscópico (empírico, palpável), simbólico (equações e simbologias) e submicroscópico (dinâmica atômica-molecular), de forma que os dois primeiros níveis são os mais descritos no processo de ensino e aprendizagem em textos, equações ou experimentos (JOHNSTONE, 2000). O nível submicroscópico, entretanto, é difícil de ser imaginado, já que se trata de uma estrutura atômica e subatômica que os sujeitos não têm contato por meio dos sentidos. Já que as Ciências e a Química estudam os fenômenos principalmente nesta escala de representação, é essencial que os estudantes compreendam a dinâmica submicroscópica dos fenômenos.

Conforme Locatelli e Arroio (2017), ao longo do ensino de Química deve existir um raciocínio e uma reflexão direcionada em realizar associações entre os três diferentes níveis de representação do conhecimento químico. Dessa forma, fenômenos visíveis e descritos a partir de simbologias e equações matemáticas, também devem ser compreendidos quanto a dinâmica de suas partículas submicroscópicas. Conforme os autores, como os estudantes levam em consideração os conteúdos principalmente nos níveis macroscópico e simbólico, isto ocasiona em dificuldades de compreensão conceitual. Entretanto, Locatelli e Arroio (2017) argumentam também que ferramentas tecnológicas, como animações e simulações dos fenômenos em escala subatômica, auxiliam os estudantes a realizarem transições

entre os três diferentes níveis de conhecimento, acarretando na formação de modelos mentais mais aprofundados e completos.

Rodrigues (2021) concorda que as ferramentas tecnológicas visuais permitem realizar um contato mais aprofundado com o que os alunos consideram abstrato ou impossível de ser imaginado e descrito apenas por meio de textos. Um exemplo são os fenômenos eletroquímicos, como os vinculados a pilha de Daniell e eletrólise aquosa, que segundo a autora, se associam a conceitos que os estudantes julgam como de grande dificuldade de compreensão, já que há empecilhos em descrever o seu funcionamento subatômico. Para Rodrigues e Gibin (2021, p. 41), consequentemente “[...] o trabalho com recursos visuais associados com ilustrações de espécies submicroscópicas, poderia nortear a construção de modelos mentais com aspectos representativos de acontecimentos atômicos-moleculares”. Tais espécies subatômicas também podem ser expressas em simuladores, aplicativos de realidade virtual, animações, ou outros recursos visuais que demonstrem o funcionamento da natureza abstrata da matéria (GIBIN, 2009; RUSSEL et al. 1997).

Portanto, é essencial investigar os modelos mentais apresentados por alunos do curso de Licenciatura em Química, uma vez que estes podem apresentar conceitos superficiais de origem no Ensino Médio. Além disso, os modelos mentais de licenciandos em Química, ao possuírem problemas conceituais, podem acarretar em dificuldades ao ensinar futuramente seus alunos. Pode-se também investigar se os modelos mentais, acerca de certos aspectos submicroscópicos, apresentam desenvolvimento em sentido de maior complexidade, através da utilização de ferramentas tecnológicas e do ensino híbrido na forma de sala de aula invertida adaptada ao ensino remoto.

CAPÍTULO 3 – OS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo são abordados os objetivos, questão de pesquisa, procedimentos de coleta e análise de dados, os participantes envolvidos no estudo, instrumentos de coleta de dados, além de serem apresentados os fundamentos metodológicos que guiaram o tratamento dos dados obtidos. Também se explicam as situações envolvidas nas atividades propostas aos participantes da pesquisa, durante um minicurso oferecido.

3.1. *Objetivos e questão de pesquisa*

Apresenta-se a seguir as questões de pesquisa que orientaram o estudo, além dos seus objetivos gerais e específicos.

3.1.1 *Questão de pesquisa*

A partir das discussões apresentadas, a questão de pesquisa se fundamentou nas seguintes indagações: De que forma o uso de tecnologias que trabalhem com representações imagéticas, como simuladores, vídeos, animações e games, aliado à metodologia de sala de aula invertida, pode auxiliar na construção de modelos mentais mais complexos acerca de aspectos atômico-moleculares envolvidos com o nível submicroscópico de representação?

3.1.2 *Objetivos geral e específicos*

Levando em consideração as questões de pesquisa, tem-se que a presente pesquisa tem como objetivo geral: Investigar os modelos mentais de alunos dos anos iniciais de licenciatura em Química, quanto a sua compreensão de processos em nível atômico e molecular.

Os objetivos específicos da pesquisa são os seguintes:

- Analisar se possíveis dificuldades podem ser superadas ou amenizadas pelo emprego de metodologias tecnológicas e ativas associadas ao modelo de sala de aula invertida;
- Realizar a observação destas limitações ou avanços que os estudantes possam apresentar, por meio da análise de seus modelos mentais;

- Verificar se a partir do trabalho com simuladores, aplicativos, textos, vídeos e imagens, há compreensão das transições entre os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico de representação.

3.2. Etapas metodológicas e instrumentos de coleta de dados

A pesquisa teve caráter qualitativo, ou seja, fundamentou-se principalmente em descrições, análises de eventuais dificuldades e avanços dos estudantes no decorrer do estudo dos conceitos químicos. Tratam-se de reconstruções sobre os pontos de vista dos participantes e das mudanças em seus modelos mentais, sem ênfase na análise numérica e estatística. A análise descritiva presente em pesquisas qualitativas, procura compreender o sujeito, pois

[...] considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa. Não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. É descritiva. [...] (KAUARK; MALHÃES; MEDEIROS, 2010, p. 26).

No contexto desta pesquisa, os instrumentos de coleta de dados se referem aos instrumentos necessários ao andamento da investigação, à análise e sistematização dos dados obtidos (KAUARK; MALHÃES; MEDEIROS, 2010). Nesse sentido, tais instrumentos se atrelaram a um questionário aberto inicial, formulários de estudo, entrevistas individuais e um diário de campo.

Quanto ao questionário prévio (Apêndice A), este consistiu tanto em perguntas que requeriam que o aluno criasse representações imagéticas (desenhos), quanto perguntas de caráter dissertativo que "*[...] permitem ao informante responder livremente, usando linguagem própria, e emitir opiniões*" (MARCONI; LAKATOS, 2003, p. 204). Também foram considerados dados presentes em descrições escritas e reflexões das atividades realizadas (anotações em diário de campo), que envolviam a plataforma digital *Kahoot!*, uma vez que este recurso conta com jogos, incluindo um *quiz game*, no qual são inseridas questões que são convertidas em um jogo com pontuação e interação aluno-aluno (MILHOMEM; OLIVEIRA; LIMA, 2018), já que os mesmos podem ser reunidos em grupos. O *Kahoot!* permite que professores e alunos compartilhem conteúdos de forma lúdica, o que contribui para a motivação e para a

participação de forma ativa (COSTA; OLIVEIRA; SANTOS, 2019; MILHOMEM; OLIVEIRA; LIMA, 2018).

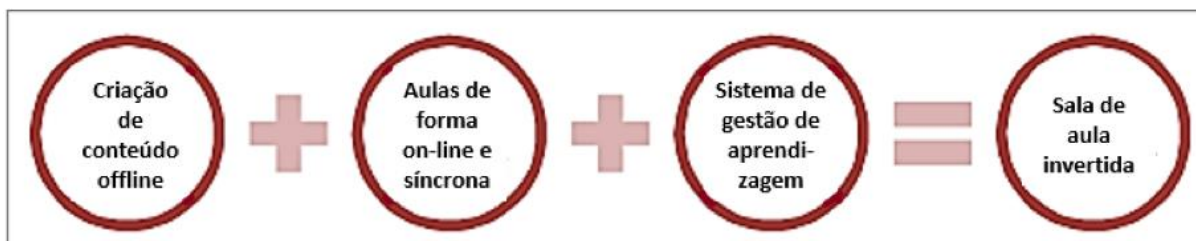
Nesta plataforma, ao longo de alguns momentos do minicurso, várias perguntas foram direcionadas aos participantes, na perspectiva de desafiá-los e encorajar sua participação. Interações, diálogos e reflexões importantes sobre atividades a exemplo da dinâmica com o jogo *Kahoot!*, se fizeram presentes na forma de dados presentes em um diário de campo. Outros dados sobre os modelos mentais ao longo do minicurso, também se faziam presentes em formulários reflexivos (Formulários 1, 2 e 3 – Apêndices C, E, e G) a serem respondidos posteriormente aos encontros presenciais. Tais formulários, assim como o questionário prévio (Apêndice A), possuíam questões abertas e questões que requeriam a formulação de desenhos, e algumas questões se associavam à escolha de alternativas. Acredita-se que, como ocorreu o acompanhamento, a mediação das atividades por parte da pesquisadora, o estímulo à reflexão e a proposta de novos desafios que encorajaram o aluno a pensar por si mesmo, se desenvolveu um ambiente adequado ao uso estruturado das tecnologias (SCHNEIDER, 2015).

Os participantes da pesquisa eram alunos da disciplina de Química Fundamental I, que foram convidados a participar de um minicurso em um horário extracurricular, no período da tarde. Para isso, a docente que ministrava a disciplina incentivou a participação dos alunos. O minicurso ocorreu na Universidade Estadual Paulista – campus de Presidente Prudente, de modo que nenhum dos indivíduos participantes foram identificados durante a pesquisa, pois foram citados através de caracteres numéricos.

Nesse sentido, se realizou o modelo de sala de aula invertida de maneira semelhante ao que foi efetuado na pesquisa de Naw (2020). O autor relata que é possível: 1) A criação *Offline* de conteúdos com auxílio de imagens, vídeos, textos, e conteúdos significativos e que chamem a atenção dos estudantes; 2) Encontros coletivos de estudantes e professores, onde o conhecimento é aprofundado. Tais encontros ocorreram de forma presencial, uma vez que se deram de forma posterior ao isolamento social causado pela pandemia de Covid-19, e 3) Atua-se com um Sistema de Gestão de Aprendizagem (Learning Management System - LMS), como *Zoom*, *Moodle*, *Microsoft Teams* e *Google classroom* ou outra plataforma através das quais se possam conduzir os encontros e facilitar o envio de materiais virtuais, como textos e vídeos. Isto é exposto no esquema da Figura 9 a seguir. Em modalidades

presenciais, encontros e diálogos podem ser feitos tanto em ambiente digital quanto presencialmente, conforme a situação de conveniência dos alunos.

Figura 9 – Sala de aula invertida conforme a proposta de Naw (2020)



Fonte: Adaptado de Naw (2020, p. 5).

Método semelhante foi empregado por Oliveira et al. (2020), pois tais autores adaptaram a modalidade de sala de aula invertida para o ensino remoto, pela inserção de ferramentas que dão suporte a um ambiente de ensino totalmente virtual, como *Moodle*, *Google Meet*, *Zoom* e *Google Hangout*, e criação de atividades interativas também associadas à gamificação. Entretanto, acredita-se que os momentos de aprofundamento realizados nos encontros coletivos, sejam melhor efetivados em ambientes presenciais, para maior estímulo e participação. Por isso, no contexto da pesquisa, tais encontros foram realizados de forma presencial na própria universidade em que os estudantes se faziam presentes.

De acordo com De Grazia et al. (2012) e Oliveira et al. (2020), o estudo por meio de materiais diversos além de textos, como vídeos em momentos anteriores à aula, faz com que os estudantes possam vir mais bem preparados para a aula, em comparação à realização apenas de leitura de textos, uma vez que os alunos raramente concluem tais leituras. A adaptação da sala de aula invertida, dentre outras possibilidades associadas a variados recursos tecnológicos (ambientes virtuais de aprendizagem, aplicativos, jogos, vídeos), são essenciais às modalidades de ensino híbrido que se pretendem realizar nas atuais circunstâncias sociais, o que é comentado por Khan e Abdou (2020), os quais também traçam um paralelo sobre o que ocorre em outros países:

[...] Bangladesh e outros países em desenvolvimento que têm contextos semelhantes, podem considerar a técnica de sala de aula invertida modificada para conduzir suas aulas regulares devido a qualquer situação de emergência, como a pandemia COVID-19 (KHAN; ABDU, 2020, p. 6, tradução nossa).

Khan e Abdou (2020, p. 6) concordam com o modelo de sala de aula invertida no qual parte dos encontros, atividades e discussões são realizados *on-line*. Os autores propõem o envio de informações aos alunos via contas no *gmail*, de forma que o envio de materiais didáticos anteriormente preparados possa ocorrer via *Google Drive*. Khan e Abdou (2020) também sugerem que a participação, colaboração, envio de recados e materiais podem ocorrer a partir de grupos privados na rede social *Facebook*. Consequentemente, após o estudo prévio dos materiais pelos alunos, ocorrem discussões e ampliação dos conhecimentos em plataformas virtuais. No entanto, nas circunstâncias desta pesquisa compreende-se que esta ampliação de conhecimentos pôde ocorrer presencialmente conforme as circunstâncias de ensino.

Silva, Raminelli e Gibin (2021) discutem sobre as possibilidades de implementação de metodologias ativas em ambientes virtuais. As metodologias ativas procuram incitar a participação plena dos alunos, contrariamente à uma postura passiva, memorística e acrítica. Tendo em vista que atualmente o ensino por meio de ferramentas tecnológicas se torna cada vez mais importante, é necessária a investigação de metodologias que utilizam tais ferramentas. O emprego da modalidade de sala de aula invertida na pesquisa dos autores ocorreu por meio de atividades *on-line* com materiais e atividades disponibilizados por meio do *Google classroom*, o que facilitou a aprendizagem, a comunicação e a participação dos alunos (SILVA; RAMINELLI; GIBIN, 2021).

Dessa forma, na atual pesquisa ocorreu o preparo de materiais, como vídeos, textos, animações e roteiros com atividades que deveriam ser explorados pelos estudantes antes dos encontros coletivos presenciais. Os roteiros de estudos prévios aos encontros presenciais foram enviados por meio da plataforma *Google classroom* (Apêndices B, D e F). Os encontros coletivos foram conduzidos pela pesquisadora, e modificações nos modelos mentais dos alunos foram investigadas principalmente conforme atividades (formulários de atividades 1, 2 e 3 – Apêndices C, E, G) posteriores aos encontros coletivos, e observações realizadas durante tais encontros, registradas em um diário de campo com indicações de falas e fatos que se passaram nas aulas.

Além disso, nos horários anterior e posterior às aulas, foram realizados acompanhamentos por parte da pesquisadora sobre os conceitos estudados e atividades propostas. Tais acompanhamentos ocorreram por meio da plataforma de comunicação *Whats App*, já recorrente na vivência dos alunos e amplamente utilizada

entre alunos e também professores nas aulas a distância, que se tornaram frequentes no período pandêmico. Esta plataforma, quando empregada para finalidades apenas educativas, se assemelha a plataforma <http://openredu.cmr.eb.mil.br/>, já que em pesquisas de Gomes et al. (2017, p. 13), a “[...] *conveniência da plataforma representou uma oportunidade para tirar dúvidas a qualquer momento*”. A escolha, na pesquisa, em se empregar a primeira plataforma, se deve a sua maior viabilidade e familiaridade com os participantes da pesquisa.

Questionamentos e exercícios de reflexão presentes nos formulários 1, 2 e 3 respondidos posteriormente aos encontros coletivos, foram condizentes com os conteúdos aprofundados nestes encontros, e dependiam da visualização de vídeos, leitura de textos e atenção aos conceitos que puderam ser discutidos durante os encontros presenciais. Após os encontros e a realização das atividades, a opinião dos estudantes sobre as atividades foi ainda analisada por meio de uma entrevista individual com os alunos interessados. Segundo Flick (2013, p. 123) “[...] *a pesquisa qualitativa é mais orientada para a produção de protocolos das suas questões de pesquisa e para sua documentação e reconstrução*”. Nesse sentido, um questionário inicial sobre conhecimentos prévios que foi aplicado no início do minicurso, além dos formulários 1, 2 e 3 respondidos, foram considerados materiais de pesquisa, os quais foram submetidos à análise e descrição de suas características.

A pesquisa teve natureza qualitativa, pois os dados extraídos do questionário inicial (Apêndice A), dos formulários de atividades (Apêndices C, E, G) e entrevistas individuais (Apêndice J), passaram por descrição e análise interpretativa de aspectos humanos e das concepções pessoais dos sujeitos. Os aspectos humanos não são passíveis de quantificação, e os resultados obtidos pela investigação de um contexto não podem ser generalizadas para outras situações de natureza distinta (o que se observa em métodos quantitativos), pois há imprevisibilidade das ocorrências e dos fenômenos que se passam em contextos diferentes (CHAER; DINIZ; RIBEIRO, 2011).

As pesquisas qualitativas se dedicam ao estudo dos comportamentos de grupos sociais e à descrição, análise e entendimento de aspectos humanos subjetivos, que se mostram presentes e interagem em um certo contexto. Tal contexto ou ambiente social em que o ser humano se insere, também é considerado nas investigações qualitativas. Admite-se que certos fenômenos são melhor compreendidos por meio das interações humanas. Tais pesquisas não são “neutras”,

ou seja, carregam também opiniões e concepções provenientes da subjetividade do pesquisador (GODOY, 1995).

O pesquisador procura compreender certo fenômeno conforme o ponto de vista das pessoas inseridas em um certo contexto. Para a coleta de dados, podem ser empregadas entrevistas, questionários, observação, análise de materiais audiovisuais, diário de campo ou pesquisa em documentos oficiais. Nesse sentido, as pesquisas qualitativas não são estruturadas de modo inflexível, pois incorporam também a criatividade dos pesquisadores durante a investigação, tendo a possibilidade de análise de diversos materiais sobre diversas perspectivas (GODOY, 1995).

No contexto desta pesquisa, o questionário inicial (Apêndice A) consistiu em questões abertas, as quais permitiram liberdade total de respostas por parte do informante, uma vez que este pôde responder conforme sua linguagem própria e com as construções de frases e palavras que julgasse mais conveniente, conforme Chaer, Diniz e Ribeiro (2011). Quanto às questões presentes em formulários de atividades envolvidas na sequência didática proposta aos alunos (formulários 1, 2 e 3), houve questões abertas, ou seja, que permitiram respostas livres e com envolvimento de ilustrações feitas pelos participantes. Havia apenas algumas questões fechadas, as quais solicitaram que os estudantes analisassem opções com definições escritas ou ilustrações dos sistemas em nível submicroscópico, devendo analisar figuras ou sentenças e escolher a(s) opção(ões) adequada(s).

Também foi empregada uma entrevista individual e semiestruturada, com o objetivo de obter conhecimento sobre as opiniões dos estudantes quanto ao papel das tecnologias no ensino, sua experiência com o ensino em sala de aula invertida, e sobre possíveis modificações que ferramentas tecnológicas podem ter proporcionado ao seu pensamento atrelado ao nível atômico-molecular. Os participantes puderam também falar sobre dificuldades que tinham anteriormente às aulas, que podem ou não ter permanecido mesmo após as atividades e reflexões realizadas.

Na entrevista semiestruturada, houve um roteiro de questões que permitiu uma organização flexível dos questionamentos, bem como certa ampliação destes. A partir das perguntas iniciais e no depender das respostas dos entrevistados, a pesquisadora pôde aprofundar as questões, indagando os sujeitos quanto aos “por quês”, “como” e “onde” dos acontecimentos, a fim de entender melhor o que os entrevistados tentaram dizer (BELEI et al., 2008). Portanto, a partir das questões do roteiro de entrevista, a

pesquisadora pôde indagar sobre detalhes mais específicos ou direcionar as respostas para o que realmente se queria saber.

Nas entrevistas, foi empregado um gravador presente em smartphone. Os gravadores podem preservar os conteúdos originais, detectar silêncios, mudanças de tom de voz, e armazenar palavras que não seriam lembradas posteriormente. Há, portanto, um aumento na acurácia dos dados (BELEI et al., 2008). Os autores anteriores ressaltam que durante as gravações de entrevistas, deve-se mostrar interesse pelos relatos dos entrevistados, por gesticulação ou apresentação de novos questionamentos, sem, entretanto, influenciar no seu discurso.

3.3. Visualização indireta da evolução dos modelos mentais

O questionário inicial (Apêndice A) continha questões básicas sobre determinados temas da área da Química, que possuíam certo grau de abstração, a exemplo dos conceitos de soluções, reações de oxirredução, solvatação iônica, substâncias eletroquímicas e reações de precipitação. Esta etapa, assim como atividades virtuais subsequentes (que ocorreram em momentos alheios aos encontros presenciais), pôde ser realizada com auxílio de plataforma *on-line*, como o *Google classroom*. Através das respostas ao questionário e às atividades (formulários 1, 2 e 3), procurou-se investigar a compreensão dos alunos quanto aos aspectos dos sistemas em nível atômico-molecular, e comparar se tais noções e entendimentos sobre a dinâmica atômica sofreram modificações ao longo do desenvolvimento do conteúdo em aula e da utilização de recursos visuais (vídeos, simuladores, animações).

Algumas questões presentes nas atividades dos formulários (Apêndices C, E, G) e em atividades ao longo dos encontros, geraram dados presentes em um diário de campo. As atividades envolviam imagens, esquemas ou simbologias químicas, que deveriam ser selecionados pelos alunos conforme a correlação entre tais representações e o modelo mental correspondente. Isto se justifica pelo fato de existirem correlações entre representações externas (imagens, ilustrações, símbolos) feitas pelos estudantes e seus modelos mentais. Outras questões, entretanto, exigiam que os estudantes fizessem desenhos, de forma a expressar externamente e de forma imagética, detalhes do seu modelo mental correspondente (JOHNSON-LAIRD, 1983).

Dessa forma, indiretamente por meio de imagens ou descrições, se analisou os modelos mentais dos envolvidos, na perspectiva de encontrar possíveis modificações,

evoluções ou dificuldades ainda restantes em sua compreensão de certos conceitos químicos, já que tais modificações e aspectos falhos são normais ao funcionamento dos modelos mentais conforme afirma Norman (1983). Soma-se a isso as entrevistas individuais que foram feitas, referentes à opinião dos envolvidos sobre o papel das tecnologias na aprendizagem em modalidade híbrida, e sobre a compreensão obtida acerca do funcionamento submicroscópico de detalhes dos sistemas químicos em estudo.

Para a análise das informações presentes na entrevista transcrita, recorreu-se ao referencial teórico de Johnson-Laird (1983), onde discorreu-se sobre as interpretações associadas aos principais núcleos de sentido (*tokens* ou elementos associados a estrutura dos modelos mentais) comentados pelos entrevistados.

As respostas ao questionário e aos formulários 1, 2 e 3 foram avaliadas, e esperou-se realizar uma descrição do que levou os participantes a abordar os conceitos requeridos de determinada forma, seja esta coerente ou não. Para isto, os dados puderam ser expressos conforme quadros descritivos sobre os alunos que demonstraram aspectos predominantemente corretos, incorretos ou parcialmente corretos em relação ao funcionamento dos sistemas submicroscópicos.

Tanto no questionário inicial quanto nos formulários 1, 2 e 3, a forma de categorização feita a partir de núcleos de sentido dos *tokens* dos modelos mentais se fundamentou na teoria de Johnson-Laird (1983). Primeiramente, realizou-se uma leitura cuidadosa e exaustiva dos dados obtidos, no intuito de perceber e discriminar frases, palavras, desenhos e elementos textuais que demonstrassem significados expressos e que contribuíssem para a pesquisa. As fontes de dados, como o questionário inicial, entrevistas e os formulários 1, 2 e 3, passaram então por uma desconstrução a fim de se explorar tais unidades de ideias e aspectos expressos (*tokens*).

Posteriormente, foram selecionadas unidades de significado que apresentassem aspectos semelhantes ou que poderiam ser associados entre si de alguma forma e de acordo com as perspectivas teóricas e objetivos prévios. Foram atribuídas relações entre tais unidades semelhantes, com o propósito de construir novos significados e gerar categorizações. A categorização exigiu uma comparação constante entre as unidades (*tokens*), releituras dos materiais que contém os dados brutos, de modo que as categorias puderam sofrer modificações e serem reorganizadas constantemente, conforme surgiam novas interpretações.

Também conforme a teoria de Johnson-Laird (1983), a partir dos dados organizados realizaram-se argumentações de como os dados foram fragmentados e reorganizados. Foram feitas descrições, argumentações sob a perspectiva da pesquisadora, considerações sobre as categorias geradas, e sobre as novas compreensões obtidas, descobertas e teorizações realizadas. As unidades de significado analisadas foram os *tokens*, que poderiam ser tanto partes dos desenhos quanto termos utilizados em frases. Delimitou-se os *tokens* que seriam necessários à compreensão correta dos conceitos, de forma que, se o estudante evidenciasse todos os *tokens* (características) de um dado conceito, este apresentaria uma concepção coerente. Caso houvesse ausência de todos os *tokens*, o estudante apresentaria uma concepção incoerente. Apesar disso, poderiam existir respostas parcialmente coerentes, em casos onde se evidenciava a presença de certo número dos *tokens* necessários. As respostas parcialmente coerentes ainda passaram por uma subcategorização:

- Concepção “simplista”, onde apenas um dos *tokens* requeridos estava presente;
- Concepção “em desenvolvimento” (com 2 a 4 *tokens*);
- Concepção “quase coerente”: restaria apenas um *token* para se tornar uma resposta totalmente coerente. Em casos onde para se compreender um conceito, se necessitava de 3 *tokens*, e apenas 2 se fizessem presentes de forma correta, considerava-se uma concepção parcialmente coerente “quase coerente”, pois haveria ausência de apenas 1 dos *tokens* necessários a uma concepção coerente.

A análise dos *tokens* dos modelos mentais dos alunos, em relação às suas concepções sobre a natureza atômica e molecular presente nas reações químicas, também se embasou nas categorizações e descrições realizadas por Justi e Ruas (1997), Andersson (1990) e Lajium (2013). Tais autores descrevem concepções dos alunos nas quais os mesmos concebem a matéria como sendo contínua (sem evidências de partículas, átomos ou moléculas). Um exemplo é a presença de desenhos nas respostas com espaços em branco, espaços totalmente pintados ou superfícies planas e superfícies com curvas (natureza contínua). Também podem ser observados desenhos ou descrições que exibam uma concepção descontínua da matéria, ou seja, com ilustrações de pontinhos, esferas, e relatos sobre a presença de átomos e moléculas constituintes da matéria.

Andersson (1990) descreve a visão que os alunos podem apresentar em relação à ocorrência das reações químicas, de modo que é possível que os estudantes

exponham suas concepções da seguinte forma: 1. Deslocamento: O estudante imagina uma reação química, em que uma nova substância surge simplesmente pelo seu deslocamento de um lugar para o outro, ou os reagentes de uma reação química apenas desaparecem para dar "origem" aos produtos, sem que haja modificações nas propriedades físicas do sistema; 2. Modificação: A nova substância que surge apenas é a substância original, modificada. Os alunos podem pensar sobre isso de forma macroscópica: ocorrem alterações nas propriedades do sistema, embora a identidade do sistema permaneça a mesma. Nas palavras de Justi e Ruas (1997, p. 25), um exemplo de pensamento sobre modificações em relação ao mundo macroscópico é: *"Com a mistura das soluções aconteceu uma reação química que solidificou uma parte da substância"*.

A ideia de modificação, que guia a noção sobre reações químicas, também pode ser exposta a partir do mundo submicroscópico: cores e tamanhos de partículas desenhadas podem mudar de tamanho, pois, por exemplo, produtos que sofreram solidificação são representados por partículas de tamanho menor (JUSTI; RUAS, 1997; ANDERSSON, 1990). Andersson (1990) também comenta que os estudantes podem expor concepções mais coerentes, categorizadas em 3. Interação Química, que também pode se basear no referencial de mundo macroscópico e submicroscópico: os reagentes ou as substâncias originais se transformam nos produtos, a exemplo da queima de um combustível (gasolina em contato com uma chama), com consequente emissão de gases (visão macroscópica); ou os estudantes podem refletir sobre isso e concluir que os átomos das primeiras substâncias se rearranjam a fim de formar os produtos (visão submicroscópica).

É possível que as concepções externalizadas pelos estudantes participantes da pesquisa, tanto a partir do questionário prévio quanto em formulários de perguntas ao longo de momentos do minicurso, se tratem de concepções alternativas. Estas últimas consistem em ideias que os alunos possuem, que fazem sentido para eles para explicação dos fenômenos, mas que podem se distanciar dos conceitos científicos, e ser oriundas de suas experiências prévias e vivências cotidianas. As concepções alternativas são resistentes às mudanças, pois se enraízam nas pessoas e tendem a persistir mesmo após as situações de ensino e aprendizagem; entretanto, podem se alterar a partir de situações de conflito cognitivo, que desencadeiem momentos de raciocínio e reflexão crítica (NARDI; CARVALHO, 1996; OLIVEIRA; AZEVEDO; SOBRÉ NETO, 2016). Mudanças nas concepções alternativas podem ser

incitadas a partir de metodologias alternativas ao método tradicional, como pelo emprego de discussões, abordagens experimentais, utilização de recursos tecnológicos, jogos ou outras ferramentas que estimulem a imaginação, a criatividade, a reflexão e o senso crítico, de forma que o estudante tenha papel central na construção do conhecimento (ALBINO, 2015).

3.4. Realização de Intervenção Pedagógica

Intervenções pedagógicas envolvem o planejamento de ações, implementação de inovações de cunho pedagógico, mudanças ou outras interferências baseadas em reflexões teórico-empíricas, que têm intenção de promover melhorias no ensino e aprendizagem, com consequente análise e avaliação do que as mudanças tenham promovido ao contexto em que os sujeitos estão inseridos (DAMIANI et al., 2013). Os autores ainda defendem:

“[...] a pertinência de atribuir status de investigativo a esse tipo de pesquisa, por entendê-la capaz de produzir conhecimento educacional [...]. As pesquisas do tipo intervenção pedagógica são aplicadas, ou seja, têm como finalidade contribuir para a solução de problemas práticos” (DAMIANI et al., 2013, p. 57-58).

Para Rocha e Aguiar (2013), a pesquisa com intervenção tem como propósito investigar qualitativamente a vida de coletividades. A pesquisa com intervenção no campo educativo consiste em um método no qual se fundamentam e se desenvolvem empiricamente tentativas contínuas e sistemáticas de aprimorar práticas ou resolver problemas, algo que segundo Damiani et al. (2013), também está presente na abordagem de pesquisa-ação. É necessário que haja diálogo com um referencial teórico e teorias existentes, para que a pesquisa tenha significado e para que haja um aumento no conhecimento dos pesquisadores para enfrentar as problemáticas (THIOLLENT, 2009).

Para Moreira (2008), os princípios que regem a pesquisa com intervenção são: a consideração pela realidade cotidiana e o compromisso do ponto de vista ético com a produção de práticas de caráter inovador. Gabre (2012) considera o papel mediador do pesquisador ao promover encontros, sistematizar saberes produzidos, escutar ativamente os sujeitos (em entrevistas, por exemplo), onde as experiências e práticas de âmbito coletivo em sala de aula, quando sistematizadas e associadas às

perspectivas teóricas, geram descobertas ou novas elaborações de sentido teórico-metodológico.

Contrariamente à pesquisa ação, entretanto, na pesquisa com intervenção não há uma ação orientada a emancipação de grupos sociais ou classes populares, pois mesmo que se pretenda ter avanços de natureza educacional, os objetivos principais não apresentam ênfase político-social ou emancipatória. No que diz respeito ao planejamento, participação e desenvolvimento na pesquisa com intervenção, não há envolvimento de todos os participantes, algo diferente do que acontece na pesquisa ação, conforme comentam Thiollent (2009) e Damiani et al. (2013), já que é “[...] o pesquisador quem identifica o problema e decide como fará para resolvê-lo, embora permaneça aberto a críticas e sugestões, levando em consideração as eventuais contribuições dos sujeitos-alvo da intervenção, para o aprimoramento do trabalho” (DAMIANI et al., 2013, p. 60).

O desenvolvimento da pesquisa por meio de intervenção ainda assim, depende de certa negociação entre os sujeitos envolvidos, e a negociação pode se dar a partir de comentários de pessoas ou do coletivo, observações dos fenômenos, ou momentos inesperados de interação entre os sujeitos de pesquisa e o pesquisador (SATO, 2008).

3.5. Sequência didática proposta no minicurso

O público alvo da pesquisa consistiu em 11 alunos ingressantes no curso de Licenciatura em Química no ano de 2022, e que ainda estavam no 1º semestre do curso. Estes participaram de um minicurso sobre a visão submicroscópica das reações químicas, cujos encontros presenciais ocorreram no período da tarde. A divulgação do minicurso aos alunos, ocorreu também por intermédio da professora de Química Geral do curso de licenciatura, que acentuou que os estudantes poderiam necessitar de reforços para diminuição de dificuldades conceituais. Procurou-se fazer com que o minicurso contivesse, portanto, conceitos que também são trabalhados em disciplinas que os estudantes estavam cursando naquele momento, como Química Geral e Química Geral Experimental I.

Na abordagem de sala de aula invertida, os alunos tiveram contato com alguns materiais didáticos para estudo prévio (Apêndices B, D e F). A função destes materiais foi introduzir conceitos básicos que foram discutidos e aprofundados durante os encontros coletivos, ou seja, durante encontros presenciais conduzidos pela

pesquisadora, e durante atividades complementares posteriores às aulas, presentes em formulários encaminhados e disponibilizados também de forma impressa (Apêndices C, E, G). Anteriormente a isso, os alunos responderam um questionário sobre conhecimentos prévios (Apêndice A). Um quadro com a visão geral do funcionamento do minicurso, está presente no Quadro 1 a seguir:

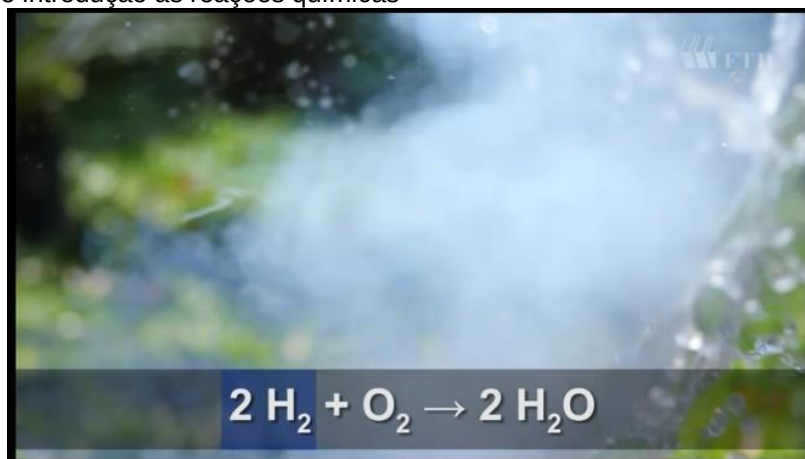
Quadro 1 – Momentos e objetivos das etapas do minicurso

Momentos do minicurso	Objetivos
Dia 1: On-line: Os alunos responderam a um questionário e foram encaminhados materiais (textos, vídeos) para estudo prévio do conteúdo.	Obter dados relativos aos conhecimentos prévios dos alunos (aplicação de um questionário de conhecimentos prévios – Apêndice A) e permitir ao participante um primeiro contato com o conteúdo de reações químicas e estequiometria, assim como estimular a curiosidade do aluno no processo de compreensão dos conceitos em nível submicroscópico, pela disponibilização de um roteiro de estudos (Apêndice B).
Dia 2: Presencial: Os conteúdos dos materiais enviados aos alunos foram discutidos. Foi realizada uma atividade com o aplicativo <i>Kahoot!</i> (<i>quiz game</i>). Após o encontro, os alunos responderam ao formulário 1.	Realizar um aprofundamento dos conhecimentos gerados na etapa anterior, através do contato e diálogo com outros estudantes e com a pesquisadora. Acredita-se que questionamentos e problemas direcionados aos estudantes, também permitam que estes realizem reflexões críticas. Após uma atividade com o <i>Kahoot!</i> e explicações realizadas neste encontro, os estudantes o responderam ao formulário 1 (Apêndice C) relativo aos conceitos estudados.
Dia 3: On-line: Foram encaminhados materiais para estudo prévio sobre substâncias eletrolíticas	Incentivar o contato inicial com os conceitos teóricos sobre substâncias eletrolíticas. Procurou-se estimular os alunos a visualizarem animações e simulações sobre o funcionamento submicroscópico dos fenômenos, além de lerem textos sobre o assunto (Apêndice D).
Dia 4: Presencial: Os conteúdos foram discutidos. Foi realizada uma atividade com o aplicativo <i>Kahoot!</i> (<i>quiz game</i>). Após o encontro, os alunos responderam ao formulário 2.	Aprofundamento das discussões sobre soluções, substâncias eletrolíticas e outros fenômenos químicos envolvidos. Nesse sentido, procura-se descrever e incitar o raciocínio em nível atômico-molecular, e por meio dos recursos imagéticos empregados, também procura-se fazer com que os estudantes correlacionem os níveis macro, simbólico e submicroscópico. Os modelos mentais referentes aos fenômenos estudados foram desenhados ou descritos verbalmente a partir do formulário 2 (Apêndice E).
Dia 5: On-line: Foram encaminhados materiais para estudo prévio sobre reações ácido-base, reações de precipitação, dissolução de precipitado e oxirredução.	Incentivar o contato inicial com os conceitos teóricos abordados posteriormente de forma mais aprofundada no dia 6. Procura-se estimular os alunos a visualizarem vídeos sobre o funcionamento submicroscópico dos fenômenos. O roteiro de estudos está disponibilizado no Apêndice F)
Dia 6: Presencial: Discussão sobre os conteúdos. Foi realizada uma atividade com o aplicativo <i>Kahoot!</i> (<i>quiz game</i>). Após o encontro, os alunos responderam ao formulário 3	Aprofundamento das discussões sobre tipos de reações em meio aquoso, como reações ácido-base, reações de precipitação e oxirredução. Mais uma vez, procurou-se descrever e estimular o raciocínio em nível atômico-molecular, e por meio dos recursos imagéticos empregados, também procurou-se fazer com que os estudantes correlacionem os níveis macro, simbólico e submicroscópico. Os modelos mentais referentes aos fenômenos estudados foram desenhados ou descritos verbalmente a partir do formulário 3 (Apêndice G)
Dia 7: On-line: Realização de entrevistas via <i>Google meet</i> .	Indagar os alunos sobre o que aprenderam, sobre as dificuldades que tiveram, sobre como passaram a imaginar o funcionamento submicroscópico de algumas reações, e se as ferramentas e abordagens utilizadas (sala de aula invertida) foram ou não favoráveis na construção de conhecimento.

Fonte: a autora.

Os conceitos químicos que foram inicialmente trabalhados, envolveram os conceitos de equações químicas e estequiometria. Para este tema de estudo, os alunos deveriam assistir a distância e previamente ao encontro coletivo (no dia 2), um vídeo introdutório que apresenta diversos tipos de reações químicas (Figura 10):

Figura 10 – Vídeo de introdução às reações químicas

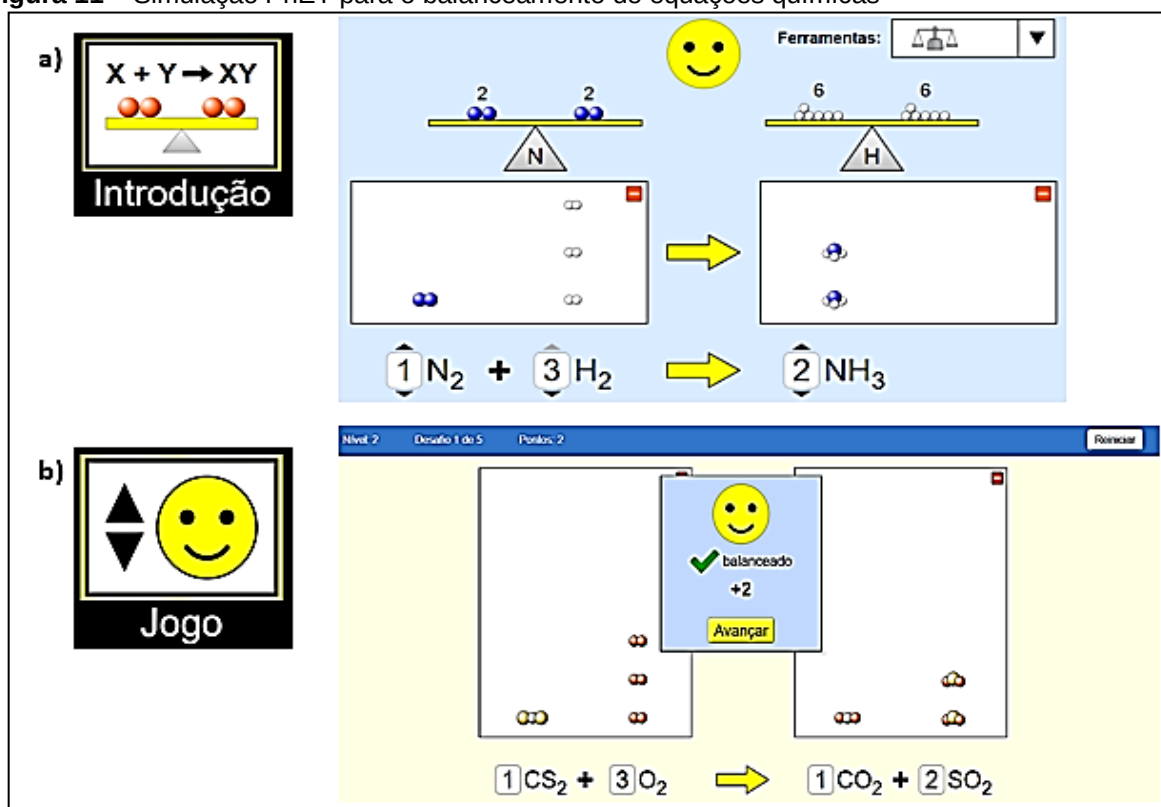


Fonte: Thenório (2012).

Também foi sugerida a leitura de um texto (Apêndice B) referente às reações químicas e seu balanceamento, que é acompanhado de um exercício para simular reações químicas e manipular seus coeficientes estequiométricos em um simulador presente na plataforma virtual PhET - *Physics Educacional Technology* (Figura 11a). E foi dado um exercício de reflexão sobre a dinâmica dos átomos, íons ou moléculas nas reações de queima do acetileno e queima do magnésio metálico.

A simulação referente ao balanceamento de equações químicas, também conta com um *game* no qual, em diferentes níveis, os alunos podem testar os coeficientes estequiométricos de reagentes e produtos e visualizar as representações das espécies subatômicas, até que se tenha a representação corretamente balanceada de uma reação química (Figura 11b).

Figura 11 – Simulação PhET para o balanceamento de equações químicas



Fonte: PhET (2021).

Posteriormente às discussões de aprofundamento (dia 2), os alunos fizeram as atividades através do formulário 1, cujo conteúdo está presente no Apêndice C, com exercícios que funcionaram como uma fonte para coleta de dados, com base nas respostas e descrições dos estudantes para as questões apresentadas. Tais questões elaboradas requeriam que os estudantes imaginassem o sistema químico, visualizassem as imagens e interpretassem os sistemas quanto às quantidades de átomos, íons ou moléculas presentes em solução, a forma com que estas espécies químicas estavam dispersas e interagiam umas com as outras, além de terem de compreender o conceito de quantidade de matéria.

Para o estudo de eletrólitos e seus conceitos associados (substâncias não eletrolíticas, eletrólitos fortes e fracos), a partir do dia 3, aos alunos foi encaminhado um roteiro de estudos, com material audiovisual (vídeos e animações) e texto introdutório, presentes no Apêndice D, para que durante o encontro coletivo (dia 4), os conhecimentos fossem aprofundados.

Aos alunos foi indicado o *download* do aplicativo denominado Lab. de Reações, disponível gratuitamente no *Google Play Store*. O aplicativo permite que se analise as

ionizações e/ou dissociações iônicas de eletrólitos fortes e fracos, e que se visualize as reações com íons e moléculas em movimento no sistema (Figura 12).

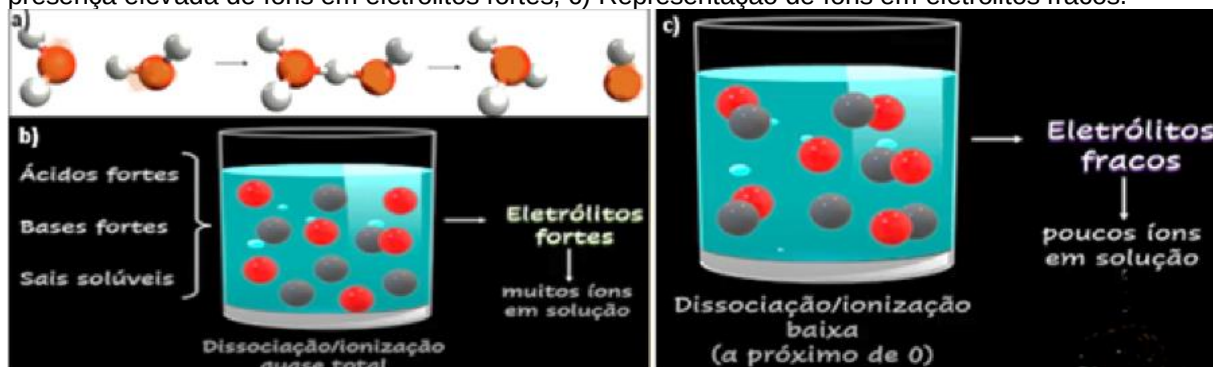
Figura 12 – Aplicativo Lab. de Reações: Explicação teórica e animação sobre a ionização do cloreto de hidrogênio



Fonte: Lab de reações (2021).

Muitas das animações presentes no material encaminhado aos alunos também representam o comportamento iônico e molecular em soluções eletrolíticas (Figura 13), as quais, além disso, eram descritas e explicadas ao longo do texto expresso em tal roteiro de estudos. Posteriormente ao encontro coletivo (dia 4), puderam ocorrer momentos para retirada de dúvidas através de plataformas como o *Google meet*. Entretanto, os estudantes optaram pelo uso da plataforma *WhatsApp*, que era mais familiar a eles.

Figura 13 – a) Animação referente ao processo de autoionização da água, b) Representação da presença elevada de íons em eletrólitos fortes, c) Representação de íons em eletrólitos fracos.



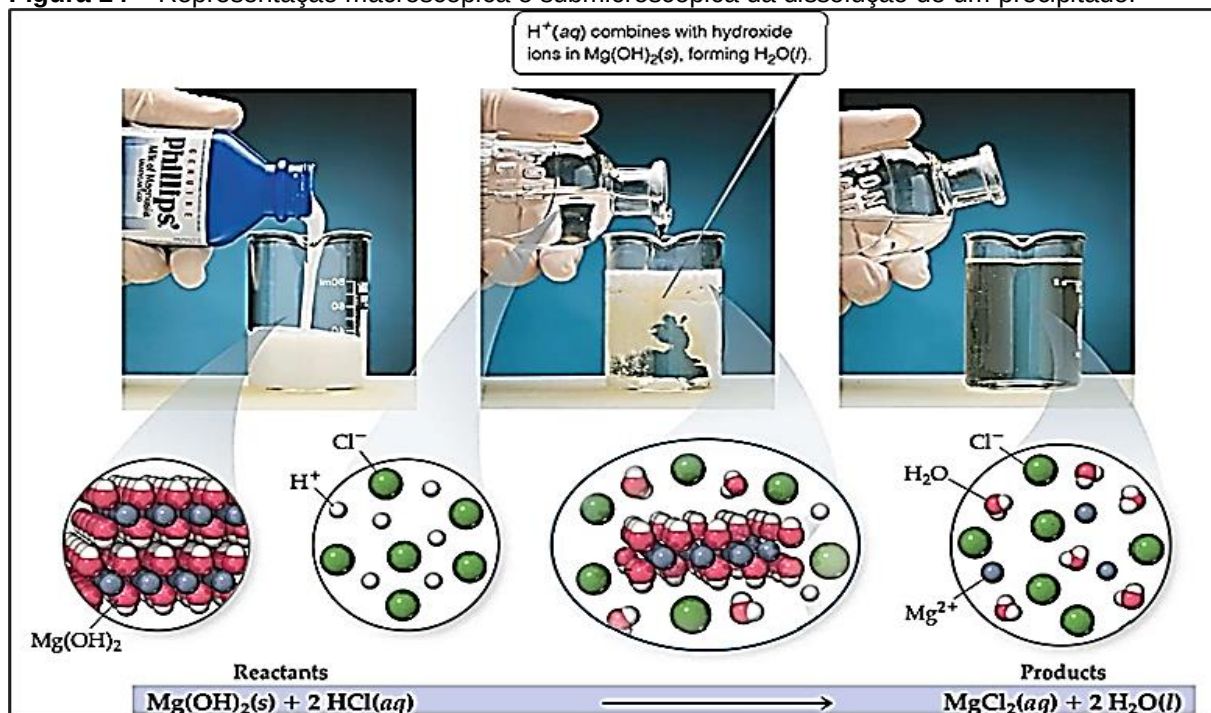
Fonte: a) Adaptação de Water Ionization (2021) e b) e c) QuímiKa (2021).

O formulário 2 (Apêndice E), com questões referentes aos conceitos estudados, também foi enviado aos participantes no dia 4. As suas respostas puderam ser usadas para analisar seu desempenho e avanço ao longo das atividades. As questões possuíam teor imagético, e requeriam que os envolvidos descrevessem os sistemas conforme os imaginavam ou simulavam com seus modelos mentais. Algumas questões também requeriam que os estudantes desenhasssem suas próprias representações imagéticas referentes às suas concepções sobre os sistemas. Questões do formulário que demandaram uma descrição escrita ou a elaboração de desenhos, puderam ter suas respostas enviadas por meio do *Google classroom*, onde todos os outros materiais se encontraram disponíveis.

Quanto aos estudos sobre soluções químicas em meio aquoso, foram estudados os processos de reação ácido-base, geração e dissolução de precipitados, e também algumas reações de oxirredução. Isto ocorreu inicialmente pelo envio de um roteiro de estudo no dia 5 (Apêndice F). Procurou-se analisar a visão que os estudantes possuíam em relação ao fenômeno da precipitação química, da dinâmica de íons e moléculas em fase aquosa, dos processos de perda ou ganho de elétrons e das diferenças de reatividade entre metais, e entre metais e soluções iônicas.

Foi sugerido que os alunos realizassem a leitura do texto (Apêndice F) disponibilizado, o qual é acompanhado de um grande número de representações imagéticas referentes às movimentações de íons e moléculas quando em reação de precipitação ou de dissolução de precipitado, a exemplo da reação em que o precipitado Mg(OH)_2 é dissolvido pelo ácido clorídrico (Figura 14):

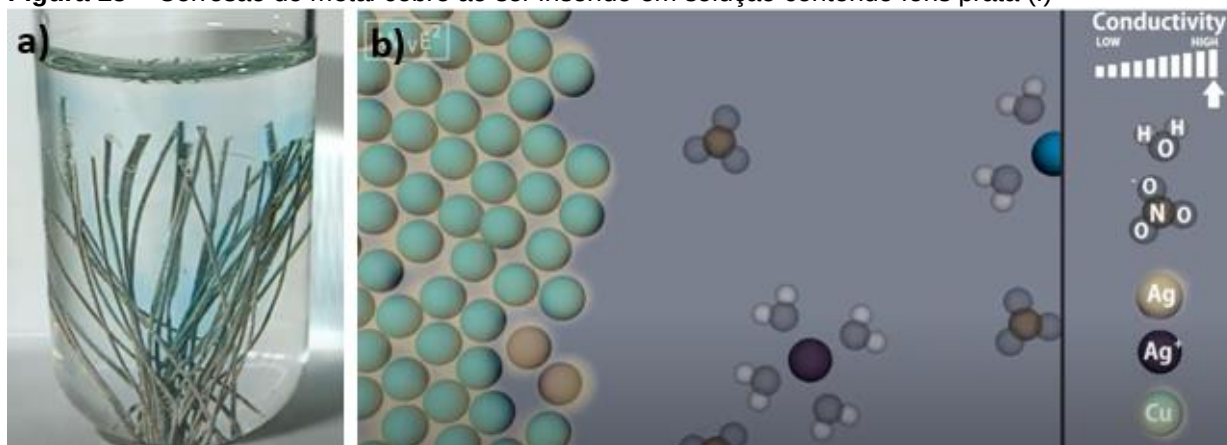
Figura 14 – Representação macroscópica e submicroscópica da dissolução de um precipitado.



Fonte: Araújo (2019).

O texto disponibilizado também possuía descrições e esquemas imagéticos que explicavam as trocas de elétrons nos processos de oxirredução, como nas reações em que um metal sofre oxidação, em função da redução e deposição de íons metálicos antes dissociados em solução. Por exemplo, vídeos foram indicados aos alunos, para acompanhamento ao longo da leitura, em que se ilustraram os processos de oxirredução e reações entre o cobre e soluções de nitrato de prata (AgNO_3). No vídeo da Figura 15a, um fio de cobre é corroído ou oxidado ($\text{Cu}^0(\text{s}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^-$), e seus elétrons são transferidos aos íons $\text{Ag}^+(\text{aq})$ em solução, os quais se reduzem ($2 \text{Ag}^+(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Ag}(\text{s})$). Tais processos são ilustrados de forma submicroscópica no segundo vídeo sugerido (Figura 15b)

Figura 15 – Corrosão do metal cobre ao ser inserido em solução contendo íons prata (I)



Fonte: a) Postigo (2021) e b) Kelly (2018).

Posteriormente ao encontro coletivo (dia 6), estes responderam ao formulário 3 enviado através do *Google classroom* e disponibilizado de forma impressa, em que respostas para as questões que demandaram que se fizesse desenhos, puderam ser entregues por meio da mesma plataforma ou de forma presencial. As questões presentes no formulário 3 (Apêndice G), requeriam que o participante fizesse ilustrações relativas ao comportamento iônico e molecular de reações de precipitação e de oxirredução, e de uma reação ácido-base entre ácido clorídrico e hidróxido de magnésio. Através da análise de suas representações (imagens), foi possível investigar aspectos do seu modelo mental, e associar tais aspectos com possíveis avanços obtidos ao longo das aulas e atividades.

3.5.1. Atividade realizada com o Kahoot!

Durante a realização dos encontros coletivos presenciais (dias 2, 4 e 6), e das atividades oferecidas aos participantes da pesquisa, estes foram convidados a participar de um jogo de perguntas e respostas com a plataforma *Kahoot!*. Conforme Souza e Neiva (2018, p. 713), se trata de “[...] uma plataforma de aprendizagem e ensino on-line, que busca trazer elementos de gamificação para criação de *quizzes* que podem ser utilizados em ambientes empresariais, salas de aula e ambientes sociais”.

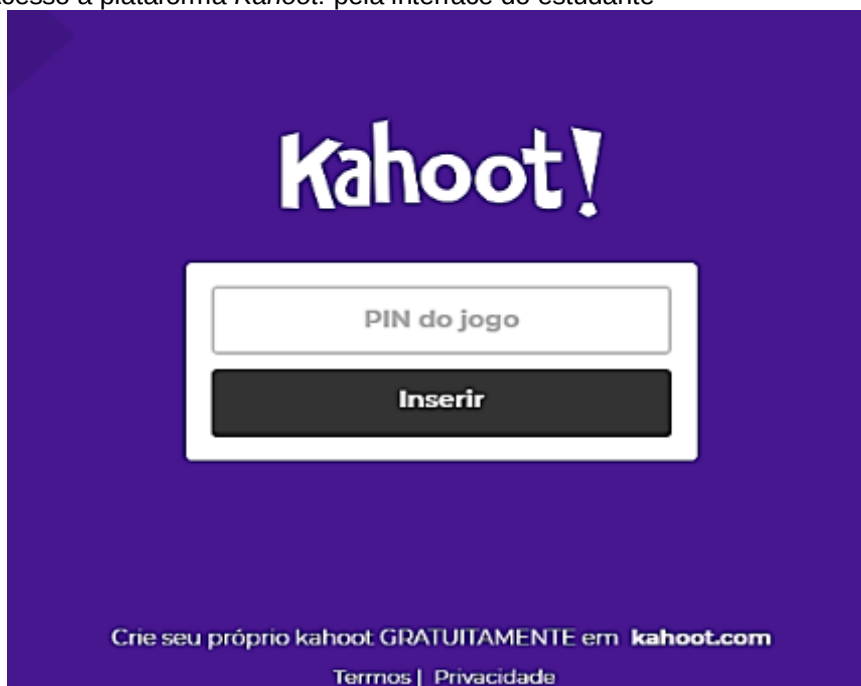
A gamificação incorpora elementos dinâmicos, metas ou pontuações às situações de aprendizagem, o que permite que estas se tornem mais participativas e divertidas, visto que o aluno passa a se sentir mais engajado, e alguns elementos da

gamificação podem desafiar e encorajar os alunos no processo de aprendizagem (KAPP, 2012; LEITE, 2020).

Para elaboração do jogo de perguntas e respostas, a pesquisadora inicialmente necessitou realizar um cadastro (<https://create.kahoot.it/register>), a partir do qual pôde formular questões a serem respondidas ao longo do jogo. Tais questões estão presentes no Apêndice H, o qual foi exposto aos alunos – projetado em tela, para que estes pudessem ler e acompanhar o que fosse perguntado.

Além disso, algumas perguntas continham grande conteúdo imagético, ou seja, foi necessário que os estudantes em grupos, analisassem imagens e posteriormente respondessem as questões. Dessa forma, as imagens e as próprias perguntas foram projetadas em uma só tela (correspondente à interface de um projetor multimídia). E os estudantes, em grupos de 3 ou 4 pessoas puderam visualizar a tela e responder às perguntas por meio de seu *smartphone*. Nesse caso, o estudante pôde participar do jogo pelo acesso ao link www.kahoot.it, para o qual foi necessário fornecer o código PIN (Figura 16).

Figura 16 – Acesso a plataforma *Kahoot!* pela interface do estudante



Fonte: Kahoot (2021).

A partir das respostas obtidas, as quais apareceram na interface da pesquisadora após o *game*, foi possível obter dados sobre o desempenho dos alunos após a realização das atividades anteriores. Respostas obtidas por meio dos

formulários 1, 2 e 3 foram analisadas quanto ao desempenho dos participantes em relação ao questionário inicial, e ocorreram comentários e percepções quanto ao que os alunos puderam expressar por meio de uma entrevista (Apêndice I).

Para transcrição das entrevistas, foram empregados códigos para representar momentos da fala, principalmente associados a pausas na voz, o que foi indicado por “...” ou “[...]”, utilizado para representar um intervalo entre falas, conforme também comentam Mendes e Miskulin (2017) e Mendes (2013). Entretanto, buscou-se transcrever as falas pela omissão da maioria dos vícios de linguagem e pela correção gramatical das frases.

Quanto ao diário de campo, foram registradas pela pesquisadora ao longo de observações sucessivas, percepções sobre pessoas, objetos, ambientes, sensações, sentimentos das pessoas, frases e expressões ou qualquer outro dado que a pesquisadora julgou relevante para descrever cenários e acontecimentos estudados. Além disso, a pesquisadora anotou falas, comentários (com auxílio de gravador) mudanças e organização dos ambientes, diálogos e formas de se expressar dos sujeitos, no sentido de orientar reflexões que orientaram ou deram embasamento a pesquisa (OLIVEIRA, 2014).

O diário de campo foi útil neste contexto em que se desejava compreender aspectos cotidianos de determinado grupo, observar as relações entre os sujeitos com o propósito de captar opiniões, atitudes, além de descrever impressões que se podia ter. A partir das informações registradas, foi feita uma reflexão da pesquisadora sobre os fenômenos observados e comentários feitos, ocorrendo atividade refletiva que englobou investigar os modos de se expressar dos sujeitos. Nesse sentido, o diário de campo permitiu reviver os acontecimentos visualizados e percebidos através de registros e anotações geralmente feitas logo após os momentos de pesquisa de campo (OLIVEIRA, 2014).

3.5.2. Tratamento ético com os participantes da pesquisa

Ao se iniciar uma pesquisa com um grupo de sujeitos, segundo Molina (2011), foi importante disponibilizar aos indivíduos todas as informações sobre o seu andamento, como datas e locais de encontros, e sobre como foram feitas as coletas de dados e de notas ou registros. Também ocorreu interação com o contexto e com a situação sociocultural em que o grupo de sujeitos pesquisados estava inserido (ambiente universitário e disciplinas cursadas), e a partir disso foi possível melhor

compreender os sujeitos e seu contexto. Os sujeitos também estiveram cientes dos objetivos da pesquisa, problemáticas associadas, riscos físicos/subjetivos ou benefícios da pesquisa; e deviam assinar um termo de consentimento livre e esclarecido contendo informações da pesquisa e garantindo que concordavam em participar.

A ética é uma área de estudo que se dedica a compreensão dos comportamentos e ações humanas, além de investigar o que fundamenta propósitos, planos e intenções. Pensar de forma ética implica o diálogo entre o indivíduo e os sujeitos próximos, e refletir sobre as consequências de ações conjuntas (MOLINA, 2011). A preocupação com a ética em pesquisas em educação é expressa por grupos como a Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação (Anped) e dos Programas de Pós-Graduação em Educação (MAINARDES, 2017). Atualmente no Brasil atuam os Comitês de ética em Pesquisa (CEP) juntamente com a CONEP (Conselho Nacional de ética em Pesquisa).

Os comitês são compostos por integrantes de diversas áreas, apresentando caráter multidisciplinar, que avaliam projetos de pesquisa tanto da área biológica/médica quanto das ciências humanas e sociais (CHS), e avaliam possíveis riscos aos participantes, solicitam documentos por parte das instituições envolvidas na pesquisa, assinaturas de termos de consentimento, projeto completo de pesquisa, descrição dos instrumentos de coleta, procedimentos e metodologias de pesquisa, declaração de presença de infraestrutura e de guarda de dados, entre outros (BATISTA; ANDRADE; BEZERRA, 2012).

O público alvo da pesquisa eram estudantes do 1º ano do curso de Licenciatura em Química, em parceria com a docente da disciplina de Química Fundamental I. No contexto desta pesquisa, realizada a partir do oferecimento de um minicurso, os estudantes foram informados sobre o convite de participação à pesquisa através da divulgação da mesma via e-mail, e de convites postados no *Google classroom* da disciplina de Química Fundamental I que os alunos cursavam, com auxílio de divulgação manifestado pela docente de tal disciplina. Isto ocorreu devido ao fato de que o conteúdo do minicurso apresentava várias similaridades com a programação de tal disciplina, e funcionou como apoio ao estudo dos alunos na disciplina. No convite, a pesquisadora buscou esclarecer os objetivos e a natureza da pesquisa, as atividades propostas e a forma de realização.

Também foi explicado que todos os dados gerados a partir dos documentos escritos ou em áudio, desenvolvidos pelos participantes nas atividades do minicurso, não serão identificados em publicações científicas posteriores, pois qualquer associação aos participantes ocorrerá por meio de códigos (números ou letras). A real identidade dos participantes apenas é conhecida pela pesquisadora. E em caso de dúvidas sobre a pesquisa, os alunos poderão estabelecer contato através do e-mail ou número de telefone da pesquisadora, que também foram disponibilizados.

Os alunos interessados receberam a versão eletrônica do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, documento exigido pelo Comitê de Ética em Pesquisa, o qual deveria ser lido e assinado em caso de interesse em participação. A pesquisadora explicou o propósito do documento, e os tratamentos de caráter ético atrelados ao desenvolvimento das atividades.

Os critérios de inclusão estiveram associados à busca por participantes que estivessem no primeiro ano do curso de Licenciatura em Química, na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de Presidente Prudente. Não houve nenhum critério específico de exclusão, a não ser em caso de os indivíduos desistirem da pesquisa. Entretanto, os estudantes poderiam desistir ao longo do curso da pesquisa, sem nenhum prejuízo à sua pessoa física ou subjetiva.

Não houve riscos físicos aos participantes, uma vez que na pesquisa, quaisquer experimentos e simulações laboratoriais ocorreram apenas virtualmente. Riscos psicológicos poderiam se associar à incompreensão de algum aspecto científico tratado nas aulas ministradas pela pesquisadora, nos encontros coletivos. Procurou-se, entretanto, minimizar possíveis riscos psicológicos ou mentais presentes em atividades desenvolvidas, através da explicação conceitual e realização de acompanhamentos, além da não divulgação da identidade dos alunos em quaisquer dados obtidos.

Tal pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual Paulista do campus de Presidente Prudente, cujo número do parecer final é 5.060.476 e que tem o seguinte código do Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE): 52461521.9.0000.5402.

3.6. Validação dos instrumentos de coleta de dados

O processo de validação consiste na avaliação dos instrumentos de coleta de dados por parte de peritos ou pesquisadores experientes, de forma que julguem os

instrumentos como pertinentes ou não, e proponham melhorias a serem realizadas. A validação dos instrumentos de coleta de dados é importante na pesquisa qualitativa, pois através da validação pode-se buscar e investigar se há coerência entre os instrumentos, os contextos, os objetivos de pesquisa e os resultados que se procura atingir (OLLAIK; ZILLER, 2012; VARANDA; BENITES, 2017). É necessário que um certo juiz avalie os itens presentes em um instrumento de coleta de dados, no sentido de investigar se tais itens são coerentes com a estrutura teórica e metodológica da pesquisa, além de dizer se tal item possui clareza, e é inteligível para a população de pesquisa (SANTANA; WARTHA, 2020). Tais itens a serem validados frequentemente consistem em perguntas direcionadas aos participantes de uma pesquisa, através de questionários, entrevistas ou formulários. É fundamental que ocorra a validação de tais questões, uma vez que: “a elaboração das perguntas é etapa crucial para a obtenção de um instrumento que cumpra seu papel na coleta de dados de maneira a revelar, da melhor forma possível, a realidade dos fatos ocorridos dentro do alvo do estudo proposto” (SANTANA; WARTHA, 2020, p. 40).

No processo de validação, procura-se medir a capacidade do instrumento de coleta de dados, de fornecer dados para a pesquisa, ou seja, sua capacidade de fornecer dados que auxiliem a responder as questões de pesquisa e chegar aos objetivos pretendidos. Desse modo, o comitê de juízes que irá avaliar cada questão de um instrumento, como questões em questionários ou formulários, deverá analisar o conteúdo das questões, a fim de verificar se são conteúdos adequados aos objetivos de pesquisa, além de analisar sua clareza e representatividade. Quanto a clareza das questões, esta é necessária para se saber se os participantes compreenderão com facilidade o que é perguntado. E a representatividade se associa com a possibilidade de uma questão fornecer dados significativos, que realmente permitam analisar todas as facetas importantes de um conceito pesquisado (ALEXANDRE; COLUCI, 2011).

Os indivíduos que realizam a validação dos instrumentos são experientes em suas áreas de atuação, de forma que tais áreas devem estar vinculadas ao conteúdo que os instrumentos avaliados se dispõem a investigar (VARANDA; BENITES, 2017). Os autores anteriores argumentam ainda que em suas pesquisas, para a análise de seus instrumentos de coleta, foram empregadas planilhas em *Google forms* que possuíam itens representativos dos instrumentos e dos critérios de avaliação. Tais planilhas posteriormente eram enviados aos juízes via e-mail, e estes deveriam dar

sugestões em um prazo de 15 dias. Conforme as palavras dos autores, os critérios de avaliação eram os de:

[...] organização, objetividade, clareza, facilidade de leitura e compreensão do conteúdo. Cada item deveria ser avaliado de acordo com esses cinco critérios, de forma que os juízes julgassem de 0 a 4 o nível de pertinência para cada questão, considerando 0 se o item não contemplasse de maneira alguma o critério e 4 se o item satisfizesse completamente o critério. Ao final do instrumento de avaliação, os juízes poderiam através de um espaço aberto, sugerir itens necessários que por ventura estivessem ausentes ou sugerir a eliminação de algum item, bem como tecer comentários e sugestões (VARANDA; BENITES, 2017, p. 23844).

Na pesquisa destes autores, cada quesito de avaliação no máximo poderia ter uma média de até 4 pontos, e as questões avaliadas presentes nestes instrumentos, que possuísem uma pontuação de menos de 2 pontos, seriam excluídas. Nesse processo, conforme Alexandre e Coluci (2011), é recomendável utilizar procedimentos quantitativos e qualitativos, ou seja, além da pontuação para cada item dos instrumentos de coleta de dados, os juízes podem descrever sugestões de possíveis mudanças. Alterações nos itens podem ser feitas posteriormente para aumentar sua relevância e representatividade em termos de fornecer informações que respondam as questões de pesquisa.

Quanto ao número de especialistas destinados a compor o comitê de juízes, Lynn (1986) comenta sobre um mínimo de 5 juízes e um máximo de 10 juízes. Para a escolha desses especialistas, é importante considerar sua área de formação, que deve ser compatível com a área em que a pesquisa está sendo desenvolvida. Além disso, os juízes devem receber uma carta-convite explicativa dos objetivos da pesquisa, dos instrumentos de coleta envolvidos e do modo de avaliação (ALEXANDRE; COLUCI, 2011). A carta convite construída para atender aos propósitos dessa pesquisa, está presente no Anexo I.

O processo de validação por comitê de juízes presentes nesta pesquisa, se basou nos métodos empregados por Piva (2022), que utilizou o Índice de Validade de Conteúdo (IVC) para avaliar cada questão dos instrumentos de coleta individualmente. O IVC utiliza uma escala Likert, com uma pontuação de 1 a 4. Caso o juiz avalie uma questão com o número "1", significava que se trata de uma questão não relevante ou não adequada ao estudo. Se a pontuação fosse "2", a questão era adequada, mas necessitava de grande modificação e revisão. Uma pontuação "3" estava atrelada a uma questão adequada que necessitava de pequenas alterações, e uma pontuação

"4" se associava a uma questão representativa e relevante ao estudo, que não necessitava de revisão.

O IVC foi calculado a partir da soma de concordância dos juízes que atribuíram uma pontuação de "3" ou "4" para uma questão, conforme Polit, Beck e Owen (2007). Por exemplo, se entre 7 juízes, apenas 4 destes atribuíram uma pontuação de "3" ou "4" para um item, será considerada a soma de concordância entre os juízes como sendo igual a 4. Posteriormente, este número representativo da soma de concordância será dividido pelo número total de juízes que avaliaram o item. No caso do exemplo descrito aqui, obter-se-ia um valor de 0,57 (~ 4/7). Ilustra-se isso a partir da Figura 17 a seguir:

Figura 17 – Cálculo do índice de validade de conteúdo (IVC) para cada item (questão) do instrumento

$$\text{IVC} = \frac{\begin{array}{c} \text{número de respostas} \\ \text{"3" ou "4"} \end{array}}{\begin{array}{c} \text{número total de} \\ \text{respostas} \end{array}}$$

Fonte: Alexandre e Coluci (2011, p. 3065).

Neste processo de validação, que considera a avaliação individual dos itens, é necessário considerar uma taxa aceitável de concordância entre os juízes, e também considerar o número de juízes envolvidos. Caso este número de juízes seja de 6 ou mais juízes, o valor de IVC a ser encontrado deve ser superior a 0,78 para que o item avaliado seja considerado relevante (ALEXANDRE; COLUCI, 2011). Conforme Polit, Beck e Owen (2007), o valor mínimo de IVC mais amplamente aceito equivale a 0,8, ou seja, 80% de concordância entre os juízes:

Os desenvolvedores de escala [de IVC] geralmente usam um critério de 0,80 como o limite inferior de aceitabilidade para um IVC. A maioria escritores usam este padrão sem atribuição, ou citam Davis (1992), que afirmou que, "para novos instrumentos, os investigadores devem buscar 80% ou mais de concordância entre os revisores" (POLIT; BECK; OWEN, 2007, p. 197).

Nesta pesquisa, as questões dos instrumentos foram submetidas a revisão e avaliação por 5 juízes, os quais poderiam atribuir um valor de 1 a 4 e sugerir alterações no sentido de ocorrer melhorias nas questões de cada instrumento. Portanto, levou-se em consideração as sugestões dos juízes principalmente quando as questões do instrumento obtiveram um IVC inferior a 0,8, o que gerou a sua reformulação a fim de se adequar ao proposto pelos avaliadores. Caso a questão obtivesse valor inferior a

0,8, e não se reconhecesse sua importância a ponto de sua modificação e reformulação, a questão era eliminada. Para os instrumentos de coleta de dados empregados nesta pesquisa, a questão 5 do questionário inicial passou por uma reformulação com base nas sugestões dos juízes, assim como as questões 2d, 3b e 3c do formulário sobre substâncias eletrolíticas.

CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo foram apresentados dados que se referem ao conhecimento demonstrado pelos participantes a partir do questionário prévio, além de representações escritas e/ou imagéticas contidas também em formulários (atividades) que os estudantes responderam após encontros coletivos, de aprofundamento de conceitos. Os alunos tiveram um prévio contato com os conceitos trabalhados em sala de aula, através de textos e animações ou outros materiais que lhes foram enviados anteriormente ao encontro coletivo, via *Google classroom*. É necessário considerar também que o minicurso foi oferecido aos alunos ingressantes no curso de Licenciatura em Química, e um número de 11 alunos demonstrou interesse; entretanto, alguns tenderam a apresentar ausências em uma ou outra etapa do minicurso.

Somam-se a isso, registros escritos realizados em um diário de campo, onde as anotações da pesquisadora, desenvolvidas principalmente após cada uma das etapas do minicurso oferecido, também foram enriquecidas com dados oriundos de anotações dos comentários dos alunos e comportamentos evidenciados por eles. Alguns dos dados oriundos dessa ferramenta serão discutidos nesse capítulo através da evidência de falas dos participantes ou da descrição de seu comportamento. Os registros em diário de campo permitiram a obtenção de dados relativos a participação, motivação, curiosidade, interesse e desempenho demonstrados pelos participantes ao longo de discussões, questionamentos e atividades como as associadas ao jogo *Kahoot!*, que também podiam demonstrar as formas de pensar e de perceber dos alunos, e, conseqüentemente, sua forma de externalizar detalhes de seus modelos mentais.

Opiniões pessoais sobre a metodologia da sala de aula invertida, além de modos de pensar sobre determinados conceitos em seu nível atômico-molecular, e reflexões dos estudantes sobre seu próprio processo de aprendizagem, se fizeram presentes na entrevista individual realizada com os participantes no final do minicurso. Os dados referentes ao que foi obtido a partir do 1. questionário prévio, 2. atividades (formulários) posteriores aos encontros e atividades/discussões durante os encontros, e 3. entrevistas individuais, serão expostos de forma a se evidenciar conexões entre eles, com vistas a se obter indícios dos modelos mentais dos estudantes.

4.1 Questionário sobre conhecimentos prévios

Para a análise das respostas ao questionário, procurou-se por núcleos de sentido que evidenciassem as principais ideias dos alunos. Estes núcleos de sentido são os *tokens* de seus modelos mentais, ou seja, características principais que os definiam e que podem ser exteriorizados por meio de palavras ou desenhos. As descrições e categorizações que se optou por realizar se assemelharam às descritas na obra de Lajium (2013) e Johnson (2002), pois estes autores recorreram a interpretação das concepções dos alunos quando estes representaram a matéria de forma contínua (sem representar átomos, íons, moléculas), associada à sua visão empírica, ou descontínua, ou seja, com evidências de noções do funcionamento submicroscópico.

Em termos de representações do nível atômico-molecular, a análise dos dados se atrelou à forma de interação entre átomos, íons ou moléculas, à orientação espacial das espécies químicas, e à proporção estequiométrica em que reagem, conforme Rodrigues (2021). Além disso, recorreu-se a interpretação de informações escritas na forma de textos (palavras, símbolos químicos) ou de equações e fórmulas químicas que os estudantes tenham representado.

4.1.1 Análise dos resultados obtidos para a questão 1

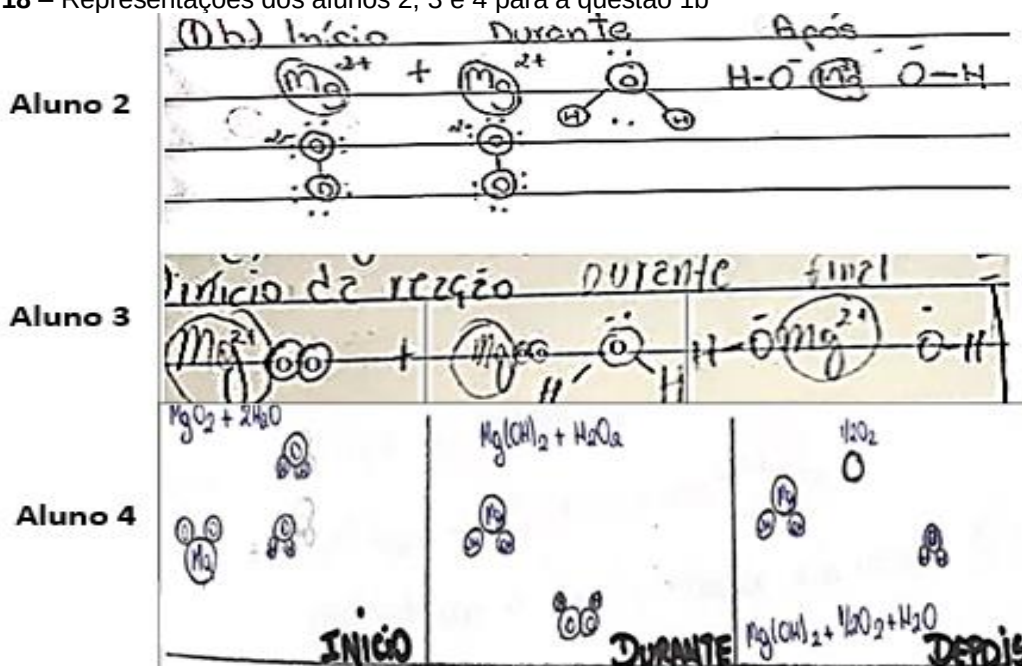
A primeira questão do questionário se associava com concepções sobre reações químicas de forma estequiométrica. No entanto, apenas a parte b da questão foi analisada, já que nesta parte da questão o aluno pôde evidenciar o que é perguntado inicialmente na parte a), além de representar também a reação em nível submicroscópico. As respostas para a parte b) da questão se mostraram, nesse sentido, representativas de maior número de *tokens* de modelo mental: “*Desenhe abaixo a reação (como você imagina que ela aconteça em nível iônico-molecular), considerando a quantidade ou proporção adequada de íons ou moléculas. Para isso, desenhe como você imagina os átomos, íons ou moléculas no início, meio e fim da reação*”. Para responder à questão, foi dada uma legenda dos íons e moléculas envolvidas na reação (Apêndice A).

Foram analisados os seguintes *tokens* referentes as ideias dos alunos sobre o funcionamento da reação: 1. natureza das ligações envolvidas no MgO_2 ; 2. indícios de orientações espaciais das espécies e reagrupamentos de átomos; 3. solvatação

dos íons e 4. representações da proporção estequiométrica com que as espécies químicas reagem. Caso um aluno demonstrasse evidências da presença de todos estes *tokens*, suas concepções seriam consideradas como coerentes, e em caso de ausência de todos eles, sua resposta seria considerada incoerente. No entanto, pela análise das respostas foi possível perceber a presença de concepções parcialmente coerentes, e de das subcategorias das respostas parcialmente coerentes (“concepção simplista” – 1 *token*; “concepção em desenvolvimento” – de 2 a 3 *tokens*; e “concepção quase coerente” – apenas um *token* se ausentou) pois pelo menos um destes *tokens* se mostrava presente, ou seja, apenas uma das ideias necessárias a compreensão de um conceito estava representada.

Obtiveram-se oito respostas parcialmente coerentes para tal questão. Nas respostas dos alunos 1, 2, 3, 4 e 9 apenas um dos *tokens* estava presente, tratando-se da subcategoria “concepção simplista”. Por exemplo, os alunos 2 e 3 representaram corretamente apenas o *token* relativo ao fato de que os íons O-O^{2-} (peróxido) estavam de forma “separada” dos íons Mg^{2+} , ou seja, sem que os átomos de oxigênio se ligassem individual e covalentemente ao cátion, o que é coerente com a natureza iônica do composto MgO_2 , pois evidencia uma separação de cargas e a ausência de ligações covalentes (Figura 18).

Figura 18 – Representações dos alunos 2, 3 e 4 para a questão 1b



Fonte: dados da pesquisa.

O aluno 4, entretanto, desenhou o peróxido de magnésio com características de um composto molecular, sem indicações de cargas, onde os átomos de oxigênio se ligam diretamente ao elemento magnésio (assim como o aluno 1), ao invés de se ligarem entre si para formação do íon peróxido (O-O^{2-}). No entanto, a proporção estequiométrica evidenciada pelo aluno 4 está correta, e este foi o único *token* correto do aluno.

Estes alunos não demonstraram interações iônicas ou interações entre íons e moléculas (como nos processos de solvatação), e os processos de reagrupamento de átomos ou íons se mostraram implícitos nas ilustrações do aluno 4. O aluno 2 demonstrou de maneira inadequada a reação química: “ $\text{MgO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mg(OH)}_2 + \text{O}_2$ ”. Os alunos 2 e 3 simplesmente desenharam os reagentes e um dos produtos finais (hidróxido de magnésio), sem indicar interações entre átomos ou íons, ou interações com as moléculas de água (Figura 18). A estequiometria representada pelo aluno 2 também está incorreta, visto que durante a reação, por exemplo, tem-se uma maior quantidade do elemento químico oxigênio (O), do que após a reação.

Assim como no caso do aluno 3, pareceu existir nos modelos mentais do aluno 2, uma concepção que segundo Lajium (2013), consiste em representações onde os reagentes de uma reação química aparentam desaparecer para dar origem aos produtos, ou seja, não são demonstradas as interações entre as espécies químicas iônicas e atômicas, nem as etapas intermediárias que ocasionaram no desenvolvimento dos produtos. As representações imagéticas do aluno 3 são similares às do aluno 2, e também não seguem a estequiometria; e os *tokens* de modelo mental desses estudantes, referentes às atrações iônicas, dissociação iônica em meio aquoso ou interações elétricas com os dipolos dielétricos das moléculas de água, são ausentes, assim como observado para os outros participantes. Isto também foi observado nas pesquisas de Johnson (2002), onde percebeu-se a existência de modelos mentais que não evidenciavam atrações ou forças de coesão entre as espécies submicroscópicas.

O aluno 4 representou uma reação química conforme sua proporção estequiométrica adequada (único *token* coerente), pois a quantidade de espécies químicas é igual antes e após à reação (Figura 18). As imagens desenvolvidas por este estudante também deixam implícito que ocorre um rearranjo de átomos, de forma que alguns dos elementos H antes pertencentes às moléculas de água, se associam ao MgO_2 . Não há, entretanto, representações de interações diretas entre os elementos

H das moléculas de água e os oxigênios presentes no MgO_2 . No Quadro 2 a seguir, existe a descrição dos *tokens* representados pelos alunos que responderam à questão 1, assim como sua subclassificação em termos das respostas parcialmente coerentes que demonstraram.

Quadro 2 – *Tokens* demonstrados pelos alunos na Questão 1 e subclassificação dos alunos quanto a categoria de respostas parcialmente coerentes

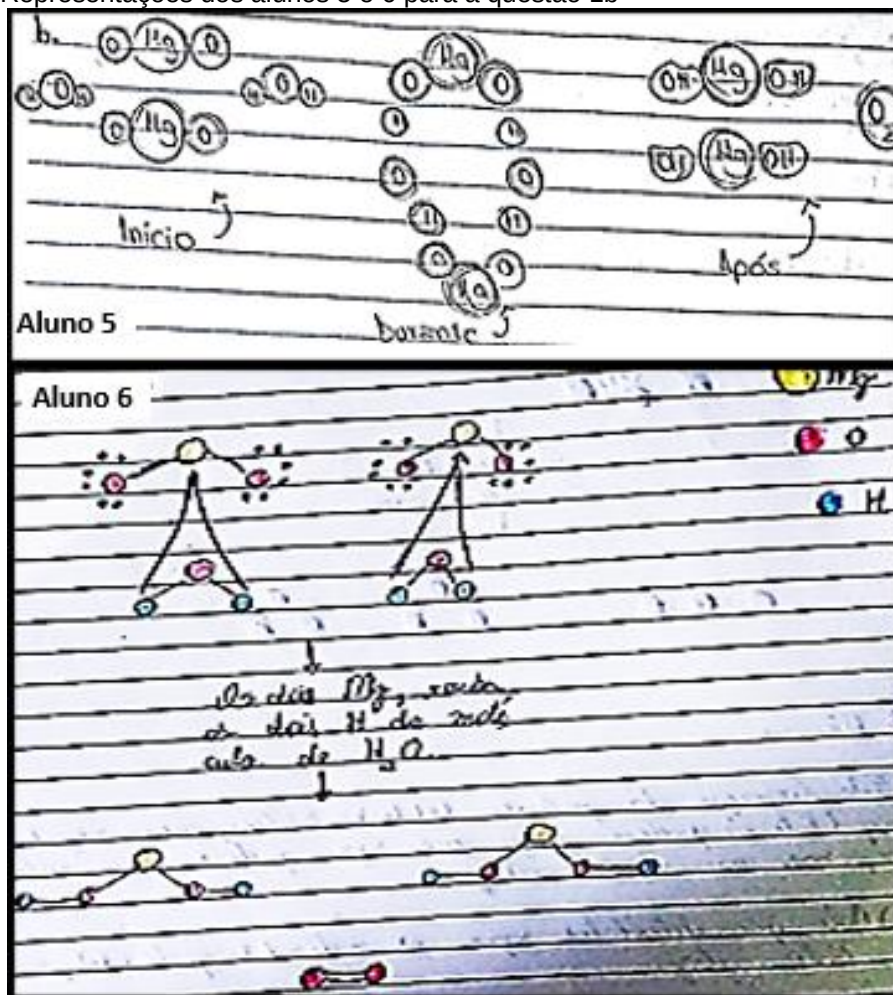
Questão 1 e classificação dos alunos em categorias de compreensão conceitual – análise de <i>tokens</i>					
Aluno	Proporção da reação entre MgO ₂ e H ₂ O (estequiometria)	Natureza das ligações envolvidas no MgO ₂	Orientação espacial e forma de interação entre as espécies químicas	Solvata-ção dos íons	Subclassificação na categoria parcialmente coerente para atividades do formulário I
1	A proporção estequiométrica é correta . Entretanto, o estudante ilustra uma reação com a H ₂ O ₂ .	Incorreto . O MgO ₂ tem natureza covalente.	Correto . Há indícios das interações e reagrupamento de átomos.	Ausente.	Resposta parcialmente coerente – Concepção simplista (1 <i>token</i>)
2	Incorreto . Não há o mesmo número de elementos químicos antes e depois da reação.	Correto . Representaram os íons (peróxido) de forma “separada” dos íons Mg ²⁺	Incorreto Não são indicadas formas de interação, orientação e rearranjo dos íons.		
3					
4	Correto . A reação segue a estequiometria.	Incorreto . O MgO ₂ é representado com natureza covalente.	Correto . Mas a forma de rearranjo é implícita.		Resposta parcialmente coerente – Concepção em desenvolvimento ou “quase coerente” (2 dos 3 <i>tokens</i> estão presentes)
5			Correto . Há indícios das interações e reagrupamento de átomos.		
6					
7					
8			Não houve resposta.		
9	Incorreto . O índice estequiométrico é representado de forma incoerente.	Ausente.	É correto no sentido da interação e rearranjo entre espécies químicas.		Resposta parcialmente coerente – Concepção simplista (1 <i>token</i>)
10	Não houve resposta.				Ausente

Fonte: dados da pesquisa.

Os alunos 5, 6, e 7, conforme o Quadro 2, demonstraram representações onde dois dos *tokens* requeridos estavam presentes (estequiometria e interação entre íons), se adequando à subcategoria “Concepção em desenvolvimento”, onde 2 ou 3 *tokens* estariam presentes, e também à subcategoria “concepção quase coerente” (restava apenas um *token* para uma concepção coerente. Os alunos 5 e 6 apresentaram concepções incorretas sobre a estrutura do MgO_2 , pois houve dificuldades em

imaginar este composto iônico, com separação entre os íons peróxido (O-O^{2-}) e Mg^{2+} (Figura 19).

Figura 19 – Representações dos alunos 5 e 6 para a questão 1b



Fonte: dados da pesquisa.

Isto também se passou principalmente com a representação do hidróxido de magnésio feita pelo aluno 6, pois os íons hidroxila (OH^-) aparentaram estar ligados covalentemente ao elemento Mg, na ausência de interações com outros íons ou com moléculas de água. Na reação, os íons Mg^{2+} e OH^- deveriam estar interagindo com outros íons, ou estariam “separados” e na presença de interações elétricas com os dipolos elétricos de moléculas de água.

O aluno 5 representou uma reação química conforme sua proporção estequiométrica adequada, pois a quantidade de espécies químicas é igual antes e depois da reação (Figura 19). As imagens desenvolvidas por este estudante também deixaram implícito que ocorre um rearranjo de átomos, de forma que alguns dos

elementos H antes pertencentes às moléculas de água, se associaram ao MgO_2 . As interações íon-molécula atreladas aos processos de solvatação não se fizeram presentes, entretanto, em nenhuma resposta dos alunos.

Uma concepção de interação entre os elementos H da água e os oxigênios presentes no MgO_2 foi representado pelo aluno 5, assim como este retratou um tipo de reorganização dos elementos presentes nos reagentes, para formação dos produtos. Os elementos oxigênio, O, anteriormente presentes nas moléculas de água, passaram a se combinar para formar uma molécula de O_2 . A representação feita é considerada também correta do ponto de vista estequiométrico, assim como as dos alunos 4 e 6.

Na ilustração feita pelo aluno 6, este explicou que “os dois Mg, rouba os dois H da molécula de H_2O ”. Entretanto, do ponto de vista químico, os átomos de hidrogênio oriundos da água, na forma de íons H^+ , passariam a se ligar ao oxigênio do ânion peróxido presente no MgO_2 . Por isso, os hidrogênios seriam na verdade “roubados” pelos oxigênios do MgO_2 . Todavia, o esquema feito pelo aluno 6, de reagrupamento dos átomos constituintes dos reagentes, para formação dos produtos finais, é totalmente correto em termos de estequiometria, e o aluno demonstrou ideias sobre as interações entre espécies iônicas. Para Johnson (2002) e Lajium (2013), os estudantes podem demonstrar concepções de interação química em nível submicroscópico, onde ocorre um rearranjo de átomos ou íons a fim de se gerar os produtos finais, e isto parece ser evidenciado pelos estudantes 5 e 6. Os outros três participantes do minicurso, não responderam à questão 1b.

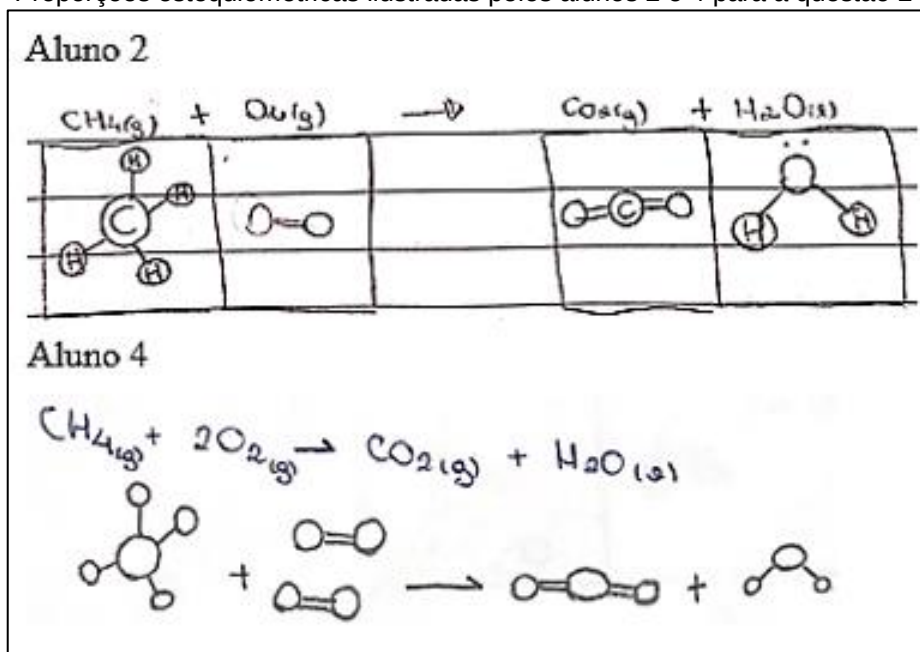
4.1.2 Análise dos resultados obtidos para a questão 2

A 2ª questão do questionário (Apêndice A) apresentava uma contextualização sobre o gás metano, oriundo da decomposição de materiais orgânicos e constituinte do biogás, associado a reação química de combustão. O objetivo dessa questão era relacionar os fenômenos cotidianos com a formação de biogás. Na questão, se requeria o seguinte: “Desenhe a seguir, a proporção estequiométrica correta das moléculas de metano e dos produtos da reação, ao longo de sua combustão completa”.

O token analisado nessa questão se refere a proporção estequiométrica envolvida entre reagentes e produtos do sistema. Cinco dos participantes (alunos 1, 2, 3, 4 e 9) apresentaram representações incoerentes (o único token “estequiometria”

estava ausente), que não obedeciam apropriadamente a proporção estequiométrica da reação: $\text{CH}_{4(g)} + 2 \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(l)}$. Exemplos disso são as ilustrações realizadas pelos alunos 2 e 4, conforme a Figura 20, pois os alunos apenas fizeram desenhos das moléculas sem demonstrar proporções numéricas adequadas entre as mesmas:

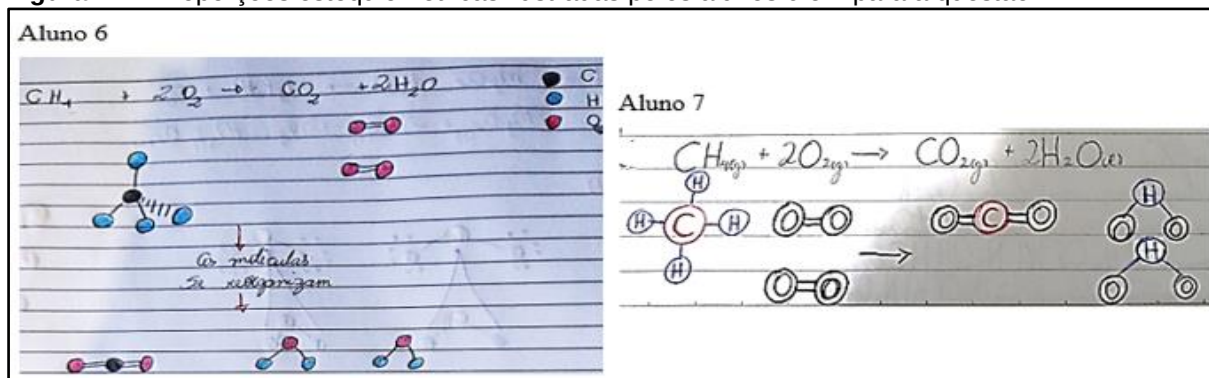
Figura 20 – Proporções estequiométricas ilustradas pelos alunos 2 e 4 para a questão 2



Fonte: dados da pesquisa.

As falhas na determinação de conceitos básicos, como os de balanceamento de equações, sugerem que os sujeitos possuem lacunas de aprendizagem, originadas de sua formação básica, de forma que para preencher tais lacunas é necessário primeiramente localizá-las (o que se fez no questionário prévio), argumentar e dialogar criticamente (GALIAZZI; MORAES, 2002), o que se fez em etapas seguintes do minicurso. O correto de ser apresentado como resposta seria a presença de duas moléculas de O_2 (como um dos reagentes) e duas moléculas de H_2O , como um dos produtos. Esta proporção estequiométrica se mostrou coerente para quatro dos participantes (alunos 5, 6, 7 e 8), conforme pode ser exemplificado pelas ilustrações dos alunos 6 e 7 (Figura 21). Dois dos alunos envolvidos no minicurso apresentaram respostas nulas para tal questão.

Figura 21 – Proporções estequiométricas ilustradas pelos alunos 6 e 7 para a questão 2



Fonte: dados da pesquisa.

Conforme pode-se perceber pela Figura 21, o aluno 6 ilustrou a geometria tetraédrica apresentada pela molécula de metano, o que não se fez presente nas ilustrações dos outros estudantes, além de ilustrar os átomos constituintes das moléculas a partir de várias cores.

4.1.3 Análise dos resultados obtidos para a questão 3

Nesta questão, inicia-se com uma contextualização associada com a utilização do hidróxido de magnésio ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) como medicamento de combate à azia, devido a sua reação com o ácido clorídrico estomacal. Posteriormente, a questão pedia que se fizesse uma ilustração sobre tal reação: “Desenhe a seguir como você imagina que esta reação ocorre em nível atômico-molecular em relação à formação de íons e à interação destes a fim de se obter os produtos da reação. Para isso, você pode desenhar momentos do início, meio e fim da reação”.

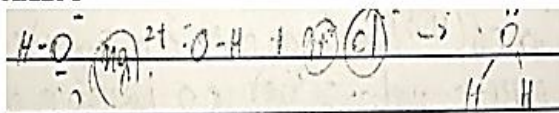
Grande parte dos estudantes (6 dos alunos) não respondeu tal questão, o que foi indicativo de dificuldades em se imaginar e representar o nível submicroscópico envolvido em interações iônicas, ou interações entre íons e moléculas presentes na reação. Para as cinco respostas obtidas, os *tokens* passíveis de serem analisados se associaram a: 1. dissociação iônica do $\text{Mg}(\text{OH})_2$; 2. à interação destes íons com os gerados pela ionização do HCl , e 3. à proporção estequiométrica dos íons que reagiram.

As concepções que se mostraram incorretas em relação a todos estes *tokens*, foram evidenciados pelos alunos 3, 4 e 9. A reação química que deveria ter sido evidenciada é a seguinte: $\text{Mg}(\text{OH})_{2(\text{aq})} + 2\text{HCl}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{MgCl}_{2(\text{aq})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$. Conforme observa-se na Figura 22 a seguir, o aluno 3 demonstra as cargas dos íons OH^- e Mg^{2+}

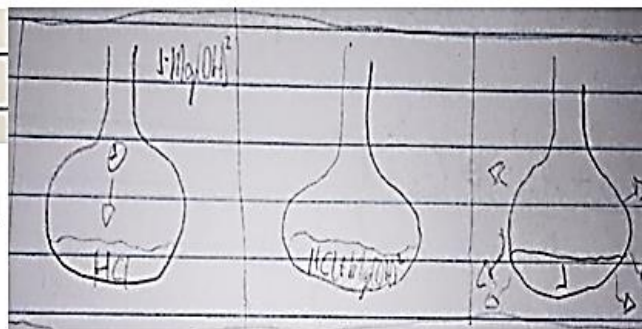
presentes no hidróxido de magnésio; no entanto, não evidencia a interação entre os íons OH^- com os íons H^+ gerados pela ionização do HCl , nem as interações entre os cátions Mg^{2+} e os íons Cl^- . Além disso, deveria haver a representação de duas moléculas de água e dois íons H^+ e Cl^- .

Figura 22 – Representações dos alunos 3, 4 e 9 para a reação entre $\text{Mg}(\text{OH})_2$ e HCl

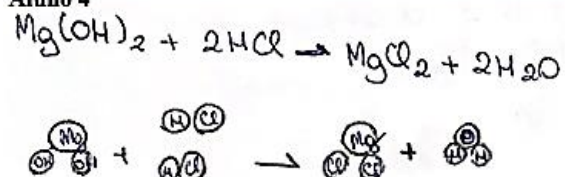
Aluno 3



Aluno 9



Aluno 4



Fonte: dados da pesquisa.

O aluno 4, mesmo apresentando um domínio das proporções estequiométricas representadas por meio da equação química (nível simbólico), deixou de ilustrar o número correto de moléculas de água (2) para que a equação estivesse balanceada. Assim como o aluno 3, este estudante não demonstrou concepções sobre as interações entre íons OH^- e íons H^+ , uma vez que estes últimos nem mesmo são representados, visto que a molécula de HCl não é concebida em termos de sua ionização. Consequentemente, não há demonstrações das interações entre íons Cl^- e Mg^{2+} . Tais interações poderiam ser representadas por diferentes disposições espaciais no desenho, como é o caso do aluno 5 a ser visto posteriormente, ou por flechas que evidenciassem o movimento de um íon em relação a outro.

Uma descrição dos *tokens* dos modelos mentais dos alunos para a questão 3 está presente no Quadro 3 a seguir, no qual também há a categorização dos alunos em termos de seus modelos mentais incoerentes ou coerentes demonstrados.

Quadro 3 – *Tokens* demonstrados pelos alunos na Questão 3 e classificação dos alunos quanto a seus modelos mentais

Tokens da Questão 3 e categorização do modelo mental dos alunos				
Aluno	Dissociação iônica do $\text{Mg}(\text{OH})_2$	Interação do Mg^{2+} e OH^- com os íons gerados pela ionização do HCl	Proporção entre os íons que reagem	Classificação dos modelos mentais na questão 3 – análise do número de <i>tokens</i> corretos
1	Não houve resposta.			Ausente
2				

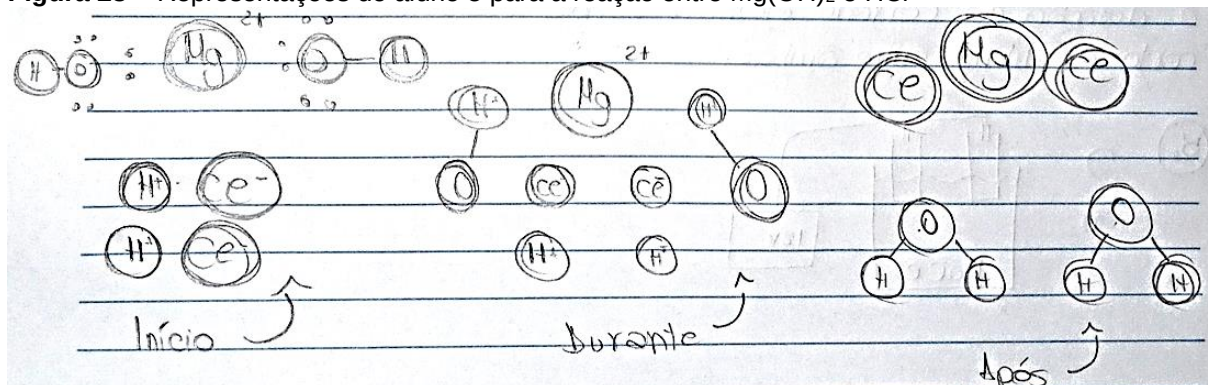
3	Incorreto. Não há representação da dissociação iônica do Mg(OH)_2 .	Incorreto. Não se representam as interações iônicas.	Incorreto. Não segue corretamente a estequiometria.	Incoerente – ausência de algum <i>token</i>
4				
5	Correto. Há representação da dissociação iônica do Mg(OH)_2	Correto. Se ilustram as interações iônicas.	Correto. Segue-se a proporção estequiométrica.	Coerente – Presença de todos os <i>tokens</i> elencados
6	Não houve resposta.			Ausente
7	Correto. Há representação da dissociação iônica do Mg(OH)_2 .	Correto. Se ilustram as interações iônicas.	Correto. Segue-se a proporção estequiométrica.	Coerente – Presença de todos os <i>tokens</i> elencados
8	Não houve resposta.			Ausente
9	Incorreto. Não há representação da dissociação iônica do Mg(OH)_2 .	Incorreto. Não se representam as interações iônicas.	Incorreto. Não segue corretamente a estequiometria.	Incoerente – ausência de algum <i>token</i>
10 e 11	Não houve resposta.			Ausente

Fonte: dados da pesquisa.

Os alunos 3 e 4 demonstram uma concepção que, conforme Lajium (2013) comenta, se associa com o fato de que os reagentes “desaparecem” para originar os produtos, sem se evidenciar as etapas intermediárias – dissociações, interações iônicas envolvidas em etapas intermediárias. O aluno 9, entretanto, não demonstrou proporções estequiométricas, pois há ilustrações de uma mistura entre os reagentes em um balão volumétrico, com a consequente formação de produtos (não identificados) que “emanam” a partir do recipiente. Tal “emanação” de produtos não é coerente, visto que não há formação de gases.

Os alunos 5 e 7 demonstraram possuir concepções coerentes com *tokens* associados a dissociação do hidróxido de magnésio, interação de seus íons com o H^+ e Cl^- derivados da ionização do HCl e rearranjo dos elementos químicos conforme a estequiometria correta. Parecem possuir também a concepção de “interação química”, que segundo Johnson (2002) e Lajium (2013), se atrela com ideias sobre o reagrupamento dos elementos químicos em um nível submicroscópico. Para exemplificação, será utilizada a ilustração do aluno 5 (Figura 23), o qual expressou uma forma de organização ou disposição espacial dos íons, de forma a esquematizar a sua forma de interação conforme uma proporção correta de íons.

Figura 23 – Representações do aluno 5 para a reação entre $\text{Mg}(\text{OH})_2$ e HCl



Fonte: dados da pesquisa.

É possível perceber que o aluno 5 representou uma separação entre as cargas do composto hidróxido de magnésio, uma vez que tal substância possui caráter iônico e seus íons se apresentaram de forma solvatada em meio aquoso. A solvatação dos íons em meio aquoso não foi representada por nenhum participante nesta questão, e o desenho de um maior número de moléculas de água poderia comprometer a contagem (proporção estequiométrica) do número de moléculas de água geradas como produto da reação, aumentando a complexidade do modelo mental. As duas moléculas de HCl foram representadas de forma ionizada, e seus íons posteriormente se separaram ao longo da reação e interagiram com os íons OH^- e Mg^{2+} . A maior aproximação entre os íons Cl^- e o íon Mg^{2+} (na parte intermediária do desenho: “durante a reação”), ou a orientação espacial que estes íons assumem, gerou a ideia de interação entre os mesmos, e entre os H^+ e OH^- .

4.1.4 Análise dos resultados obtidos para a questão 4

As primeiras alternativas da questão consistiam nos seguintes enunciados: “4. a) O que você entende por solução eletrolítica? Justifique”. b) Os compostos $\text{Mg}(\text{OH})_{2(\text{aq})}$ (hidróxido de magnésio dissolvido em água) e $\text{HCl}_{(l)}$ (ácido clorídrico puro) podem ser considerados eletrólitos? Justifique. c) Considerando os compostos da alternativa anterior, demonstre se tais compostos são eletrólitos ou não, através de desenhos da existência de íons e/ou moléculas em ambos.

Estas alternativas foram analisadas em conjunto, pois todas se atrelaram a definição de eletrólitos e da necessidade de solvatação ou ionização em meio aquoso, para que os íons se movimentassem. Os *tokens* analisados estiveram vinculados à descrição dos eletrólitos como: 1. substâncias que quando dissolvidas, apresentam íons; 2. condução de corrente a partir do momento em que polos elétricos opostos

entram em contato com a substância eletrolítica solvatada; 3. necessidade de solubilidade e solvatação dos íons; e 4. necessidade de movimentação dos íons (e não de elétrons), para que haja a condução de corrente.

Sem a concepção da necessidade da movimentação dos próprios íons em solução, o estudante pode apresentar um pensamento incorreto de que a corrente elétrica (fluxo de elétrons) é simplesmente gerada, na ausência de conexão com polos de um circuito, conforme poderá ser constatado a seguir.

A partir da análise das respostas, foi possível perceber que os alunos 1, 2, 6 e 8 apresentaram noções incorretas sobre as soluções eletrolíticas, pois não responderam a alternativa c) e, embora alguns destes sujeitos conceberam as soluções eletrolíticas como aquelas que possuem íons dissolvidos, não diferenciaram as soluções que possuem quantidades de íons ($\text{Mg(OH)}_{2(\text{aq})}$) das que não possuíam íons (HCl puro). Dessa forma, as respostas para as alternativas a) e b) foram analisadas de forma complementar, pois uma resposta tinha que estar compatível com a outra. No caso dos alunos 1 e 8, observou-se uma não complementariedade entre as respostas escritas dos alunos:

Aluno 1 (*Resposta escrita ao questionário inicial*): a) São soluções com íons livres, e por isso a solução eletrolítica é capaz de conduzir energia elétrica. b) O $\text{HCl}_{(\text{l})}$ puro não é estável para ser um eletrólito, assim como o Mg(OH)_2 dissolvido em água também não é.

Aluno 8 (*Resposta escrita ao questionário inicial*): a) Uma solução eletrolítica é quando uma corrente elétrica consegue passar por uma solução que tenha íons presentes. b) Não podem ser considerados eletrólitos, pois é necessário que estejam na forma de íons.

Os alunos 1 e 8 possuíam *tokens* associados ao fato de que soluções eletrolíticas possuíam íons, e que, conseqüentemente, a energia elétrica poderia ser conduzida a partir destas soluções. Entretanto, pareciam não compreender que a partir do momento em que há íons dissolvidos e solvatados, como é o caso do Mg(OH)_2 , existe a condução (mesmo que em pequena intensidade) de corrente. Embora tal composto se apresente como um líquido turvo, parte de seus íons em solução aquosa se apresentam dissociados e solvatados, ou seja, com camadas de água ao redor de seus íons. O HCl em estado puro, entretanto, não sofre o processo de ionização que seria acarretado pela interação com os dipolos elétricos de moléculas de água (ausentes neste caso), o que faz com que não existam íons livres. Estes estudantes, assim como os outros participantes, também não descreveram que

a condução de corrente elétrica se deve à movimentação dos íons quando eletrodos de polaridades diferentes são inseridos no sistema.

Pelas respostas à atividade escrita do questionário inicial, os alunos 2 e 6 apresentaram concepções distorcidas sobre a definição de soluções eletrolíticas, uma vez que o aluno 2 apresentou uma definição de eletrólise, e discorreu que tanto o $\text{Mg(OH)}_{2(\text{aq})}$ quanto o $\text{HCl}_{(\text{l})}$ são eletrólitos, pois podem apresentar íons, mesmo que o ácido clorídrico esteja no estado puro. O aluno 6 concebeu as soluções eletrolíticas como aquelas envolvidas na “quebra” de moléculas, embora isto não necessariamente ocorra em soluções eletrolíticas salinas, nas quais os íons já existem sem que ocorram os processos de ionização ou de “quebra” das moléculas. Isto pode ser exemplificado pelas respostas escritas dos alunos na questão 4 do questionário inicial:

Aluno 2 (*Resposta escrita ao questionário inicial*): a) Reação eletrolítica é a reação que envolve energia elétrica, onde ela se transforma em energia química em um processo não espontâneo. b) Sim, ambos podem ser considerados eletrólitos, pois tem o potencial de conduzir eletricidade graças a sua dissociação.

Aluno 6 (*Resposta escrita ao questionário inicial*): a) Pela formação da palavra (eletro) = elétron, carga negativa, (lítico) quebrar. Acho que seja quebrar uma molécula, mas não tenho certeza. b) Acho que eletrólitos sejam as moléculas quebradas, mas não tenho certeza.

Concepções parcialmente corretas foram apresentados pelos alunos 3, 4, 5 e 7, pois demonstraram *tokens* associados à presença de íons nas soluções eletrolíticas, que permitem a passagem de corrente elétrica; e para isso, os compostos devem estar dissolvidos em água. Embora não utilizaram a palavra “solvatação”, os alunos pareciam compreender a necessidade da existência de íons livres em meio aquoso. Não houve presença de íons quando, por exemplo, o ácido clorídrico não se dissolve em água, pois não ocorre a ionização de suas moléculas. Exemplo disso são as respostas escritas dos alunos 4 e 5:

Aluno 4 (*Resposta escrita ao questionário inicial*): a) Soluções eletrolíticas são soluções que conduzem corrente elétrica. b) O hidróxido de magnésio em solução aquosa é, pois a base em meio aquoso dissocia-se, formando íons. O ácido clorídrico puro, não.

Aluno 5 (*Resposta escrita ao questionário inicial*): a) A solução eletrolítica constitui-se de íons, que por meio deles podem conduzir corrente elétrica. b) somente o hidróxido de magnésio trata-se de um eletrólito, por estar dissolvido em água.

Os alunos compreenderam que as soluções eletrolíticas podem conduzir corrente devido a presença de íons dissolvidos. Entretanto, não explicitaram que a

condução de corrente apenas ocorre devido a movimentação dos próprios íons em solução aquosa, quando eletrodos de diferentes polaridades são inseridas no sistema. Uma concepção distorcida a respeito disso, é demonstrada na resposta escrita do aluno 3, o qual apresenta descrições que envolvem a pilha de Daniell, e um suposto aparecimento espontâneo da corrente elétrica a partir da dissociação iônica:

Aluno 3 (Resposta escrita ao questionário inicial): Uma solução eletrolítica é uma solução que apresenta corrente elétrica (de forma espontânea); na reação do zinco e cobre isso ocorre, pois os elétrons saem da barra de zinco por exemplo, e se concentram na solução de cobre. Solução de NaCl é outro exemplo, pois a dissociação do sal gera corrente elétrica com o (Na^+ e o Cl^-).

Portanto, existe uma ideia associada a movimentação de elétrons em meio aquoso, e não dos próprios íons em solução, o que consiste em uma concepção superficial sobre os processos eletroquímicos, algo também obtido por Caramel e Pacca (2011) em sua pesquisa, e possivelmente decorrente de um ensino memorístico ou com predominância de experimentos empíricos e em detrimento de tratamento conceitual aprofundado em relação a dinâmica submicroscópica. Também parece se tratar de uma lacuna no modelo mental do aluno, em decorrência de um ensino transmissivo e acrítico (GALIAZZI; MORAES, 2002). Há a necessidade, portanto, de discussão e reflexão críticas sobre a movimentação de elétrons em um meio eletrolítico com eletrodos.

As concepções parcialmente coerentes parecem estar em uma subcategorização, e em um limiar entre as subcategorias de “concepção simplista”, “concepção em desenvolvimento” e até “concepção quase coerente”, pois houve demonstração pelos alunos de um *token* correto e outro parcialmente correto (Quadro 4).

Quadro 4 – *Tokens* demonstrados pelos alunos na Questão 4 (a,b,c), classificação dos modelos mentais e subclassificação dos alunos quanto a categoria de respostas parcialmente coerentes

Tokens representados para a Questão 4 (a, b, c) e classificação quanto a coerência do modelo mental				
Aluno	Reconhecimento dos eletrólitos pela presença de íons. Distinção entre HCl (molecular) e solução salina	Condução elétrica quando polos elétricos opostos entram em contato com a substância eletrolítica solvatada – interação íon-eletrodo	Movimento dos íons (e não de elétrons), para que haja a condução de corrente.	Classificação quanto a coerência do modelo mental – análise do número de <i>tokens</i> corretos
1	Incorreto. Não identifica a presença de íons no $\text{Mg}(\text{OH})_2$ e ausência de íons no HCl puro	Incorreto. Não se explica a condução de corrente pela conexão de eletrodos a uma solução com íons que se movimentam. Não se reconhece a diferença de	Ausente. Não se cita qualquer tipo de movimentação iônica e/ou eletrônica.	Incoerente – ausência de demonstração de <i>tokens</i> necessários
2				

		condutividade entre $Mg(OH)_{2(aq)}$ e HCl puro.		
3	Correto. Se reconhece a necessidade de dissociação iônica e de íons em solução. Se reconhece a diferença de condutividade entre $Mg(OH)_{2(aq)}$ e HCl puro.	Parcialmente Correto. Cita-se a condução de corrente através de uma solução com íons livres. Mas não se comenta a movimentação iônica em direção a polos opostos.	Incorreto: A geração da corrente elétrica é tida como espontânea (movimento de e^-), e não há noções de movimentação iônica.	Parcialmente Coerente. Quanto a subclassificação, parece estar em um limiar entre uma “ concepção simplista ” e uma “ concepção em desenvolvimento ” ou até “ quase coerente ”, pois caso o <i>token</i> parcialmente correto se tornasse correto, haveria uma concepção de subcategoria: “em desenvolvimento” (2 <i>tokens</i>) ou “quase coerente” (quando apenas um <i>token</i> é ausente)
4			Ausente. Não se cita qualquer tipo de movimentação iônica.	
5				
6	Incorreto. Não se reconhece a diferença de condutividade entre $Mg(OH)_{2(aq)}$ e HCl puro.	Incorreto. Reconhece apenas que a eletricidade “quebraria” moléculas.	Ausente. Não se cita qualquer tipo de movimentação iônica	Incoerente. Não se demonstram <i>tokens</i> .
7	Correto. Se reconhece a necessidade de dissociação iônica e de íons livres.	Parcialmente Correto. Cita-se a condução de corrente através de uma solução com íons livres. Mas não se comenta a movimentação iônica em direção a polos opostos. Reconhece a diferença de condutividade entre $Mg(OH)_{2(aq)}$ e HCl puro.		Parcialmente Coerente. Quanto a subclassificação, parece estar em um limiar entre uma “ concepção simplista ” e uma “ concepção em desenvolvimento ” ou até “ quase coerente ”, pois caso o <i>token</i> parcialmente correto se tornasse correto, haveria uma concepção de subcategoria: “em desenvolvimento” (2 <i>tokens</i>) ou “quase coerente” (quando apenas um <i>token</i> é ausente)
8	Incorreto. Não identifica a presença de íons no $Mg(OH)_2$ e ausência de íons no HCl puro.	Incorreto. Não se explica a condução de corrente pela conexão de eletrodos a uma solução com íons que se movimentam. Não se reconhece a diferença de condutividade entre $Mg(OH)_{2(aq)}$ e HCl puro.		Incoerente – ausência de demonstração de <i>tokens</i> corretos necessários
9	Não houve resposta.			Não houve conclusão sobre a coerência dos <i>tokens</i>
10 e 11				

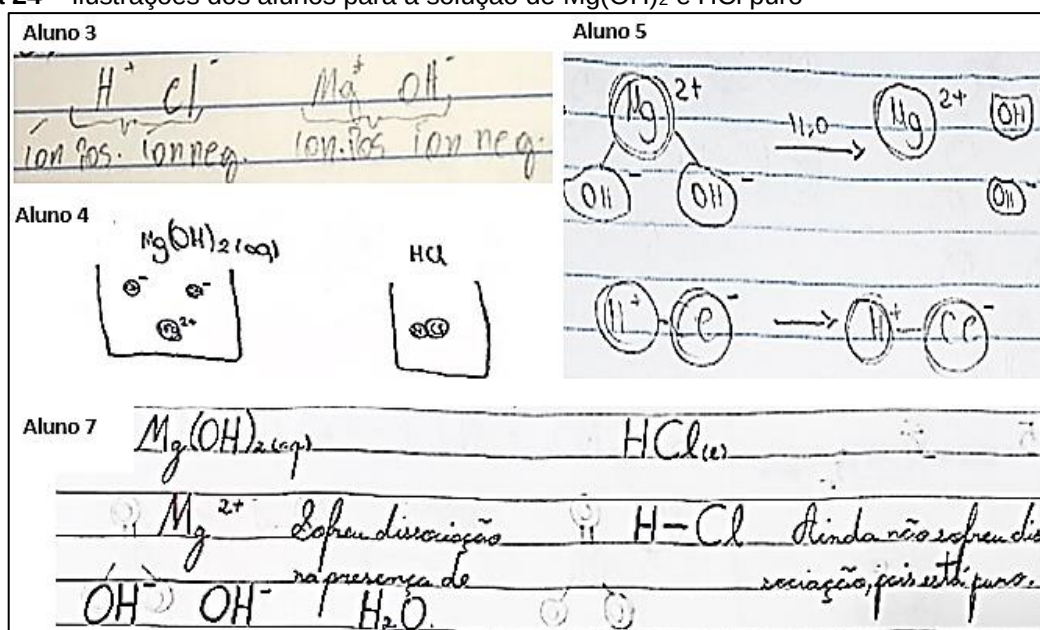
Fonte: dados da pesquisa.

Os alunos 3, 4, 5 e 7 elaboraram ilustrações para demonstrar a nível submicroscópico dos sistemas envolvidos (Figura 24). É possível perceber que o aluno 3 demonstrou apenas símbolos dos cátions e ânions envolvidos, e atribuiu incorretamente a carga +1 ao íon Mg^{2+} . Os íons H^+ e Cl^- são descritos pelo aluno 3, pois este compreendeu que tais íons surjam em contato com a água. Os alunos 4, 5 e 7 expressaram um processo de dissociação dos íons Mg^{2+} e OH^- em meio aquoso,

embora não ocorreria ionização da molécula de HCl quando o ácido se encontra em estado puro. Três alunos não responderam tais questionamentos presentes na questão 4.

É notável, entretanto, que pelas ilustrações dos alunos, estes desconhecem o conceito de camadas de solvatação, que estariam presentes nas soluções com íons dissolvidos. Pelos desenhos, também não há representações de interações entre os próprios íons, interações entre íons e moléculas de água (na solução de $\text{Mg}(\text{OH})_2$) ou de movimentações iônicas.

Figura 24 – Ilustrações dos alunos para a solução de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ e HCl puro



Fonte: dados da pesquisa.

As demais alternativas que compunham a questão 4 se associavam com a diferenciação entre os compostos que possuíam capacidade de conduzir eletricidade devido à presença de íons dissociados, e os compostos puros (como HCl gasoso ou água pura), que não possuem íons livres. As questões demandavam o seguinte: 4. d) Os retículos cristalinos do cloreto de sódio (NaCl) na forma sólida, a água de torneira (H_2O) e o cloreto de hidrogênio gasoso, $\text{HCl}(\text{g})$, são substâncias eletrolíticas e conduzem eletricidade? Explique. 4. e) Desenhe abaixo o comportamento atômico-molecular de moléculas de água pura (H_2O) e do $\text{HCl}(\text{g})$, evidenciando por que estas substâncias **poderiam ou não** conduzir eletricidade. 4. f) As condutividades destas substâncias (água pura e ácido clorídrico gasoso) poderiam ser alteradas de alguma forma? Explique como.

Apenas 5 dos 11 estudantes responderam a esta parte da questão 4, de forma que os alunos 1, 3, 4 e 5 apresentaram concepções parcialmente corretas. Nesta parte da questão, as respostas parcialmente corretas se referem a respostas corretas que evidenciassem ao menos um dos seguintes *tokens*: 1. Condução de eletricidade a partir de íons livres, ou seja, dissociados em água; 2. As moléculas de $\text{HCl}_{(g)}$ e de água no estado puro não se apresentam ionizadas e 3. A mudança de condutividade da água destilada e $\text{HCl}_{(g)}$ pode ocorrer pela ionização destas moléculas. No Quadro 5 a seguir, dispõem-se a presença ou ausência dos *tokens* na representação dos alunos, assim como a classificação que estes obtiveram quanto a presença e coerência dos *tokens* no modelo mental.

Quadro 5 – *Tokens* demonstrados pelos alunos na Questão 4 (d, e, f), classificação dos modelos mentais obtidos (parcialmente coerente e coerente), e subclassificação dos alunos quanto a categoria de respostas parcialmente coerentes

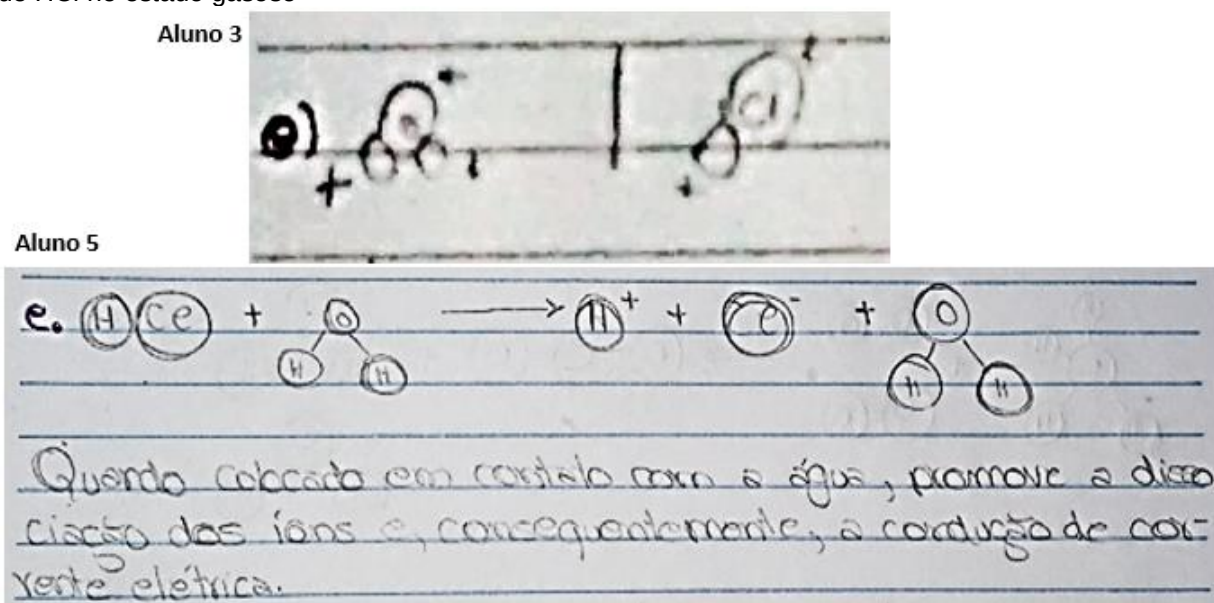
Tokens obtidos para a Questão 4 (d, e, f) e classificação quanto a coerência do modelo mental				
Aluno	Reconhecimento dos eletrólitos pela presença de íons	Moléculas de $\text{HCl}_{(g)}$ e H_2O no estado puro não estão ionizadas	Aumento de condutividade da H_2O destilada e $\text{HCl}_{(g)}$ pela inserção de íons	Classificação quanto a coerência do modelo mental
1	Correto. O aluno reconhece a necessidade de íons livres. Mas não diferencia a condutividade da água de torneira, água pura e HCl gasoso.	Não há representações das moléculas.	Correto. O aluno sugere que o aumento de condutividade ocorre ao misturar $\text{HCl}_{(g)}$ em água pura.	Parcialmente Coerente. Quanto à subclassificação, se refere a uma concepção “ em desenvolvimento ” ou “ quase coerente ”, com presença de 2 <i>tokens</i> corretos. Se adequa em ambas subcategorias.
2	Não houve resposta.			Ausente.
3	Correto. Apenas a água de torneira com íons, conduziria e^- . A água destilada e o HCl gasoso não possuem íons.	Incorreto. Não há ionização, mas existem cargas representadas que são incorretas.	Incorreto. Sugere-se a passagem do estado gasoso para HCl líquido para aumentar a condutividade.	Parcialmente Coerente. Quanto à subclassificação, se refere a uma concepção “ simplista ”, com presença de apenas um <i>token</i> .
4		Não há representações das moléculas.	Correto. Deve haver íons na água e o HCl deve estar ionizado.	Parcialmente Coerente. Quanto à subclassificação, se refere a uma concepção “ em desenvolvimento ”, ou “ quase coerente ”, com presença de 2 <i>tokens</i> corretos. Se adequa em ambas subcategorias.
5		Correto. Moléculas de H_2O não se ionizam, e o HCl se ioniza apenas em contato com a H_2O .	Não explica como se aumenta a condutividade.	
6	Não houve resposta.			Ausente
7	Correto. Apenas a água de torneira com íons, conduziria e^- . A água destilada e o HCl gasoso não possuem íons e não são eletrolíticos.	Correto. Há representação das moléculas de H_2O pura e HCl (gasoso) de forma não ionizada.	Correto. O aluno sugere que o aumento de condutividade ocorre ao misturar $\text{HCl}_{(g)}$ em água pura	Coerente. Todos os <i>tokens</i> se mostraram corretos
8	Não houve resposta.			Ausente.
9				
10				

11		
----	--	--

Fonte: dados da pesquisa.

Com exceção do aluno 1, os outros sujeitos responderam de forma correta que apenas a água de torneira seria um eletrólito, devido a presença de impurezas ou sais dissolvidos. Cristais de NaCl e $\text{HCl}_{(g)}$ não poderiam conduzir eletricidade devido à inexistência de íons livres. Dentre os estudantes primeiramente destacados, apenas os alunos 3 e 5 demonstraram algum tipo de desenho que representasse as moléculas de água em seu estado puro e de HCl em fase gasosa (Figura 25).

Figura 25 – Representações dos alunos 3 e 5 para as moléculas de H_2O no estado puro e moléculas de HCl no estado gasoso



Fonte: dados da pesquisa.

A ilustração realizada pelo aluno 3 não se mostra totalmente correta, pois embora as moléculas não estejam ionizadas (e realmente não devem estar) em seu estado puro, são representadas cargas sobre os átomos constituintes das moléculas. As moléculas de H_2O e HCl são polares e em interação com outras de suas moléculas, podem apresentar interações dipolo-dipolo. No entanto, não são representadas outras moléculas com as quais podem realizar tais interações. E mesmo em presença de outras moléculas, não existiria o que parece consistir em uma carga (+) sobre o oxigênio da água, ou o número (ou carga) “2” sobre o elemento Cl presente no HCl. O aluno 5, no entanto, não representou as moléculas de H_2O e HCl separadamente, mas ilustrou uma reação entre elas, de forma que, se tal reação acontecesse, haveria o surgimento de íons.

Os resultados do aluno 3 indicaram que este possivelmente tenha passado por etapas iniciais de ensino memorístico (FREITAS; VILLANI, 2002), sem grande ênfase na representação e reflexão da dinâmica de íons e moléculas e no desenvolvimento de modelos mentais correspondentes a como as espécies químicas se dispõem em um sistema, ou quanto às interações e cargas geradas. Associado a isto, está o uso de ferramentas convencionais (giz, lousa, textos) que podem ser insuficientes na representação dos níveis de conhecimento científico, o que acarreta na necessidade de ferramentas tecnológicas ativas que permitam visualizar comportamentos científicos em escala molecular e iônica.

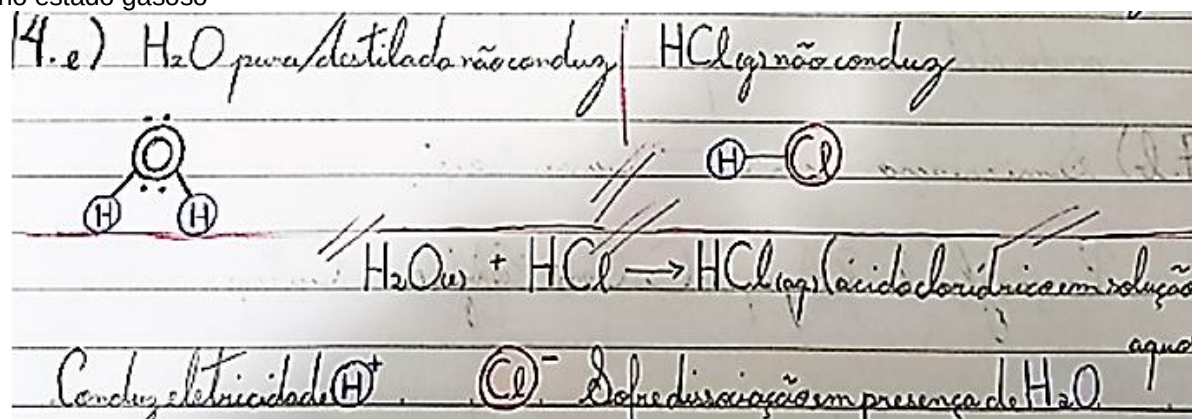
As possíveis mudanças de condutividade das moléculas de água em estado puro e do HCl em estado gasoso, foram escritas de forma confusa pelos alunos 3 e 5. Os demais apresentaram respostas satisfatórias associadas a necessidade da existência de íons na água e da mistura do HCl em água, para que houvesse condutividade. Os alunos 3 e 5 descreveram o seguinte:

Aluno 3 (*Resposta escrita ao questionário inicial*): Sim. No caso do $\text{HCl}_{(g)}$ é passar para o estado líquido que ocorrerá a ionização e no caso da água é acrescentar íons (Ca^+ , Mg^+), por exemplo.

Aluno 5 (*Resposta escrita ao questionário inicial*): A quantidade de soluto e solvente influenciam na potência e duração da corrente elétrica, sendo necessário haver um certo equilíbrio entre ambos.

No caso da resposta do aluno 3, a simples passagem do gás para o estado líquido não garante a ionização de suas moléculas, pois, para isso, seria necessário o contato com a água. O estudante também atribuiu cargas (+1) para os íons Ca^{2+} e Mg^{2+} , o que é incorreto. O aluno 5 não apresentou uma resposta clara para como pode-se alterar a condutividade. Apenas o aluno 7 demonstrou concepções totalmente corretas, pois descreve que o cristal de NaCl e o $\text{HCl}_{(g)}$ não conduzem eletricidade devido à ausência de íons livres. A água de torneira, por outro lado, “*pode conter o próprio $\text{NaCl}_{(aq)}$ dissociado como também outros elementos, compostos ou substâncias (ex. Cl^- , F^-)*” (Aluno 7). O estudante ainda acrescenta que a mudança de condutividade do $\text{HCl}_{(g)}$ e da água pura (destilada) pode ocorrer ao se colocar em contato ambos os compostos, para que alguns íons se dissolvam em meio aquoso, e isto é expresso pelo participante em sua ilustração sobre as moléculas de H_2O (sem impurezas) e de $\text{HCl}_{(g)}$ (Figura 26):

Figura 26 – Representação do aluno 7 para as moléculas de H_2O no estado puro e moléculas de HCl no estado gasoso



Fonte: dados da pesquisa.

4.1.5 Análise dos resultados obtidos para a questão 5

Esta questão, conforme o Apêndice A, primeiramente descreve um sistema constituído de uma solução de cloreto de sódio, na qual se inserem eletrodos e uma bateria de 12 V, a fim de se completar o circuito elétrico. Posteriormente, a questão pede o seguinte: “Desenhe abaixo como você imagina que seria a movimentação eletrônica e também dos íons no sistema”.

Os *tokens* analisados nessa questão se associaram com: 1. movimentação de elétrons no circuito externo e movimentação de íons em solução aquosa, em direção aos eletrodos de sinais opostos, e 2. representações de solvatações dos íons, ou seja, de interações entre os íons e os dipolos das moléculas de água do meio. Este último *token* em específico, é dificilmente visto nas representações dos alunos (RODRIGUES, 2021), e não foi visto nas respostas para esta e para demais questões, pois entende-se que os estudantes tendem a pensar nos sistemas e em seus íons de uma forma mais simplificada, sem que se atentem para as interações entre íons e moléculas. A ausência deste *token* nas respostas dos alunos, fez com que não houvessem respostas totalmente coerentes, mas sim respostas que se categorizavam como incoerentes (ausência dos *tokens* 1, 2 e 3) ou parcialmente coerentes (presença de um ou mais *tokens*). As respostas parcialmente coerentes poderiam ser subclassificadas em “concepção simplista” (1 *token*). No Quadro 6 a seguir, há a descrição dos *tokens* representados pelos alunos, assim como a classificação de suas respostas, conforme o número de *tokens* corretos demonstrados.

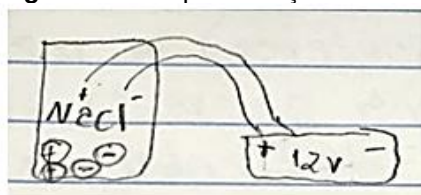
Quadro 6 – *Tokens* demonstrados pelos alunos na Questão 5 e classificação dos modelos mentais obtidos (incoerente e parcialmente coerente), e subclassificação dos alunos quanto a categoria de respostas parcialmente coerentes

Respostas parcialmente coerentes			
Tokens obtidos para a Questão 5 e classificação quanto a coerência do modelo mental			
Aluno	Movimentação de e ⁻ no circuito externo e de íons em meio aquoso	Solvatação dos íons	Classificação quanto a coerência do modelo mental – análise do número de <i>tokens</i> corretos
1	Não houve resposta.		Ausente.
2			
3	Ausente. Não se ilustram movimentações iônicas ou eletrônicas.	Ausente.	Incoerente – ausência de demonstração de <i>tokens</i> corretos necessários
4	Correto. Se representam movimentações de íons e elétrons.		Parcialmente Coerente. Quanto à subclassificação, se refere a uma concepção “ simplista ”, com presença de apenas um <i>token</i> .
5	Ausente. Não se ilustram movimentações iônicas ou eletrônicas.		Incoerente – ausência de demonstração de <i>tokens</i> corretos necessários
6	Parcialmente correto. Ilustra-se apenas o sentido da movimentação iônica.		Parece existir um modelo mental que está em transição entre “incoerente” e Parcialmente coerente, do tipo “concepção simplista” , pois o único <i>token</i> representado se mostrou incompleto.
7	Correto. Se representam movimentações de íons e elétrons.		Parcialmente Coerente. Quanto à subclassificação, se refere a uma concepção “ simplista ”, com presença de apenas um <i>token</i> .
8	Não houve resposta		Ausente.
9	Ausente. Não se ilustram movimentações iônicas ou eletrônicas.		Incoerente – ausência de demonstração de <i>tokens</i> corretos necessários
10 e 11	Não houve resposta.		Ausente.

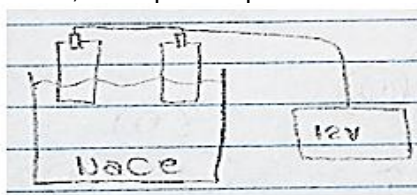
Fonte: dados da pesquisa

Somente seis dos participantes responderam a tal questão. Os alunos 3, 5 e 9 apresentaram modelos mentais incoerentes sobre as movimentações iônica e eletrônica no sistema em questão, pois como pode-se notar pela Figura 27, os estudantes não representaram quaisquer formas de movimentação de íons na solução, ou de elétrons no circuito externo. Desta forma, não se verificou a presença de nenhum dos *tokens* elencados.

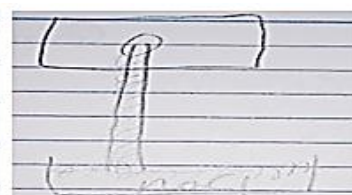
Figura 27 – Representações dos alunos 3, 5 e 9 para a questão 5



Aluno 3



Aluno 5



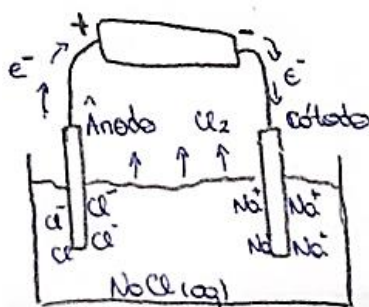
Aluno 9

Fonte: dados da pesquisa.

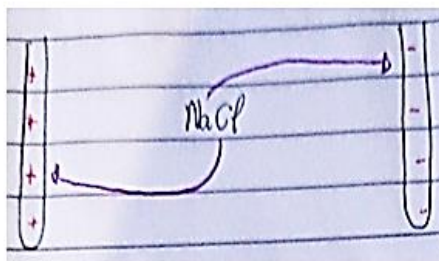
Os alunos 4, 6 e 7, entretanto, eram parcialmente coerentes em suas respostas, pois demonstraram aspectos de como imaginavam as movimentações de elétrons e/ou íons no sistema. Apesar de o aluno 6 não ter representado deslocamentos de elétrons no circuito externo, este apresentou o *token* vinculado à atração eletrostática entre os íons e os eletrodos de carga oposta, pois há flechas que indicam o deslocamento do íon cloreto, oriundo da dissociação iônica do NaCl, em direção ao eletrodo de sinal positivo. O íon Na^+ , por outro lado, é representado segundo uma flecha que indica sua movimentação em direção ao eletrodo de sinal negativo. A concepção do aluno 6 pareceu estar no limiar entre uma concepção incoerente e uma concepção parcialmente coerente (subclassificação: simplista), visto que o único *token* representado pelo aluno está incompleto (Figura 28).

Os alunos 4 e 7 também ilustraram corretamente tais movimentações iônicas, assim como descreveram um fluxo de elétrons que se iniciava no ânodo (polo positivo) e se dirigia ao cátodo (polo negativo). O sistema desenhado por tais estudantes, desse modo, se assemelhava aos processos eletrolíticos (Figura 28).

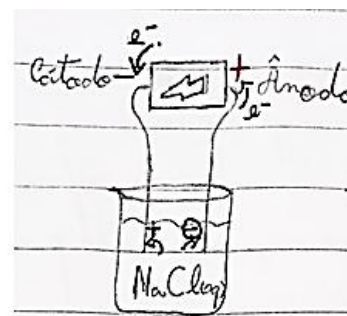
Figura 28 – Representações dos alunos 4, 6 e 7 para a questão 5



Aluno 4



Aluno 6



Aluno 7

Fonte: dados da pesquisa.

A representação que parece ser considerada a mais correta, foi realizada pelo aluno 4, de modo que este evidenciou a liberação do gás cloro (Cl_2). Isto realmente se passa na eletrólise do NaCl. Os íons Na^+ , entretanto, não reagiriam em tal sistema, apesar de serem atraídos para o eletrodo (-), pois tal íon tem baixa tendência à reação em meio aquoso. A ausência de reação dos íons Na^+ no desenho do aluno 4, também pode indicar que o estudante conhece conceitos atrelados à tendência de reação iônica.

4.1.6 Análise dos resultados obtidos para a questão 6

Na questão 6, era fornecida a informação de que ao se misturar duas soluções incolores, de $\text{AgNO}_{3(\text{aq})}$ e $\text{NaCl}_{(\text{aq})}$, um precipitado branco e insolúvel era formado. Posteriormente, pedia-se o seguinte: “Desenhe abaixo como os íons e moléculas das duas soluções se comportam ao longo desta reação. Você pode ilustrar vários desenhos que expressem o início, meio e fim da reação”.

Nesta questão, foi analisada a presença ou ausência dos seguintes *tokens* vinculados ao comportamento iônico e molecular das espécies químicas no sistema:

1. Interações iônicas entre o cátion Na^+ e ânion NO_3^- , e entre o cátion Ag^+ e o ânion Cl^- ;
 2. Representações da dissolução aquosa do AgNO_3 e NaCl e solvatação de seus íons;
 3. Demonstrações sobre o agrupamento dos íons do precipitado formado (AgCl - fase sólida) de modo a evidenciar a pouca solvatação desses íons, devido ao precipitado ser insolúvel.
- No Quadro 7 a seguir, observam-se os *tokens* obtidos nas respostas dos alunos, assim como a categorização quanto ao número de *tokens* corretos presentes em suas respostas.

Quadro 7 – *Tokens* demonstrados pelos alunos na Questão 6 e classificação dos modelos mentais obtidos (incoerente e parcialmente coerente), e subclassificação dos alunos quanto a categoria de respostas parcialmente coerentes

Tokens obtidos para a Questão 6 e classificação quanto a coerência do modelo mental				
Aluno	Interações iônicas entre o cátion Ag^+ e o ânion Cl^-	Dissolução aquosa do AgNO_3 e NaCl , e solvatação de seus íons	Agrupamento dos íons do precipitado formado	Classificação quanto a coerência do modelo mental – número de <i>tokens</i> corretos
1	Incorreto. Não estão presentes interações corretas entre os íons a fim de se formar o AgCl .	Ausente. Não há representação da dissolução e solvatação dos íons.	Ausente. O agrupamento dos íons do precipitado não é observado.	Incoerente – ausência de demonstração de <i>tokens</i> corretos necessários
2	Não houve resposta.			Ausente
3	Incorreto. Não estão presentes interações corretas entre os íons a fim de se formar o AgCl .	Ausente. Não há representação da dissolução e solvatação dos íons.	Ausente. O agrupamento dos íons do precipitado não é observado.	Incoerente – ausência de demonstração de <i>tokens</i> corretos necessários
4	Correto. Há uma noção sobre as interações entre os íons a ponto de se formar o AgCl e o NaNO_3 (sobrenadante)	Ausente. Não há representação da dissolução e solvatação dos íons.	Ausente. O agrupamento dos íons do precipitado não é observado.	Parcialmente Coerente. Quanto à subclassificação, se refere a uma concepção “ simplista ”, com presença de apenas 1 <i>token</i> .
	Correto. Há ilustrações que indicam o modo de interação e		O posicionamento dos íons do precipitado, abaixo do sobrenadante,	Parcialmente Coerente. Quanto à subclassificação, se refere a uma concepção que está em transição de

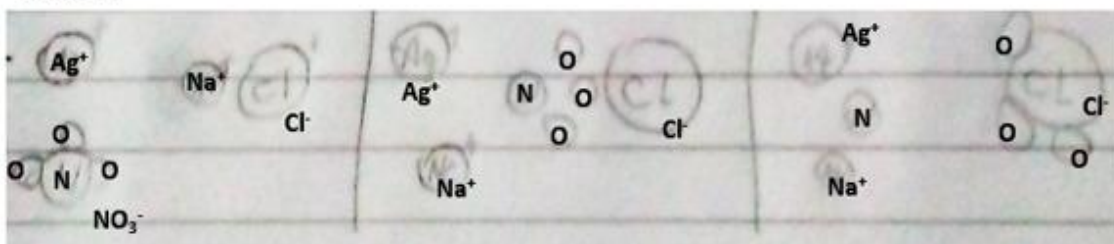
5	agrupamento dos íons.		pode indicar certo agrupamento do Ag^+ e Cl^- . Mas a representação não é totalmente correta.	“ simplista ” para “ em desenvolvimento ” ou “ quase coerente ”, uma vez que um dos <i>tokens</i> é correto, e outro necessitaria de complementação, se adequando nas duas outras subcategorias.
6	Não houve resposta.			Ausente.
7	Correto. Há ilustrações que indicam o modo de interação e agrupamento dos íons.	Ausente. Não há representação da dissolução e solvatação dos íons.	Ausente. O agrupamento dos íons do precipitado não é observado.	Parcialmente Coerente. Quanto à subclassificação, se refere a uma concepção “ simplista ”, com presença de apenas um <i>token</i> .
8	Não houve resposta.			Ausente.
9	Incorreto. Não estão presentes interações corretas entre os íons a fim de se formar o AgCl .	Incorreto. Não há representação da dissolução e solvatação dos íons.	Ausente. O agrupamento dos íons do precipitado não é observado.	Incoerente – ausência de demonstração de tokens corretos necessários
10 e 11	Não houve resposta.			Ausente.

Fonte: dados da pesquisa.

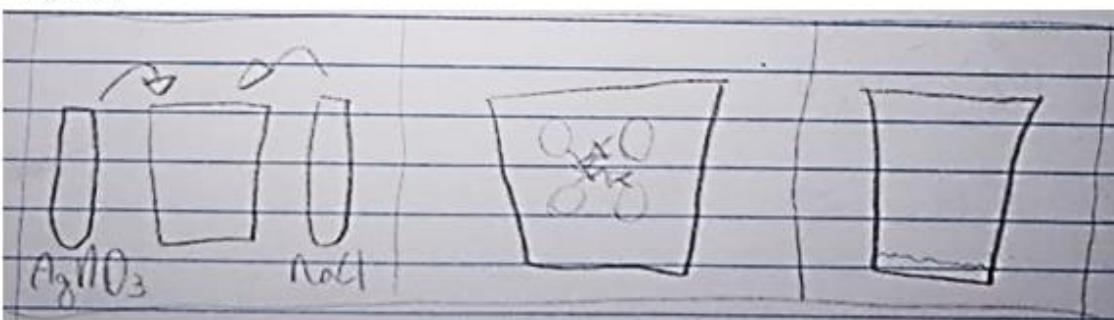
Dos onze alunos que participaram do minicurso, seis apresentaram respostas para tal questão. Os alunos 1, 3 e 9 desenvolveram representações que foram categorizadas como incoerentes, por que careciam de explicações e não apresentavam os *tokens* corretos elencados acima. Por exemplo, o aluno 1 em um primeiro momento ilustra os íons Ag^+ , NO_3^- , Na^+ e Cl^- , que posteriormente passam a ter interações (entre NO_3^- e Cl^- , e entre Ag^+ e Na^+) (Figura 29).

Figura 29 – Representações dos alunos 1 e 9 para a questão 6

Aluno 1



Aluno 9



Fonte: dados da pesquisa.

A resposta do aluno 1 não é coerente, visto que os íons devem apresentar cargas opostas para terem interação eletrostática. Além disso, o aluno 1 expôs uma ligação entre oxigênios e um íon Cl^- , onde os oxigênios antes eram pertencentes ao íon NO_3^- . Isto também não é compatível com a realidade do sistema, uma vez que o íon NO_3^- não tende a se decompor, e seus oxigênios não tendem a interagir com íons Cl^- . Pode-se exemplificar também pela resposta do aluno 9, que ilustrou a mistura dos reagentes, e uma espécie de combinação entre os íons (não identificados), com posterior formação de uma solução em ausência de precipitado. O aluno 9 traz, portanto, uma noção de “interação química” em nível empírico, conforme Lajium (2013), que todavia, não possui indícios da formação de precipitado. Os resultados demonstram simplificações em determinados *tokens* de modelo mental, o que conforme Carvalho e Gil-Pérez (1992) e Freitas e Villani (2002), podem ser atribuídas a ideias e interiorizações no ensino básico de conceitos irrefletidos, pré-científicos ou que simplesmente foram transmitidos e assimilados de forma acrítica.

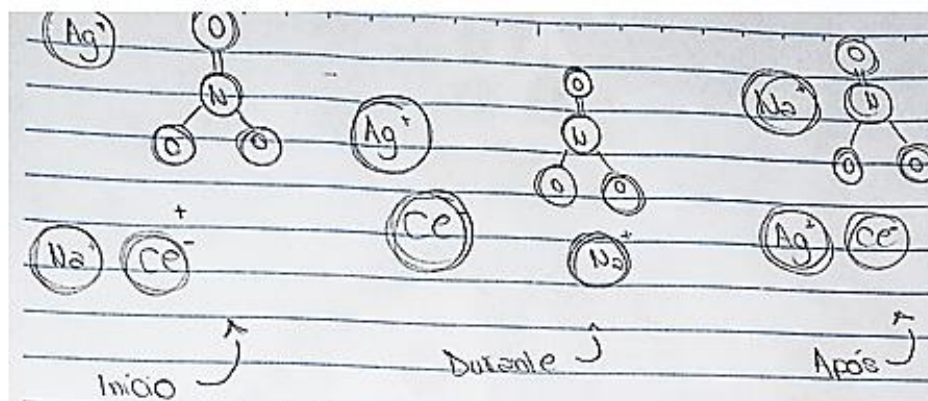
Os alunos 4, 5 e 7 desenvolveram representações *parcialmente coerentes*, pois nelas estavam presentes ao menos um dos *tokens* elencados. O aluno 4 não demonstrou sua resposta através de desenhos, mas sim por meio de uma equação química referente a formação do precipitado $AgCl$ (cloreto de prata): $AgNO_{3(aq)} + NaCl_{(aq)} \rightarrow AgCl_{(s)} + NaNO_{3(aq)}$ O precipitado formado é o cloreto de prata, e o nitrato

de sódio permanece dissolvido". Portanto, o participante pareceu apresentar a concepção de que os íons Na^+ e NO_3^- se atraem, assim como os íons Ag^+ e Cl^- . No entanto, não há representações de como os íons dos reagentes (AgNO_3 e NaCl) se dissociavam em meio aquoso, ou ilustrações dos processos de solvatação dos íons na fase aquosa, e desenhos da aproximação e não solvatação dos íons que formam o precipitado.

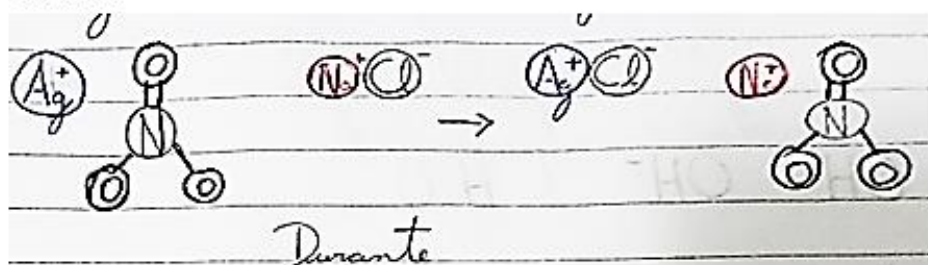
Na Figura 30 a seguir, se expressam as ilustrações feitas pelos alunos 5 e 7, onde os mesmos demonstraram conhecer as interações entre os íons a fim de se formar o cloreto de prata (precipitado) e o nitrato de sódio (sobrenadante com íons dissolvidos). Entretanto, não se representam as interações íon-dipolo responsáveis pela formação de camadas de solvatação dos íons no sobrenadante. Ao observar a resposta do aluno 5, notou-se que o AgCl formado se posicionava abaixo dos íons Na^+ e NO_3^- (do sobrenadante), o que pode indicar a ideia de que os íons Ag^+ e NO_3^- se agrupam e precipitam. Entretanto, para que realmente se comprovasse a presença dessa concepção, o aluno teria que ter representado uma estrutura de "sal precipitado" (vários íons Ag^+ e NO_3^- em interação em um retículo), e para isso teria de desenhar um maior número de íons, ou teria que ter representado a solvatação dos íons presentes na fase aquosa. Por isso, acredita-se que o modelo mental deste aluno, ainda que inicialmente parcialmente coerente do tipo "simplista", se apresenta em transição para o nível de parcialmente coerente do tipo "em desenvolvimento" ou "quase coerente" (Quadro 7), pois neste último, ao menos dois *tokens* se encontram presentes.

Figura 30 – Representações dos alunos 5 e 7 para a questão 6

Aluno 5



Aluno 7



Fonte: dados da pesquisa.

Tais concepções associadas a formação de um precipitado, composto de íons presentes em um retículo cristalino insolúvel que se posiciona abaixo do sobrenadante, também não foram verificadas para o aluno 7. Entretanto, como tais estudantes apresentaram ideias corretas vinculadas ao reagrupamento dos átomos dos reagentes para formação dos produtos, assim como ao modo de interação iônica, pode-se dizer que os alunos 5 e 7 possuem concepções de interação química, conforme Lajium (2013) e Johnson (2002), pois estão relacionadas à imaginação de como íons e moléculas se comportam em nível submicroscópico.

4.1.7 Análise dos resultados obtidos para a questão 7

O enunciado da questão 7 se iniciava com a descrição de um procedimento experimental, no qual há inserção de um fio de cobre em uma solução de nitrato de prata ($\text{AgNO}_{3(\text{aq})}$), em que a solução passava a apresentar a coloração azul, devido a formação de íons $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$, e o fio de cobre se tornava recoberto por uma camada metálica de um metal desconhecido. A questão também fornecia uma tabela de tendências de oxidação dos diferentes metais. A seguir se analisarão as respostas para os seguintes questionamentos: “7. a) Por que você acha que aconteceu uma

reação química? 7. b) Escreva a reação química balanceada, indicando o agente oxidante e o agente redutor; 7. c) Desenhe a seguir o que aconteceu com os átomos de cobre do fio de cobre metálico, em termos de trocas de elétrons, ao longo do início, meio e fim da reação; 7. d) Identifique o metal depositado no fio de cobre; 7. e) Desenhe abaixo como se comportaram os íons e fluxos de elétrons em relação a solução aquosa de nitrato de prata, ao longo do início, meio e fim da reação”.

Recorreu-se ao agrupamento dessas subquestões, pois todas estão atreladas a compreensão do processo de oxirredução, de qual metal se oxidou e qual se reduziu, e de qual seria o agente oxidante e o agente redutor. Os *tokens* de modelo mental analisados para tais subquestões foram: 1. Compreensão de que o metal Ag (prata) possui menor tendência de reação se comparado com o metal cobre (Cu); 2. Representação de que o processo de oxidação envolve a perda de 2 elétrons para cada átomo de cobre e 3. Representação de que o processo de redução envolve o ganho de 1 elétron para cada íon Ag^+ .

Considerou-se que para as respostas dos alunos serem consideradas ao menos parcialmente coerentes, deveria haver presença de no mínimo um dos *tokens* elencados, uma vez que, para se ter compreensão dos conceitos de tal questão, um maior número de detalhes sobre o sistema precisa ser conhecido. No Quadro 8 a seguir estão dispostos os *tokens* obtidos nas respostas dos alunos, assim como sua classificação em termos de respostas incoerentes, parcialmente coerentes (e suas subclassificações) ou coerentes. Em casos da presença de 2 *tokens*, optou-se por dizer que o aluno (no caso, aluno 7), possui uma concepção parcialmente coerente do tipo “em desenvolvimento” (de 2 a 4 *tokens*) ou “quase coerente” (com ausência de apenas 1 *token*).

Quadro 8 – *Tokens* demonstrados pelos alunos na Questão 7 e classificação dos modelos mentais obtidos (incoerente e parcialmente coerente), e subclassificação dos alunos quanto a categoria de respostas parcialmente coerentes

<i>Tokens</i> obtidos para a Questão 7 e classificação quanto a coerência do modelo mental				
Aluno	A prata é menos reativa que o cobre	O processo de oxidação envolve a perda de 2 elétrons por cada átomo de cobre	O processo de redução envolve o ganho de 1 elétron por cada íon Ag^+	Classificação quanto a coerência do modelo mental
1	Incorreto. Não há identificação das diferenças de reatividade dos metais.	Ausente. Não há identificação da quantidade de elétrons envolvida na oxidação dos átomos e cobre.	Ausente. Não há formas de identificação da quantidade de elétrons envolvida na	Incoerente – ausência de demonstração de <i>tokens</i> corretos necessários
2	Correto. Os alunos expõem que o cobre			

3	tem maior potencial de oxidação, acarretando na reação de oxirredução.		redução de íons prata (I).	Parcialmente Coerente. Quanto à subclassificação, se refere a uma concepção “ simplista ”, com presença de apenas um <i>token</i> .
4	Ausente. Não se identifica que a reação tem origem nas diferentes tendências de oxidação dos metais.	Correto. Há identificação de que na oxidação de um átomo de cobre libera-se 2 elétrons.	Ausente. Não há formas de identificação da quantidade de elétrons envolvida na redução de íons prata (I)	Incoerente – ausência de demonstração de <i>tokens</i> corretos necessários
5		Ausente. Não há identificação da quantidade de elétrons envolvida na oxidação dos átomos e cobre.		Parcialmente Coerente. Quanto à subclassificação, se refere a uma concepção “ simplista ”, com presença de apenas um <i>token</i> .
6				
7	Correto. O aluno expõe que o cobre tem maior potencial de oxidação, acarretando na sua liberação de elétrons, que reduzem os íons Ag ⁺ .	Correto. Indica-se que a semirreação do processo oxidativo libera 2 elétrons.	Ausente. Não há formas de identificação da quantidade de elétrons envolvida na redução de íons prata (I)	Parcialmente Coerente. Quanto à subclassificação, se refere a uma concepção “ em desenvolvimento ” ou “ quase coerente ”, com presença de apenas dois <i>tokens</i> .
8	Ausente. Não se identifica que a reação tem origem nas diferentes tendências de oxidação dos metais.	Ausente. Não há identificação da quantidade de elétrons envolvida na oxidação dos átomos e cobre.		Incoerente – ausência de demonstração de <i>tokens</i> corretos necessários
9	Correto. Há uma explicação atrelada ao fato de o cobre ser mais reativo que a prata.			Parcialmente Coerente. Quanto à subclassificação, se refere a uma concepção “ simplista ”, com presença de apenas um <i>token</i> .
10 e 11	Não houve resposta.			Ausente.

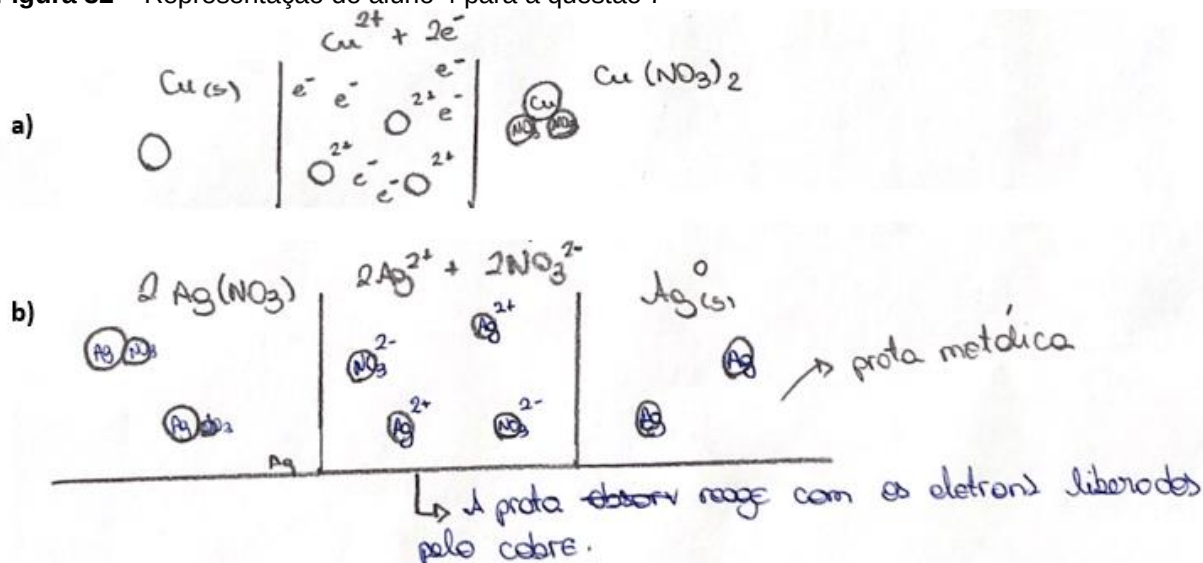
Nove alunos responderam tal questão, dos quais sete apresentaram uma concepção incoerente sobre a reação de oxirredução associada. Notou-se dificuldades em representar as reações no sentido de evidenciar a perda de dois elétrons para cada átomo de cobre, e o ganho de um elétron por cada íon Ag^+ . A maior parte das representações não se associavam com desenhos em uma perspectiva do nível subatômico, mas sim a simbologias e equações químicas, o que sugere que os estudantes possuem maior facilidade em raciocinar no nível simbólico, em comparação com o nível submicroscópico. Isso é compatível com os resultados das pesquisas de Finazzi et al. (2016) e Rocha et al. (2017), sobre um ensino que não dá

Assim como os outros participantes, os alunos 2 e 5 não representaram indicações das quantidades de elétrons envolvidos nos processos de oxirredução (*tokens* 2 e 3), assim como ambos confundiram o agente oxidante com o agente redutor. O aluno 2 assinalou que o íon Cu^{2+} é o agente redutor, ao passo que o agente redutor seriam os átomos de cobre metálico (Cu^0). Além disso, o estudante aponta que o ânion NO_3^- é o agente oxidante, quando na verdade, o agente oxidante são os cátions Ag^+ . O aluno 5, da mesma forma, atribuiu incorretamente as identificações de agente oxidante e redutor, mesmo que sua equação demonstrada esteja correta em termos estequiométricos. O aluno 5, ao realizar um desenho dos íons e dos processos oxirredutivos, não atribuiu carga ao íon nitrato, e os átomos de cobre representados parecem não se oxidar a Cu^{2+} , uma vez que não há indicação de sua carga iônica, mesmo quando é ilustrada a interação com os íons nitrato. Também parece não existir redução dos íons Ag^+ , já que os mesmos não são representados na forma metálica (Ag).

O aluno 5, entretanto, demonstra possuir indícios de imaginação sobre a interação química entre os elementos, o que segundo Lajium (2013), se deve às formas de pensamento em nível submicroscópico, e que conforme será visto a seguir, também está presente nas representações dos alunos 4 e 7. Respostas categorizadas como parcialmente coerentes foram realizadas pelos alunos 4 e 7. No caso do aluno 4, este cita a ocorrência de uma reação de oxirredução, sem justificar o que levou à ocorrência de tal reação, que seria a maior facilidade de oxidação do cobre em contato com íons prata. Sua equação química, entretanto, esteve correta do ponto de vista estequiométrico, com identificação adequada do agente redutor e oxidante.

Na primeira ilustração do estudante 4 (Figura 32a), a expressão " $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^-$ " primeiramente trouxe confusões, pois surgiram dúvidas sobre o fato de o cobre se oxidar, ou seus íons reduzirem (ganham elétrons). Todavia, há compreensão de que tentou-se representar a presença de íons Cu^{2+} juntamente com seus elétrons liberados.

Figura 32 – Representação do aluno 4 para a questão 7



Fonte: dados da pesquisa.

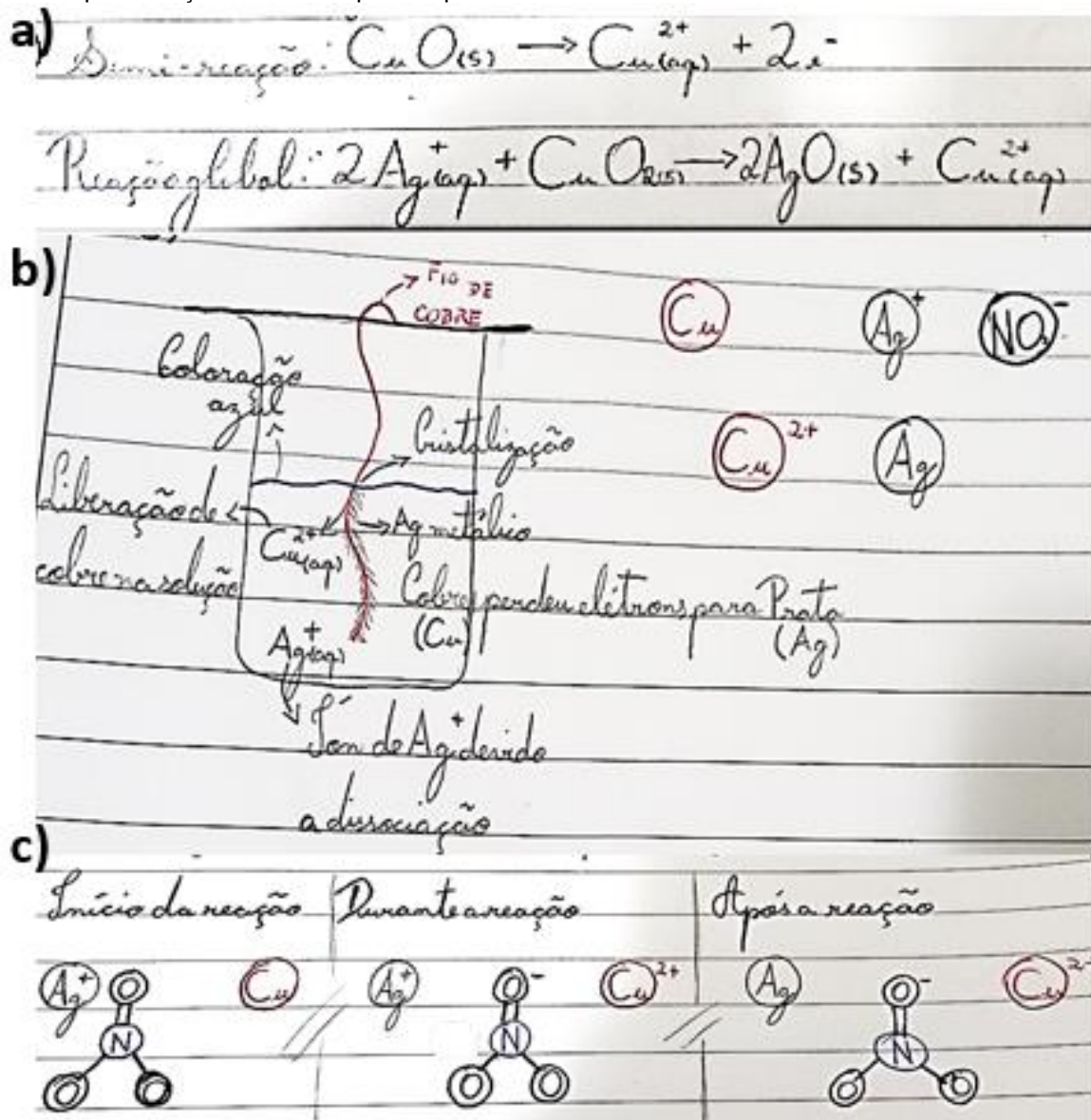
A ilustração do aluno 4 também pode sugerir que o sujeito imagina os elétrons livres em solução aquosa, o que não é coerente, visto que os elétrons apenas fluem a partir de superfícies metálicas presentes em circuitos, por exemplo. No sistema químico aqui presente, os elétrons deveriam estar concentrados no fio de cobre. Na Figura 32b, é nítido que o estudante tentou ilustrar a formação de prata metálica a partir de seus íons. Entretanto, são representados íons Ag^{2+} , ao invés de íons Ag^+ , sem existir indicações corretas de quantos elétrons estão envolvidos na redução de um íon Ag^+ . O aluno 7 em sua resposta, descreve adequadamente que a reação ocorre devido ao cobre ser mais reativo que a prata, ou seja, o cobre teria uma tendência maior a perder elétrons:

Aluno 7 (Resposta escrita ao questionário inicial): Ao fio de cobre (Cu) entrar em contato com a solução contendo nitrato de prata (AgNO_3) ocorre uma reação em que libera íons de cobre (Cu^{2+}) tornando a solução azul/azulada, enquanto os íons de prata (Ag^+) da solução vão gradualmente formando o Ag metálico, essa interação ocorre por todo espaço onde cargas elétricas de sinais opostos se atraem. Em relação a reatividade dos metais, o cobre é mais reativo que a prata, ou seja, **tem a tendência maior a perder elétrons**, logo o cobre “perde elétrons” para a prata nessa reação.;

Há, entretanto, dificuldades com a definição de uma equação química que define a reação de forma estequiométrica, pois conforme a Figura 33a, o estudante expõe uma reação de oxidação do óxido de cobre, acarretando na formação de íons $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ e liberação de elétrons. Entretanto, entende-se que tal reação de oxidação também acarretaria na formação de produtos como oxigênio ($1/2 \text{O}_{2(\text{g})}$), para que haja

o mesmo número de elementos antes e após a reação. A reação global descrita pelo aluno 7 se mostra incorreta, já que o mesmo escreve “CuO₂”, ao passo que o correto seria “CuO”. O mesmo acontece com o “AgO” escrito, já que pelo equilíbrio da carga dos íons, o composto óxido de prata (I) a ser descrito seria “Ag₂O”. Portanto, a equação corretamente balanceada seria: $2 \text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{CuO}_{(\text{s})} \rightarrow 2 \text{Ag}_2\text{O}_{(\text{s})} + \text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$.

Figura 33 – Representação do aluno 7 para a questão 7



Fonte: dados da pesquisa.

Houve, todavia, uma representação correta de que o cobre se oxida, e libera 2 elétrons que reduzem os íons Ag^+ , que se transformam em prata metálica, a qual se deposita sobre o fio de cobre (Figuras 33b e 33c). O aluno demonstrou, portanto, que os átomos de cobre se transformam em íons Cu^{2+} , e os íons Ag^+ em átomos de prata

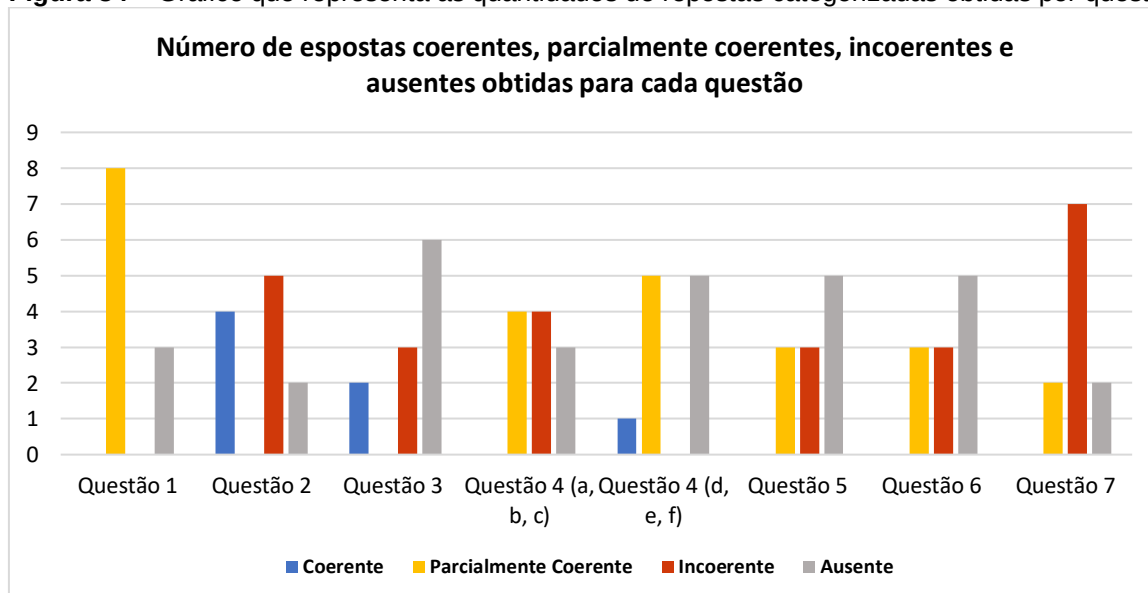
metálica. No entanto, não há demonstração explícita do número de elétrons envolvidos na redução de um íon Ag^+ .

Resultados que demonstravam pouco entendimento dos conceitos de oxirredução em nível atômico-molecular e um domínio maior dos níveis simbólico e macroscópico, assim como de dificuldades em proporção estequiométrica, também foram verificados pela pesquisa de Durand (2021).

4.1.8 Gráficos representativos do desempenho em cada questão e dos tokens que os alunos possuíam – visão geral do questionário inicial

Na maioria das questões do questionário, não houve respostas coerentes, o que foi observado para as questões 1, 5, 6 e 7 (Figura 34), o que demonstra que os alunos possuem dificuldades na compreensão de proporções estequiométricas, além de pouco entendimento das dinâmicas em nível atômico-molecular, e concepções superficiais sobre a movimentação de íons, moléculas e elétrons nos sistemas. Observou-se também um grande número de respostas parcialmente coerentes e ausentes, o que sugere que os alunos possuíam concepções pouco adequadas ou nenhum conhecimento a respeito do que era perguntado.

Figura 34 – Gráfico que representa as quantidades de repostas categorizadas obtidas por questão

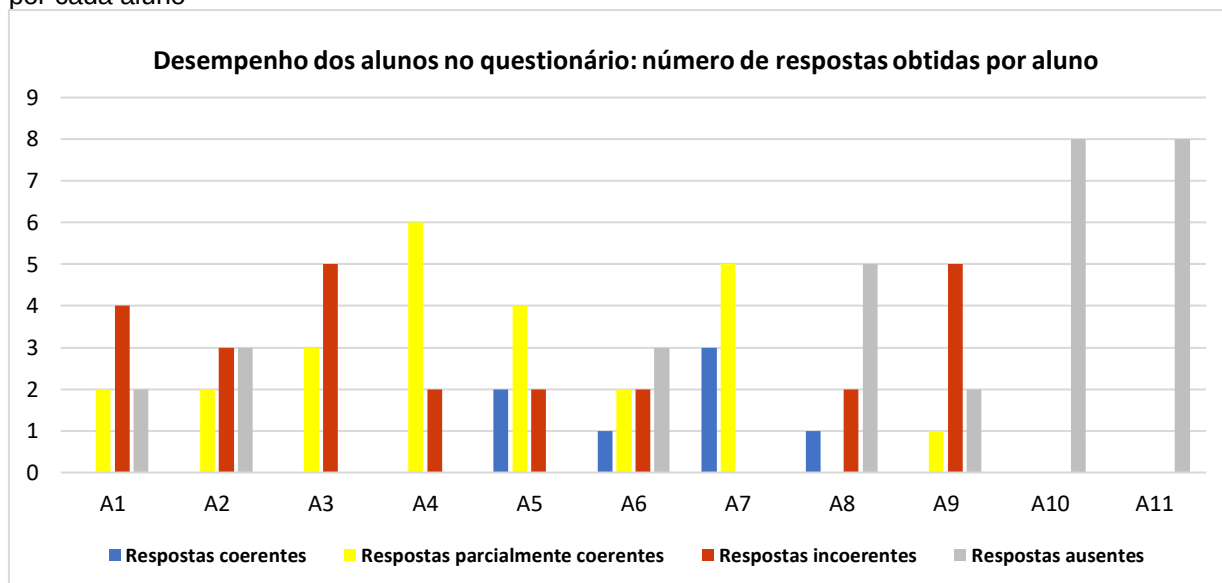


Fonte: a autora.

Poucos alunos obtiveram respostas coerentes para as questões, como é o caso dos alunos 5, 6, 7 e 8 (Figura 35), de forma que apresentaram um número majoritário de respostas incoerentes (alunos 1, 3 e 9), ou de respostas parcialmente coerentes

(alunos 4, 5 e 7) e ausentes (alunos 8, 10 e 11). Os alunos 10 e 11 não apresentaram respostas para as questões do questionário, provavelmente devido à ausência de conhecimentos sobre o que era perguntado. Entretanto, estes dois alunos participaram de outras etapas da pesquisa, e contribuíram com dados a respeito de seus modelos mentais à medida que as atividades e discussões eram desenvolvidas.

Figura 35 – Número de respostas coerentes, parcialmente coerentes, incoerentes ou ausentes, obtidas por cada aluno



Fonte: a autora.

Dificuldades encontradas nos vários *tokens* de modelos mentais, se associam tanto com a complexidade de se reconhecer a abstração dos fenômenos químicos principalmente em nível submicroscópico, quanto com os velhos hábitos de ensino, presentes tanto no ensino básico quanto superior, em que se privilegia o tratamento matemático, as fórmulas químicas e as reações químicas empíricas (atividades de laboratório), sem que se retratem com maior profundidade os acontecimentos e as modelizações concernentes ao comportamento de íons, moléculas ou até de subpartículas. O tratamento de temas nesse nível de representação, requiere o trabalho com imagens, maquetes, simulações, em uma perspectiva ativa, reflexiva e crítica, contrariamente ao que se dá pela simples transmissão de textos e exercícios.

Os Quadros 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 retrataram os *tokens* de modelos mentais que estiveram presentes em cada questão do questionário. Há uma descrição dos *tokens* demonstrados pelos estudantes, e se esses se mostraram corretos, incorretos, com poucos aspectos coerentes ou mesmo ausentes. Nestes quadros há características dos modelos mentais dos alunos, de modo que foi possível realizar comparações com

os modelos mentais que se modificaram ao longo da pesquisa (etapas seguintes de análise dos formulários 1, 2 e 3).

Conforme os quadros, foi observada a ausência de representações que evidenciassem os *tokens* relacionados a uma visão adequada do comportamento submicroscópico dos sistemas. Um exemplo disso é o caso da representação das camadas de solvatação, que não foram ilustradas por nenhum aluno.

4.2 Análise dos formulários de atividades posteriores aos encontros coletivos

Posteriormente aos encontros presenciais realizados, os alunos responderam a formulários que continham questões que demandavam o desenvolvimento de desenhos, a escrita dissertativa ou a escolha de alternativas. Nos formulários, procurou-se analisar os modelos mentais externalizados pelos alunos, e realizou-se comparações com os *tokens* observados por meio do questionário inicial.

4.2.1 Análise do formulário 1 sobre proporções estequiométricas

Após as respostas ao questionário, os estudantes receberam textos e indicação de vídeos para iniciar seu estudo sobre estequiometria. Posteriormente, ocorreu um encontro presencial para discussão conceitual, realização de atividades e aprofundamento. Após esse momento, os alunos responderam o formulário 1 referente a estequiometria de reações.

Durante o encontro presencial, ocorreram explicações sobre as leis de Proust e de Lavoisier, além de se discorrer sobre o conceito de número de mols, massa molar e número de Avogadro. O público alvo se tratava de alunos que ingressaram no curso de Licenciatura em Química, cursando seu primeiro semestre letivo; portanto, foi trabalhado o conceito de estequiometria em seus aspectos básicos de reações de menor complexidade. Não se levou em consideração reações mais complexas de proporção estequiométrica indefinida, por exemplo, reações de polimerização, que são estudadas em etapas mais avançadas de ensino, nas quais podem não existir proporções ou balanceamentos específicos definidos.

No momento de explicação conceitual, embora os alunos se mostrassem atentos e interessados, não houve muitos momentos de diálogo ativo por parte de alguns, pois ao se direcionar perguntas aos estudantes, suas respostas se mostraram pontuais e curtas. Tratou-se de um indício de formação inicial tradicionalista, em que

o estudante não está familiarizado com uma metodologia a partir da qual pode realizar perguntas e incitar diálogos de forma ativa e participativa, já que é provável que em sua formação básica, “falar” e “discutir” era sinônimo de “atrapalhar” a aula do professor.

Durante os questionamentos direcionados aos participantes, notou-se que os mesmos tinham dificuldades em explicar a definição de número de Avogadro, embora os alunos 3 e 4, ao dialogar com a pesquisadora, associaram corretamente as leis de Proust e de Lavoisier às quantidades ou proporções com que íons ou moléculas reagem. Também se discutiu atividades presentes no roteiro de estudos (Apêndice B), e ocorreu a sua resolução junto aos alunos. Os alunos demonstraram empolgação ao perceberem que deduziram a estequiometria correta das reações, além de afirmarem ter acessado o site https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/balancing-chemical-equations, e praticarem o balanceamento de reações.

Após as explicações, discussões e resoluções de exercícios presentes no roteiro, houve uma interação positiva ao longo da dinâmica proposta com auxílio do game *Kahoot!* (Apêndice H). Os alunos se comportaram de forma ativa na definição das equipes e na resolução do problema envolvido no jogo, pois observaram atentamente as imagens representativas do nível atômico-molecular, conversaram entre si para decidir qual imagem se mostrava mais correta do ponto de vista estequiométrico, além de se atentarem à orientação das moléculas de água ao redor dos íons (camadas de solvatação), pois o conceito de interações iônicas e íon-molécula também havia sido explicado a eles. Todas as equipes envolvidas no jogo conseguiram responder adequadamente ao problema proposto, o qual também foi discutido e explicado posteriormente.

Para o tratamento de dados atrelados ao formulário 1, optou-se pela análise das questões 1 e 2 presentes no mesmo, pois acredita-se que tais perguntas forneçam informações sobre como os modelos mentais evoluíram em relação ao percebido através do questionário inicial. As respostas para as questões 1 e 2 são representativas dos *tokens* de modelo mental sobre estequiometria e reações químicas. Nesse sentido, pretendeu-se realizar uma comparação entre os *tokens* obtidos inicialmente a partir do questionário, e os *tokens* obtidos após estudos e discussões sobre os conceitos conforme a modalidade de sala de aula invertida.

A questão 1 pedia que o aluno descrevesse o modo com que ocorria o reagrupamento de íons e/ou moléculas ao longo da reação do carbeto de cálcio em

água: “Imagine os íons ou moléculas constituintes dos reagentes e produtos, e como estes se movimentam e se combinam no meio reativo. Descreva o modo em detalhes com que os íons ou moléculas reagiram na proporção adequada”.

Percebeu-se que a maioria dos alunos, com exceção dos estudantes 2, 6, 7 e 8, tendia a escrever apenas a equação balanceada, sem descrever, por exemplo, a dissociação iônica do CaC_2 , a quebra de moléculas de água a fim de se formar íons OH^- presentes em um dos produtos gerados ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), além dos processos de solvatação iônica. Estes são os detalhes que envolvem a reação e o reagrupamento das espécies químicas. Entretanto, como aqui apenas será analisado o *token* de proporção estequiométrica, pode-se dizer que a maior parte dos estudantes apresentou tal *token* adequadamente. Os alunos 2, 6, 7 e 8, além de apresentarem a estequiometria adequada, também detalharam formas de interação entre as espécies químicas, a exemplo das descrições dos alunos 6 e 7:

Aluno 6 (Resposta escrita ao formulário I): $\text{CaC}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_{2(g)}$. Ocorre a quebra da molécula de carbeto e também da água, ficam livres duas hidroxilas (OH^-) e 2 $\text{H}^+ \rightarrow$ reage com o carbono formando gás acetileno, e há também a formação de cálcio hidratado $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Aluno 7 (Resposta escrita ao formulário I): $\text{CaC}_{2(s)} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_{2(s)} + \text{C}_2\text{H}_2$. O carbeto de cálcio ao reagir com a água formam hidróxido de cálcio e acetileno. Um sal reagindo com a água formou uma base e um hidrocarboneto. A água formou hidroxila (OH^-) que reagiu com o cálcio e o carbono se liga aos H^+ formando um composto orgânico. Proporção: 1 e 2 $\rightarrow$ 1 e 1.

Como pode-se perceber, os alunos 6 e 7 relatam uma interação entre os íons hidroxila – originários da água, e os íons cálcio, além de uma interação entre os íons H^+ e o carbono presente no íon carbeto (C_2^{2-}). Percebeu-se um aspecto falho na resposta do aluno 6, uma vez que este denominou o CaC_2 de “molécula”, embora trata-se de um composto iônico. A proporção estequiométrica se mostrou correta para tais participantes, embora o aluno 6 não tenha evidenciado o estado físico de alguns compostos, e o aluno 7 considerou inadequadamente o hidróxido de cálcio como estando no estado sólido, ao invés de no estado aquoso. O estado físico dos reagentes e produtos também não foi evidenciado pelos alunos 1, 3, 4 e 10. Em termos estequiométricos, as únicas respostas escritas que se mostraram incorretas foram as dos alunos 5, 9 e 10, pois não evidenciaram a equação balanceada:

Aluno 5 (Resposta escrita ao formulário I): A reação de carbeto de cálcio com água ocasionou na liberação de gás e, conseqüentemente, em sua dissolução.

Aluno 9 (Resposta escrita ao formulário I): No instante que o carbeto encosta na água, dissolvendo em um gás (C_2H_2) e em precipitados insolubilizados ($Ca(OH)_2$).

Aluno 10 (Resposta escrita ao formulário I): $2 CaC_2 + H_2O \rightarrow 2 C_2H_2 + 2 Ca(OH)_2$.

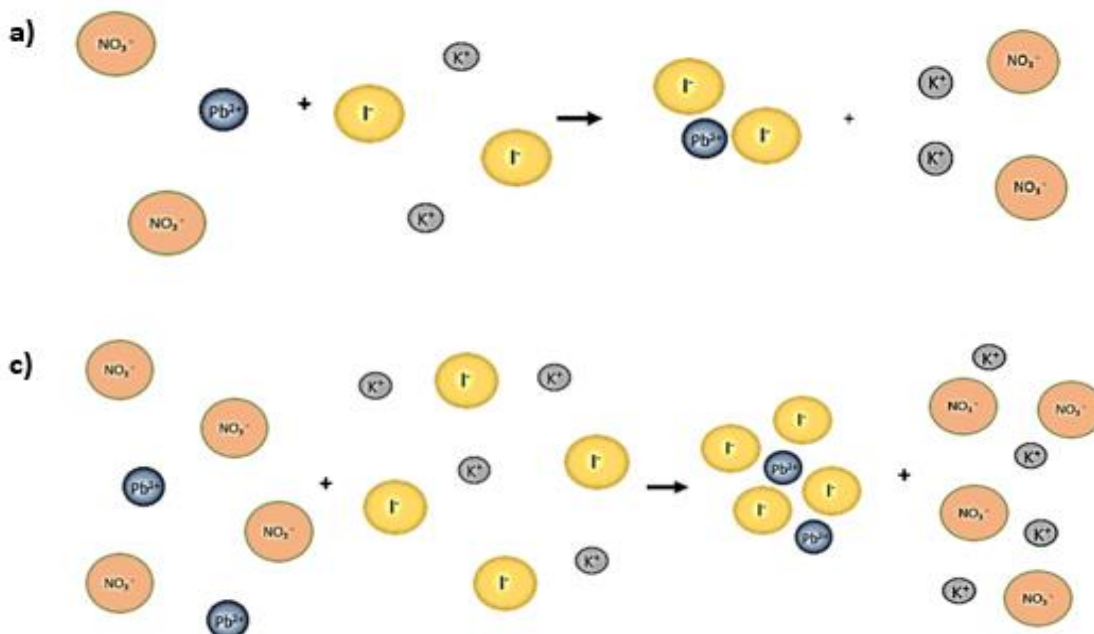
A dificuldade associada a interpretação das interações entre os íons em uma reação química também é citada por Johnson (2002) e Lajium (2013), os quais comentam que é comum a presença de modelos mentais que desconsiderem tais detalhes em nível atômico-molecular. Este tipo de dificuldade ou concepção superficial pode estar associada ao ensino (de nível médio) que estes alunos tiveram anteriormente à entrada na universidade, e que atualmente ainda é frequente quanto ao que Laburú, Arruda e Nardi (2003) comentam sobre a chamada “doação do saber”, ou seja, onde o ensino se dá apenas por ouvir o professor, copiar textos e fazer atividades de forma não reflexiva, sem estímulos ao questionar aspectos como o reagrupamento de elementos a fim de se atingir a formação de produtos em uma reação. Entretanto, a presença de respostas pelos alunos 2 e 8, sobre como as espécies reagem, indica uma melhoria em sua compreensão em comparação com o questionário inicial.

A questão 2 fornecia alternativas que correspondiam a imagens de íons e formas de seu rearranjo ao longo de uma reação entre nitrato de chumbo e iodeto de potássio. Os alunos deviam escolher as representações que melhor representassem o rearranjo dos íons e o correto balanceamento da reação. O enunciado da questão 2 era o seguinte: “*Selecione as imagens abaixo, correspondentes às representações de íons de produtos e reagentes, a fim de se obter a reação química balanceada de precipitação de Iodeto de Chumbo (II) (PbI_2). Pode existir mais de uma alternativa correta*”. O *token* de modelo mental analisado nesse momento foi, portanto, referente ao rearranjo de íons conforme a estequiometria adequada.

As alternativas que se mostravam corretas quanto a estequiometria da questão eram as opções “a” e “c” (Figura 36). A maior parte dos estudantes (alunos 1, 2, 3, 4, 7 e 10) assinalaram tais opções, correspondentes a representações corretas sobre a proporção em que os íons reagem. Conforme a Figura 38, pode-se perceber que a opção “a” apresentava uma proporção de 1 $Pb^{2+}_{(aq)}$ e 2 NO_3^- para 2 $K^+_{(aq)}$ e 2 I^- . A alternativa “c” se mostra igualmente correta, pois o dobro das espécies iônicas reage

e se reorganiza na mesma proporção. Alguns dos estudantes (alunos 5, 6 e 8), entretanto, reconheceram apenas a alternativa “a” como representativa do balanceamento da reação. Dois dos alunos apresentaram respostas ausentes.

Figura 36 – Imagens representativas da proporção estequiométrica correta para a questão 2 do formulário 1



Fonte: os autores.

Após responder o formulário 1, retornou-se a tal questão, a fim de perguntar aos alunos o que estava incorreto nas outras alternativas. Durante o segundo encontro, realizou-se uma resolução comentada da questão 2 do formulário 1. Os participantes souberam interpretar corretamente o rearranjo de átomos, e demonstravam entender que a mesma quantidade de átomos ou íons presentes nos reagentes, deveria estar presente nos produtos, pois conforme transcrição de trechos do diário de campo, observaram-se as seguintes falas:

Pesquisadora: Qual imagem vocês acham que está correta?

Alunos: A “c”.

Pesquisadora: Então é isso mesmo pessoal. Tinha a “a” que dizia que tinham dois íons nitrato, que estão aqui, e se conservam aqui nos produtos, e o iodeto... tem dois aqui, que se conservam na formação dos produtos. Então a gente tem a proporção correta aqui já. Já na letra b, o que é que está incorreto pessoal?

Alunos: Chumbo

Pesquisadora: O chumbo. Isso. tá faltando um aqui né, e...?

Alunos: O Potássio também ...

A maioria dos estudantes (alunos 1, 2, 3, 4 e 7) apresentou *tokens* totalmente adequados para descrever a estequiometria de uma reação, ou seja, responderam as questões 1 e 2 de forma **coerente** e sem aspectos falhos quanto ao rearranjo dos elementos na reação. Outros alunos apresentaram *tokens* corretos presentes na questão 1, mas que se mostravam parcialmente corretos na questão 2 do formulário 1. Os alunos 5, 6 e 8, por exemplo, reconheceram apenas uma das proporções estequiométricas adequadas na questão 2, pois ou reconheciam a alternativa “a” ou a “c”, mas não ambas. Quanto a subclassificação para respostas parcialmente coerentes, cabe dizer que na questão 2, as concepções dos alunos 5, 6 e 8 foram “parcialmente corretas” (Quadro 9), pois para que se tornasse uma resposta coerente, restava apenas o reconhecimento da outra proporção estequiométrica, já que haviam duas proporções que se mostravam adequadas (alternativas “a” e “c”).

Quadro 9 – Comparação entre os *tokens* obtidos pelo questionário inicial e pelo formulário 1 e categorização dos modelos mentais no formulário 1 quanto a estequiometria

Alunos	<i>Tokens</i> das questões 1 e 2 do questionário inicial	<i>Token</i> da questão 1 do formulário 1	<i>Token</i> da questão 2 do formulário 1	
	Estequiometria da reação entre MgO_2 e H_2O e da reação de queima do CH_4	Proporção estequiométrica da reação do carbeto de cálcio em água	Proporção estequiométrica da reação entre nitrato de chumbo e iodeto de potássio	Categorização do modelo mental sobre estequiometria (formulário 1) - análise do número de <i>tokens</i> corretos
1	A estequiometria é correta , mas se ilustra a reação com a H_2O_2 . A estequiometria da reação com CH_4 é incorreta .	A proporção estequiométrica é correta .	O <i>token</i> se mostrou totalmente correto .	O modelo mental é coerente – presença de todos os <i>tokens</i> de forma correta.
2	Ambos os <i>tokens</i> estão			
3	incorretos .			
4	A proporção estequiométrica da primeira reação é correta , e da segunda é incorreta .			
5	Ambos os <i>tokens</i> estão corretos .	Ausente . Não se evidenciou o balanceamento da equação.	Concepção parcialmente correta . Se reconheceu apenas uma das proporções estequiométricas adequadas.	Concepção parcialmente coerente – “quase coerente” . Se reconheceu apenas uma das proporções estequiométricas adequadas (penas um <i>token</i> é correto)
6		A proporção estequiométrica é correta .		
7			O <i>token</i> se mostrou totalmente correto . O modelo mental é coerente .	O modelo mental é coerente – presença de todos os <i>tokens</i> de forma correta.
8			Concepção parcialmente correta . Se reconheceu apenas uma das proporções estequiométricas adequadas.	Concepção parcialmente coerente – “quase coerente” . Se reconheceu apenas uma das proporções estequiométricas adequadas (penas um <i>token</i> é correto)
9	Ambos os <i>tokens</i> estão incorretos .	Ausente . Não se evidenciou o balanceamento da equação.	Não houve resposta.	Incoerente – ausência de <i>tokens</i> corretos
10	Não houve resposta.		O <i>token</i> se mostrou totalmente correto .	Concepção parcialmente coerente – “quase coerente” . Se reconheceu apenas uma das proporções estequiométricas adequadas (penas um <i>token</i> é correto)

11		Não houve resposta.	Ausente.
----	--	---------------------	----------

Fonte: dados da pesquisa.

Entende-se que as subcategorizações sobre os modelos mentais parcialmente coerentes podem levar à certa igualdade entre suas diferentes subcategorias. Por exemplo, para os *tokens* das questões 1 e 2 (2 *tokens* no total), a presença de um *token* pode significar tanto uma concepção parcialmente coerente “**simplista**” (1 *token*) quanto “**quase coerente**” (ausência apenas de 1 *token*). Entretanto, deve-se considerar o grau crescente de complexidade que existe ao ir de uma concepção “simplista” (1 *token*), até uma “**em desenvolvimento**” (de 2 a 4 *tokens*) e uma “quase coerente” (em que faltaria apenas 1 *token* para uma concepção totalmente coerente). Tal subclassificação se tornou mais oportuna em questões que requeriam grande número de *tokens*, como será observado para as questões do formulário III. Além disso, admite-se o grau de dificuldade em se definir o estágio de desenvolvimento (subcategorias) de um modelo mental parcialmente coerente, que está em constante modificação, pois este pode possuir diferentes estágios e níveis de complexidade, que ao depender do modelo mental, pode acarretar em semelhanças entre seus estágios.

Os alunos 8 e 10 apresentaram uma resposta incorreta para a questão 1. O único *token* que se mostrou totalmente incorreto (para ambas questões do formulário I) foi o do aluno 9, pois sua resposta para a questão 1 foi incorreta em termos de balanceamento químico, e não apresentou uma resposta para a questão 2. O aluno 11 não respondeu tais questões. Uma comparação entre os *tokens* demonstrados pelos alunos no questionário inicial e no formulário 1, está presente no Quadro 9 a seguir.

Em relação ao questionário inicial, houve melhorias em termos de compreensão das proporções estequiométricas, a exemplo dos alunos 1, 2, 3, 4 e 10, os quais anteriormente demonstravam possuir concepções falhas sobre o balanceamento químico. Nesse sentido, corrobora-se com os resultados da pesquisa de Santos e Silva (2014), sobre a presença no Ensino Superior, de dificuldades em considerar as proporções estequiométricas, as quais podem ser atenuadas, conforme Haupt e Raupp (2021), pela utilização de jogos didáticos e resolução de problemas, uma vez que isto foi feito por meio do *Kahoot!* e questões-problema. É imprescindível que tanto no ensino básico quanto superior, se reconheçam as lacunas de aprendizagem que os alunos possam apresentar. Neste caso, alguns alunos

manifestaram concepções falhas, observadas via questionário prévio, sobre conceitos básicos e necessários ao entendimento de conceitos mais avançados que estudarão. A discussão e detecção de tais lacunas é essencial para o prosseguimento do ensino e aprendizagem de outros conceitos.

O ensino por simples transmissão de textos e fórmulas (ainda frequente em universidades e disciplinas específicas) prejudica a detecção de tais lacunas pelo professor, o qual deve dialogar, questionar, e propor atividades problematizadoras que instiguem os alunos a descobrirem as falhas em suas concepções (GALIAZZI; MORAES, 2002). Um exemplo de atividade problematizadora abordada em tal pesquisa, foi a resolução de questões em grupos, via *quizzes* do game *Kahoot!*.

4.2.2 Análise de tokens demonstrados no formulário 2 sobre substâncias eletrolíticas

Após a leitura de um texto inicial (na modalidade a distância) sobre eletrólitos e propriedades da água, e visualização de vídeos e animações sobre as espécies eletrolíticas e moléculas de água em nível atômico-molecular, conforme o roteiro de estudos presente no Apêndice D, ocorreu um encontro presencial para aprofundamento, discussão sobre os conceitos e realização de atividades com auxílio do jogo *Kahoot!*.

Foi possível notar um aumento na participação dos alunos em comparação com o encontro anterior, pois ao longo da explicação dos conceitos de forma mais detalhada, a pesquisadora realizava questionamentos, os quais eram respondidos pelos alunos de forma mais ativa, pois pareciam estar mais à vontade e mais familiarizados com a metodologia ativa, na qual o professor dirige perguntas aos alunos e estimula sua fala. Conforme trechos de falas oriundos de dados presentes em diário de campo, apresenta-se um exemplo de discussão, e expõe-se o seguinte diálogo:

Pesquisadora: O que seria um eletrólito?

Aluno 6: Uma substância que gera íons e que pode conduzir corrente elétrica.

Pesquisadora: Isso. É nesse sentido pessoal. Então é qualquer substância, iônica ou covalente... se ela sofre um processo em que ocorre a liberação de íons, e ter ali aquelas camadas e solvatação, eu tenho um eletrólito. [...] O que a gente entende por base forte e base fraca? O que seria isso para vocês?

Aluno 4: pH, ou... a força.

Pesquisadora: Isso pessoal. [...] Sobre a movimentação dos ânions, cátions e dos elétrons. [...] O cátion tem carga positiva, ele vai se orientar para qual eletrodo?

Aluno 8: Para o polo negativo.

Pesquisadora: E o nitrato pessoal?

Aluno 4: Polo positivo [...]

Pesquisadora: Será que íons que tem a carga maior, conduzem melhor ou não?

Aluno 6: Com maior carga, há uma atração maior.

Pesquisadora: E será que ele terá uma boa condutividade?

Aluno 6: Não.

Ocorreu a resolução de algumas atividades presentes no roteiro de estudos, e quando foi perguntado aos alunos sobre a visualização de vídeos e das questões presentes no roteiro (Apêndice D), os estudantes afirmaram não terem respondido as questões, apesar de terem acessado os vídeos e animações. No entanto, as questões do roteiro foram discutidas e respondidas juntamente com os alunos após o aprofundamento conceitual, e foi possível notar que esses passaram a compreender corretamente e diferenciar os eletrólitos dos não eletrólitos, em termos de sua dinâmica iônica, além das interações íon-molécula que ocorrem na dissolução iônica e formação de camadas de solvatação. Durante o encontro, também houveram explicações e diálogos a respeito da condutividade de uma solução eletrolítica, sua movimentação iônica e eletrônica em um sistema eletroquímico, e como diferentes íons podem apresentar diferentes condutividades conforme sua carga e volume.

Os conceitos de movimentação iônica e condutividade associados às pilhas, parece ter estimulado a participação dos alunos, uma vez um dos envolvidos se sentiu à vontade para realizar perguntas sobre o que achou interessante na aula, algo que não havia ocorrido no encontro anterior. Ressalta-se a seguir, comentários oriundos do diário de campo, redigido com auxílio de gravações em áudio:

Pesquisadora: [...] se eu tiver um certo íon positivo, ele vai ser atraído para um eletrodo carregado negativamente, e se eu tiver um ânion, ele vai sofrer atração por um eletrodo carregado positivamente e vice-versa. Certo pessoal?

Aluno 6: Vai chegar um momento então, em que não vai haver condução mais de eletricidade? Por que... o “átomo” negativo vai ficar no eletrodo positivo, e vai acabar a condutividade, ou sempre vai ter?

Pesquisadora: Então... nesse caso sempre vai ter SE tiver íons ali. Por que... o que acontece: Se esses íons não reagirem com o eletrodo, aí permanece. Mas se for o contrário, por exemplo, se tiver um íon que sofrer reação com esse eletrodo, por exemplo se for um eletrodo que sofre reação como o de cobre e zinco, eu posso ter a deposição de íons (que se tornam sem carga devido a oxirredução) em algum desses eletrodos, até que a concentração de íons acabe. Aí acaba, que é o que acontece com a pilha. [...]. O eletrodo de zinco na pilha de Daniell acaba se oxidando e o de cobre sofre deposição

[...]. Mas ao se tratar de eletrodos não reativos, como o de platina, o íon pode não reagir com o eletrodo, e se esse íon também não reagir com nenhum outro composto, ainda haverá condutividade.

Durante o momento em que os alunos se reuniram em grupos para resolver duas questões-problema a partir do jogo *Kahoot!* (Apêndice H - questões 1 e 2 do dia 4), os alunos passaram a discutir entre si para determinar quais eram os eletrólitos fortes e fracos, ou os não eletrólitos, assim como para apontar o que acontece em termos de movimentação iônica e eletrônica, e da influência da concentração e da natureza dos íons na condutividade. Os participantes se envolveram na atividade e pareciam estar muito atentos às imagens presentes nas questões do jogo, já que pediam para que imagens anteriores dos exercícios fossem novamente mostradas, para que as discutissem novamente. Após responder as questões, para as quais todos os grupos apresentaram respostas corretas, foi discutido novamente o porquê de cada substância envolvida ser ou não ser eletrolítica, e quais fatores afetariam de uma forma ou outra a condutividade.

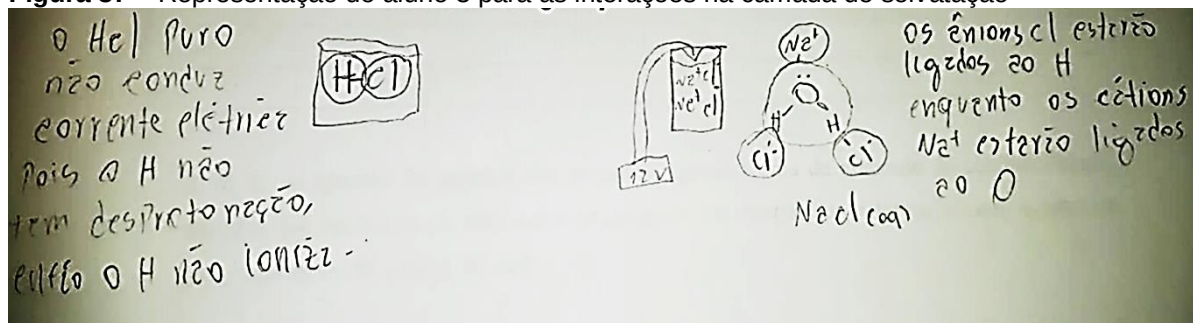
Após o encontro presencial, os alunos deveriam responder a um formulário (Apêndice E) com atividades sobre substâncias eletrolíticas. As questões 2 (a, b, c, d) e 3 (b, e) do formulário foram analisadas, pois tais questões evidenciaram detalhes dos modelos mentais dos alunos referentes a presença de íons nos eletrólitos, interações íon-molécula, e dinâmica dos íons e elétrons nos sistemas. A questão 2 apresentava a informação sobre a não condutividade do ácido clorídrico puro e a condutividade do cloreto de sódio dissolvido em água. Os estudantes teriam de considerar um sistema contendo HCl puro conectado a eletrodos em um circuito de 12V, e um béquer com NaCl aquoso com eletrodos também conectados ao circuito. Posteriormente, era solicitado que os participantes desenhasssem na questão 2a, como os íons e moléculas estariam dispostos e interagiriam em ambos sistemas.

É necessário citar ainda que a questão 2 (Apêndice E) apresentava a representação do HCl puro. A imagem presente nesta questão possuiu um erro, pois o composto HCl puro deveria estar em sua forma gasosa, e por isso, não poderia estar em um béquer, mas sim em um sistema fechado (isolado). Entretanto, isto não prejudicou a interpretação dos alunos, pois não se pretendia chamar atenção para o estado físico do composto gasoso, ou para o recipiente em que estava contido, mas sim para a pureza do HCl.

As questões 2b, 2c e 2d requeriam o seguinte: “2. b) *Explique por que o ácido clorídrico no estado puro não conduz muito bem a corrente elétrica; 2. c) Como poderíamos aumentar a condutibilidade elétrica do ácido clorídrico puro e da água pura (destilada), que também não conduz bem a eletricidade?* e 2. d) *Se na questão 2c anterior, foi proposta alguma forma de aumento de condutibilidade, desenhe que mudanças em nível submicroscópico, em relação aos sistemas iniciais, ocorreriam para o aumento da condutibilidade*”.

Os seguintes *tokens* de modelo mental foram analisados nas respostas para estas questões: 1. camada de solvatação formada, 2. interação íon-eletrodo para o sistema aquoso de NaCl, 3. não existência de íons no HCl puro e/ou água pura, e 4. presença de íons para condução de corrente elétrica em solução. O *token* de camada de solvatação poderia ser expresso nas respostas para as questões 2a e 2d, pois os estudantes poderiam desenhar como imaginavam as moléculas e íons do sistema. Respostas corretas que demonstravam tal *token*, foram dadas apenas pelos alunos 3 e 6, pois estes apresentaram a presença da camada de solvatação na questão 2a ou 2d, ou em ambas. O aluno 3 apresentou como resposta à questão 2a, desenhos e frases (Figura 37) que diziam que “o HCl puro não conduz corrente elétrica pois o H não tem desprotonação, então o H não ioniza”, e na solução aquosa de NaCl “os ânions Cl^- estarão “ligados” ao H, enquanto os cátions Na^+ estarão “ligados” ao O”:

Figura 37 – Representação do aluno 3 para as interações na camada de solvatação



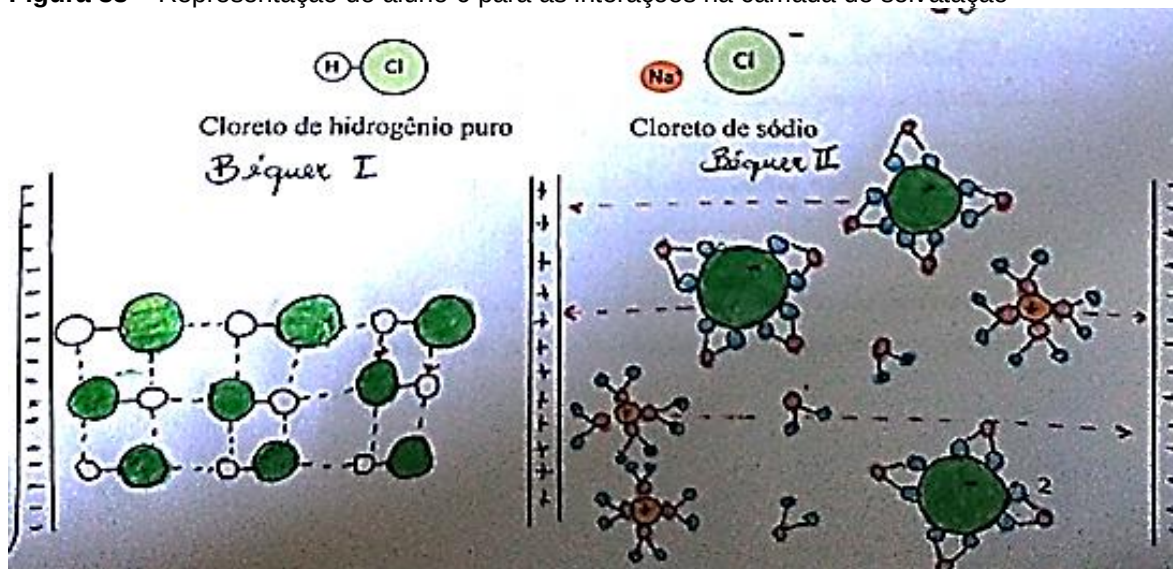
Fonte: dados da pesquisa.

No sistema de NaCl aquoso, não trata-se, entretanto, de uma ligação concreta (covalente) entre os elementos Cl e H da água, e entre Na^+ e O da água, mas entende-se que o estudante se referiu a uma interação eletrostática entre os elementos da molécula de água (que apresenta dipolos) e os íons dissolvidos, o que corresponde às interações presentes na camada de solvatação, pois os íons Na^+ tendem a se orientar em direção ao dipolo negativo (átomo de oxigênio), enquanto os ânions Cl^- se

orientam em direção ao dipolo positivo (átomos de hidrogênio). Frases do aluno 3 como “os cátions Na^+ estarão ligados ao O”, mais uma vez refletem o ensino tradicional e conteudista pelo qual tal estudante possivelmente passou, pois este tende a confundir uma ligação covalente de uma interação iônica, ao ponto de igualar estas duas situações. É necessário, conforme Ovigli e Bertucci (2009), a geração de situações de aprendizagem com discussão mais aprofundada sobre os fenômenos, e que gerem concepções mais condizentes com a realidade dos sistemas.

O aluno 6 desenhou a camada de solvatação tanto na resposta da questão 2a, quando da questão 2d. Como as imagens se mostraram semelhantes, neste momento será mostrada a resposta para a questão 2a (Figura 38).

Figura 38 – Representação do aluno 6 para as interações na camada de solvatação



Fonte: dados da pesquisa.

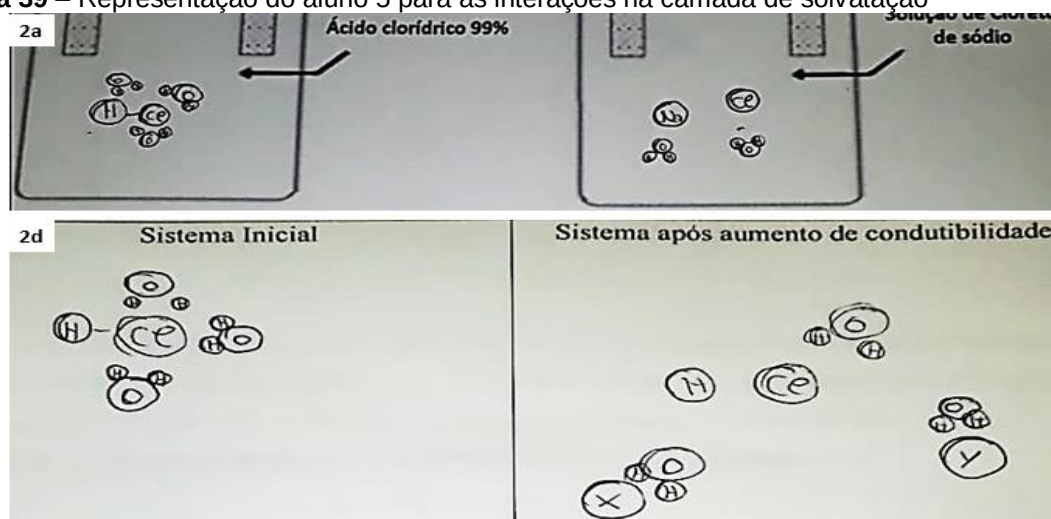
Conforme a Figura 38, o HCl no estado puro não está ionizado, ou seja, haviam ligações covalentes entre os elementos cloro e hidrogênio, não existindo formação de íons e, conseqüentemente, não existindo migração de íons em direção aos eletrodos, o que está correto. Já no sistema aquoso de NaCl, o aluno ilustra a separação entre os íons Na^+ e Cl^- , os quais se encontram envoltos por moléculas de água. Os íons cloreto (em verde) são atraídos pelo dipolo positivo das moléculas de água (esferas em azul), e os íons sódio (em laranja) são atraídos pelo dipolo negativo centrado no oxigênio da água (átomo em vermelho). Além disso, o aluno 6 ilustrou movimentações dos íons cloreto em direção ao eletrodo positivo, e migrações dos íons sódio em direção ao eletrodo negativo. Portanto, também se percebeu o *token* relativo à

movimentação dos íons em direção aos eletrodos, devido a atração elétrica íon-eletródo.

O aluno 5 também apresentou o *token* sobre solvatação aquosa tanto nas respostas para a questão 2a quanto 2d; entretanto, tal *token* se mostrou não totalmente correto pois conforme a Figura 39, o estudante retrata uma interação entre moléculas de água e moléculas de HCl puro. No entanto, o HCl no estado puro não apresenta moléculas de água suficientes para ocorrer tal interação com moléculas de ácido clorídrico. E se tais interações ocorressem, a exemplo da atração entre o dipolo positivo da molécula de H_2O e o íon Cl^- , isso acarretaria na quebra do HCl. Trata-se, portanto, de uma limitação em se imaginar o sistema em nível submicroscópico e as espécies químicas ali presentes, de modo que discussões sobre esse processo puderam ocorrer melhor a partir de ferramentas imagéticas ao longo do curso.

O aluno 5 ilustrou de forma correta, entretanto, as interações entre os íons e as moléculas de água existentes na solução aquosa de NaCl; e no sistema de HCl em que haveria aumento de condutividade, retratou-se a presença de outros íons hipotéticos - representados pelo próprio aluno 5, denominados pelo aluno de “X” e “Y”, sem demonstração de carga, e de moléculas de água que acarretam na separação entre os íons H^+ e Cl^- (Figura 39):

Figura 39 – Representação do aluno 5 para as interações na camada de solvatação



Fonte: dados da pesquisa.

Seis dos alunos não apresentaram *tokens* sobre a camada de solvatação, e dois outros alunos não responderam à questão 2. Os *tokens* observados para as questões 2a, 2b, 2c e 2d, estão descritos no Quadro 10 a seguir, no qual também há uma comparação com os modelos mentais observados no questionário inicial, assim

como relata-se a categorização de modelo mental (coerente, parcialmente coerente ou incoerente), para quesitos presentes no formulário 2.

Quadro 10 – Comparação entre os *tokens* demonstrados no questionário inicial e no formulário 2 e categorização dos modelos mentais demonstrados na questão 2 do formulário 2

Alunos	Tokens das questões 1, 3, 4 e 5 do questionário inicial	Tokens das questões 2a, 2b, 2c e 2d do formulário 2 e categorização dos modelos mentais	
	a). Solvatação dos íons; b). Natureza das ligações iônicas envolvidas no MgO_2 ; c). Reconhecimento dos eletrólitos pela presença de íons; d). Interação íon-eletródo; e). Não existência de íons no HCl puro e/ou água pura; f). Movimentação de e^- no circuito externo e de íons em meio aquoso	a). Camada de solvatação; b). Indicação da natureza iônica ou molecular dos compostos; c). Presença de íons nos eletrólitos para condução de corrente elétrica; d). Interação íon-eletródo para o sistema aquoso de NaCl; e). Não existência de íons no HCl puro e/ou água pura	Categorização do modelo mental, em termos de presença de <i>tokens</i> corretos, parcialmente corretos (e subclassificações) ou incorretos, nas questões 2 (a, b, c, d) do formulário 2
1	O token a) esteve ausente, assim como para todos os alunos. O restante dos <i>tokens</i> se mostraram incorretos ou ausentes.	O token a) esteve ausente, e os demais <i>tokens</i> se mostraram corretos.	Concepção parcialmente coerente do tipo “quase coerente” , onde se necessitaria de apenas mais 1 <i>token</i> para se tornar coerente.
2	O token b) é correto. O restante dos <i>tokens</i> se mostraram incorretos ou ausentes.		
3	Os tokens b) e c) estiveram corretos. O restante dos <i>tokens</i> se mostraram incorretos ou ausentes.	O token a) se mostrou correto, assim como os tokens b), c) e e). Apenas o token d) esteve ausente.	
4	Os tokens c) e f) estiveram corretos. O restante dos <i>tokens</i> se mostraram incorretos ou ausentes.	O token a) esteve ausente, e os demais <i>tokens</i> se mostraram corretos	
5	Os tokens c) e e) estiveram corretos. O restante dos <i>tokens</i> se mostraram incorretos ou ausentes.	O token a) se mostrou correto em partes, pois existe uma esfera de solvatação ao redor da molécula de HCl e não de seus íons. O token d) esteve incorreto, e os demais <i>tokens</i> se mostraram corretos.	Parece ser uma concepção que transita de uma concepção parcialmente coerente “em desenvolvimento” (3 <i>tokens</i> corretos, 1 parcialmente correto e 1 incorreto), para uma concepção parcialmente coerente do tipo “quase coerente” , caso o token parcialmente correto se tornasse totalmente correto, acarretando na ausência de apenas um dos <i>tokens</i> necessários.
6	O token f) se mostrou parcialmente correto, pois se ilustrou apenas movimentação dos íons, sem indicação de interações íon-eletródo. O restante dos <i>tokens</i> se mostraram incorretos ou ausentes.	Todos os <i>tokens</i> se mostraram corretos.	Concepção coerente (todos os <i>tokens</i> corretos)
7	Os tokens c), e) e f) estiveram corretos. O restante dos <i>tokens</i> se mostraram incorretos ou ausentes.	O token a) é ausente, e o token c) é incorreto, pois a ligação covalente H-Cl ainda persiste para a maior parte das moléculas de ácido em meio aquoso. O restante dos <i>tokens</i> estão corretos.	Concepção parcialmente coerente do tipo “em desenvolvimento” , pois 3 dos 5 <i>tokens</i> estão presentes.
8	Todos os <i>tokens</i> se mostraram incorretos ou ausentes	O token a) é ausente, e o token b) é incorreto pois surge o termo “dissociação” para explicar o surgimento de íons a partir do HCl (composto molecular de ligações covalentes). O restante dos <i>tokens</i> estão corretos.	
		O token a) é ausente, e o token c) é incorreto, pois a ligação covalente	

9		H-Cl ainda persiste para a maior parte das moléculas de ácido em meio aquoso. O restante dos <i>tokens</i> estão corretos.	
10 e 11	Ausência de respostas		Ausente.

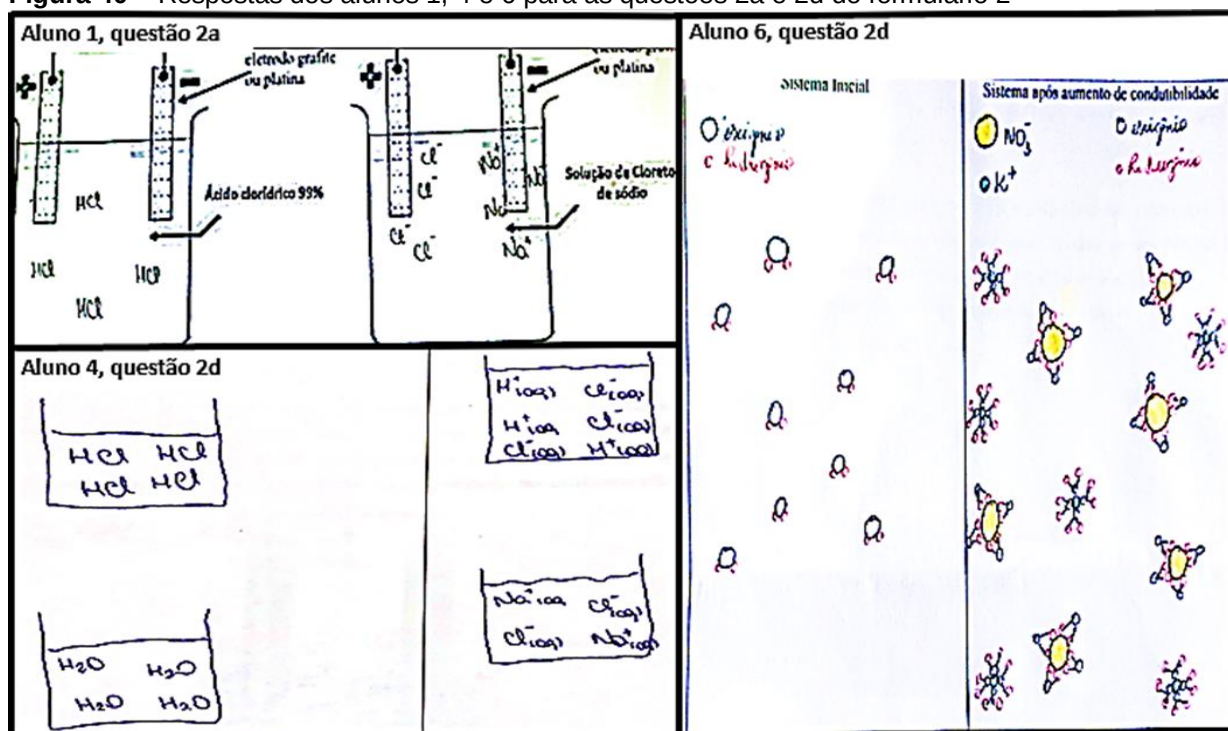
Fonte: dados da pesquisa.

Quanto aos *tokens* de “interação íon-eletrodo para o sistema aquoso de NaCl”, “não existência de íons no HCl puro e/ou água pura” e “presença de íons para condução de corrente elétrica”, optou-se pela análise conjunta dos três *tokens*, já que os mesmos são interdependentes, ou seja, a presença ou ausência de íons ou o aumento da condutividade de amostras de H₂O ou HCl puros, ocasionado pelo surgimento de íons, conseqüentemente repercutem em interações íon-eletrodo. Para isso, foram analisadas as respostas para as questões 2a (que trazia informações sobre migrações dos íons em direção aos eletrodos), 2b, 2c e 2d (Quadro 10).

Parte dos participantes (alunos 1, 2, 4, 6 e 8) demonstraram respostas corretas sobre tais *tokens*, pois ilustraram que as moléculas de HCl (e de água destilada) em estado puro, não se apresentam ionizadas, ao passo que os íons Na⁺ e Cl⁻ em meio aquoso e na presença de eletrodos, migram em direção aos eletrodos de carga oposta, assim como evidenciaram que a corrente elétrica apenas pode passar através de uma solução com eletrodos, caso esta possua íons dissolvidos.

Os outros alunos demonstraram em suas representações a presença de ao menos dois dos três *tokens* elencados acima (*tokens* “c”, “d” e “e” no Quadro 10), de forma que o *token* “presença de íons para condução de corrente elétrica” esteve presente nas respostas de todos os alunos que responderam tais questões. A seguir, pela Figura 40, pode-se perceber que o aluno 1 ilustrou a não formação de íons pelo HCl puro, ao passo que em uma solução aquosa de NaCl, há migração de íons em direção aos eletrodos de carga oposta, como também é visto na resposta do aluno 6 (Figura 38).

Figura 40 – Respostas dos alunos 1, 4 e 6 para as questões 2a e 2d do formulário 2



Fonte: dados da pesquisa.

Quanto às questões 2b e 2c, os alunos supracitados (estudantes 1, 2, 4, 6 e 8) comentaram que o ácido clorídrico em estado puro não conduz eletricidade, devido a não ocorrência de sua ionização, não existindo íons em solução. E para aumentar a condutividade da água pura e do HCl puro, os estudantes sugeriram a mistura do HCl com a própria água e a adição de sais na água:

Aluno 4 (Resposta escrita ao formulário II): HCl: dissolver o ácido em água; H₂O: adicionar alguma impureza, como, por exemplo, cloreto de sódio
 Aluno 8 (Resposta escrita ao formulário II): Para aumentar a condutividade do HCl puro é necessário que o misture com a água, para ocorrer dissociação e a formação de íons. Já a água é preciso colocar um sal, um ácido ou uma base, para que se tenha íons nela.

Percebeu-se que alguns alunos, a exemplo do aluno 8, utilizam o termo “dissociação” para explicar o surgimento de íons a partir do HCl. Esse tipo de dificuldade também foi perceptível quando se analisou o questionário inicial (Quadro 2), pois especificamente em relação ao *token* “natureza das ligações envolvidas no MgO₂” analisado no questionário inicial, observou-se que os alunos atribuíam natureza molecular a este composto (MgO₂), que é iônico. O mesmo tipo de concepção errônea surge ao se pensar no HCl como um composto iônico, e não molecular. Isto consiste em um indício de falhas nos sistemas atuais de ensino de

Química, pois tanto alunos do ensino básico quanto superior podem apresentar concepções duvidosas sobre como se diferenciam os compostos iônicos e covalentes, em termos de suas ligações e interações submicroscópicas, assim como de sua simples nomenclatura e imagem mental que se tem dos compostos.

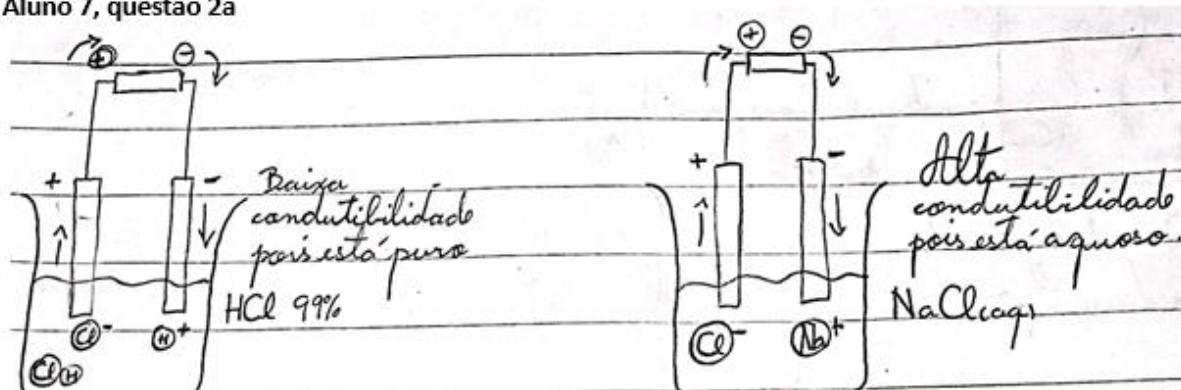
Isto, entretanto, foi posteriormente discutido com os participantes, pois explicou-se que o termo “dissociação” se aplica quando já existem íons presentes em um composto iônico (como um sal ou o NaOH), ao passo que ao se referir aos ácidos, ocorre a quebra de uma ligação covalente, ou seja, sua ionização. Em tais explicações, empregaram-se ferramentas imagéticas, como animações e simulações, pois acredita-se que tais recursos, ao contrário da simples transmissão textual, permitem explicar detalhes atômico-moleculares do sistema, de forma mais reflexiva e crítica.

O aluno 6, conforme a Figura 40, ilustrou as moléculas de água inicialmente em um estado puro, e posteriormente as mesmas moléculas foram ilustradas após um aumento de condutividade. Percebeu-se que ocorreu a inserção de íons K^+ e NO_3^- (nitrato), que sofrem o processo de solvatação, pois as moléculas de água formam uma esfera de hidratação ao redor de cada íon. O único *token* não presente nas respostas dos alunos 3 e 5 corresponde a demonstração de interações elétricas entre os íons e os eletrodos, pois conforme as Figuras 37 e 39, os alunos se atentaram para a representação das interações entre íons e as moléculas de H_2O , sem ilustrar movimentações dos íons em direção aos polos do sistema. No entanto, os *tokens* de “não existência de íons no HCl puro e/ou água pura” e “presença de íons para condução de corrente elétrica”, foram representados pelos alunos de forma correta.

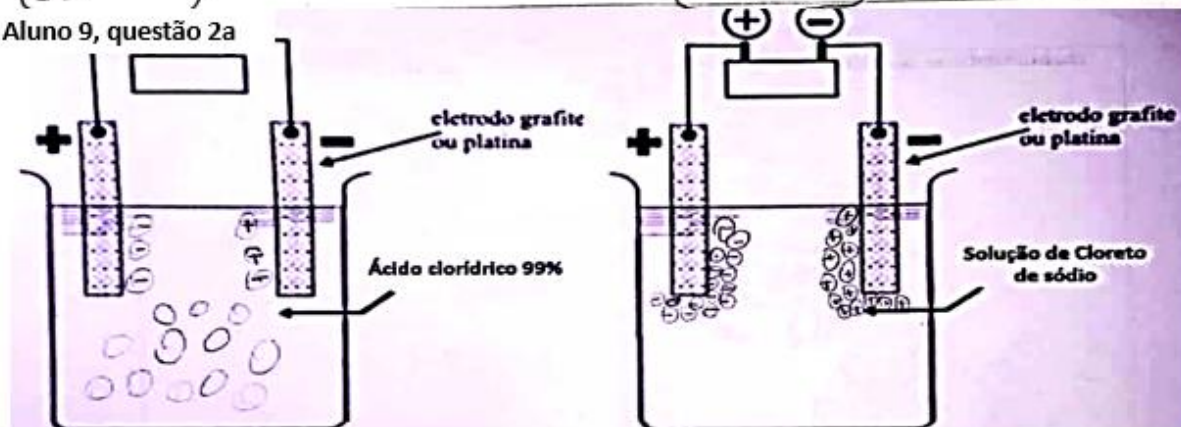
Apenas um dos *tokens* se mostrou incorreto para os alunos 7 e 9, já que os mesmos pensam existir íons H^+ e Cl^- no sistema, mesmo quando o HCl está em seu estado puro, ou seja, na ausência de quantidade significativa de moléculas de água (Figura 41). No estado puro, entretanto, a ligação covalente H-Cl ainda persiste para a maior parte das moléculas de ácido, de forma que a condução de eletricidade se torna inviável. Tal condução elétrica ainda é demonstrada pelo aluno 7, que representa a movimentação de elétrons no circuito externo.

Figura 41 – Respostas dos alunos 7 e 9 para a questão 2a do formulário 2

Aluno 7, questão 2a



Aluno 9, questão 2a



Fonte: dados da pesquisa.

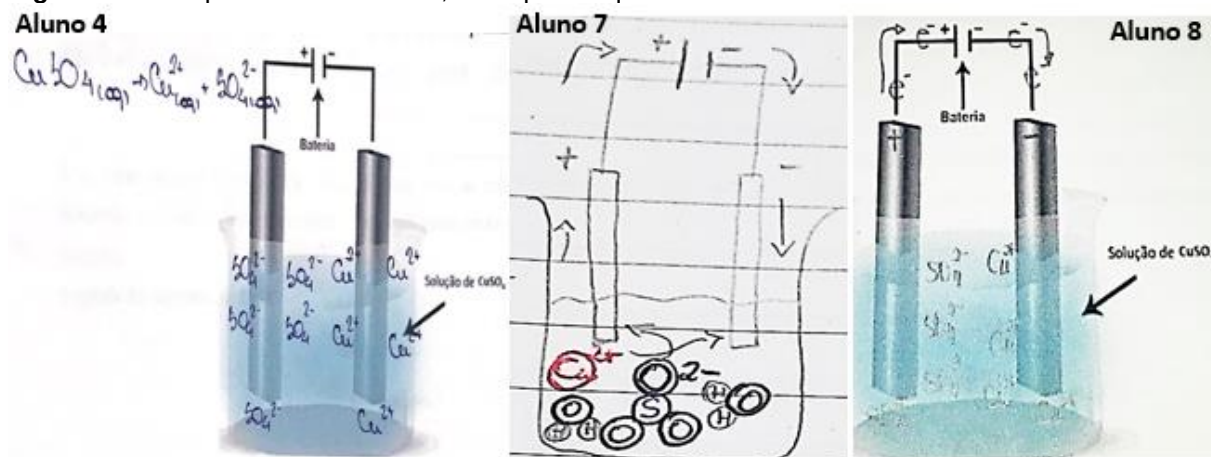
Da mesma forma, o aluno 9 apresenta uma separação de cargas no sistema contendo HCl puro, onde os íons carregados negativamente são atraídos para o polo positivo e vice-versa. É necessário considerar, entretanto, que os *tokens* de “interação íon-eletródo para o sistema aquoso de NaCl” e de “presença de íons para condução de corrente elétrica” foram demonstrados de maneira correta pelos alunos 7 e 9. A questão 2 (a, b, c, d) apenas não foi respondida pelos alunos 10 e 11, e a questão 3 (b, e) apenas não foi respondida pelos alunos 3, 10 e 11; entretanto, tais alunos tiveram participação em outros momentos da pesquisa.

Para o tratamento de dados, também se analisaram as questões 3b e 3e. A questão 3b dizia o seguinte: “3. b) Suponha que dois eletrodos e uma bateria de 12 V sejam conectados a esta solução de CuSO_4 (sulfato de cobre), a ponto de se formar um circuito e se estabelecer uma diferença de potencial elétrica. Desenhe a seguir como os íons e elétrons se comportariam”. A questão 3e, todavia, considerava as soluções de NaCl e KCl, e perguntava se existia diferença de condutividade entre as duas soluções. A existência ou não de diferença de condutividade deveria ser demonstrada por meio de desenhos.

Os *tokens* analisados para a questão 3b se associavam com: 1. A movimentação dos íons na solução, conforme a interação íon-eletrodo, e 2. O movimento dos elétrons no circuito externo. Para a questão 3e, analisou-se o *token* de formação de camadas de solvatação ao redor dos íons, de forma que tal *token* pudesse ser comparado com os dados derivados do questionário inicial. A diferença de condutividade entre os íons Na^+ e K^+ poderia ser demonstrada a partir de desenhos do número (variável) de moléculas de água na camada de solvatação ao redor dos diferentes íons; entretanto, considerou-se apenas a análise do *token* da presença camada de solvatação e das interações íon-molécula associadas.

Pela análise da questão 3b, pôde-se constatar que todos os alunos apresentaram de forma correta o *token* de interação e movimentação dos íons em direção aos eletrodos de carga oposta. No entanto, o *token* associado a movimentação de elétrons no circuito externo apenas esteve presente nas respostas dos alunos 7 e 8. Quanto a movimentação de íons na solução aquosa, os alunos ilustraram os íons SO_4^{2-} próximos ao eletrodo positivo, e os íons Cu^{2+} próximos ao eletrodo negativo a exemplo do que pode ser observado na Figura 42 para os alunos 4 e 8.

Figura 42 – Respostas dos alunos 4, 7 e 8 para a questão 3b do formulário 2



Fonte: dados da pesquisa.

As representações feitas pelos alunos na questão 3b, se assemelham ao que Kern et al. (2010) obtiveram em sua pesquisa, pois tais autores observaram que os estudantes tendem a desenhar as espécies químicas, na forma de partículas ou de seus símbolos químicos (" SO_4^{2-} ", " Cu^{2+} "), de forma estática e contínua, ou seja, sem evidenciar movimentações das espécies iônicas ou descontinuidades ao longo do

sistema, como por meio de maiores concentrações em certa região do que em outra. Reafirma-se que conforme Norman (1983), é impossível se desenvolver um modelo mental com domínio infinito de todos os *tokens*, assim como é impossível aos sujeitos obterem modelos mentais absolutamente exatos sobre fenômenos em sua dinâmica submicroscópica, uma vez que diversos movimentos de espécies químicas, interações e reações tendem a ocorrer simultaneamente.

Apenas o aluno 7 representou flechas ilustrativas de alguma movimentação dos íons cobre (II) em relação ao eletrodo negativo, e dos íons sulfato em relação ao eletrodo positivo. O restante dos alunos apresentou tais íons diretamente próximos e uniformemente distribuídos ao redor de seus eletrodos de carga oposta. Com relação a concepção dos alunos sobre como os elétrons se movem no sistema, ao longo das explicações e diálogos realizados no encontro presencial, notou-se que os estudantes a princípio pensavam que os elétrons também se movimentavam na solução aquosa ou na ponte salina da pilha de Daniell. Por exemplo, descreve-se um trecho obtido de falas registradas em diário de campo:

Pesquisadora: Na solução aquosa, a movimentação que acontece..., o que é que vocês acham? É uma movimentação só de íons, ou tem elétrons se movimentando aqui pela água também? O que é que vocês acham?

Aluno 4 e 6 e 8: Os elétrons também se movimentam aí (na água).

Pesquisadora: Então, para vocês também tem elétrons se movimentando aqui pela água? Sim?

Alunos: Sim, acho que sim.

Tal percepção incorreta sobre a movimentação dos elétrons também é comentada por Supasorn (2015), pois tal autor obteve dados que corroboram com a existência de tal ponto de vista por parte dos alunos. Foi explicado aos estudantes posteriormente, que na solução aquosa ocorre uma movimentação de íons, e que no circuito externo formado pelos eletrodos e fios metálicos por exemplo, se dá a movimentação dos elétrons. As ilustrações dos alunos 7 e 8 para a movimentação dos elétrons no circuito externo estão corretas, uma vez os elétrons presentes no polo positivo (ânodo) se locomovem em direção ao polo negativo (cátodo) (Figura 42). Uma visão detalhada da análise comparativa entre os *tokens* dos modelos mentais do questionário inicial e das questões 3d e 3e do formulário 2, está presente no Quadro 11 a seguir, em que também há categorização dos modelos mentais expressos nas questões 3b e 3e do formulário 2.

Quadro 11 – Comparação entre os *tokens* demonstrados no questionário inicial e no formulário 2 e categorização dos modelos mentais demonstrados na questão 3 (b, e) do formulário 2

Categorização dos modelos mentais demonstrados na questão 3 (b, e) do formulário 2			
Alunos	Tokens das questões 1, 3, 4 e 5 do questionário inicial	Tokens da questão 3b e 3e do formulário 2 e categorização dos modelos mentais	
	a). solvatação dos íons; b). natureza das ligações iônicas envolvidas no MgO ₂ ; c). reconhecimento dos eletrólitos pela presença de íons; d). interação íon-eletródo; e). não existência de íons no HCl puro e/ou água pura; f). movimentação de e ⁻ no circuito externo e de íons em meio aquoso	a). Formação de camadas de solvatação ao redor dos íons (questão 3e) f). Movimentação dos íons na solução, conforme a interação íon-eletródo, e movimento dos elétrons no circuito externo (questão 3b).	Categorização do modelo mental, em termos de presença de tokens corretos, parcialmente corretos (e subclassificações) ou incorretos, nas questões 3 (b, e) do formulário 2
1	O token a) esteve ausente, assim como para todos os alunos. O restante dos tokens se mostraram incorretos ou ausentes.	O token a) se mostrou correto. O token f) esteve parcialmente correto, pois se representa a interação e movimentação apenas dos íons.	O modelo mental se encontra no limiar entre concepção parcialmente coerente "quase coerente" e concepção coerente , pois apenas um dos tokens é parcialmente correto, e o outro é correto.
2	O token b) é correto. O restante dos tokens se mostraram incorretos ou ausentes.		
3	Os token b) e c) estiveram corretos. O restante dos tokens se mostraram incorretos ou ausentes.	O token f) esteve parcialmente correto, pois se representa a interação e movimentação apenas dos íons. O token a) se mostrou ausente.	O modelo mental se encontra no limiar entre concepção incoerente (ausência de tokens) e concepção parcialmente coerente "simplista" , pois o único token presente é parcialmente correto.
4	Os tokens c) e f) estiveram corretos. O restante dos tokens se mostraram incorretos ou ausentes.	O token f) esteve parcialmente correto, pois se representa a interação e movimentação apenas dos íons. O token a) se mostrou correto.	O modelo mental se encontra no limiar entre concepção parcialmente coerente "quase coerente" e concepção coerente , pois apenas um dos tokens é parcialmente correto, e o outro é correto.
5	Os tokens c) e e) estiveram corretos. O restante dos tokens se mostraram incorretos ou ausentes.		
6	O token f) se mostrou parcialmente correto, pois se ilustrou apenas movimentação dos íons, sem indicação de interações íon-eletródo. O restante dos tokens se mostraram incorretos ou ausentes.		
7	Os tokens c), e) e f) estiveram corretos. O restante dos tokens se mostraram incorretos ou ausentes.	Todos os tokens se mostram corretos.	Concepção coerente .
8	Todos os tokens se mostraram incorretos ou ausentes		
9		O token f) esteve parcialmente correto, pois se representa a interação e movimentação apenas dos íons. O token a) se mostrou correto.	O modelo mental se encontra no limiar entre concepção parcialmente coerente "quase coerente" e concepção coerente , pois apenas um dos tokens é parcialmente correto, e o outro é correto.
10 e 11	Não houve resposta.		Ausente

Fonte: dados da pesquisa.

Quanto às subcategorias de concepções parcialmente coerentes, no caso da análise das questões 3b e 3e do Formulário 2, apenas dois *tokens* estavam presentes,

e por isso em ocasiões em que um se mostrava correto e o outro parcialmente correto, optou-se por dizer que ocorreu uma transição (ou estado transitório de modelo mental) de uma concepção "quase coerente" para uma concepção "coerente", pois apenas um dos *tokens* era parcialmente correto, e o outro era correto. Nesse sentido, também poder-se-ia dizer que haveria um estado transitório de modelo mental, em que há migração de uma concepção parcialmente coerente do tipo "simplista" (1 *token*) para uma concepção parcialmente coerente "em desenvolvimento" (2 *tokens* estariam presentes caso o *token* parcialmente correto se tornasse totalmente correto). Entretanto, como nessa situação analisou-se um modelo mental com 2 *tokens* ("a", "f" do Quadro 11) optou-se pela forma de subcategorização inicial, por julgá-la mais adequada.

Também se considerou que "separar" o token f) "movimentação dos íons na solução, conforme a internação íon-eletrodo, e movimento dos elétrons no circuito externo" em dois *tokens* isolados, cada qual representativo da movimentação de íons ou elétrons, não seria adequado na análise, visto que a movimentação de elétrons e de íons são processos complementares ou interdependentes, o que permitiu julgar a primeira forma de subcategorização (consideração de 2 *tokens* e ocorrência de transição de concepção "quase coerente" para uma concepção "coerente") como mais adequada.

Durante o encontro presencial feito com os alunos, ocorreram também explicações sobre as diferenças de condutividade dos íons, conforme sua densidade de carga, volume e formação de camada de solvatação quando em solução. Tratou-se de uma discussão que raramente está presente no ensino básico: Quanto menor o íon (como lítio ou o sódio), maior a sua densidade de carga, ou seja, ao se comparar com o íon potássio (de maior volume e mesma carga = +1), há uma maior concentração de carga em um menor volume. Uma maior densidade de carga acarreta em uma camada de solvatação com maior número de moléculas de água. Quando tal íon, como o Na^+ , que possui uma grande camada de solvatação, está em meio a um campo elétrico, este possui maior dificuldade de se locomover em comparação com o íon K^+ (de menor camada de solvatação). A menor mobilidade do íon acarreta, consequentemente, em uma diminuição da condutividade. Retrata-se a seguir, falas evidenciadas no diário de campo:

Pesquisadora: A gente já viu o que é que acontece quanto a questão do tamanho do íon, não é? O íon, quando ele é um pouquinho maior, e quando tem uma camada de solvatação menor ali, ele consegue se movimentar melhor. Então qual que consegue conduzir melhor, o Na^+ ou K^+ ? se a concentração, a carga e a natureza do íon influenciam?

Alunos: Potássio

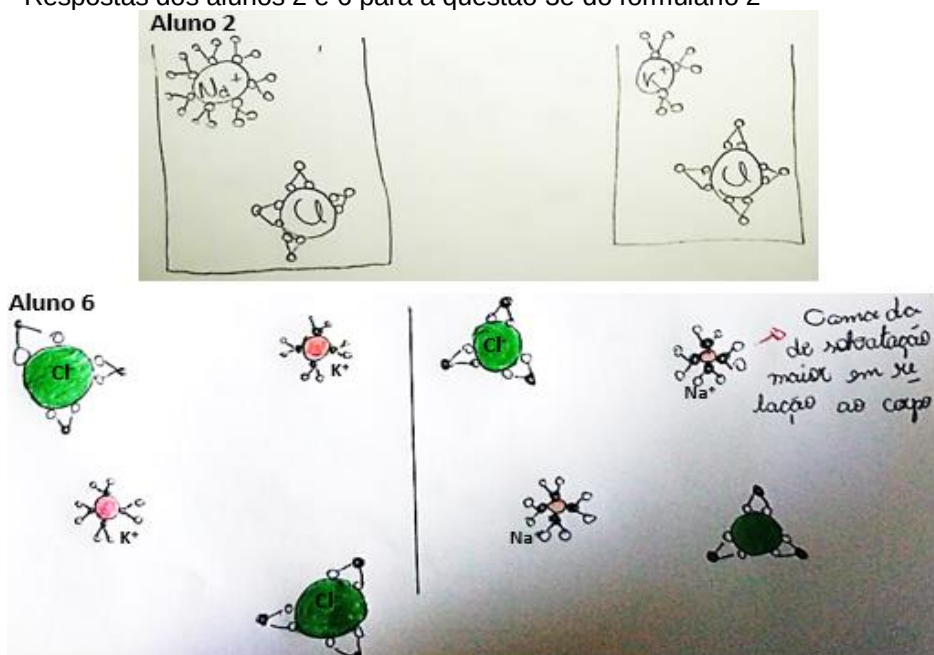
Pesquisadora: Por que?

Alunos 1, 4 e 8: Por causa da camada de solvatação. [...].

Pesquisadora: Tá certo. Por que a camada de solvatação dele é menorzinha.

Os alunos demonstraram compreender tal fenômeno químico durante as discussões, de forma que todos, com exceção dos alunos 3, 10 e 11 (que não responderam), apresentaram *tokens* relativos à formação da camada de solvatação pelos íons K^+ e Na^+ , assim como alguns também evidenciaram diferenças nas camadas de solvatação destes íons, a exemplo dos desenhos dos alunos 2 e 6 conforme a Figura 43. Mesmo que o aluno 6 tenha representado o mesmo número de moléculas de água nas camadas de solvatação do Na^+ e K^+ , este ilustrou uma maior resistência ao movimento por parte do íon Na^+ , devido ao seu menor volume. Dessa maneira, mesmo que muitos dos alunos não ilustraram a camada de solvatação nas questões 2a e 2d, todos (com exceção dos alunos 3, 10 e 11) passaram a apresentar tal *token* na questão 3e. Além disso, também representaram adequadamente a interação entre os cátions e o dipolo negativo das moléculas de água, assim como a interação entre os ânions (Cl^-) e o dipolo positivo das moléculas de água.

Figura 43 – Respostas dos alunos 2 e 6 para a questão 3e do formulário 2



Fonte: dados da pesquisa.

Nesse sentido, em relação ao *token* da camada de solvatação analisado neste formulário, oito estudantes (alunos 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8 e 9) demonstraram tal *token* de forma correta, já que o representaram de forma totalmente correta ao menos na questão 3b. O aluno 6 apresentou um *token* totalmente correto sobre a camada de solvatação, já que o apresentou de forma totalmente correta nas questões 2a, 2d e 3e. Em comparação com os dados obtidos por meio do questionário inicial (Quadro 10), percebeu-se um avanço em relação ao *token* representativo da camada de solvatação, já que anteriormente no questionário, não havia sido obtida nenhuma representação do fenômeno de solvatação.

Quanto ao *token* de interação íon-eletrodo, este se mostrou correto para os alunos 1, 2, 4, 6, 7, 8 e 9, pois os mesmos evidenciaram a ideia de interação entre íons e eletrodos de carga oposta nas questões 3a e 3b. Tal *token* se mostrou correto para o aluno 5, que o representou apenas na questão 3b, e os alunos 3, 10 e 11 não demonstraram tal *token*.

Se realizou uma comparação com o questionário inicial, o que se pode verificar pelo Quadro 11. Percebeu-se que os *tokens* representativos da interação íon-eletrodo, da movimentação iônica, da ideia de que moléculas neutras não conduzem corrente elétrica, da necessidade de ionização ou aumento da concentração e locomoção dos íons para que haja condutividade, passaram a estar presente nos modelos mentais dos alunos.

Conforme Rodrigues (2021), a representação da solvatação iônica raramente é ilustrada pelos alunos, devido à complexidade do sistema e ao grande número de fenômenos e movimentações que ocorrem nos sistemas eletroquímicos, o que torna tais sistemas complexos e de difícil compreensão. Entretanto, a autora comenta que diálogos ativos e a proposta de dinâmicas com materiais imagéticos demonstrativos dos fenômenos atômico-moleculares auxiliam a compreensão dos sistemas eletroquímicos. Nesse sentido, acredita-se que a utilização de discussões, atividades anteriores e durante os encontros coletivos, além de vídeos, animações e questões para reflexão apresentadas a partir do jogo *Kahoot!*, possam ter auxiliado no entendimento de detalhes dos fenômenos eletroquímicos.

É igualmente necessário mencionar que obter uma visão ou uma representação exata de átomos, moléculas ou partículas subatômicas é impossível para qualquer ser humano, pois o que se tem atualmente são modelos científicos, dados matemáticos e

construções visuais que nos auxiliam a compreender tal mundo abstrato e invisível. O propósito desta pesquisa não foi fazer com que os estudantes desenvolvessem modelos altamente avançados ou que se igualassem às teorias quânticas, mas que se aproximassem em termos de coerência, com os modelos científicos ensinados no ensino básico e nos anos iniciais do curso de licenciatura.

4.2.2.1 Comparativos entre questionário inicial (situação anterior) e formulário 2

Anteriormente, existiam respostas nulas e incorretas relativas à movimentação iônica, ao papel da inserção dos eletrodos em uma solução, e à necessidade de íons (e não de moléculas neutras) para que houvesse condutividade (Quadros 10 e 11). A exemplo dos alunos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9, passaram a existir *tokens* mais adequados para descrever os fenômenos eletroquímicos, e mesmo que tais estudantes anteriormente pensassem existir uma movimentação de elétrons em solução aquosa, algo que se concluiu a partir das discussões realizadas no encontro e das respostas ao questionário inicial, acredita-se que houve a construção de modelos mentais que consideram a movimentação de íons em meio aquoso, e de elétrons apenas no circuito externo. O desenvolvimento do *token* sobre a movimentação de elétrons, se tornou perceptível, entretanto, para os alunos 7 e 8.

É necessário também considerar que as figuras inseridas ao longo dessa discussão de tratamento de dados sobre substâncias eletrolíticas, representam ilustrações e desenhos que conforme Lajium (2013), correspondem a representações de modelo particulado, em que os íons e elementos constituintes das moléculas são desenhados a partir de esferas de diferentes tamanhos. Neste modelo particulado, os alunos representam possíveis ligações, interações ou “quebra” de interações entre as partículas (íons, átomos), assim como podem expressar ideias associadas ao reagrupamento de átomos. Além disso, Johnson (2002) discute que em tais modelos podem haver indícios de atrações entre as espécies químicas. Segundo Lajium (2013), o modelo particulado é comumente representado pelos alunos da graduação ou pós-graduação, e são mais avançados em relação aos modelos que contém apenas aspectos simbólicos (letras, códigos), a exemplo dos modelos expressos no questionário inicial, que continham mais informações escritas.

4.2.3 Análise de tokens demonstrados no formulário sobre reações ácido-base, de precipitação e oxirredução

Neste momento da pesquisa, os alunos primeiramente tiveram contato com os conceitos básicos de ácido-base, precipitação e reações de oxirredução através de um roteiro de estudos que a eles foi enviado por meio do *Google classroom*, igualmente ao que se passou nos outros momentos. Posteriormente, realizou-se um encontro presencial para realização de explicações mais aprofundadas, e realização de discussões e atividades. Percebeu-se que o nível de envolvimento e interação dos alunos também aumentou novamente em relação ao encontro anterior, pois ao se realizar perguntas aos envolvidos durante as explicações, um maior número de respostas surgiu. É possível considerar também que o grau de interação obtido seja decorrente do fato de que, tal minicurso a partir do momento que foi ofertado aos licenciandos, já captou a atenção dos estudantes mais interessados na abordagem do minicurso.

Por exemplo, ao se perguntar sobre os tipos de reações químicas existentes e alguns aspectos das reações de precipitação, os alunos citaram quais tipos de reações se recordavam. Também demonstravam saber que durante a precipitação, não há solvatação dos íons do precipitado, conforme falas presentes em dados do diário de campo:

Pesquisadora: Além do tipo de reação chamada de “adição”, em que dois compostos reagem para formar um novo composto, vocês lembram de outros tipos de reação? Por que tem outros tipos também...

Aluno 8: Tem de dupla troca...

Aluno 4: Simples troca...

Alunos 1 e 4: decomposição

Aluno 1: E a... síntese e deslocamento.

Pesquisadora: Isso mesmo, e é isso que a gente vai ver. Outra pergunta é o que é que acontece com os íons de uma solução ao longo de uma reação química de precipitação. Então, quando nós temos uma solução que é misturada com outra, nós temos a formação de um precipitado lá embaixo do frasco. Será que nesse precipitado, os íons estarão solvatados?

Alunos: Não.

Se discorreu sobre os tipos de reações existentes, conforme o grau de familiaridade dos alunos recém ingressantes no primeiro semestre do curso. Portanto, considerou-se as reações de simples troca, dupla troca, adição e decomposição, conforme uma terminologia ainda presente em livros didáticos relativamente recentes e que se acredita ser de mais fácil compreensão pelos alunos, em comparação com outras terminologias e reações de explicação mais complexas.

Foram explicados pela pesquisadora os conceitos básicos vinculados às reações de neutralização ácido-base, já que estas podem ser associadas ao tipo de reação conhecida como dupla troca, assim como algumas reações de precipitação abordadas. Um exemplo de reação de precipitação discutida foi a que ocorre entre iodeto de potássio (KI) e nitrato de chumbo ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$), em que o precipitado PbI_2 formado é de coloração amarelo brilhante. Tal reação também estava presente no roteiro de estudos, e ocorreu a visualização da mesma a partir de um vídeo curto que apresentava seus detalhes em nível atômico-molecular (<https://www.youtube.com/watch?v=ERkyJuEWLBc>). Ao associar os conceitos e a aparência da reação com o que estavam já estudando nas disciplinas semestrais, os alunos demonstraram empolgação e interesse, conforme exemplo de comentários retirados do diário de campo:

Pesquisadora: Nessa reação entre iodeto de potássio e nitrato de chumbo, se forma o iodeto de chumbo, que é um precipitado amarelo dourado. As pessoas dizem que se forma algo parecido com uma chuva dourada. Até parece ouro, mas não é! São cristais de iodeto de chumbo

Aluno 4 e 8: Triste!

Pesquisadora: Triste neh pessoal! Aí todo mundo ia ficar rico, não é verdade?!

Aluno 4: Sim. Então, o professor também falou dessa reação, mas ele falou assim: Olha não vou falar agora o que é esse composto! Para deixar para fazer na aula neh? [experimental], para ser surpresa. Mas você falou e a outra professora também!

Aluno 1 e 8: Vão ficar chocados que a gente já está vendo isso!

Alunos: Risos e conversa.

O conceito de ácidos e bases também foi associado a fenômenos cotidianos, a exemplo da reação entre o ácido clorídrico estomacal e o leite de magnésia ($\text{Mg}(\text{OH})_2$), ou das reações entre o ácido da chuva e as estruturas de calcário. Houve também explicações acerca das reações de oxirredução, agentes oxidante e redutor, e diferença de reação entre metais, em que algumas das reações com íons metálicos apresentadas (como $\text{Mg}_{(s)} + 2 \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{MgCl}_{2(aq)} + \text{H}_{2(g)}$) se mostraram exemplos de reações de deslocamento. Vídeos e animações das reações químicas, a exemplo dos sugeridos no roteiro (Apêndice F) foram utilizadas para auxiliar nas explicações sobre as interações entre íons, átomos e moléculas.

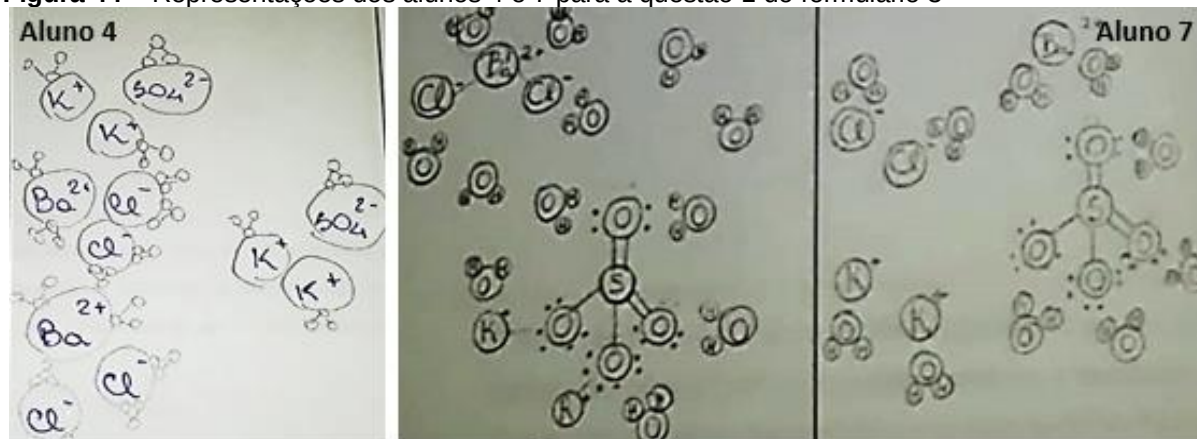
Houve grande participação ativa dos alunos principalmente durante a realização de um *quizz* com a plataforma *Kahoot!*. Para a primeira questão do jogo (Apêndice H), que expressava a reação entre nitrato de prata e cloreto de sódio, os três grupos formados apresentaram a resposta satisfatória, ou seja, de que tal reação

pode ser classificada como reação de dupla troca. Para as duas outras questões, houve respostas incorretas por parte de pelo menos um grupo. Entretanto, os grupos passaram a discutir entre si e descobrir por si só o porquê de sua resposta estar certa ou errada.

Após o encontro, os participantes responderam ao formulário 3 sobre tipos de reações químicas, as quais envolviam principalmente reações de precipitação, ácido-base e precipitação. As questões 1, 2 e 3(c, d) de tal formulário foram analisadas, pois tais questões eram abrangentes e continham em suas respostas ilustrações e esquemas representativos do modo de pensar dos alunos. A questão 1 consistia no seguinte: *“Ao se misturar uma solução de cloreto de bário ($BaCl_2$) em uma solução de sulfato de potássio (K_2SO_4), ocorre a formação de um precipitado branco e turvo de sulfato de bário ($BaSO_4$). Desenhe abaixo, como você imagina que os íons e moléculas se comportam antes, durante e posteriormente a reação de formação do precipitado”*. Para tal questão, os seguintes *tokens* foram analisados: 1. Dissociação iônica do cloreto de bário e sulfato de potássio em meio aquoso, com representação de sua solvatação; 2. Interações iônicas entre os íons bário (Ba^{2+}) e sulfato (SO_4^{2-}), e 3. Representação dos íons no precipitado formado, com interações entre seus íons e sem solvatação de sua estrutura.

Para o primeiro *token* associado à dissolução dos compostos iônicos, a maioria dos alunos apresentou ilustrações nas quais representaram de forma correta a formação de íons e de interações entre tais íons e as moléculas de água. As respostas categorizadas como corretas foram desenvolvidas pelos alunos 2, 4, 5, 6, 7 e 8. Tais alunos demonstraram aspectos da solvatação iônica em seus desenhos, a exemplo das respostas dos alunos 4, 7 e 8 (Figura 44). Pôde-se perceber que tais alunos retrataram que o cloreto de bário e o sulfato de potássio inicialmente se misturaram em meio aquoso, e sofreram dissociação de seus íons, acarretando em sua solubilização. Os ânions sofreram interação com os dipolos positivos das moléculas de água (centrados no átomo de H), e os cátions interagiram com os dipolos negativos centrados no átomo de oxigênio.

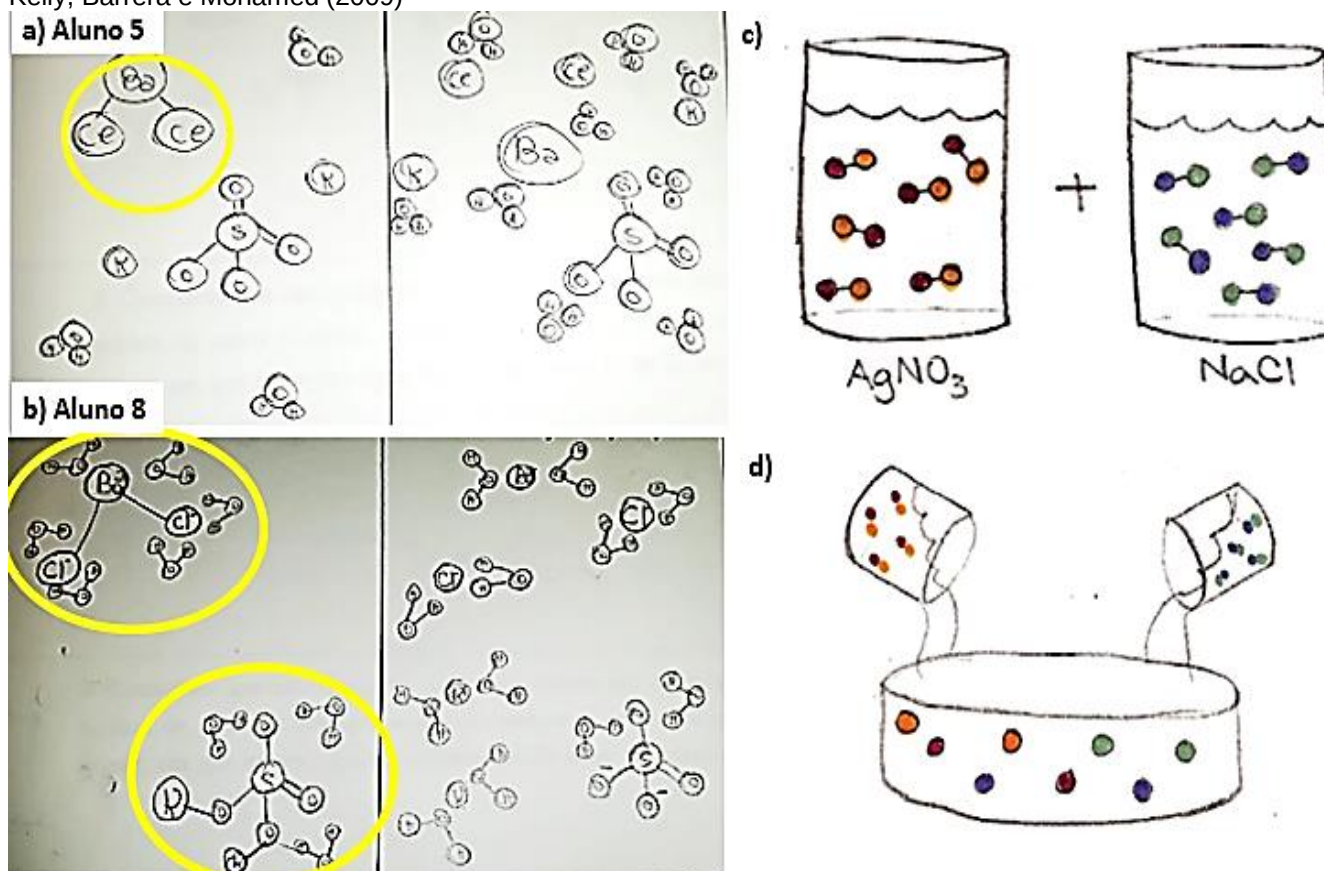
Figura 44 – Representações dos alunos 4 e 7 para a questão 1 do formulário 3



Fonte: dados da pesquisa.

Os alunos 5 e 8, apesar de terem representado a dissociação e solvatação dos íons, em alguns momentos conferiram natureza molecular aos compostos $BaCl_2$ e K_2SO_4 , conforme destacado em amarelo na Figura 45, já que pareciam indicar ligações covalentes entre os íons, para os quais o aluno 5 erroneamente não ilustra carga iônica. No desenho do aluno 8, percebeu-se que este representa ligações covalentes entre os íons K^+ e o ânion SO_4^{2-} . Este tipo de dificuldade em distinguir compostos iônicos e moleculares em seu nível submicroscópico, estava presente no questionário inicial (Quadro 2), e parece persistir até este momento. Concepções semelhantes foram obtidas por Kelly, Barrera e Mohamed (2009) (Figura 45c) e Redhana et al. (2020) (Figura 45d), pois tais autores observam que os alunos tendem a atribuir características moleculares aos compostos iônicos, já que os desenharam a partir de ligações covalentes que “unem” os íons (Figura 45c), para posteriormente ilustrar uma separação entre eles (Figura 45d).

Figura 45 – Representações dos alunos 5 e 8 para a questão 1 e comparação com os resultados de Kelly, Barrera e Mohamed (2009)



Fonte: a) e b) dados da pesquisa; e c) e d) Kelly, Barrera e Mohamed (2009, p. 115).

As dificuldades dos alunos em desenhar e distinguir ligações iônicas das ligações covalentes deriva do fato de não se conseguir modelizar ou imaginar os processos químicos em escala atômica ou iônica, algo recorrente entre alunos e até professores. As complexidades em termos de modelização e imaginação de estruturas química são causadas pelo ensino memorístico, meramente textual ou que apenas se dá pela resolução de listas de exercícios sem reflexão crítica (FREITAS; VILLANI, 2002; ROCHA et al., 2017; SILVA, 2013). Pela visualização e interação tecnológica, mesmo que indireta com entidades químicas invisíveis *a priori*, criam-se condições de aumento de interesse em se aprender sobre tais fenômenos até então considerados impossíveis de se entender. Para que tais resultados pudessem ser modificados, em termos de diminuir as dificuldades de se imaginar as ligações iônicas e covalentes, seriam necessárias novas atividades e intervenções.

No Quadro 12 a seguir, realiza-se uma comparação entre os tokens obtidos pelo questionário prévio e os obtidos por meio da questão 1 e 2 do formulário 3, de forma a apresentar uma categorização dos modelos mentais em termos de sua

coerência e quantidade de *tokens* demonstrados corretamente para responder determinado conceito.

Quadro 12 – Comparação entre os *tokens* demonstrados no questionário inicial e no formulário 3 e categorização dos modelos mentais demonstrados nas questões 1 e 2 do formulário 3

Alunos	Tokens das questões 1, 3, 6 e 7 do questionário inicial	Tokens das questões 1 e 2 do formulário 3 e categorização quanto ao nível de coerência do modelo mental	
	a). Natureza das ligações envolvidas no MgO_2 ; b). Dissociação iônica do $\text{Mg}(\text{OH})_2$; c) Interação do Mg^{2+} e OH^- com os íons gerados pela ionização do HCl ; d). Dissolução aquosa do AgNO_3 e NaCl ; e) Interações iônicas entre cátions e ânions do precipitado; f) Agrupamento dos íons do precipitado formado (AgCl) g) Menor reatividade do metal Ag em relação ao cobre; h) reações de oxidação e redução com a perda ou ganho do número correto de elétrons	a). Natureza das ligações iônicas ou covalentes; b). Dissociação iônica do cloreto de bário e sulfato de potássio; c). Interações entre os íons bário (Ba^{2+}) e sulfato (SO_4^{2-}); d). Representação dos íons no precipitado formado; e). Dissociação iônica do $\text{Mg}(\text{OH})_2$ e f). Interação dos íons Mg^{2+} e OH^- com os íons gerados pela ionização do HCl	Categorização do modelo mental, em termos de presença de <i>tokens</i> corretos, parcialmente corretos (e subclassificações) ou incorretos, nas questões 1 e 2 do formulário 3
1	Todos os <i>tokens</i> se mostraram ausentes ou incorretos	Os <i>tokens</i> a), c), e) e f) se mostraram corretos. O <i>token</i> b) esteve parcialmente correto, devido a ilustrações incorretas da camada de solvatação e dos ânions sulfato. O <i>token</i> d) foi incorreto.	Se trata de um limiar entre uma concepção parcialmente coerente “em desenvolvimento” (4 <i>tokens</i> corretos e um parcialmente correto) e uma concepção parcialmente coerente “quase coerente”, pois restou o <i>token</i> parcialmente correto se tornar totalmente correto.
2	Os <i>tokens</i> a) e g) são corretos. Os outros <i>tokens</i> se mostraram ausentes ou incorretos	Os <i>tokens</i> a), b) e c) se mostraram corretos. Os <i>tokens</i> d), e) e f) estiveram incorretos.	Concepção parcialmente coerente “em desenvolvimento” (3 <i>tokens</i> corretos)
3		Os <i>tokens</i> a) e c) se mostraram corretos. Os <i>tokens</i> b), d), e) e f) estiveram incorretos.	Concepção parcialmente coerente “em desenvolvimento” (2 <i>tokens</i> corretos)
4	O <i>token</i> h) é parcialmente correto, pois se explica o número de elétrons perdidos por um átomo de cobre na reação de oxidação. Os outros <i>tokens</i> se mostraram ausentes ou incorretos.	Os <i>tokens</i> a), b) e e) se mostraram corretos. Os <i>tokens</i> c), d) e f) estiveram incorretos.	Concepção parcialmente coerente “em desenvolvimento” (3 <i>tokens</i> corretos)
5	Os <i>tokens</i> b) e c) são corretos, e o <i>token</i> f) é parcialmente correto, pois se ilustra o distanciamento do precipitado em relação ao sobrenadante. Os outros <i>tokens</i> se mostraram ausentes ou incorretos.	Os <i>tokens</i> , b), c), e) e f) se mostraram corretos. Os <i>tokens</i> a) e d) estiveram incorretos.	Concepção parcialmente coerente “em desenvolvimento” (4 <i>tokens</i> corretos)
6	O <i>token</i> g) é correto. Os outros <i>tokens</i> se mostraram ausentes ou incorretos.		
7	Os <i>tokens</i> b), c) e g) são corretos. O <i>token</i> h) é parcialmente correto, pois se explica o número de elétrons perdidos por um átomo de cobre na reação de oxidação. Os outros <i>tokens</i> se mostraram ausentes ou incorretos.	Os <i>tokens</i> a), b), c), e) e f) se mostraram corretos. O <i>token</i> d) esteve incorreto.	Concepção parcialmente coerente “quase coerente” (onde restaria apenas 1 <i>token</i> para se tornar coerente)
8	Todos os <i>tokens</i> se mostraram ausentes ou incorretos.	Os <i>tokens</i> b), c) e e) mostraram corretos. Os <i>tokens</i> a) e f) estiveram incorretos. O <i>token</i> d) esteve parcialmente correto.	Concepção parcialmente coerente “em desenvolvimento” (3 <i>tokens</i> corretos e um parcialmente correto).
9	O <i>token</i> g) é correto. Os outros <i>tokens</i> se mostraram ausentes ou incorretos.	Os <i>tokens</i> a), c), e) e f) se mostraram corretos. O <i>token</i> b) é	Se trata de um limiar entre uma concepção parcialmente coerente “em desenvolvimento” (4 <i>tokens</i>

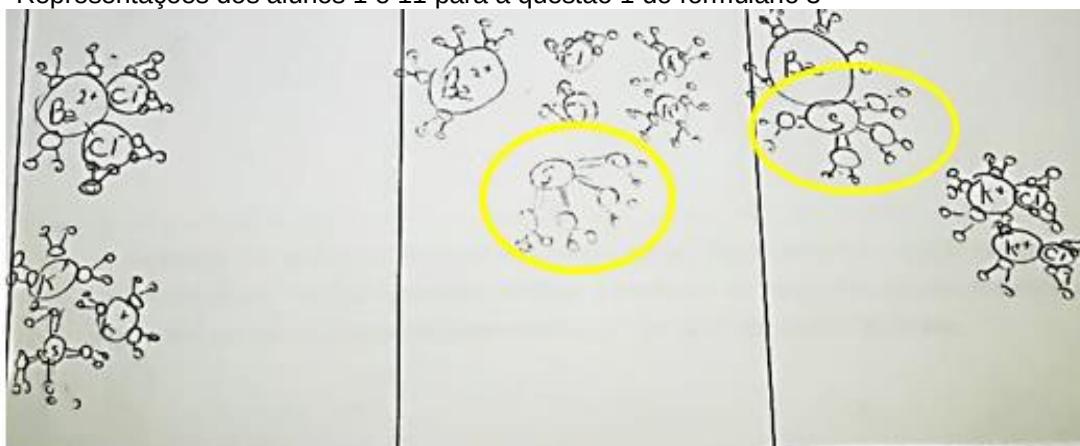
		incorreto. O <i>token</i> d) esteve parcialmente correto.	corretos e um parcialmente correto) e uma concepção parcialmente coerente “quase coerente”, pois restou apenas o <i>token</i> parcialmente correto se tornar totalmente correto, totalizando 5 <i>tokens</i>
10	Não houve resposta.	Não houve resposta.	Ausente.
11		Os <i>tokens</i> b), c), e) e f) se mostraram corretos. Os <i>tokens</i> a) e d) estiveram incorretos.	Concepção parcialmente coerente “em desenvolvimento” (4 <i>tokens</i> corretos.

Fonte: dados da pesquisa.

Tokens parcialmente corretos para a dissociação e solvatação dos íons presentes no cloreto de bário e sulfato de potássio, foram representados pelos alunos 1 e 11. O aluno 1 desenhou íons sulfato de tal maneira que seus átomos de oxigênio pareciam ser constituintes das moléculas de água, ou seja, o ânion sulfato se confundia com as próprias moléculas de água que deveriam estar presentes em sua camada de solvatação, conforme se indica em amarelo na Figura 46. O aluno 1 desenhou adequadamente as camadas de solvatação ao redor dos íons bário, cloreto e potássio; entretanto, alguns compostos iônicos, como o cloreto de bário e o sulfato de bário formado, apresentaram o íon bário diretamente ligado aos íons cloreto e sulfato, de modo semelhante ao que ocorre com compostos covalentes. Conforme Redhana et al. (2020), isso também indica confusões com a natureza dos compostos moleculares. Tais confusões novamente podem resultar de metodologias de ensino tradicionalistas que não discutem e aprofundam os conceitos de substâncias iônicas e moleculares a fim de se desenvolver modelizações.

Figura 46 – Representações dos alunos 1 e 11 para a questão 1 do formulário 3

Aluno 1



Aluno 11



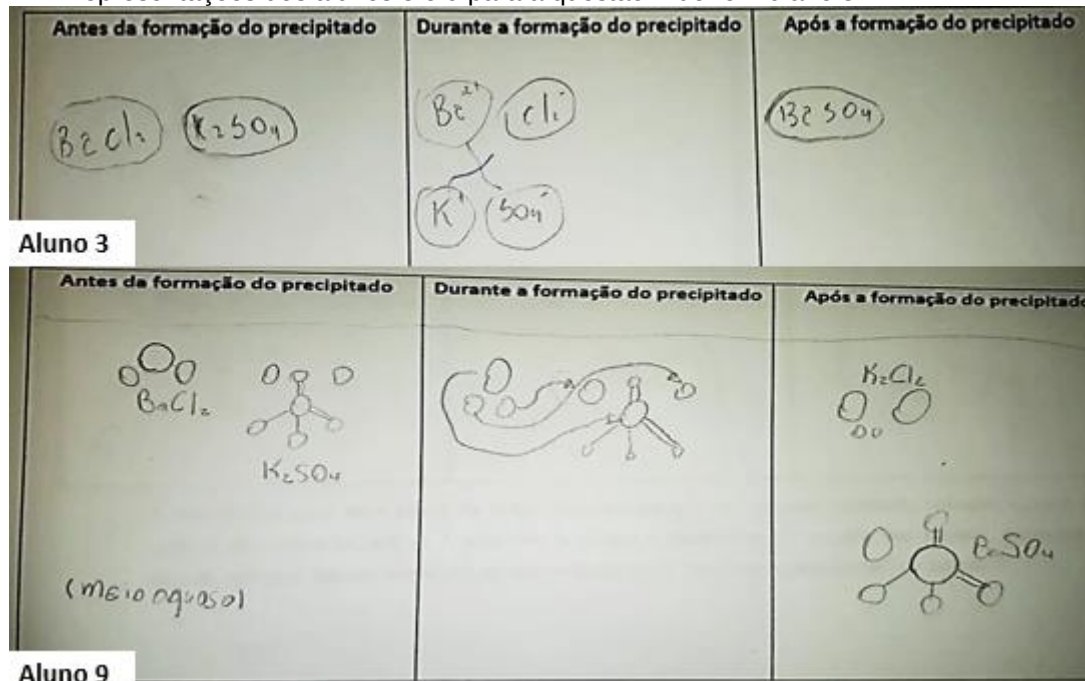
Fonte: dados da pesquisa.

Já o aluno 11, apesar de representar moléculas de água ao redor dos íons, evidenciou a relação íon-molécula de forma não convencional, uma vez que posicionou próximo aos oxigênios do ânion sulfato, o que pareciam ser íons hidrogênio, pois conforme indicado em vermelho na Figura 48, apareceram os termos “H₄” ou “H₆” ao redor do ânion sulfato. O participante não representou a carga dos íons e próximo dos íons K⁺ por exemplo, aparecia o termo “OH”, que pareceu ser constituinte das moléculas de água, pois conforme assinalado em amarelo, também representa o símbolo OH₂, próximo aos íons bário. A confusão entre a natureza dos compostos iônicos e moleculares também está presente na representação do aluno 11, pois conforme representado em laranja na Figura 46, o estudante apresenta ligações covalentes entre os íons potássio e cloreto; no entanto, o correto seria que tais íons permanecessem na forma dissolvida em fase aquosa.

Respostas incorretas foram dadas pelos alunos 3 e 9 para o *token* de dissociação iônica, pois houve apenas demonstração de sua concepção em nível simbólico (caso do aluno 3), ou os íons ilustrados na forma de esferas não se

mostravam em meio aquoso, ou seja, em interação com moléculas de água, como se passou no desenho do aluno 9 (Figura 47).

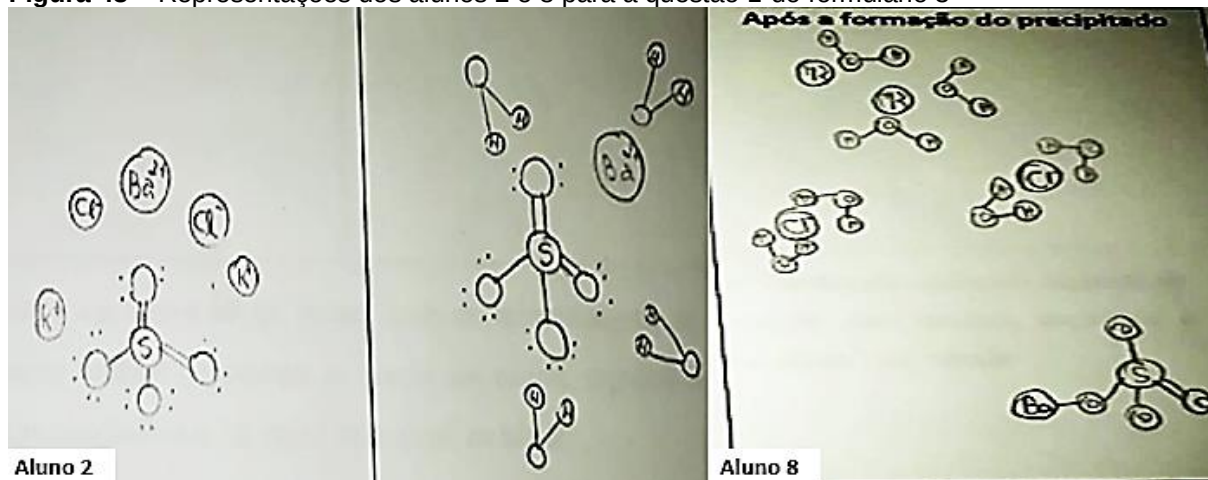
Figura 47 – Representações dos alunos 3 e 9 para a questão 1 do formulário 3



Fonte: dados da pesquisa.

Para o *token* de interação entre os íons $\text{Ba}^{2+}_{(\text{aq})}$ e $\text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$ a fim de se formar um precipitado, requeria-se que o participante indicasse algum tipo de movimentação de um íon em relação ao outro, ou que demonstrasse alguma aproximação entre eles. Os alunos 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9 e 11 apresentaram *tokens* corretos em relação a aproximação destes íons, independentemente de terem representado a interação dos íons com as moléculas de água. O aluno 1 por exemplo, conforme a Figura 46 apresentada anteriormente, ilustrou uma grande aproximação entre tais íons, assim como o aluno 8, que conforme retrata-se na Figura 48, apresentou uma “ligação” entre o íon bário e o íon sulfato. Os alunos 3 e 9 esquematizaram flechas ou traços que indicam a atração entre os íons (Figura 47). O restante dos alunos ilustrou uma maior proximidade entre os íons ao longo das imagens desenhadas, sem conectá-los diretamente, a exemplo do que também foi desenhado pelo aluno 2 (Figura 48).

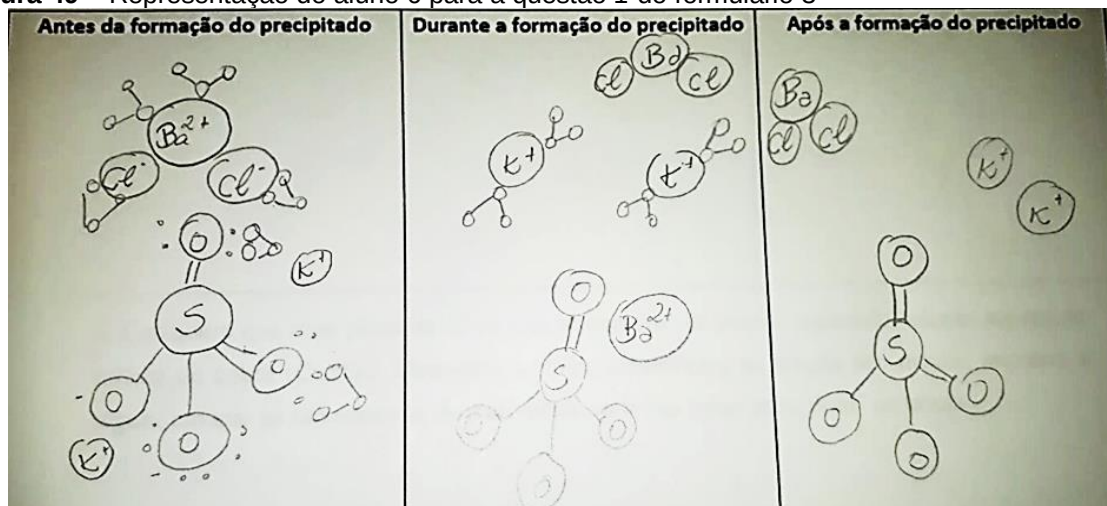
Figura 48 – Representações dos alunos 2 e 8 para a questão 1 do formulário 3



Fonte: dados da pesquisa.

As únicas respostas incoerentes para o *token* de interação entre os íons $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ e $\text{Ba}^{2+}(\text{aq})$ foram dadas pelos alunos 4 e 6, pois de acordo com a Figura 46 que foi expressa anteriormente, o aluno 4 não ilustrou uma aproximação entre esses íons. O aluno 6, entretanto, desenhou uma aproximação entre os íons, e posteriormente desfaz tal interação, pois de acordo com a Figura 49, o cátion bário volta a realizar interações apenas com o ânion cloreto.

Figura 49 – Representação do aluno 6 para a questão 1 do formulário 3



Fonte: dados da pesquisa.

Ao se analisar o *token* de demonstração do precipitado, com formação de interações entre seus íons, e consequente agrupamento dos mesmos sem sua solvatação, esperava-se que os alunos ilustrassem uma separação de fases no sistema reacional, de forma a enfatizar a formação de um precipitado insolúvel que se

deposita na porção inferior do sistema, enquanto os íons $K^+_{(aq)}$ e $Cl^-_{(aq)}$ permanecem solvatados na porção sobrenadante. Entretanto, a maior parte das representações dos alunos foram incorretas em relação a este *token*, por que não haviam indicações de interações entre os íons formadores do precipitado, ou seja, não haviam ilustrações dos agrupamentos iônicos de $BaSO_4$. Para isso, os alunos haviam de desenhar vários íons Ba^{2+} e SO_4^{2-} e esquematizar as relações que sofrem quando estão agrupados na forma de precipitado. As respostas dos alunos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 11 foram categorizadas como incorretas, uma vez que também apresentavam indícios da solvatação dos íons do precipitado e não indicavam alguma forma de separação de fases. Isto pode ser observado nas Figuras 44, 46 e 49 por exemplo.

Não se obteve nenhuma resposta correta, e os alunos 8 e 9 desenvolveram ilustrações parcialmente corretas para este *token*. Conforme pode ser observado na Figura 48, o aluno 8 desenhou o sistema após a formação do precipitado, de forma a colocar o composto $BaSO_4$ na porção inferior do sistema em seu estado não solvatado, ou seja, sem indicações de sua dissolução. Enquanto isso, os íons $K^+_{(aq)}$ e $Cl^-_{(aq)}$ ainda permaneceram dissolvidos e interagindo com moléculas de água. O aluno 9, conforme se observa na Figura 47, desenhou esferas constituintes dos elementos formados dos íons, e não ilustrou moléculas de água que solubilizariam os compostos iônicos (Ba^{2+} , SO_4^{2-} , K^+ , Cl^-) antes de se formar o precipitado. No entanto, o aluno 9 também não indicou a solubilização dos íons presentes na porção aquosa do sistema. Ambos os estudantes também não representaram o agrupamento iônico (espécie de “rede” de íons) que formariam o precipitado.

Durante as explicações sobre a precipitação ao longo do encontro presencial, utilizou-se imagens e animações demonstrativas da formação de precipitados nos níveis macroscópico (experimental), simbólico (equação química) e atômico-molecular. Ao se perguntar aos alunos sobre a ocorrência da solvatação nos íons do precipitado, os alunos negam que isso ocorra para um precipitado insolúvel, pois conforme falas registradas em diário de campo:

Pesquisadora: O que é que acontece com os íons de uma solução ao longo de uma reação química de precipitação? ... Então, quando nós temos uma solução que é misturada com outra, nós temos a formação de um precipitado lá embaixo do frasco. Como acontece o movimento dos íons quando acontece isso? Será que nesse precipitado, os íons estarão solvatados?
 Todos os Alunos: Não!

Isto pode indicar que mesmo que os alunos compreendam a não solvatação dos íons do precipitado, já que este permanece “separado” da fase aquosa, eles não construíram modelos mentais capazes de simular a precipitação em nível atômico-molecular. Os alunos parecem ter internalizado o conceito de que sempre quando houver solvatação, tratar-se-á de um sistema solubilizado em água. Desse modo, um precipitado ou um líquido que não se misture com a água, não apresentaria solvatação em sua estrutura. Entretanto, ao ilustrar tal reação de precipitação em nível submicroscópico, os participantes ainda demonstraram dificuldades em compreender o comportamento dos íons e moléculas. Nesse sentido, concorda-se com Paixão e Ortigão (2015) sobre a existência por parte dos estudantes, de concepções errôneas relacionadas às reações químicas de precipitação, já que a sua compreensão demanda grande capacidade de abstração, e os mesmos parecem entender com maior facilidade o nível simbólico e macroscópico. Dificuldades semelhantes para representação da reação de precipitação do cloreto de prata (AgCl) também foram observadas na pesquisa de Barke, Hazari e Yitbarek (2009, p. 242).

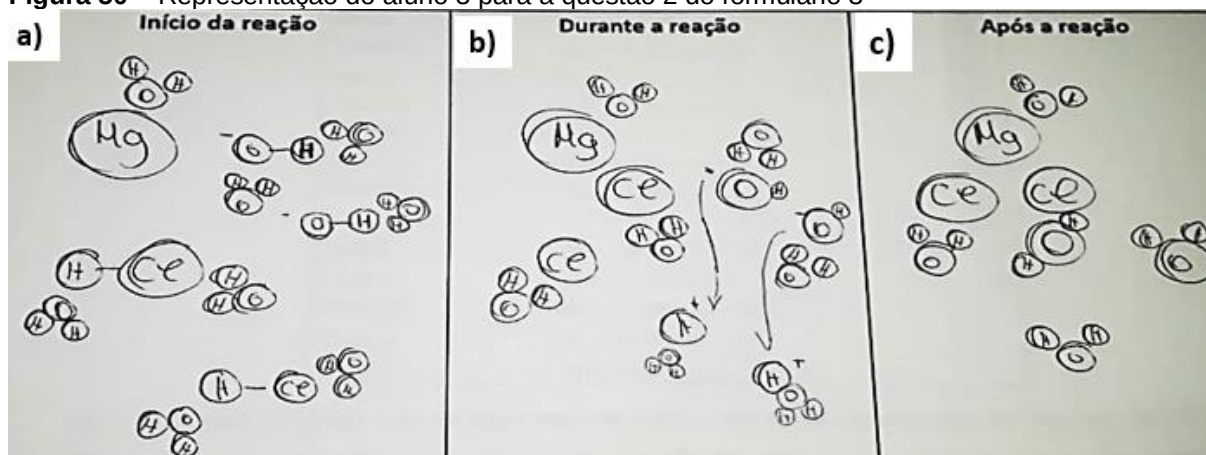
A segunda questão do formulário 3 se referia a uma reação ácido-base discutida com os alunos, e associada a um acontecimento que pode estar presente no cotidiano dos estudantes: *“Medicamentos associados ao tratamento da azia contém hidróxido de magnésio ($\text{Mg}(\text{OH})_2$), que reage com o ácido clorídrico estomacal, $\text{HCl}_{(\text{aq})}$. Desenhe abaixo, como você imagina que ocorre a reação química entre os íons destas duas substâncias”*. O token analisado para esta questão será o de dissociação iônica do $\text{Mg}(\text{OH})_2$ e interação dos íons Mg^{2+} e OH^- com os íons gerados pela ionização do HCl .

A maior parte das respostas para esta questão foram enquadradas como corretas, visto que os alunos apontaram formas de aproximação e interação entre os íons, através de flechas indicativas da movimentação de um íon em relação ao outro, ou a partir de desenhos sequenciais que expressavam a sua aproximação.

Os alunos 1, 5, 6, 7, 8, 9 e 11 demonstraram representações corretas, e como pode ser observado na Figura 50b, o aluno 5 por exemplo, apresentou flechas que ilustravam a movimentação iônica. Tal estudante ilustrou flechas que se orientaram dos íons OH^- para os íons H^+ oriundos das moléculas de HCl ; e posteriormente, na Figura 50c, os íons Cl^- se tornaram mais próximos ao íon Mg^{2+} . Mesmo que tal estudante tenha falhado em representar as cargas dos íons Mg^{2+} e Cl^- , foi compreensível a interação demonstrada entre os íons. Tal falha do aluno 5 em

representar cargas iônicas também foi perceptível a partir do questionário inicial, e acredita-se que isto seja decorrente da complexidade em se representar grandes quantidades de espécies iônicas e moleculares.

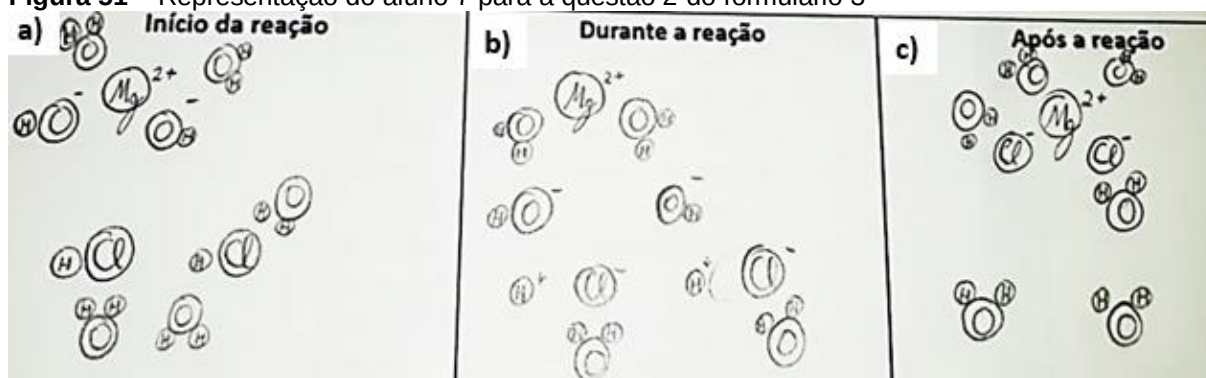
Figura 50 – Representação do aluno 5 para a questão 2 do formulário 3



Fonte: dados da pesquisa.

Outro exemplo pode ser demonstrado a partir da resposta do aluno 7, que desenhou primeiramente os íons Mg^{2+} e OH^- e as moléculas de HCl , as quais se ionizaram posteriormente na Figura 51b, momento em que os íons H^+ se aproximaram dos íons OH^- . Na Figura 51c, é perceptível uma maior aproximação entre os íons Mg^{2+} e Cl^- , assim como foi notável a formação de duas moléculas de água.

Figura 51 – Representação do aluno 7 para a questão 2 do formulário 3

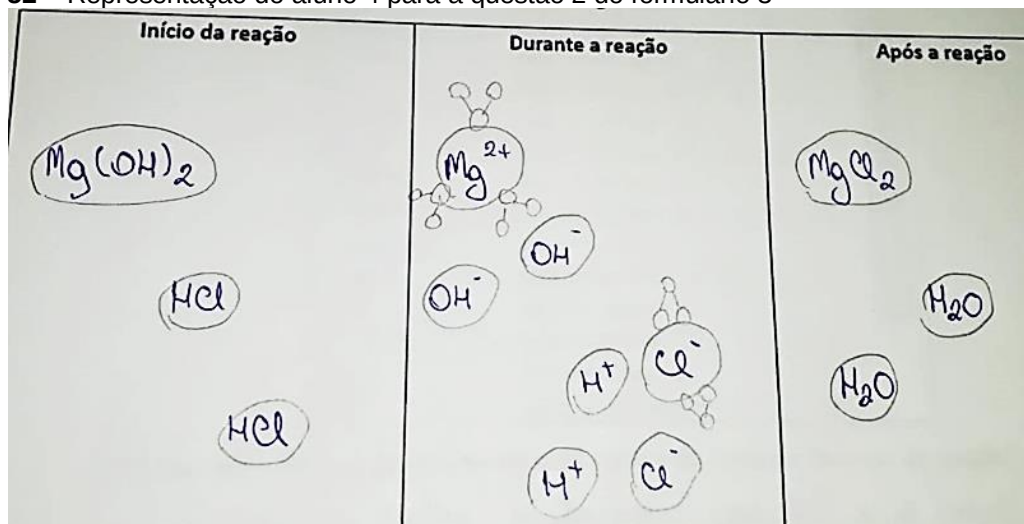


Fonte: dados da pesquisa.

O aluno 4 demonstrou apresentar um *token* parcialmente correto sobre a interação entre os íons dos reagentes da reação, já que o estudante em certo momento esboçou os íons constituintes da reação, e demonstrou a formação de MgCl_2 e H_2O , o que indica a concepção de que os íons Mg^{2+} interagem com íons Cl^- , assim como o ânion hidroxila OH^- interage com o H^+ oriundo da ionização do HCl . Entretanto,

não se representa a aproximação entre os íons, nem se indica algum tipo de movimentação de um íon em relação ao outro (Figura 52).

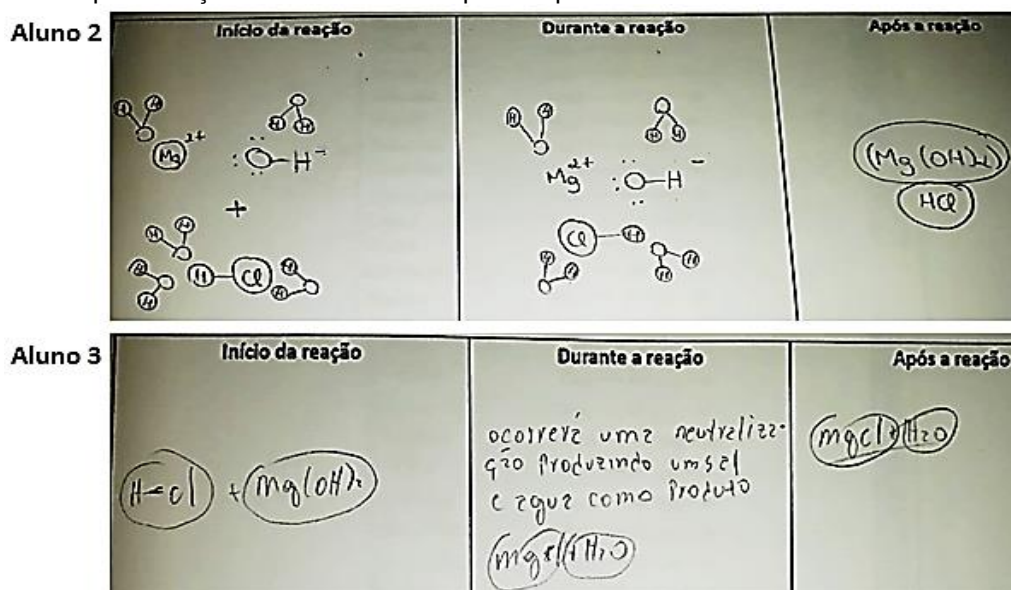
Figura 52 – Representação do aluno 4 para a questão 2 do formulário 3



Fonte: dados da pesquisa.

Tokens incorretos foram demonstrados pelos alunos 2 e 3, pois conforme a Figura 53 a seguir, o aluno 2 não apresentou a ionização das moléculas de HCl , uma vez que os elementos H e Cl são ilustrados ainda estabelecendo uma ligação covalente entre si, e ao final o estudante apresentou como produtos o $Mg(OH)_2$ e HCl , que são os reagentes iniciais. Já o aluno 3, indicou corretamente a formação dos produtos; no entanto, suas representações apenas ocorreram no nível simbólico, ou seja, o estudante apenas indicou as fórmulas dos reagentes e produtos, e uma frase que explica que “ocorrerá uma neutralização produzindo um sal e água como produto”. O aluno 10 não respondeu tal questão.

Figura 53 – Representações dos alunos 2 e 3 para a questão 2 do formulário 3



Fonte: os autores.

Na questão 3 do formulário 3, os participantes deviam considerar um sistema no qual havia uma placa de zinco imersa em uma solução azul de sulfato de cobre CuSO_4 . Aos alunos também foi fornecida uma tabela indicativa das diferenças de reatividade entre os metais, e requeria-se que os participantes apresentassem desenhos representativos dos átomos, íons e elétrons ao longo da reação. Posteriormente, na questão 3d, os alunos deveriam responder se “ao invés de uma placa de zinco, fosse inserida uma placa de prata na solução, o que aconteceria com a placa e com a cor da solução”.

Os *tokens* que foram analisados para as questões 3c e 3d do formulário 3 foram: 1. Representação da oxidação dos átomos de zinco da placa metálica, com a perda de 2 elétrons por átomo de zinco e redução dos íons $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ presentes em solução, com o ganho de 2 elétrons por íon, 2. Reconhecimento de que o metal Ag é menos reativo que o cobre, de modo que nenhuma mudança ocorreria no sistema em caso de inserção de uma placa de prata em solução de sulfato de cobre. No Quadro 13 a seguir, se descrevem os *tokens* presentes no questionário prévio, de forma a se fazer uma comparação com os *tokens* obtidos nas análises das questões 3c e 3d do formulário 3, além de se categorizar os modelos mentais quanto a coerência nesta etapa da pesquisa.

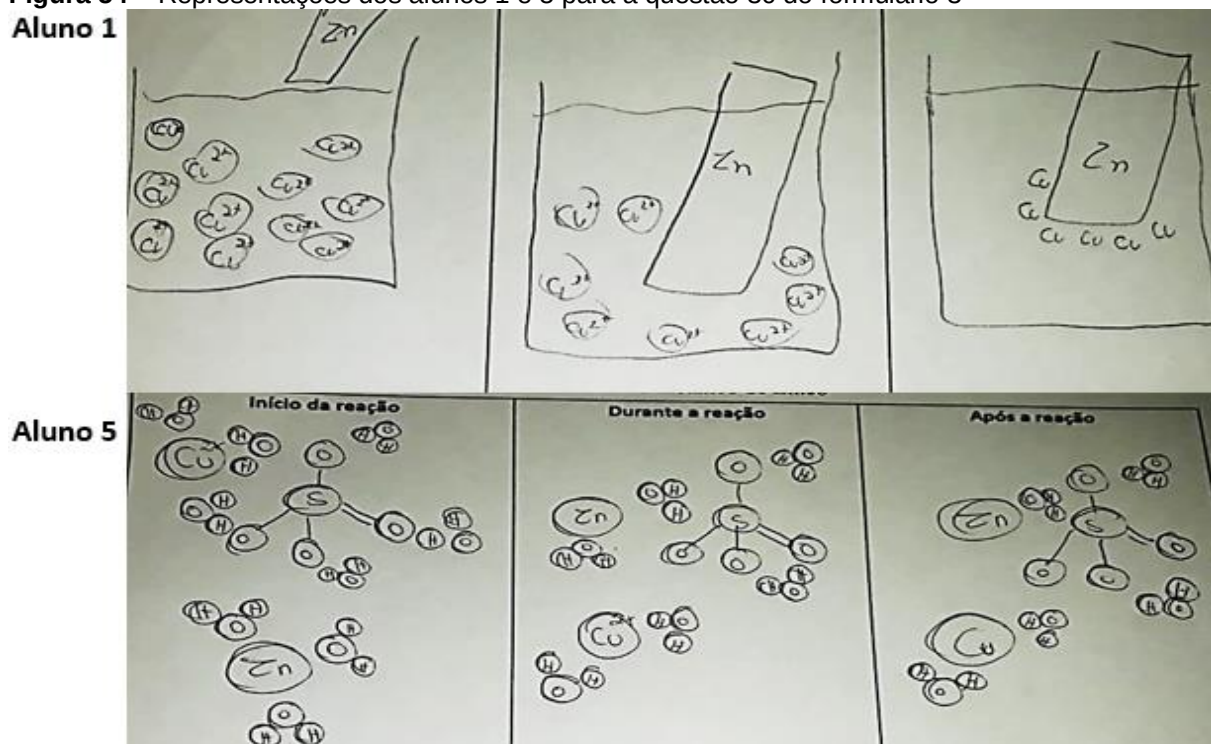
Quadro 13 – Comparação entre os *tokens* demonstrados no questionário inicial e no formulário 3 (questões 3c e 3d) e categorização dos modelos mentais demonstrados

Alunos	Tokens das questões 1, 3, 6 e 7 do questionário inicial	Tokens das questões 3c e 3d do formulário 3 e categorização do modelo mental em termos de coerência	
	a). Natureza das ligações envolvidas no MgO_2 ; b). Dissociação iônica do $\text{Mg}(\text{OH})_2$; c) Interação do Mg^{2+} e OH^- com os íons gerados pela ionização do HCl ; d). Dissolução aquosa do AgNO_3 e NaCl ; e) Interações iônicas entre cátions e ânions do precipitado; f) Agrupamento dos íons do precipitado formado (AgCl); g) Menor reatividade do metal Ag em relação ao cobre; h) reações de oxidação e redução com a perda ou ganho do número correto de elétrons	g). Reconhecimento de que o metal Ag é menos reativo que o cobre; h). Representação da oxidação dos átomos de zinco da placa metálica, com a perda de 2 elétrons por átomo de zinco, e redução dos íons $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ presentes em solução, com o ganho de 2 elétrons por íon	Categorização do modelo mental, em termos de presença de <i>tokens</i> corretos, parcialmente corretos (e subclassificações) ou incorretos, nas questões 3c e 3d do formulário 3
1	Todos os <i>tokens</i> se mostraram ausentes ou incorretos	O <i>token</i> g) se mostrou incorreto . O <i>token</i> h) é parcialmente correto , pois há dificuldade de representação da perda ou ganho de elétrons ou a passagem para o estado oxidado ou reduzido.	Trata-se de um modelo mental em transição de concepção “ incoerente ” para parcialmente coerente do tipo “concepção simplista” , pois caso o <i>token</i> h) se tornasse totalmente correto, se tornaria um modelo parcialmente coerente.
2	Os <i>tokens</i> a) e g) são corretos. Os outros <i>tokens</i> se mostraram ausentes ou incorretos	O <i>token</i> g) esteve correto . O <i>token</i> h) é parcialmente correto , pois houve dificuldade de evidenciar a troca de elétrons.	Trata-se de um modelo mental em transição de concepção parcialmente coerente do tipo “concepção quase coerente” para “ coerente ”, pois caso o <i>token</i> h) se tornasse totalmente correto, se tornaria um modelo coerente
3		Ambos os <i>tokens</i> se mostram incorretos .	Concepção incoerente – ausência de <i>tokens</i> corretos
4	O <i>token</i> h) é parcialmente correto, pois se explica o número de elétrons perdidos por um átomo de cobre na reação de oxidação. Os outros <i>tokens</i> se mostraram ausentes ou incorretos.	O <i>token</i> g) esteve correto . O <i>token</i> h) é parcialmente correto , pois houve dificuldade de evidenciar as quantidades de elétrons perdidos ou ganhos.	Trata-se de um modelo mental em transição de concepção parcialmente coerente do tipo “quase coerente” para “ coerente ”, pois caso o <i>token</i> h) se tornasse totalmente correto, se tornaria um modelo coerente
5	Os <i>tokens</i> b) e c) são corretos, e o <i>token</i> f) é parcialmente correto, pois se ilustra o distanciamento do precipitado em relação ao sobrenadante. Os outros <i>tokens</i> se mostraram ausentes ou incorretos.	O <i>token</i> g) esteve correto . O <i>token</i> h) é parcialmente correto , pois há dificuldade de representação da perda ou ganho de elétrons ou a passagem para o estado oxidado ou reduzido.	
6	O <i>token</i> g) é correto. Os outros <i>tokens</i> se mostraram ausentes ou incorretos.	O <i>token</i> g) esteve correto , e o <i>token</i> h) incorreto .	Modelo mental parcialmente coerente do tipo “concepção simplista” (1 <i>token</i>)
7	Os <i>tokens</i> b), c) e g) são corretos. O <i>token</i> h) é parcialmente correto, pois se explica o número de elétrons perdidos por um átomo de cobre na reação de oxidação. Os outros <i>tokens</i> se mostraram ausentes ou incorretos.	O <i>token</i> g) esteve correto . O <i>token</i> h) é parcialmente correto , pois houve dificuldade de evidenciar as quantidades de elétrons perdidos ou ganhos.	Trata-se de um modelo mental em transição de concepção parcialmente coerente do tipo “quase coerente” para “ coerente ”, pois caso o <i>token</i> h) se tornasse totalmente correto, se tornaria um modelo coerente
8	Todos os <i>tokens</i> se mostraram ausentes ou incorretos.		
9	O <i>token</i> g) é correto. Os outros <i>tokens</i> se mostraram ausentes ou incorretos.	Ambos os <i>tokens</i> se mostram incorretos .	Concepção incoerente – ausência de <i>tokens</i> corretos
10	Não houve resposta.		Ausente.
11	Não houve resposta	O <i>token</i> g) esteve correto, e o <i>token</i> h) incorreto.	Modelo mental parcialmente coerente do tipo “concepção simplista” (1 <i>token</i>)

Fonte: dados da pesquisa

Com relação *token* associado a oxidação dos átomos de zinco, a maior parte dos participantes apresentou concepções incorretas (alunos 1, 3, 5, 6, 9 e 11), pois não indicavam a passagem de átomos de Zn (da placa de metal) para sua forma iônica Zn^{2+} solubilizada, nem ilustravam adequadamente a perda de elétrons por tais átomos. Por exemplo, na resposta do aluno 1 (Figura 54), há uma placa metálica de Zn, que permanece sem se oxidar, e na resposta do aluno 5, não se expõe com clareza se as espécies químicas “Zn” se referem a átomos neutros ou íons, uma vez que não há indicação de cargas; entretanto, tais espécies químicas permaneceram solubilizadas, o que pode significar que representaram cátions. Todavia, o aluno 5 não expôs a transformação de átomos de Zn para cátions $\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})}$ com a liberação de elétrons.

Figura 54 – Representações dos alunos 1 e 5 para a questão 3c do formulário 3

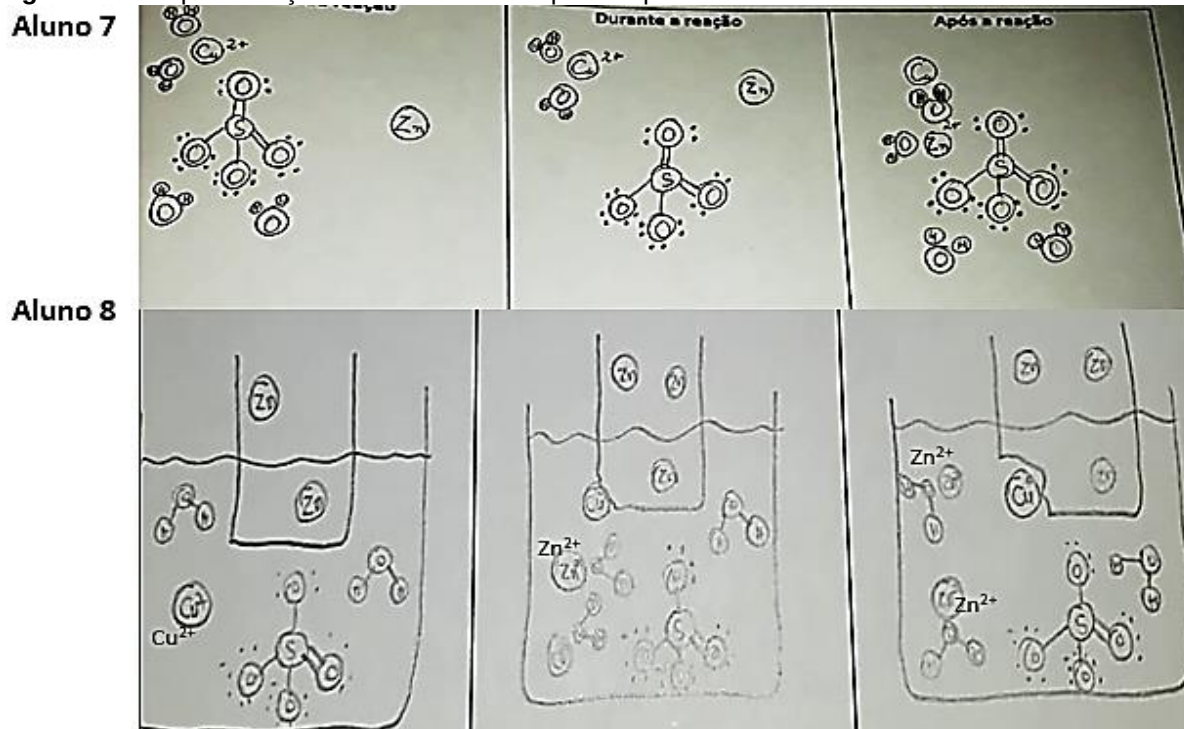


Fonte: dados da pesquisa.

Apenas o aluno 10 não respondeu o formulário 3. Respostas corretas se fizeram ausentes e *tokens* parcialmente corretos para a oxidação dos átomos de Zn foram percebidos nas ilustrações dos alunos 2, 4, 7 e 8, pois estes representaram o surgimento de íons Zn^{2+} a partir de átomos de Zn, sem, entretanto, ilustrar a liberação de elétrons por tais átomos. Isto pode ser observado ao se analisar os desenhos dos alunos 7 e 8 por exemplo (Figura 55), nos quais os participantes demonstraram os

átomos de Zn inicialmente isolados do meio aquoso, ou seja, não solvatados, e posteriormente surgiram íons Zn^{2+} que realizam interações com moléculas de água. A liberação de elétrons, entretanto, não foi representada.

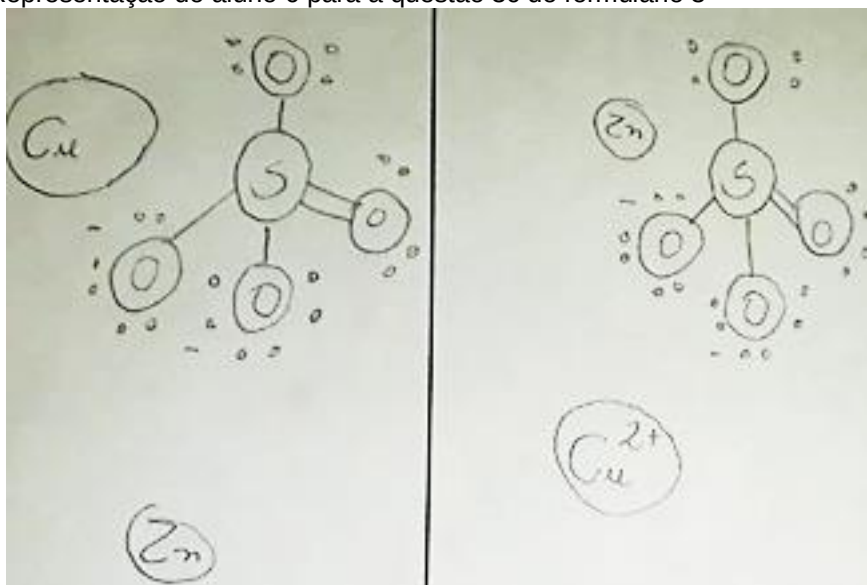
Figura 55 – Representações dos alunos 7 e 8 para a questão 3c do formulário 3



Fonte: dados da pesquisa.

É importante esclarecer que, quanto ao *token* de representação da redução dos cátions $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$, este foi analisado de forma complementar ao *token* de oxidação de átomos de Zn, não ocorrendo na análise (Quadro 13) uma “separação” entre os *tokens* - conceitos de oxidação e redução, já que ambos são processos interdependentes. Quanto a redução dos íons Cu^{2+} , ocorreram concepções parcialmente corretas para a maioria das respostas (alunos 1, 2, 4, 5, 7 e 8), pois a exemplo das respostas dos alunos 1, 5, 7 e 8 (Figuras 54 e 55), retratou-se a passagem de tais íons para sua forma reduzida, sem evidenciar, entretanto, o ganho de elétrons. Para tal *token* também não houve presença de concepções totalmente corretas, e quatro respostas (alunos 3, 6, 9 e 11) expressaram um entendimento incorreto sobre tal reação de redução. O aluno 6, por exemplo, além de não retratar a oxidação dos átomos de Zn, expressou a passagem dos átomos de cobre de seu estado neutro, para o estado iônico (Figura 56), o que é incompatível com a realidade do sistema investigado, que possuía os íons $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ apenas na forma iônica.

Figura 56 – Representação do aluno 6 para a questão 3c do formulário 3



Fonte: dados da pesquisa.

Entretanto, em relação ao *token* de “orientação espacial e forma de interação entre as espécies químicas” (Quadro 2), percebeu-se que em algum momento dos formulários 2 ou 3, todos os estudantes com exceção do aluno 10, passaram a demonstrar formas de pensamento sobre a interação entre íons ou interação íon-molécula, o que se mostrou presente nas representações sobre a camada de solvatação e interação entre íons, a fim de se formar um precipitado ou um composto solúvel.

Concepções incorretas sobre os processos de oxidação e redução também foram observadas nas pesquisas de Barke (2012), em que alguns alunos não conseguiam distinguir entre íons e átomos, a exemplo do átomo de Cu e do íon Cu^{2+} . É possível que o aluno 6 também possua dificuldades em distinguir as diferenças entre os átomos de cobre e seus íons, assim como o aluno 5 (Figura 56), que não representa a carga iônica dos íons zinco (Zn^{2+}), mesmo sugerindo a presença de tais espécies dissolvidas em meio aquoso, ou seja, derivadas da oxidação da placa de zinco, pois aparecem rodeadas por moléculas de água. Modelos mentais incorretos sobre as reações de oxirredução também se tornaram presentes nos resultados das pesquisas de Adu-Gyamfi e Ampiah (2019), pois os dados levantados pelos autores sugerem que os estudantes não conseguem determinar corretamente as espécies que se oxidam e se reduzem nas reações, o que também implica em concepções superficiais

sobre as diferenças de reatividade e tendências dos elementos em se oxidar ou reduzir.

Mais uma vez se atenta para a forma tradicional de ensino nas escolas e universidades, que primam pelo ensino de cálculos e símbolos equacionais (ROCHA et al., 2017) sem um maior apelo a real compreensão crítica dos processos internos aos sistemas, ou seja, sem se incitar uma modelização sobre o comportamento atômico-molecular, e possibilitar uma associação entre os níveis simbólico, macroscópico e submicroscópico.

As dificuldades dos alunos em demonstrar os processos de transferência de elétrons presentes nas reações de oxirredução, foi também algo retratado na pesquisa de Delisma, Wiji e Widhiyanti (2020), já que segundo os autores, os estudantes facilmente compreendem o nível simbólico de representação, ou seja, as fórmulas das espécies químicas, sem entender os acontecimentos subjacentes aos símbolos e equações químicas. Dessa forma, argumentam que os estudantes por eles investigados, conseguiam identificar para onde os elétrons eram transferidos, ou seja, quais espécies eram oxidadas e reduzidas e quais ligações seriam rompidas ou formadas na reação $\text{Fe}_{(s)} + \text{CdSO}_{4(aq)} \rightarrow \text{FeSO}_{4(aq)} + \text{Cd}_{(s)}$ (cisão da ligação iônica entre Cd^{2+} e SO_4^{2-} e formação da ligação entre Fe^{2+} e SO_4^{2-}). Entretanto, não conseguiam descrever como os elétrons de uma espécie química eram transferidas para outra (DELISMA; WIJI; WIDHIYANTI, 2020). Da mesma forma, nesta pesquisa os alunos parecem compreender em sua maioria, que há formação de cobre metálico, ao mesmo tempo em que os átomos de Zn se solubilizam pela formação de íons. Entretanto, não conseguem desenhar o fluxo de elétrons envolvido.

Segundo os autores supracitados, este tipo de dificuldade tem como uma de suas causas a não distinção e associação entre as dimensões macroscópicas, submicroscópicas e simbólicas, e isso é bem frequente, conforme Finazzi et al. (2016) e Locatelli e Arroio (2017) no ensino de metodologia tradicionalista, no qual geralmente se carece de recursos tecnológicos, ao passo que ferramentas imagéticas básicas (como imagens e maquetes) são subestimadas quanto ao seu potencial, mas que seriam essenciais na explicação da dimensão submicroscópica. No minicurso, os alunos realmente demonstraram compreender em seus comentários durante as atividades realizadas no encontro presencial, que uma troca de elétrons ocorre ao longo dos processos oxidativos, conforme se constata em comentários oriundos do diário de campo:

Pesquisadora: Pessoal, e o que seria a oxidação? A perda ou o ganho de elétrons?

Alunos em coletivo: A perda!

Pesquisadora: E a redução?

Alunos em coletivo: Ganho!

[...] Pesquisadora: E nesse caso pessoal, percebam o dicromato. Se nós quisermos saber a carga de cada um desses crômios que estão formando esse ânion. O ânion, por si só tem uma carga global negativa 2-. Temos 7 oxigênios e cada um tem carga -2. E a carga global também é -2. Depois de fazer as contas, dá para perceber que cada crômio tem carga +6. Já no óxido de crômio (III), o crômio vai de +6 para +3 [...]. Então esses crômios sofreram uma oxidação ou uma redução?

Aluno: Ele ganhou elétrons, então se reduziu.

Pesquisadora: Pessoal, o que é agente oxidante e agente redutor?

Aluno 8: Agente oxidante é quando sofre redução, e agente redutor é quando sofre oxidação.

Entretanto, parecem ainda não ter desenvolvido modelos mentais que representem o nível submicroscópico para os processos de ganho e perda de elétrons, já que se trata de algo difícil de ser imaginado. Quanto ao *token* vinculado à compreensão de que a prata é menos reativa que o metal cobre, de modo que uma placa de prata não reagiria com uma solução de sulfato de cobre, a maior parte das respostas se mostrou correta (alunos 2, 4, 5, 6, 7, 8 e 11), pois em suas explicações, argumentaram que devido a maior reatividade do metal cobre, este permaneceria na forma ionizada (sem se oxidar), e a prata permaneceria na forma metálica:

Aluno 4 (Resposta escrita ao formulário 3): Não aconteceria nada, a prata é menos reativa que o cobre, impossibilitando a oxidação da mesma no sistema.

Aluno 5 (Resposta escrita ao formulário 3): A prata é menos reativa que o zinco e o cobre, portanto, a reação não aconteceria. A placa permaneceria quase intacta e a cor da solução também.

Aluno 7 (Resposta escrita ao formulário 3): A Ag (prata) é menos reativa que o Cu (cobre), logo não ocorrerá oxidação da prata.

Aluno 11 (Resposta escrita ao formulário 3): A solução continua azul, pois a prata é menos reativa que o cobre.

Não houve respostas parcialmente corretas e apenas três respostas apresentaram *tokens* incorretos, pois descreviam o acontecimento de algum tipo de reação quando a placa fosse inserida em solução de $\text{CuSO}_{4(\text{aq})}$:

Aluno 1 (Resposta escrita ao formulário 3): A placa de prata iria reduzir, e o cobre se oxidaria alterando a cor da solução para um tom marrom escuro.

Aluno 3 (Resposta escrita ao formulário 3): A prata é menos reativa que o zinco. Por conseguinte, o cobre que iria se oxidar e perder elétrons para a prata.

Aluno 9 (Resposta escrita ao formulário 3): A prata afinaria, e a solução teria uma coloração mais forte.

Conforme a descrição dos alunos 1 e 3, estes acreditam que o cobre se oxidaria; no entanto, este se já se encontra na forma oxidada (íons Cu^{2+}), não existindo possibilidade de se oxidar ainda mais para reduzir os átomos de prata, pois estes últimos já se encontram na sua forma reduzida (Ag^0). O aluno 9, por sua vez, sugeriu a oxidação da placa de prata (pela sua corrosão), o que não ocorreria devido a sua baixa tendência de oxidação em relação ao metal cobre. Segundo Adu-Gyamfi e Ampiah (2019), isso sugere dificuldades do estudante em compreender a ordem de reatividade dos metais conforme a série eletroquímica.

4.2.3.1 Comparativos entre questionário inicial (situação anterior) e formulário 3

Ao se comparar os resultados do formulário 3 com os dados obtidos pelo questionário inicial (Quadro 8), estabeleceu-se uma comparação entre o *token* de “dissociação iônica do cloreto de bário e sulfato de potássio em meio aquoso” com o *token* de “dissociação aquosa do AgNO_3 e NaCl ” presente no questionário prévio. Ambos os *tokens* se referem a dissociação de íons, de forma que se observou avanços pelos alunos 2, 4, 5, 6, 7 e 8, pois estes apresentaram respostas incorretas ou ausentes no questionário inicial, e posteriormente demonstraram *tokens* corretos no formulário 3.

Quanto ao *token* representativo da interação entre os íons presentes no precipitado, houve melhoria nos modelos mentais dos alunos 1, 2, 3, 8, 9 e 10, pois no questionário inicial estes demonstraram respostas ausentes ou incorretas para as interações entre Ag^+ e Cl^- , e no formulário 3 realizaram ilustrações que expressavam *tokens* corretos sobre a noção de interação entre Ba^{2+} e SO_4^{2-} . Maiores dificuldades permaneceram para a representação do agrupamento entre os íons que formam o precipitado; entretanto, o aluno 8 passou a desenvolver modelos mentais parcialmente corretos para o *token* ou conceito de formação de precipitados iônicos.

Na questão 2 do formulário 3, percebeu-se melhorias nos modelos mentais relacionados a interação entre os íons Mg^{2+} e OH^- com os íons gerados pela ionização do HCl . Por exemplo, os alunos 1, 6, 9 e 11 passaram a apresentar *tokens* corretos neste momento da pesquisa, ao passo que suas respostas no questionário inicial (Quadros 3 e 8), se mostravam ausentes ou incorretas. As representações relativas à oxidação e redução das espécies iônicas se fizeram ausentes para muitos alunos nas respostas obtidas no questionário inicial (Quadro 8). No entanto, os alunos 2 e 8 apresentaram ilustrações parcialmente corretas para a oxidação dos átomos de zinco,

e os alunos 1, 2, 4, 5, 7 e 8 passaram a demonstrar *tokens* parcialmente corretos para a redução de íons Cu^{2+} . Houve, portanto, uma melhoria na sua compreensão dos processos oxirredutivos. A compreensão de que o metal Ag^0 é menos reativo do que o metal cobre (Cu^0), também esteve presente de forma correta nas respostas dos alunos 4, 5, 8 e 11, o que demonstrou grande avanço em relação as respostas incorretas ou ausentes de tais estudantes no questionário inicial.

Conforme Bilir e Karaçam (2021), muitas das dificuldades em nível atômico-molecular, a exemplo das observadas ao longo da análise do questionário inicial (Quadro 8), são decorrentes da não compreensão e associação entre os níveis macroscópico, simbólico e submicroscópico. De acordo com Bilir e Karaçam (2021), os avanços e melhorias nos modelos mentais dos estudantes podem estar associadas ao uso de materiais visuais ilustrativos dos fenômenos em nível atômico e molecular. Tais materiais foram empregadas na forma de vídeos, imagens e animações, conforme presente no roteiro de estudos (Apêndice F) e nas atividades trabalhadas durante os encontros presenciais.

O avanço nos modelos mentais observado durante a pesquisa, está associado ao uso de metodologias ativas com auxílio de ferramentas ilustrativas e materiais virtuais, pois conforme Ramos, Guerrero e Guerrero (2016), tais recursos quando associados às animações e vídeos que simulam as reações químicas consideradas abstratas e complexas, permitem construir modelos mentais mais adequados, pois se desenvolvem memórias a partir das animações, e tais memórias podem levar a alguma alteração ou confirmação do próprio modelo mental existente. De acordo com os autores, os conceitos de oxirredução são apontados como um dos mais difíceis por professores e alunos; entretanto, o uso das tecnologias digitais da informação e comunicação podem estimular a participação dos alunos, e auxiliar o pensamento associado ao mundo submicroscópico presente nos conceitos de troca de elétrons, por exemplo. O uso do ensino híbrido, portanto, tende a se tornar cada vez mais presente do cotidiano dos processos educativos (GRAHAM, 2003).

Nesse sentido, o uso de ambientes virtuais, a exemplo do *Google classroom* e *Google meet*, além do uso simulações, animações e imagens atreladas aos fenômenos em nível submicroscópico, e do jogo *Kahoot!* com atividades de interpretação de imagens e resolução de problemas, permitiram um aumento no engajamento e participação dos alunos, assim como foram fundamentais para a reflexão sobre os fenômenos em nível atômico, iônico e molecular. Cabe destacar que

não se objetivou fazer com que os alunos passassem a imaginar o nível quântico, as subpartículas, átomos e moléculas em sua dimensão exata, o que seria muito difícil; mas pretende-se fazer com que os alunos raciocinem e imagem conforme modelizações mais próximas com os modelos científicos aceitos. Para tal propósito, presume-se que conforme Graham (2003), haja uma inserção cada vez maior das tecnologias no meio educacional.

4.3. Análise das entrevistas

Com exceção do aluno 3, que não teve interesse em participar desta etapa da pesquisa, os outros participantes optaram por participar da entrevista semiestruturada proposta ao final do minicurso. Tal entrevista foi realizada através do *Google meet*, pois esta plataforma possibilitou que os estudantes escolhessem o horário que melhor se adequasse a sua rotina. A análise das respostas permitiu constatar que o uso de ferramentas imagéticas e de jogos, a exemplo de vídeos, simulações, animações e do jogo *Kahoot!*, facilitou a aprendizagem dos conceitos e permitiu uma melhor compreensão das reações em nível submicroscópico. Todos os alunos entrevistados comentaram que tais ferramentas tiveram um papel positivo na compreensão dos conceitos e na superação de dificuldades em se raciocinar em nível atômico e molecular. Exemplos disso, são as respostas dos alunos 2, 4 e 5 durante a entrevista:

Pesquisadora: E então..., no minicurso nós trabalhamos com alguns recursos para explicar os conceitos, não é? [...] E aí eu queria saber sua opinião sobre a utilização desses recursos. Isso foi positivo? Impactou você de forma positiva ou negativa no seu aprendizado?

Aluno 2: Sim. Ai, impactou de forma muita positiva! porque com as animações e as simulações que estavam nos slides, eu consegui visualizar muito melhor por meio dos gifs, eu consegui visualizar lá... os íons e, aquela camada de... solvatação. E... e eu percebi, que muita coisa que eu não tinha aprendido no Ensino Médio durante a pandemia, eu aprendi no minicurso com você! Então... assim, muitos dos textos, dos vídeos e o próprio kahoot! auxiliou bastante em ... por que tinham muitas imagens que ajudaram, melhorou bastante, eu consegui desenhar melhor também até naquelas atividades que tinha que desenhar [...]

Aluno 4: Sim, sim, melhorou bastante! Tanto, “que nem” você falou, dos gifs, é... não fica só na teoria ... assim... você mostra como as coisas são aplicadas, fica tipo... infinitamente mais fácil de entender, tanto que tem muitos conceitos que você mostrou no curso que ajudou a explicar muito melhor as coisas que a gente aprende na escola. Que nem... por exemplo, você citou “camada de solvatação”, eu nunca tinha ouvido falar nisso, e ajuda demais a entender ... mais especificamente as coisas, como acontecem, e ainda mais nos vídeos, quando você mostra tipo... até a polaridade das moléculas, e tipo... as atrações, tudo... e tipo, o Kahoot!, assim... desafia a gente a pensar em grupo e tudo mais. É... a dinâmica foi incrível! [...]

Aluno 5: Sim, eu acho que... como posso dizer? Agregou bastante porque, eu, no meu caso, eu... tinha algumas reações, assim... que eu não tinha noção... de como ocorriam, até mesmo do conceito de camada de solvatação, eu não recordava. Então eu acho que os vídeos principalmente, eles ajudaram bastante e com a utilização do Kahoot! também eu achei mais, assim... mais dinâmico a aula, até mesmo para interagir com o pessoal com que eu não conversava tanto, então achei bem importante. [...] Depois dos vídeos eu fui ter uma noção melhor de como ocorria. E depois que eu fui treinado assim com os desenhos, eu acho que melhorou bastante.

Os alunos deram ênfase à visualização de vídeos, animações, simulações e ao uso do *Kahoot!* como ferramentas imagéticas que auxiliaram na compreensão da dimensão atômico-molecular, assim como as atividades que demandavam a realização de **desenhos**, que parecem ter estimulado o **pensamento sobre o nível submicroscópico**. Isto também foi visto nas pesquisas de Pascoin, Carvalho e Souto (2019), Borges, Sá e Sousa (2020) e Piva et al. (2021), os quais concluíram que ferramentas tecnológicas que simulam íons e moléculas, são estimuladores da participação e da **curiosidade** dos estudantes, e permitem a construção de modelos mentais mais elaborados sobre os fenômenos químicos. Os alunos 4 ainda diz que a dinâmica proposta com a plataforma *Kahoot!* desafiou os participantes no sentido de **refletirem em equipes**, e o aluno 5 comenta que o jogo facilitou a comunicação entre os discentes. Isto corrobora com os escritos de Horn e Staker (2015) e Reis et al. (2021) sobre a importância de os estudantes realizarem indagações, discutirem entre si e proporem soluções para os problemas.

Quanto aos conceitos que os estudantes consideravam ter maior dificuldade de compreensão anteriormente à realização da pesquisa, 6 alunos apontaram para o tema de soluções eletrolíticas, enquanto 2 alunos comentaram que os conceitos de oxirredução eram os mais difíceis e outros 2 apontaram para o conceito de estequiometria, especificamente sobre o cálculo estequiométrico. O maior nível de complexidade presente nos conceitos de eletroquímica e substâncias eletrolíticas também foi apontado na pesquisa de Rodrigues e Gibin (2019), como um assunto que gera dúvidas tanto em alunos quanto em professores. Os alunos também comentaram que após o minicurso oferecido, houve melhoria na compreensão dos conceitos que consideravam mais difíceis. Alguns estudantes, como os alunos 2 e 6 explicaram que as dificuldades que possuíam antes, também eram decorrentes de aulas realizadas apenas na modalidade remota, devido ao período pandêmico. Um exemplo de melhoria de entendimento do tema de soluções eletrolíticas foi descrito pelo aluno 4:

Aluno 4: [...] tanto que, era uma questão que, até antes do curso eu ia tentar conversar com a professora de Química fundamental, só que...foi que nem eu te falei, a gente fica muito com aquele conhecimento de tipo: 1 mais 1 é dois, e não o porquê de 1 mais 1 ser dois. Isso facilita muito o aprendizado porque você pára de “pensar só” que tipo... que o que alguém fala é uma lei, e começa a parar para tipo... pensar. Que nem, aquele negócio que você falou, de por exemplo: você usou lá o ácido clorídrico..., o ácido acético, a comparação de condução de eletricidade. Assim... eu sabia que o ácido acético conduziria menos, mas nunca o porquê daquilo. E as coisas começam a fazer sentido. É até mais fácil de pensar agora, tipo você bater o olho no composto e pensar: Talvez esse aqui vai ser menos ou esse vai ser mais [eletrolítico], e dá para começar a desenvolver o pensamento. Antes não! Antes era tipo... eu li num livro, e é isso. [...]

Pesquisadora: Então, as suas dificuldades sobre substâncias eletrolíticas é... foram superadas? Você conseguiu melhorar a sua compreensão sobre isso?

Aluno 4: Sim. Era uma matéria que... era muito complicada para mim, porque... não sei. Acho que talvez tenha sido um bloqueio mental meu, por não ter entendido de “primeira mão”, mas agora ajudou demais! Nossa! tanto que eu sai da aula de soluções eletrolíticas, e continuei... continuei pesquisando, no tempo assim, sabe?

Pesquisadora: Ah! Então você saiu na quarta feira, e a noite começou a pesquisar?

Aluno 4: Sim, sim. Tanto que eu fiz a lista antes mesmo de sair da aula. Tipo... no intervalo da aula [a noite], eu já estava tipo... “matutando” as coisas que tinha que fazer, e tudo mais. E tipo, Nossa! Foi muito interessante mesmo! Tanto que eu salvei no meu celular alguns tópicos que você comentou, para eu dar uma aprofundada depois. E foi indo...

Conforme o que foi descrito pelo aluno 4, anteriormente este simplesmente aceitava os conceitos científicos presentes nos livros, sem questionar o porquê de determinado fenômeno ocorrer ou não. Pelas palavras do estudante, é nítido o desenvolvimento de um senso crítico e reflexivo, assim como de tomada de decisões e autonomia, visto que este passou a realizar pesquisas independentes e buscar aprofundar o conhecimento que já possuía. Tal estudante desenvolveu comportamentos almejados quando se emprega uma metodologia de ensino híbrido, pois conforme Damiance et al. (2019), o ensino híbrido pretende gerar o cooperativismo, a autonomia e a conquista de objetivos pessoais, que podem ser a superação de alguma dificuldade de compreensão de um conceito.

O ensino híbrido, por meio do uso de metodologias tecnológicas também estimula os estudantes a terem controle sobre seus processos cognitivos de aprendizagem, ou seja, desenvolve habilidades metacognitivas, o “aprender a aprender” (GARRISON; KANUKA, 2004). O aluno 4 parece ter desenvolvido tais habilidades de metacognição, já que este se viu na necessidade de buscar informações em outras fontes, para compreender de uma melhor forma o conceito de substâncias eletrolíticas. Também parece consciente de que os processos de reflexão ativa corroboram para que se construam modelos mentais mais adequados. Da

mesma forma procedeu o aluno 5, que mesmo reconhecendo certo avanço na sua compreensão conceitual, comenta sobre a necessidade de realizar revisões e aprofundamentos:

Pesquisadora: [...]. Então, você acha que algumas dessas dificuldades que você tinha com substâncias eletrolíticas, você acha que o minicurso conseguiu fazer com que você superasse pelo menos um pouco dessas dificuldades?

Aluno 5: Sim, bastante. Entendi mesmo. Só que... não totalmente, por que eu vou... tanto é que eu vou estar usando esse minicurso para rever esses conceitos. Os materiais que você enviou, eu vou usar como base, para estar revendo de novo, e reforçar ainda mais.

Conforme Moran (2015), um dos objetivos do ensino híbrido e, consecutivamente, da sala de aula invertida, é de estimular a realização de pesquisas por parte dos alunos, além de que estes realizem estudos prévios de forma autônoma. O reconhecimento dos alunos 4 e 5 sobre sua própria necessidade de pesquisar ou aprofundar conceitos e realizar revisões, estão de acordo com o argumento de Moran (2015), sobre a importância de um ensino ativo, no qual o aluno realiza atividades antes, durante e após as aulas presenciais, possui **tomada de decisões** e se percebe aprendendo.

Todos os alunos comentaram positivamente sobre a modalidade de sala de aula invertida, associada ao estudo prévio de materiais como vídeos, textos e animações, seguido de etapas de encontros presenciais para aprofundamento conceitual e realização de discussões, resolução de problemas ou de atividades em grupos. Conforme o comentário transcrito do aluno 6 a seguir, o envio de textos e vídeos antes das aulas, é interessante para se adquirir uma **concepção prévia** dos conceitos que serão abordados, além de se **iniciar o raciocínio** e gerar dúvidas que já serão direcionadas ao professor na aula seguinte:

Aluno 6: [...] eu acho que esses textos são maravilhosos quando o professor manda porque você lê, e quando você vai para aula, você vai tirar dúvidas. Então, você já tem o texto, você vê o vídeo, você já sabe mais ou menos aquele conteúdo, e o que surge de dúvidas, surge quando o professor está falando, e com o texto que você leu, às vezes você não entendeu também... Aí o professor está falando e vai surgindo dúvidas e então você vai tirando suas dúvidas, e é muito melhor!

Pesquisadora: Que legal, interessante isso! E essas atividades “para depois”, para aprofundamento, foi algo legal?

Aluno 6: De 0 a 10, 10! eu acho que é o método melhor de todos os que se usa, ... assim ... que eu vejo que os professores lá ficam só no slide, no texto, escrever o texto, mas ... sem o aluno ter um conhecimento prévio daquilo e sem tirar dúvidas. Mas eu acho que esse [do minicurso] é o melhor! O estudo

prévio dos materiais foi positivo, e acho também que é importante que o aluno tenha a consciência de, ler o material antes. Não que ele vai ter uma compreensão total quando ele ler o material, mas de ele ler o material, saber que dali ele tem dúvidas, anotar as dúvidas e levar para aula, já começa assim... talvez seria negativo se o aluno não tivesse essa consciência, talvez seria neutro [irrelevante a leitura do material] se o aluno não tivesse essa consciência de ler o material, e aí o primeiro contato com a matéria seria em aula, e talvez seria negativo se o aluno se frustrasse em não entender o material. Mas no meu caso foi positivo, por que eu fui com essa consciência de que eu vou ler, não vou ter uma compreensão total do material, mas dali vai surgir dúvidas eu vou levar para aula.

Conforme o aluno 6, existe a importância de se alertar o estudante para que realize a leitura do material ou roteiro prévio de estudos em um momento anterior aos encontros presenciais, além de tal material ser de fácil compreensão. Tais orientações atreladas a leitura de textos e visualização prévia de vídeos, foram dadas aos participantes antes da realização da pesquisa. Além disso, os textos e vídeos eram acessíveis, e por isso acredita-se que devido a isso, todos os alunos tenham considerado o **estudo prévio como algo positivo**. Outro exemplo de opinião positiva sobre a sala de aula invertida pode ser apresentado a partir dos comentários do aluno 5 e 8:

Pesquisadora: [...]. Você acha que esses materiais, eles facilitaram a sua aprendizagem ou não? O estudo prévio foi positivo?

Aluno 5: Facilitou, por que eu também gosto muito de estar lendo a matéria, antes de ter a própria aula, tipo para ter como se fosse uma noção assim. Não chegar... sem saber conceito algum, sabe? Então... eu gostei bastante dessa parte, de estar meio que me planejando antes da aula. E, foi bem positivo mesmo, por que eu gosto de estar fazendo um estudo prévio antes da aula acontecer.

Aluno 8: Ajudou bastante! porque aí você chegava na aula, no outro dia, pelo menos sabendo o que é que abordar, do que que se trata a aula e... a entender com mais facilidade que o ia passar. [...]

Pesquisadora: E... qual é a sua opinião sobre as atividades que a gente mandou posteriormente aos encontros presenciais. Você acha que foi positivo, foi negativo? O pessoal não conseguia fazer? Serviu para aprofundar mesmo, para pensar, para refletir sobre o que foi... sobre o que foi trabalhado?

Aluno 8: Ah sim! Eu achei que foi bem positivo, porque nas atividades em cada exercício, a gente pôde utilizar o que a gente aprendeu na aula. E foi bem tranquilo de fazer, para a gente treinar, neh! Ver como que a gente estava. Eu achei que foi muito bom!

A opinião dos estudantes corrobora com o argumento de Bacich, Tanzi Neto e Trevisani (2015), de que há a necessidade de se ter um domínio conceitual sobre dado assunto, para que posteriormente ocorra a instrução formalmente realizada nas salas de aula. Ou seja, conforme os autores, os textos e vídeos que são empregados

na sala de aula invertida funcionam para que se tenham conhecimentos prévios que serão aprofundados em uma aula discursiva, com resolução de problemas e atividades colaborativas. Além disso, o fornecimento de materiais de formato on-line, sejam textos, vídeos ou animações, permite uma **autonomia de pensamento**, pois ao depender da velocidade de compreensão do aluno, este pode reler ou reassistir o que ainda se mostra duvidoso; ao compreender determinado ponto, o aluno decide se irá avançar. Nas aulas presenciais, ao invés de realizar cópias de textos, os estudantes discutem suas dúvidas, trabalham em equipes para solucionar problemas e questionam o seu saber inicial (HORN; STAKER, 2015).

Segundo Silva e Silva (2014), os dispositivos móveis como os smartphones que os estudantes utilizaram ao longo das atividades que ocorreram antes, durante e posteriormente aos encontros presenciais, permitem que se realize a comunicação de muitas maneiras, pois as informações podem ser facilmente compartilhadas e o conhecimento pode ser construído de modo colaborativo. Entretanto, é possível dizer ainda que enquanto a maioria dos alunos podem possuir um smartphone, outros podem possuir smartphones mais sofisticados ou mais simples, que não possibilitem acessar certos recursos. Por exemplo, ao longo da entrevista, foi perguntado a alguns alunos se conseguiram acessar alguns jogos sobre conceitos em nível atômico-molecular, disponíveis na PlayStore (2023):

Aluno 1: É. As vezes não dava para abrir, por causa do modelo de celular, alguma coisa assim. E aí, por causa disso, não consegui acessar os jogos, por que meu celular é antigo e eu não tenho armazenamento. Aí eu não consegui instalar o aplicativo. [...].

Aluno 10: Isso. Os vídeos eu até consegui sim. E os jogos eu não consegui por que, como foi passado pela Play Store, e eu tenho iPhone... não teve como eu ter acesso.

Toda sala de aula apresenta heterogeneidades, ou seja, alunos que podem ter diferentes condições materiais de existência e diferentes costumes e valores. Desse modo, é importante fornecer recursos que todos os alunos consigam acessar. Os vídeos e animações foram os recursos tecnológicos que mais foram acessados pelos alunos, devido ao fato de estarem familiarizados com **plataformas de vídeos**, como o Youtube. Nesse sentido, para que os estudantes não fossem prejudicados, os vídeos e as cenas de animações presentes em jogos sugeridos no roteiro de estudos, também foram discutidos durante os encontros presenciais. A ausência do aluno 10 nos segundo e terceiro encontros presenciais, onde tais recursos foram trabalhados,

pode ter comprometido seu desempenho e aperfeiçoamento de detalhes em seus modelos mentais.

Todos os alunos manifestaram opiniões positivas sobre as atividades propostas durante a pesquisa, principalmente em relação aos exercícios que demandavam a realização de desenhos. Alguns dos participantes notaram uma **evolução nos seus próprios modelos mentais** externalizados a partir dos desenhos de “antes”, “durante” e “final” da reação, e isto pode ser um indício do desenvolvimento de **habilidades metacognitivas** e de se perceber aprendendo (GARRISSON; KANUKA, 2004). Alguns exemplos são comentados pelos alunos 2, 4 e 7, que manifestaram interesse nas atividades que envolviam desenhos:

Aluno 2: [...]. Nesse encontro três foi quando eu consegui fazer um desenhinho. Eu fui lá, raciocinando, fui praticando, e esse desenho foi ficando cada vez mais melhor, e eu fui desenhando... as moléculas de água da camada de solvatação. E... e aquilo era como se eu estivesse imaginando e interpretando cada vez melhor aquela reação.

Aluno 4: Por exemplo, na primeira lista que você mandou, é... os desenhos estavam bem perdidos assim... Tipo, nossa...no início da solução era só a molécula, depois os íons, depois as novas moléculas. Aí no último... na última lista que você mandou, durante a aula, já estava começando tipo... durante a reação, a gente já pensava nos íons, dissociados, mas já com as camadas solvatação, e tipo... a densidade de carga influenciando na camada e tudo mais.

Pesquisadora: Vocês tinham um dia para ler o texto, e aí no outro dia, a gente fazia um aprofundamento, não é?! Você acha que essa leitura, esse material prévio ajudou você a compreender os conceitos?

Aluno 7: Sim. Ajudou sim, ajudou bastante e eu gostei dos exercícios também... as do desenho, deu para ter uma melhor visualização da reação.

Pesquisadora: E de qual desenho você fala?

Aluno 7: Quando os exercícios pediam... assim... a tal reagente em meio aquoso, com esse daqui, aí a questão pedia tipo... o início da reação, o meio, final. E isso ajudou a melhor visualizar como funciona.

Os comentários dos alunos sobre seu interesse em desenvolver respostas na forma de desenhos, sugere que o trabalho com ilustrações ou materiais imagéticos pode ser mais atrativo aos alunos, pois tende a ser mais abrangente que o uso apenas de palavras e frases, e pode remeter a aspectos e conceitos não facilmente escritos e expressos na forma de frases (RODRIGUES; GIBIN, 2021). É possível perceber que os alunos 2 e 4, ao construir seus desenhos, **pensavam nos íons e moléculas** e realizavam tentativas de compreender os comportamentos das espécies químicas no nível submicroscópico. Ao longo dos encontros, os estudantes comparavam suas ilustrações com as imagens e simulações apresentadas durante as explicações, de

modo que os próprios participantes (alunos 2 e 4, por exemplo) perceberam mudanças nos seus modelos mentais quando os externalizava a partir de desenhos.

Segundo Ramos, Guerrero e Guerrero (2016), o trabalho com desenhos e animações permite realizar confirmações ou modificações nos modelos mentais existentes, pois elaboram-se memórias das animações e desenhos que são vistos. Os modelos mentais são consequentemente aplicados em problemas conceituais, e podem ser alterados quando não são compatíveis com o que é interpretado a partir de vídeos, animações e explicações. As alterações nos desenhos dos alunos, são reflexos das modificações que ocorreram em seus modelos mentais, que ao longo da pesquisa se tornaram mais aprimorados para explicar os fenômenos químicos.

CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo das atividades desenvolvidas, trabalhou-se com textos, vídeos e animações na modalidade de sala de aula invertida, e os participantes demonstraram melhorias em seus modelos mentais sobre estequiometria, formação de camadas de solvatação ao redor dos íons, interações em nível atômico-molecular, além de existir melhorias nas concepções sobre movimentação dos íons nos sistemas eletrolíticos e nos processos de oxirredução. Em comparação com o questionário inicial (Quadro 2), muitas dificuldades e concepções errôneas se mostraram presentes em relação a esses conceitos. Entretanto, ainda foram perceptíveis dificuldades na diferenciação das estruturas de substâncias iônicas e moleculares, na representação dos agrupamentos iônicos formadores de precipitados e na demonstração do movimento dos elétrons em um sistema de oxirredução.

Os modelos mentais errôneos que foram observadas ao longo da pesquisa consistem em concepções alternativas dos alunos, ou seja, ideias que para os estudantes são corretas e que fazem sentido, pois se vinculam às experiências cotidianas ou acadêmicas anteriores ou a modos particulares de se interpretar os fenômenos. Tais concepções alternativas, entretanto, carregam aspectos incorretos do ponto de vista científico, algo que pode ser visualizado indiretamente a partir de frases ou desenhos que refletem o modelo mental do aluno. A partir do conhecimento que se tem de algum aspecto errôneo, o docente pode realizar novas discussões e aprofundamentos a fim de que o estudante modifique os *tokens* de seu modelo mental, para que compreenda melhor um conceito científico, tornando o modelo mental mais coerente.

Dessa forma se fez na presente pesquisa, e, conseqüentemente, a partir da observação e análise inicial dos modelos mentais a partir de um questionário prévio, realizaram-se atividades e discussões que resultaram em modelos mentais mais coerentes, conforme observado para os formulários 1, 2 e 3. Concepções incorretas ainda se mostraram presentes, entretanto, deve-se considerar o fato de que os modelos mentais possuem características inexatas, subjetivas e não científicas, além do fato de que alguns de seus aspectos podem se confundir um com o outro ou ser esquecidos facilmente (NORMAN, 1983). Pode-se considerar, no entanto, que a metodologia da sala de aula invertida associada ao uso de ferramentas tecnológicas

e imagéticas, auxiliou na diminuição das dificuldades dos estudantes em termos de pensamento em nível submicroscópico.

Os licenciandos passaram a apresentar opiniões totalmente positivas sobre a modalidade de sala de aula invertida, visto que o contato prévio com alguns conceitos na forma de textos, vídeos ou simulações em momentos anteriores a aula, foi considerado essencial para o desenvolvimento do conhecimento conforme o ponto de vista dos estudantes, além de que o trabalho com atividades em desenho, *quizzes* da plataforma *Kahoot!* e simulações sobre os fenômenos em nível atômico-molecular estimularam a participação ativa, as discussões e colaboraram para o aumento da motivação e engajamento dos estudantes. O aumento na motivação e engajamento dos estudantes se tornou especificamente evidente nas falas da entrevista com os alunos 2, 4 e 6 (Apêndice J). O aluno 6, por exemplo, comenta o seguinte em relação a sala de aula invertida: “Achei ótimo! É esse método que eu vou utilizar com os meus alunos depois que eu me formar!”.

Tendo isso em vista, é essencial que os modelos mentais de licenciandos em Química passem a ser conhecidos, já que atuarão na formação de alunos do Ensino Médio e algum aspecto incorreto em seus modelos mentais pode ser futuramente refletido pelos estudantes da educação básica. Os resultados obtidos sugerem implicações para os cursos de formação de professores, principalmente quando se refere ao predomínio que há atualmente do uso de materiais textuais em relação às ferramentas imagéticas e de ilustração, uma vez que se passou a considerar erroneamente os materiais imagéticos como inferiores e “menos racionais” que os símbolos textuais e a linguagem oral (SEBATA, 2006; ONTORIA; LUQUE; GÓMEZ, 2008). Entretanto, as ferramentas imagéticas, como as animações e as simulações ou mesmo simples ilustrações, tem papel fundamental no desenvolvimento da criatividade, imaginação e exposição de aspectos que não podem ser facilmente externalizado pela linguagem oral e escrita (COSTA, 2005; RODRIGUES, 2021). A utilização dos recursos ilustrativos na formação de professores é fundamental principalmente durante momentos de reflexão sobre as espécies químicas em nível atômico, pois conforme relatos dos participantes desta pesquisa, estes passaram a raciocinar em nível submicroscópico a partir dos desenhos que realizavam e animações que visualizavam.

Para Pinheiro, Pessoa Júnior e Araújo (2015), a utilização de simulações e outros recursos imagéticos durante a formação de professores, permite que estes

desenvolvam a criatividade, o pensamento crítico e a imaginação sobre fenômenos abstratos e complexos, e deste modo, estes passam a correlacionar com maior facilidade, conforme Melo (2015), os diferentes níveis de representação do conhecimento químico, a fim de desenvolver concepções (modelos mentais) mais adequados sobre os fenômenos químicos. Este processo se torna vital durante a formação de professores de Química, visto que os modelos mentais desses sujeitos poderão refletir diretamente nas concepções construídas pelos seus alunos. Além disso, quando o licenciando em Química compreende que a utilização de desenhos e animações em sala de aula pode desmistificar conceitos químicos complexos e auxiliar na identificação de aspectos falhos nos modelos mentais dos alunos, este poderá facilitar o desenvolvimento de modelos mentais mais adequados pelos seus futuros alunos, assim como poderá ensiná-los a racionar em uma escala impossível de ser percebida pelos sentidos (RODRIGUES, 2021).

Em relação a relevância do emprego do ensino híbrido (como a sala de aula invertida), no ensino da Química ou de outras ciências, pode-se dizer que, conforme as falas de alguns dos alunos entrevistados, a exemplo do aluno 6, estes tendem a valorizar a leitura prévia de textos e a visualização de vídeos anteriormente ao aprofundamento dos conceitos em sala de aula, uma vez que isto lhes permite uma autonomia de pensamento e de organização do seu processo de aprendizagem: Em uma das falas do aluno 6 durante a entrevista final realizada, este ressalta que os materiais de estudo prévio são [...] maravilhosos quando o professor manda porque você lê, e quando você vai para aula, você vai tirar dúvidas. Então, você já tem o texto, você vê o vídeo, você já sabe mais ou menos aquele conteúdo [...] (Aluno 6). Deve-se relatar também que o aumento de curiosidade e participação ativa dos estudantes ao longo do minicurso, possa ter sido uma decorrência do fato de que os alunos que manifestaram interesse pelo minicurso, já que é possível que possuíam tal motivação intrínseca ao fato de se desejar participar das atividades.

Ao realizar estudos prévios em momentos que melhor se adequem a sua rotina, o aluno pode reassistir vídeos, realizar pesquisas prévias e realizar a leitura de textos que lhe permitam uma compreensão maior dos conceitos durante os encontros presenciais, dedicados a um aprofundamento, discussões e realização de dinâmicas ou atividades (HORN; STAKER, 2015). Conforme os autores, isto permite que as situações de ensino se adequem às diferentes velocidades de compreensão dos alunos, ou seja, a sala de aula invertida se torna uma metodologia compatível com a

heterogeneidade de ritmos de aprendizagem presente em uma sala de aula. Consequentemente, isto se torna vantajoso em aulas de Química, uma vez que é possível que diferentes alunos tenham diferentes níveis de facilidade de compreensão dos níveis de representação química, ou diferentes ritmos de aprendizagem.

Atualmente as tecnologias são fundamentais ao ensino das Ciências como a Química, pois simplificam o entendimento dos processos em nível submicroscópico e, se aliadas ao ensino híbrido, colaboram para a maior autonomia do estudante em tomar decisões que guiem sua aprendizagem, possibilita o desenvolvimento de momentos de discussão crítica e participativa, permite a diminuição das dificuldades de compreensão de fenômenos abstratos, além de possibilitar o uso de diversas ferramentas para atividades on-line ou presenciais, e a proposta de trabalhos colaborativos que engajem os estudantes.

REFERÊNCIAS

- ADU-GYAMFI, K.; AMPIAH, J. G. Chemistry students' difficulties in learning oxidation-reduction reactions. **Chemistry: Bulgarian Journal of Science Education**, v. 28, n. 2, p. 180-200, 2019.
- AGUIAR, L. K. **Simulações interativas no ensino de Química: Uma experiência sobre os estados de agregação da matéria**. 2016. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Educação na Cultura Digital) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.
- ALBINO, T. S. L. A Prática Docente e o Uso de Metodologias Alternativas no Ensino de Matemática: Um olhar para as escolas que adotam propostas pedagógicas diferenciadas. *In*: ENCONTRO BRASILEIRO DE ESTUDANTES DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 19., 2015, Juiz de Fora. **Anais [...]**. Minas Gerais, 2015.
- ALEXANDRE, N. M. C.; COLUCI, M. Z. O. Validade de conteúdo nos processos de construção e adaptação de instrumentos de medidas. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 7, p. 3061-3068, 2011.
- ALMEIDA, S. S.; MARCELINO, V. S.; MACHADO, C. B. H. Ensino de Química e Aplicativos Educacionais: elaboração de material didático. **Revista EducaOnline**, Rio de Janeiro, v.14, n.3, p.98-114, set-dez. 2020.
- ANDERSSON, B. Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16). **Studies in Science Education**, v. 18, p. 53-85, 1990.
- ARAÚJO, M. P. **Reações em soluções aquosas e estequiometria de reações**. Universidade Federal do Paraná, 2019. Disponível em: http://www.quimica.ufpr.br/paginas/marcio-peres/wp-content/uploads/sites/6/2019/06/Reacoes-em-solucoes-aquosas-e-estequiometria-de-solucoes_MPA.pdf. Acesso em: 13. jun. 2021.
- AYRES, A. C. M.; SELLES, S. E. História da formação de professores: Diálogos com a disciplina escolar Ciências no Ensino Fundamental. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 14, n. 2, p. 95-107, 2012.
- BACICH, L.; MORAN, J. Aprender e ensinar com foco na educação híbrida. **Revista Pátio**, Porto Alegre, n. 25, p. 45-47, 2015.
- BACICH, L.; MORAN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: Uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre (RS): Penso Ltda., 2018. 401 p.
- BACICH, L.; TANZI NETO. A.; TREVISANI, F. M. **Ensino Híbrido: personalização e tecnologia na Educação**. Porto Alegre: Penso Ltda., 2015.
- BATISTA, K. T.; ANDRADE, R. R.; BEZERRA, N. L. O papel dos comitês de ética em pesquisa. **Revista Brasileira de Cirurgia Plástica**, São Paulo, v.20, n.1, p. 150-155, 2012.

BARCELOS, G.; BATISTA, S. C. F. Ensino Híbrido: aspectos teóricos e análise de duas experiências pedagógicas com Sala de Aula Invertida. **Renote**, Rio Grande do Sul, v.17, n.2, p.60-75, ago. 2019.

BARKE, H. Two ideas of the redox reaction: misconceptions and their challenge in chemistry education. **American Journal of Civil Engineering**, New York, v. 2, n. 2, p. 32-50, 2012.

BARKE, H.; HAZARI, A.; YITBAREK, S. **Misconceptions in chemistry**: addressing perceptions in chemical education. Berlim Heidelberg: Springer-Verlag, 2009, p. 235-259.

BELEI, R. A.; GIMENIZ-PASCHOAL, S. R.; NASCIMENTO, E. N.; MATSUMOTO, P. H. V. R. O uso de entrevista, observação e videogravação em pesquisa qualitativa, **Cadernos de Educação**, Pelotas, v. 30, p. 187 - 199, 2008.

BERGMANN, J.; SAMS, A. **Sala de aula invertida**: uma metodologia ativa de aprendizagem. 1. ed. Rio de Janeiro, 2016.

BORGES, A. T. Um estudo de modelos mentais. **Investigações em ensino de ciências**, Rio Grande do Sul, v. 2, n. 3, p. 207-226, dez. 1997.

BORGES, R. S.; SÁ, E. R. A.; SOUSA, N. M. O. Percepção dos estudantes sobre o uso da ferramenta de simulação interativa PhET no ensino de Química. **Educação Química em Ponto de Vista**, Rede Latino-Americana de Pesquisa em Educação Química – ReLAPEQ, v.4, n.2, 2020.

BILIR, V.; KARAÇAM, S. Evaluation of mental models of prospective science teachers on chemical reactions. **Journal of Pedagogical Research**, v. 5, n. 1, p. 258-274, 2021.

BRASILEIRO, L. B.; MATIAS, J. C. Simulações computacionais no ensino de Química: Estudando as microondas. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v.14, n.2, 2019.

CAAMAÑO, A. La enseñanza y el aprendizaje de la química. *In*: JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (coord.) *et al.* **Enseñar Ciencias**. Barcelona: Graó, 2007, p. 95 - 118.

CARMEL, N. J. C.; PACCA, J. L. A. Concepções alternativas em eletroquímica e circulação da corrente elétrica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 1, p. 7-26, 2011.

CARVALHO, A. C. G. **Análise do desenvolvimento de modelos mentais a partir da contribuição de atividades investigativas**. 2022. 164 f. Dissertação (Mestrado em Ensino e Processos Formativos: Ensino de Ciências) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2022.

CARVALHO, A. M. P.; GIL PÉREZ, D. As pesquisas em ensino influenciando a formação de professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 14, n. 4, p. 247-252, 1992.

CHAER, G.; DINIZ, R. R. P.; RIBEIRO, E. A. A técnica do questionário na pesquisa educacional. **Evidência**, Araxá, v. 7, n. 7, p. 251-266, 2011.

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

COSTA, T. C. M.; OLIVEIRA, I. P. S.; SANTOS, L. M. Uso do aplicativo kahoot: uma ferramenta pedagógica para as aulas de química por intermediação tecnológica. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 9, p. 14321-14326, 2019.

DAMIANCE, P. R. M.; QUEIROZ, F. C.; BRUZON, G.; CARBONE, M. S.; MAGALHÃES, L. H.; FARIA, M. L. Ensino híbrido na licenciatura em Química: Relato de experiência. **Em Rede: Revista de Educação a Distância**, v. 6, n. 2, p. 323-333, 2019.

DAMIANI, M. F.; ROCHEFORT, R. S.; CASTRO, R. F.; DARIZ, M. R.; PINHEIRO, S. S. Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. **Cadernos de Educação | FaE/PPGE/UFPel**, Pelotas, n. 45, p. 57 – 67, maio/agosto 2013.

D' AMORE, B. **Elementos de didática da Matemática**. São Paulo: Cortez, 184p, 2007.

DE GRAZIA, J. L.; FALCONER, J. L.; NICODEMUS, G.; MEDLIN, W.; MEDLIN, W. Incorporating screencasts into chemical engineering courses. In: **ASEE Annual Conference & Exposition**, San Antonio, Texas, p. 25-762, jun. 2012.

DELISMA, D.; WIJI; WIDHIYANTI, T. Conception, threshold concept, and troublesome knowledge in redox reaction. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1521, 2020.

DAVIS, L.L. Instrument review: Getting the most from a panel of experts. **Applied Nursing Research**, Philadelphia, n. 5, p. 194–197, 1992.

DIAS, K.; PINTO, F. C. F. A Educação e a Covid-19. **Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 108, p. 545-554, 2020.

DUTRA, M. L.; COSTA, M. L. F. O ensino híbrido por meio das tecnologias como possibilidade de aprendizagem no ambiente escolar. In: PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência de Educação. **Os Desafios da Escola Pública Paranaense na Perspectiva do Professor PDE**: 2016. Curitiba: SEED/PR., 2018. v. 1.

FERNANDES, R. S. **Diagnóstico de dificuldades de aprendizagem relacionadas ao estudo de estequiometria com alunos do Ensino Médio da rede pública estadual do Rio Grande do Sul e proposta de estratégia didática**. 2019. 89 f.

Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. DA S. Modelagem e o “Fazer Ciência”. **Química Nova na Escola**, v. 28, p. 32–36, 2008.

FIDELIS, J. P. S.; SANTOS, A.; SILVA, S. R.; GIBIN, G. B. **Modelos mentais de alunos sobre densidade desenvolvidos com o auxílio de simulações computacionais**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA: CRIAR E EMPREENDER, 39., Goiânia, 2016. **Anais [...]** Goiânia: SBQ, 2016.

FINAZZI, G. A.; MARTINS, C. N.; CAPELATO, M. D.; FERREIRA, L. H. Desenvolvimento de experimento didático de eletrogravimetria de baixo custo utilizando princípios de química verde. **Química Nova**, v. 39, n. 1, p. 137-261, 2016.

FLICK, U. **Introdução à metodologia de pesquisa**: Um guia para iniciantes. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

FRANTZ, D. S. F. S.; MARQUES, N. L. R.; NUNES, J. F.; MARQUES, I. L. Ensino Híbrido com a utilização da plataforma Moodle. **Revista Thema**, Pelotas, v.15, n.3, p. 1175-1186, 2018.

FREIRE, M. S.; SILVA JÚNIOR, C. N.; SILVA, M. G. L. Dificuldades de aprendizagem no ensino de eletroquímica segundo licenciandos de química. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8., 2012, Campinas. **Anais [...]**. Campinas, SP, p. 181-192, 2012.

FREITAS, D.; VILLANI, A. Formação de professores de Ciências: Um desafio sem limites. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 215-230, 2002.

GABRE, S. Contribuições da pesquisa intervenção na construção de um projeto educativo no museu de arte: Pensando a mediação cultural para a pequena infância. In: ANPED SUL - SEMINÁRIO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DA REGIÃO SUL, 9., 2012, Caxias do Sul. **Anais [...]**. Caxias do Sul: ANPED, 2012.

GALIAZZI, M. C.; MORAES, R. Educação pela pesquisa como modo, tempo e espaço de qualificação da formação de professores de Ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 8, n. 2, p. 237-252, 2002.

GARRISON, D. R.; KANUKA, H. Blended learning: Uncovering its transformative potential in higher education. **The Internet and Higher Education**, v. 7, n. 2, p. 95-105, 2004.

GIBIN, G. B. **Investigação sobre a construção de modelos mentais para o conceito de soluções por meio de animações**. 2009. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

GIBIN, G. B.; FERREIRA, L. H. A Formação inicial em química baseada em conceitos representados por meio de modelos mentais. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 8, p. 1809-1814, 2010.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de Ciências. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 10, p. 43-49, 1999.

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: Tipos Fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 35, n.3, p. 20-29, 1995.

GOMES, A. S.; ABREU, J. A. B.; LIMA, L. C. C.; SOUSA, F. V. C. Ensino e aprendizagem com a rede social Openredu. *In*: J. E. R. LEITE.; H. M. SOUSA & E. D. S. OLIVEIRA. (Org). **Tecnologias em EaD**: Métodos e Práticas, João Pessoa, Editora da UFPB, v.2, p.7-35, 2017.

GOPALAN, C.; KLANN, M. C. The Effect of Flipped Teaching Combined with Modified Team-Based Learning on Student Performance in Physiology. **Advances in Physiology Education**, v. 41, n. 3, p. 363-367, 2017.

GRAHAM, C. R. **Blended Learning Systems**: Definition, Current Trends, and Future Directions. *In*: Graham, C. Handbook of Blended Learning. 1. ed. São Francisco: Pfeiffer, 2003. (Kindle), cap. 1, p. 3-22.

GÜNTHER, H. Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão? **Psicologia: Pesquisa e Teoria**, Brasília, v. 22, n. 2, 2006.

HAUPT, F. T.; RAUPP, D. T. Os desafios para aprendizagem e as estratégias para o ensino de estequiometria de reações: uma revisão sistemática de literatura. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2021, 13., Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande, PB, 2021.

HODGES, C. B.; MOORE, S.; LOCKEE, B. B.; TRUST, T. The Difference Between Emergency Remote Teaching and Online Learning. **Educause Review**, Colorado, mar. 2020. Disponível em: <https://er.educause.edu/articles/2020/3/the-difference-between-emergency-remote-teaching-and-online-learning>. Acesso em: 12. mar. 2021.

HOLANDA, G. S.; FARIAS, I. M. S. Estratégia da triangulação: Uma incursão conceitual. **Revista Atos de Pesquisa em Educação**, Blumenau, v.15, n.4, p. 1150-1166, out./dez., 2020.

HORN, M. B.; STAKER, H. **Blended**: usando a inovação disruptiva para aprimorar a educação. Porto Alegre (RS): Penso, 2015.

JOHNSON-LAIRD, P. N. Mental Models in Cognitive Science. **Cognitive Science: A multidisciplinary Journal**, Medford, MA, v.4, n.1, p.71-115, 1980.

JOHNSON-LAIRD, P. N. **Mental models**: towards a cognitive Science of language, inference, and consciousness. Massachusetts: Harvard University Press, 1983.

JOHNSON-LAIRD, P. N. **Modelos mentales en ciencia cognitiva**. In: NORMAN, D. A. Perspectivas de la ciencia cognitiva. Barcelona: Ediciones Paidós, p. 179-231, 1987.

JOHNSON-LAIRD, P. N. The history of mental models. **Psychology of reasoning: Theoretical and Historical perspectives**, v. 8, p. 179–212, 2004.

JOHNSON-LAIRD, P. N. **How we reason**. New York: Oxford University Press, 2008.

JOHNSTONE, A. H. Chemical Education Research: Where from Here? **University Chemistry Education**, Glasgow, v.4, n.1, p.34-38, 2000.

JOVE, **Journal of Visualized Experiments**. Science Education Database. Disponível em: <https://www.jove.com/educationcore>. Acesso em: 09.nov.2021.

JUSTI, R. S.; RUAS, R. M. Aprendizagem de Química: Reprodução de pedaços isolados de conhecimento? **Química Nova na Escola**, São Paulo, n.5, p. 24-27, 1997.

KAHOOT. **Plataforma Kahoot!**: Inserir PIN do jogo. Disponível em: www.kahoot.it. Acesso em: 10. mar. 2021.

KAPP, K. M. **The Gamification of Learning and Instruction**: game-based methods and strategies for training and education. San Francisco: Pfeiffer, 2012.

KAUARK, F. S.; MALHÃES, F. C.; MEDEIROS, C. H. **Metodologia de Pesquisa**: um guia prático. Itabuna/BA: Editora Via Litterarum. 2010. 88p.

KELLY, R. **Conflicting Animation Series - Redox Animation #1**, dez, 2018. 1 vídeo (0:57 seg). Publicado pelo canal Resa Kelly. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=6-EuRBX5dUs>. Acesso em: 02.mar.2022.

KELLY, R. M. BARRERA, J. H.; MOHAMED, S. C. An Analysis of Undergraduate General Chemistry Students' Misconceptions of the Submicroscopic Level of Precipitation Reactions. **Journal of Chemical Education**, Rochester, v. 87, n. 1, p. 113-118, 2009.

KERN, A. L.; WOOD, N. B.; ROEHRIG, G. H.; NYACHWAYA, J. A qualitative report of the ways high school chemistry students attempt to represent a chemical reaction at the atomic/molecular level. **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, v. 11, n. 3, p. 165-172, 2010.

KHAN ACADEMY. **Reacções de precipitação**, mai. 2017. 1 vídeo (10:38 min). Publicado pelo canal Khan Academy Brasil. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=U8O6FPWbm_4&t=2s. Acesso em: 13. jun. 2021.

KHAN, M. H. S.; ABDOL, B. O. Flipped Classroom: How Institutions of Higher Education (HEIs) of Bangladesh Could Move Forward During Covid-19 Pandemic. **Social Sciences Humanities Open**, jun. 2020. Disponível em:

https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3615400. Acesso em: 14.mar.2021.

LAB DE REAÇÕES. **Laboratório Virtual de Reações**: substâncias e soluções iônicas. Google Play Store. Acesso em: 6.jun.2021.

LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. M.; NARDI, R. Pluralismo metodológico no ensino de Ciências, **Ciência & Educação**, São Paulo, v.9, n.2, p. 247-260, 2003.

LAGRECA, M. C. B.; MOREIRA, M. A. Tipos de representações mentais utilizadas por estudantes de Física Geral na área de Mecânica Clássica e possíveis modelos mentais nessa área. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 202-215, mar. 1999.

LAJIUM, D. A. D. **Students' Mental Models of Chemical Reactions**. 2013. 484f. Thesis (Doctor of Philosophy (PhD)) - University of Waikato, Hamilton, New Zealand, 2013.

LANKSHEAR, C. **The stuff of new literacies**. Arizona State University, abril, 2007. Disponível em: <http://www.oocities.org/c.lankshear/stuff.pdf>. Acesso em: 16.mar.2021.

LANGHI, R.; NARDI, R. Trajetórias Formativas Docentes: buscando aproximações na bibliografia sobre formação de professores. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 5, n. 2, p. 7-28, 2012.

LEITE, B. S. Aprendizagem Tecnológica Ativa. **Revista Internacional de Educação Superior**, Campinas, v.4, n.3, p. 580-609, 2019.

LEITE, B. S. Kahoot! e Socrative como recursos para uma Aprendizagem Tecnológica Ativa gamificada no ensino de Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v.42, n.2, p. 147-156, 2020.

LICORISH, S. A.; OWEN, H. E.; DANIEL, B.; GEORGE, J. L. Students' perception of Kahoot!'s influence on teaching and learning. **Research and Practice in Technology Enhanced Learning**, Taiwan, v.13, n.9, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s41039-018-0078-8>. Acesso em: 16.mar.2021.

LOCATELLI, S. W.; ARROIO, A. Dificuldades na transição entre os níveis simbólico e submicro – Repensar o macro pode auxiliar a compreender reações químicas? In: **Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias**, 10., Sevilla, p. 4239-4244, setembro. 2017.

LOPES, A. **Tudo junto e misturado**. Revista ARede, v.12, n.103, 2015. Disponível em: <https://www.aredo.inf.br/educacao-especial-as-tecnologias-que-a-educacao/>. Acesso em: 09.mar.2021.

LOPES, F. A. M. H.; MARTINS, E. E. L.; PEREIRA, I. C. A.; WANDERLEY, A. F. Modelos Mentais: Uma construção teórica significativa no processo de ensino-aprendizagem de Química. In: **I Encontro Regional de Química e IV Semana de Química da UFCG**, Paraíba, Cajazeiras, nov. 2018.

MAINARDES, J. A ética na pesquisa em educação: panorama e desafios pós Resolução CNS nº 510/2016. **Revista Educação**, Porto Alegre, v.40, n.2, p. 160-173, 2017.

MANI, K.; JOHNSON-LAIRD, P. N. The mental representation of spatial descriptions. **Memory & Cognition**, v. 10, n. 2, p. 181–187, 1982.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. Editora Atlas, São Paulo, 2003, 311p.

MARGOLIS, A. R.; PORTER, A. L.; PITTERLE, M. E. Best practices for use of blended learning. **American Journal of Pharmaceutical Education**, Philadelphia, v. 81, n. 3, 2017.

MARTINS, P. C. M.; FERNANDES, S. A.; GOMES, T. S. Abordagem de conteúdos conceituais e procedimentais em Física através da mediação de atividades investigativas e simulações computacionais. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2017, 11., Florianópolis. **Anais [...]**. Santa Catarina, 2017.

MARTINS, E. R.; GOUVEIA, L. M. B. Revisão sistemática sobre sala de aula invertida na produção científica indexada ao Scopus nos anos de 2016 e 2017. In: N. L. BATISTA.; T. FELTRIN & M. RIZZATTI. (Org.). **Formação, Prática e Pesquisa em Educação 2**. Ponta Grossa (PR): Atena Editora, p. 222-231, 2019.

MATOS, M. G. J. **Análise de animações/simulações em ambientes virtuais de aprendizagem para o ensino de Biologia**. 2017. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Pernambuco, Vitória de Santo Antão, 2017.

MATTAR, J. Aprendizagem em Ambientes Virtuais: teorias, conectivismo e MOOCs. **Revista digital de tecnologias cognitivas**, São Paulo, n.7, p. 21-40, 2013.

MATTOS, B. O.; RIBEIRO, J. P. M.; CORREIA, O. M. L. J.; RODRIGUES FILHO, U. P. Uso do simulador Reações e Taxas da plataforma PhET como ferramenta didática para o ensino de Cinética em Química Inorgânica. In: **Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química**, 11., UNIFESP-Diadema, 2021.

MELO, M. S. **A transição entre os níveis – macroscópico, submicroscópico e representacional** – uma abordagem metodológica. 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2015.

MENDES, Rosana Maria. **A formação do professor que ensina matemática, as tecnologias de informação e comunicação e as comunidades de prática: uma relação possível**. 2013. 285 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2013.

MENDES, R. M.; MISKULIN, R. G. S. A análise de conteúdo como uma metodologia. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, v.47 n.165, p. 1044-1066, jul./set. 2017.

MENDES, A. P.; SANTANA, G.; PESSOA JÚNIOR, E. O Uso do Software PhET como Ferramenta para o Ensino de Balanceamento de Reação Química. **Revista Areté: Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, Manaus, v.8, n.16, p.52-60, jan-jun. 2015.

MENDONÇA, K. C. N. C.; LIMA JÚNIOR, D. X.; SOUZA, I. L. Ensino remoto emergencial: Uma análise da percepção dos docentes dos anos iniciais em uma escola paraibana. *In: VII Congresso Nacional de Educação*, 7., Maceió, out. 2020.

MILHOMEM, L. F.; OLIVEIRA, J. V. A.; LIMA, F. P. Uso do Kahoot no Ensino de Química: Uma Nova Ferramenta na Educação Básica. *In: IX Jornada de Iniciação Científica e Extensão*, Palmas, 2018.

MOLINA, R. K. Pesquisar com narrativas docentes: experiência, epistemologia e ética. **Educação Pública**, Cuiabá, v.20, n.44, p. 429-441, 2011.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**, Bauru, v.9, n.2, p. 191-210, 2003.

MORAN, J. Educação híbrida: um conceito-chave para a educação, hoje. *In: L. BACICH.; A. T. NETO & F. M. TREVISANI. (Org). Ensino Híbrido: Personalização e tecnologia na Educação*. Porto Alegre (RS): Penso Ltda., 2015. p. 27-54.

MORAN, J. Metodologias Ativas para uma aprendizagem mais profunda. *In: L. BACICH & J. MORAN. (Org). Metodologias ativas para uma educação inovadora: Uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre (RS): Penso Editora Ltda., 2018. p. 34-72.

MOREIRA, M. A. Modelos mentais. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, Rio Grande do Sul, v.1, n.3, p. 193-232, dez. 1996.

MOREIRA, M. I. C. Pesquisa-intervenção: especificidades e aspectos da interação entre pesquisadores e sujeitos da pesquisa. *In: CASTRO, L. R de e BESSET, V. L. (Orgs.) Pesquisa-intervenção na infância e juventude*. Rio de Janeiro: NAU, 2008.

NASCIMENTO, B. J. C. A construção de um novo paradigma de educar: do singular ao coletivo, reflexões necessárias em tempos de pandemia. **Simbiótica**, Espírito Santo, vol.7, n.1, jun. 2020.

NASCIMENTO, V. A.; VINHA, M. P.; SILVA, T. A.; SANTOS, R. G.; KLEIN, K. V. Plataforma Socrative como proposta de ensino e aprendizagem lúdica sobre polímeros. *In: ENCONTRO PAULISTA DE PESQUISA EM ENSINO DE QUÍMICA*, 11., 2021, Diadema. **Anais [...]**. Diadema: UNIFESP-Diadema, 2021.

NAW, N. Designing a Flipped Classroom for Myanmar Universities during COVID-19 Crisis. **University Journal of ICT in Multidisciplinary Issues on Arts & Science, Engineering, Economics and Education**, Delhi, India, v.1, jun. 2020.

NORMAN, D. A. Some observations on mental models. *In*: D. Gentner., & A. L. Stevens. (Org). **Mental models**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1983. p. 7-14.

OLIVEIRA, R. C. M. (ENTRE)Linhas de uma Pesquisa: o Diário de Campo como dispositivo de (in)formação na/da abordagem (Auto)biográfica. **Revista Brasileira de Educação de Jovens e Adultos**, v. 2, n. 4, p.69-87, 2014.

OLIVEIRA, N.F.; AZEVEDO, T.M.; SODRÉ NETO, L. Concepções alternativas sobre microrganismos: alerta para a necessidade de melhoria no processo ensino aprendizagem de Biologia. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (RBECT)**, Ponta Grossa, v. 9, n. 1, p. 260-276, jan./abr. 2016.

OLIVEIRA, J. L. S.; LIMA, P. S. N.; CARVALHO, C. L.; FONSECA, A. V. S. Sala de aula 4.0 – Uma Proposta de Ensino Remoto Baseado em Sala de Aula Invertida, *Gamification* e PBL. **Revista Brasileira de Informática na Educação – RBIE**, Porto Alegre, v.28, p.909-933, 2020.

OLIVEIRA, C. O.; ROSSI, A.; ALVES, E. R. Ensino híbrido aplicado na revisão de ácido-base de Arrhenius no ensino médio. **Educação Química em Ponto de Vista**, Rede Latino-Americana de Pesquisa em Educação Química – ReLAPEQ, v.4, n.1, p. 97-114, 2020.

OLLAIK, L. G.; ZILLER, H. M. Concepções de validade em pesquisas qualitativas. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 229-241, 2012.

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

OVIGLI, D. F. B.; BERTUCCI, M. C. S. O ensino de Ciências nas séries iniciais e a formação do professor nas instituições públicas paulistas. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Curitiba, v. 2, n. 2, p. 88-104, 2009.

PAIXÃO, F; ORTIGÃO, M. Compreensão da reação de precipitação do iodeto de chumbo entre os níveis de análise macro e micro no ensino da química. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 16., 2016, Lisboa. **Anais [...]**. Lisboa: Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, 2015.

PHET, Interactive Simulations. **Balanceamento de Reações Químicas**. University of Colorado Boulder, Colorado, 2021. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/balancing-chemical-equations. Acesso em: 12.jun.2021.

PINHEIRO, A. F.; PESSOA JÚNIOR, E. S. F. P.; ARAÚJO, M. D. Software de Simulação: Um Recurso Facilitador no Processo de Ensino e Aprendizagem de Química no Ensino Médio. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 12., Curitiba, 2015. **Anais [...]**. Curitiba: EDUCERE, 2015.

PIVA, G. M. **Diferentes olhares sobre as contribuições da psicologia da educação na formação inicial de professores de Química**. 2022. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2022.

PIVA, G. M.; ALMEIDA, L. F.; KOHORI, R. K.; GIBIN, G. B. Desenvolvimento de modelos mentais por meio da elaboração e aplicação de modelos físicos alternativos para o ensino de atomística. **Revista Ciências & Ideias**, Nilópolis, RJ, v.10, n.2, p. 210-230, 2019.

PIVA, G. M.; SANTOS, C. M.; KOHORI, R. K.; GIBIN, G. B. O uso do smartphone no desenvolvimento de modelos mentais dos alunos no ensino de Química: aplicativos de simulação virtual e realidade aumentada. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v.12, n.1, p. 1-24, jan./mar. 2021.

PLAY STORE. **Google Play**. [Site institucional]. Disponível em: https://play.google.com/store/apps?hl=pt_BR&gl=US. Acesso em: 25.01.2023.

POLIT, D. F.; BECK, C. T.; OWEN, S. V. Is the CVI an Acceptable Indicator of Content Validity? Appraisal and Recommendations. **Research in Nursing & Health**, Hoboken, n.30, p. 459–467, 2007.

POSTIGO, M. **Cobre Metálico em Solução de Nitrato de Prata (AgNO_3)**, abr. 2021. 1 vídeo (0:35 seg). Publicado pelo canal Matheus Postigo. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=jozYVBHC1cl>. Acesso em: 1.mar.2022.

QUÍMIKA. **Teste de condutividade elétrica, eletrólitos e grau de dissociação**, 2021. 1 vídeo (11:06 min). Publicado pelo canal QuímiKa. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=tzn_ugkmYOQ. Acesso em: 17.mar.2022.

RAMOS, S. R.; GUERRERO, G. L.; GUERRERO, M. M. L. **How to make chemistry interesting for engineering students through information and communication technology**. In: INTERNATIONAL ACADEMIC CONFERENCES, 23., 2016. Venice, **Proceedings** [...] Venice: International Institute of Social and Economic Sciences, 2016. Disponível em: <https://ideas.repec.org/p/sek/iacpro/3606169.html>. Acesso em: 02.ago.2022.

REDHANA, I. W.; SUDRIA, I. B.; SUARDANA, I. N.; SUJA, I. W.; PUTRIANI, V. D. Students' mental models in acid-base topic. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1521, 2020.

REIS, S. F.; CASTRO, M. A. P.; FRANCO, R. D. S.; SANTOS, R. G.; KLEIN, K. V. Kahoot e Mentimeter como ferramentas de ensino e aprendizagem sobre polímeros. In: ENCONTRO PAULISTA DE PESQUISA EM ENSINO DE QUÍMICA, 11., UNIFESP-Diadema, 2021. **Anais** [...]. Diadema: EPPEQ, 2021.

ROCHA, M. L.; AGUIAR, K. F. Pesquisa-Intervenção e a Produção de Novas Análises. **Psicologia: Ciência e Profissão**, Brasília, v.23, n.4, p. 64-73, 2003.

ROCHA, T. A. S.; OLIVEIRA, A. P. S.; MORAES, S. A.; EPOGLOU, A. A Pilha de Daniell: Concepções Apresentadas por alunos do 2º ano do Ensino Médio de uma Escola Pública de Ituiutaba – MG. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 4., 2017, João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa, 2017.

RODRIGUES, A. M. **Modelos mentais sobre conceitos de eletroquímica de licenciandos em Química desenvolvidos pela técnica de Stop Motion**. 2021. Monografia (Licenciatura em Química) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2021.

RODRIGUES, A. M.; GIBIN, G. B. Investigação sobre modelos mentais de alunos do Ensino Médio sobre eletrólise expressos em animações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO, 7., 2019, Bauru. **Anais [...]**. Bauru, jul. 2019.

RODRIGUES, A. M.; GIBIN, G. B. **Uso de animações em stop motion no ensino de Química**: Uma proposta cognitivista. Porto Alegre, RS: Editora Fi, 2021.

RONDINI, C. A.; PEDRO, K. M.; DUARTE, C. S. Pandemia da Covid-19 e o ensino remoto emergencial: Mudanças na prática pedagógica. **Interfaces Científicas**, Aracaju, v.10, n.1, p. 41-57, 2020.

RUSSEL, J. W.; KOZMA, R. B.; JONES, T.; WYKOFF, J.; MARX, N.; DAVIS, J. Use of simultaneous-synchronized macroscopic, microscopic, and symbolic representations to enhance the teaching and learning of chemical concepts. **Journal of Chemical Education**, Rochester, v. 74, n.3, p.330-334, march. 1997.

SANTANA, D. A. S.; WARTHA, E. J. Construção e validação de instrumento de coleta de dados na pesquisa em Ensino de Ciências. **Revista de Educação em Ciências e Matemática**, Amazônia, v.16, n. 36, p. 39-52, 2020.

SANTOS, A. A.; DIAS, M. R. S.; MERIGUETE, M. S. P.; ROMANHA, W. R.; PASSOS, M. L. S.; SONDERMANN, D. V. C. Sala de aula invertida e rotação por estações: Aplicação do projeto social grupo Bizu de Prova. **Revista EmRede**, Rio Grande do Sul, n.2, v.3, p. 288-307, 2019.

SANTOS, L. R. L.; LIMA, J. P. M.; SARMENTO, V. H. V. Concepções de alunos ingressantes no curso de licenciatura em Química sobre alguns conceitos de soluções. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v.8, n.3, p. 41-60, 2017.

SANTOS, L. C.; SILVA, M. G. L. Conhecendo as dificuldades de aprendizagem no ensino superior para o conceito de estequiometria. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 16, n.1, p. 133-152, 2014.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: Uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

SATO, L. Pesquisar e Intervir: encontrando o caminho do meio. In: CASTRO, L. R e BESSET, V. L. (Orgs.) **Pesquisa-intervenção na infância e juventude**. NAU: Rio de Janeiro, 2008.

SCHNEIDER, F. **Otimização do espaço escolar por meio do modelo de ensino híbrido**. In: L. BACICH.; NETO. A. T.; TREVISANI, F. M. Ensino Híbrido: Personalização e tecnologia na Educação. Porto Alegre (RS): Penso Ltda., 2015. p. 40-54.

SCARINCI, A. L.; COSTA, R.; SHIMIZU, S.; PACCA, J. L. A. Modelos Representacionais da Estrutura da Matéria e o Ensino de Eletricidade. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18., 2009, Espírito Santo. **Anais** [...]. Vitória: Espírito Santo, 2009.

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

SILVA, E. B. **Ambiente de aprendizagem híbrido no Ensino de Química: uma perspectiva de inovação pedagógica na era da aprendizagem móvel**. 2018. 129 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Uberlândia) – Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2018.

SILVA, S. G. **As Principais Dificuldades na Aprendizagem de Química na Visão dos Alunos do Ensino Médio**. In: Congresso de Iniciação Científica do IFRN (Congic), 9., Rio Grande do Norte, p. 1612-1616, jul. 2013.

SILVA, J. B.; ANDRADE, M. H.; OLIVEIRA, R. R.; SALES, G. L.; ALVES, F. R. V. Tecnologias digitais e metodologias ativas na escola: o contributo do Kahoot para gamificar a sala de aula. **Revista Thema**, Ceará, n.15, v.2, p. 780-791, 2018.

SILVA, G. M. L.; NETTO, J. F. M.; SOUZA, R. H. A Abordagem Didática da Simulação Virtual no Ensino da Química: Um Olhar para os Novos Paradigmas da Educação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 5., Uberlândia, p.339-348, 2016. **Anais** [...]. Uberlândia: SBC, 2016.

SILVA, L. A.; RAMINELLI, C. M. P.; GIBIN, G. B. Avaliação de metodologias ativas e GSA no ensino remoto por alunos do Ensino Médio. In: ENCONTRO PAULISTA DE PESQUISA EM ENSINO DE QUÍMICA, 11., 2021, Diadema. **Anais** [...]. UNIFESP-Diadema, 2021.

SILVA, J. M.; SILVA, M. G. M. A Escola e o Currículo em Tempos de Mobilidade e Conexão: o uso dos computadores portáteis na educação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 3., 2014, p. 282-291, Dourados. **Anais** [...]. Dourados: WCBIE, 2014.

SILVA, C. B.; SOUZA JÚNIOR, E. V.; PIRES, D. A. T. O uso de software de representação molecular em 3D como material didático interdisciplinar para o ensino

de Química. **Experiências em Ensino de Ciências**, Mato Grosso, v.12, n.2, p.66-79, 2017.

SILVEIRA, L. F.; NUNES, P.; SOARES, A. C. Simulações virtuais em química. **Revista de Educação, Ciência e Cultura**, Canoas, v.18, n.2, 2013.

SOUSA, M. J. A. Percepções de qualidade dos alunos de aulas remotas de pós-graduação: o Estudo em uma IES do Estado do Pará. Educação. **EaD em Foco**, Rio de Janeiro, v.10, n.3, e.1061, 2020.

SOUZA, M. B.; NEIVA, F. W. O uso do Kahoot como plataforma de apoio ao ensino em universidades. **Revista Analecta**, Guarapuava, Paraná, v.4, n.4, nov.2018.

SOUZA, F. O.; NOVAIS, J. W. Z.; OLIVEIRA, A. G.; JAUDY, R. R.; ZANGESKI, D. S. O. Simulações PhET: a teoria aliada à prática experimental nas aulas de química. **Revista Zeiki**, Barra do Bugres, v.1, n.1, p. 19-35, 2020.

SUPASORN, S. Grade 12 students' conceptual understanding and mental models of galvanic cells before and after learning by using small-scale experiments in conjunction with a model kit. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 16, n. 2, p. 393-407, 2015.

THENÓRIO, I. **Transformações químicas**: manual do mundo, out. 2012. 1 vídeo (11:47 min). Publicado pelo canal FTD Educação. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=OpO7541XQwo>. Acesso em: 10.jun.2021.

THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-ação**. 17^a. ed. São Paulo: Cortez, 2009, 132p.

VARANDA, S. S.; BENITES, L. C. Validação de instrumentos na pesquisa qualitativa: contribuições de um professor pesquisador em formação. In: XIII CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2017, Curitiba. **Anais [...]** Curitiba: PUCPR, p. 23841-23850. 2017.

VERGARA, A. C. E.; HINZ, V. T.; LOPES, J. L. B. Como significar a aprendizagem de Matemática utilizando os modelos de Ensino Híbrido. **Revista Thema**, v.15, n.3, p. 885-904, 2018.

WATER IONIZATION. **Auto Ionization of Water Animation**, mai. 2021. 1 vídeo (0:34 min). Publicado pelo canal PAKAMAS TONGCHAROENSIRIKUL. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ZW6NbtqQkos>. Acesso em: 12.jun.2021.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SEMI-ESTRUTURADO

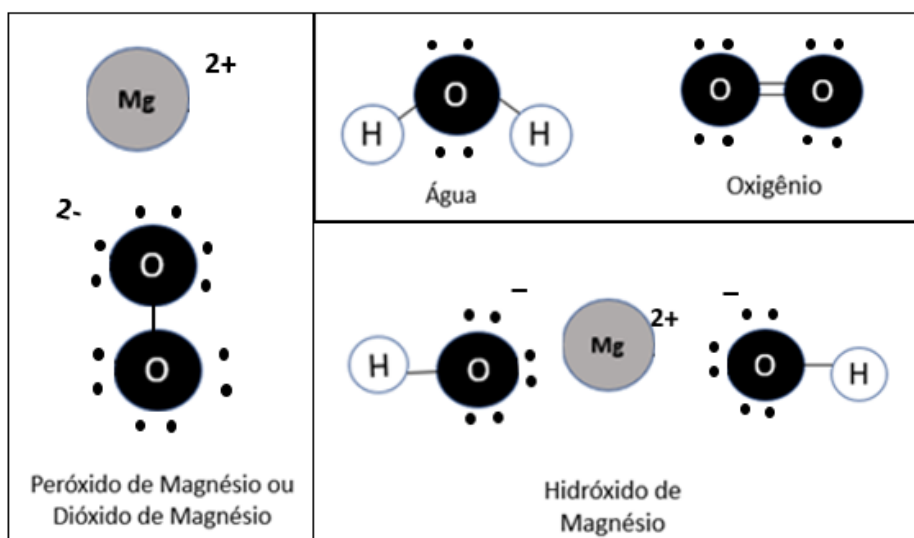
Nome:

Turma:

Este questionário enquadra-se numa investigação no âmbito de uma pesquisa de mestrado, do Programa interunidades de Ensino e Processos Formativos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas – Unesp, onde os pesquisadores envolvidos nesta pesquisa pertencem a unidade de Presidente Prudente. Os resultados obtidos serão utilizados apenas para fins acadêmicos (dissertação). Por isso lhe solicitamos que responda de forma espontânea e sincera a todas as questões.

Obrigado pela sua colaboração.

1. O peróxido de magnésio (MgO_2) em reação com a água, se decompõe formando hidróxido de magnésio (Mg(OH)_2), com a liberação de gás oxigênio (O_2). Considere a seguinte legenda com imagens representativas das substâncias em nível atômico-molecular.



a) Escreva a equação que representa a reação balanceada desta reação, considerando os estados físicos de reagentes e produtos.

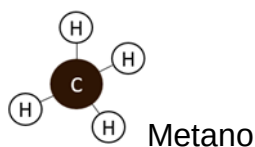
b) Desenhe abaixo a reação (como você imagina que ela aconteça em nível iônico-molecular), considerando a quantidade ou proporção adequada de íons ou moléculas. Para isso, desenhe como você imagina os átomos, íons ou moléculas no início, meio e fim da reação.

Início da reação	Durante a reação	Após a reação

2. O metano (CH_4) é o mais simples dos hidrocarbonetos, que está presente no petróleo e no manto terrestre. O metano é gerado pela decomposição de materiais orgânicos e pela digestão, além de também ser utilizado como combustível (biogás). Nesse caso, o metano sofre um processo de combustão ao reagir com oxigênio produzindo dióxido de carbono (CO_2) e água (H_2O).

Desenhe a seguir, a proporção estequiométrica correta das moléculas de metano e dos produtos da reação, ao longo de sua combustão completa.

Legenda dos reagentes e produtos:





+



→



+

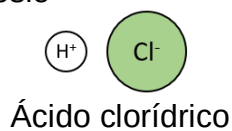
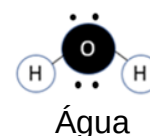
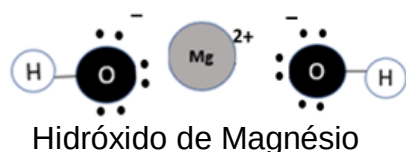


--	--

3. O hidróxido de magnésio ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) em água forma uma solução branca e turva, e pode ser usada contra os sintomas da azia. O estômago humano contém ácido clorídrico (HCl), o qual reage com o $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

Desenhe a seguir como você imagina que esta reação ocorre em nível atômico-molecular em relação à formação de íons e à interação destes a fim de se obter os produtos da reação. Para isso, você pode desenhar momentos do início, meio e fim da reação.

Legendas dos reagentes e do solvente (água):



Início da reação	Durante a reação	Após a reação

--	--	--

4. a) O que você entende por solução eletrolítica? Justifique

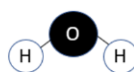
4. b) Os compostos $\text{Mg}(\text{OH})_{2(\text{aq})}$ (hidróxido de magnésio dissolvido em água) e $\text{HCl}_{(\text{l})}$ (ácido clorídrico puro) podem ser considerados eletrólitos? Justifique

4. c) Considerando os compostos da alternativa anterior, demonstre se tais compostos são eletrólitos ou não, através de desenhos da existência de íons e/ou moléculas em ambos.

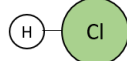
4. d) Os retículos cristalinos do cloreto de sódio (NaCl) na forma sólida, a água de torneira (H_2O) e o cloreto de hidrogênio gasoso, $\text{HCl}_{(\text{g})}$, são substâncias eletrolíticas e conduzem eletricidade? Explique.

4. e) Desenhe abaixo o comportamento atômico-molecular de moléculas de água pura (H_2O) e do $\text{HCl}_{(\text{g})}$, evidenciando por que estas substâncias **poderiam ou não** conduzir eletricidade.

Legenda das espécies químicas:



Água



Cloreto de hidrogênio

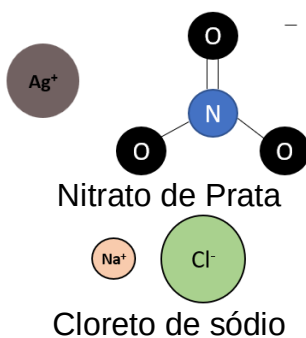
4. f) As condutividades destas substâncias (água pura e ácido clorídrico gasoso) poderiam ser alteradas de alguma forma? Explique como.

5. Considere uma solução aquosa de NaCl, na qual estejam inseridos dois eletrodos conectados a uma bateria de 12 Volts. Uma movimentação eletrônica se iniciará a fim de completar o circuito.

Desenhe abaixo como você imagina que seria a movimentação eletrônica e também dos íons no sistema.

6. Ao misturar duas soluções incolores, de AgNO_3 (nitrato de prata) e NaCl (cloreto de sódio), forma-se um precipitado branco e insolúvel. Desenhe abaixo como os íons e moléculas das duas soluções se comportam ao longo desta reação. Você pode ilustrar vários desenhos que expressem o início, meio e fim da reação.

Legenda dos reagentes:



Início da reação	Durante a reação	Após a reação

--	--	--

7. Ao inserir um fio de cobre em uma solução de nitrato de prata (AgNO_3), observou-se a mudança de coloração da solução (de incolor para azul, indicando a formação de $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$). Além disso, formou-se uma camada metálica sobre o fio de cobre.



a) Por que você acha que aconteceu essa reação química? Para isso considere a tabela de reatividade dos metais, em que a reatividade aumenta “de baixo para cima” conforme a tabela.

Metal	Reação de Oxidação
Lítio	$\text{Li}(s) \longrightarrow \text{Li}^+(aq) + e^-$
Potássio	$\text{K}(s) \longrightarrow \text{K}^+(aq) + e^-$
Bário	$\text{Ba}(s) \longrightarrow \text{Ba}^{2+}(aq) + 2e^-$
Cálcio	$\text{Ca}(s) \longrightarrow \text{Ca}^{2+}(aq) + 2e^-$
Sódio	$\text{Na}(s) \longrightarrow \text{Na}^+(aq) + e^-$
Magnésio	$\text{Mg}(s) \longrightarrow \text{Mg}^{2+}(aq) + 2e^-$
Alumínio	$\text{Al}(s) \longrightarrow \text{Al}^{3+}(aq) + 3e^-$
Manganês	$\text{Mn}(s) \longrightarrow \text{Mn}^{2+}(aq) + 2e^-$
Zinco	$\text{Zn}(s) \longrightarrow \text{Zn}^{2+}(aq) + 2e^-$
Cromo	$\text{Cr}(s) \longrightarrow \text{Cr}^{3+}(aq) + 3e^-$
Ferro	$\text{Fe}(s) \longrightarrow \text{Fe}^{2+}(aq) + 2e^-$
Cobalto	$\text{Co}(s) \longrightarrow \text{Co}^{2+}(aq) + 2e^-$
Níquel	$\text{Ni}(s) \longrightarrow \text{Ni}^{2+}(aq) + 2e^-$
Estanho	$\text{Sn}(s) \longrightarrow \text{Sn}^{2+}(aq) + 2e^-$
Chumbo	$\text{Pb}(s) \longrightarrow \text{Pb}^{2+}(aq) + 2e^-$
Hidrogênio	$\text{H}_2(g) \longrightarrow 2\text{H}^+(aq) + 2e^-$
Cobre	$\text{Cu}(s) \longrightarrow \text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^-$
Prata	$\text{Ag}(s) \longrightarrow \text{Ag}^+(aq) + e^-$
Mercúrio	$\text{Hg}(l) \longrightarrow \text{Hg}^{2+}(aq) + 2e^-$
Platina	$\text{Pt}(s) \longrightarrow \text{Pt}^{2+}(aq) + 2e^-$
Ouro	$\text{Au}(s) \longrightarrow \text{Au}^{3+}(aq) + 3e^-$



7. b) Escreva a reação química balanceada, indicando o agente oxidante e o agente redutor.

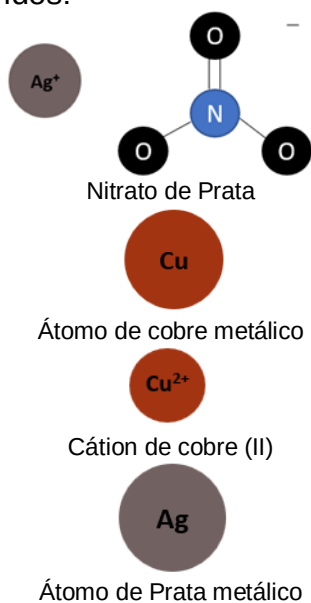
7. c) Desenhe a seguir o que aconteceu com os átomos de cobre do fio de cobre metálico, em termos de trocas de elétrons, ao longo do início, meio e fim da reação.

Início da reação	Durante a reação	Após a reação

7. d) Identifique o metal depositado no fio de cobre.

7. e) Desenhe abaixo como se comportaram os íons e fluxos de elétrons **em relação a solução aquosa de nitrato de prata**, ao longo do início, meio e fim da reação.

Legenda dos reagentes envolvidos:



Início da reação	Durante a reação	Após a reação

APÊNDICE B – ROTEIRO DE ESTUDO PRÉVIO SOBRE REAÇÕES QUÍMICAS E ESTEQUIOMETRIA

Roteiro de estudos para introdução aos conceitos de reações químicas e estequiometria

1. Transformações químicas e estequiometria de reações

O crescimento de uma criança, a produção de polímeros a partir do petróleo e a digestão de alimentos são o resultado de **reações químicas**, processos nos quais uma ou mais substâncias se convertem em outras substâncias. Este tipo de processo é uma transformação química. Os materiais iniciais são chamados de reagentes. As substâncias formadas são chamadas de produtos. Os produtos químicos mantidos no laboratório também são chamados reagentes.

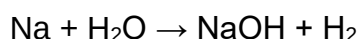
Uma reação química é representada por uma flecha entre pelo menos duas substâncias:

Reagentes → Produtos

O sódio, por exemplo, é um metal mole e brilhante, que reage vigorosamente com água. Quando uma pequena quantidade do metal sódio é colocada em um recipiente com água, ocorre uma reação violenta, com formação rápida de gás hidrogênio e hidróxido de sódio que permanece em solução. Poderíamos descrever essa reação em palavras:

Sódio + água → hidróxido de sódio + hidrogênio

Podemos resumir essa reação química usando as seguintes fórmulas químicas:



Esse tipo de representação é chamado de equação simplificada, por que mostra o essencial da reação (identidades dos reagentes e produtos) em termos de fórmulas químicas. Uma equação simplificada é um resumo qualitativo de uma reação química. Para resumir as reações quantitativamente, é preciso reconhecer que os átomos não são criados nem destruídos em uma reação química: eles simplesmente se ligam a outros átomos. A principal evidência para essa conclusão é que não há mudança na massa total quando uma reação ocorre em um recipiente fechado. A observação de que a massa total é constante durante uma reação química é chamada de **lei de conservação das massas**. Como os átomos não são criados nem destruídos, os químicos olham cada símbolo químico dos elementos como representando um átomo do elemento. Subscritos em fórmulas dizem quantos átomos

daquele elemento estão presentes em uma molécula ou em uma fórmula unitária. As fórmulas são então, multiplicadas por fatores para mostrar que existe o mesmo número de átomos de cada elemento nos dois lados da flecha. Diz-se que a expressão resultante está balanceada.

Assim, existem dois átomos de H no lado esquerdo da equação simplificada anterior, porém três átomos de H no lado direito. Por isso, a reação é reescrita a seguir, a qual é também explicada por meio da Figura 1.

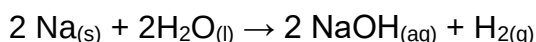


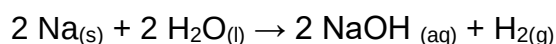
Figura 1: Reação do metal sódio quando em contato com a água



Fonte: Atkins (2012, p. 60).

Agora, existem quatro átomos de hidrogênio (H), dois átomos de sódio (Na) e 2 átomos de oxigênio (O) em cada lado da equação, de acordo, portanto, com a lei de conservação das massas. Os números que multiplicam todas as fórmulas químicas de uma equação química (por exemplo, o 2 que multiplica H_2O) são chamados de coeficientes estequiométricos da substância. O coeficiente 1 (como no caso de H_2) não é escrito explicitamente.

Uma equação química típica também mostra o estado físico de cada reagente e produto através de um símbolo de estado: (s): sólido; (l): líquido; (g): gás e (aq): solução em água. Para a reação entre o sódio e a água, a equação química balanceada e completa é, portanto:



Então temos que: quando quaisquer 2 átomos de sódio (Na) reagem com 2 moléculas de água (H_2O), eles produzem 2 fórmulas unitárias de hidróxido de sódio (NaOH) e 1 molécula de gás hidrogênio (H_2).

Se multiplicarmos pelo número de Avogadro, concluiremos que: quando 2 mols de átomos de Na reagem com 2 mols de moléculas de H_2O , eles produzem 2 mols de fórmulas unitárias de NaOH e um mol de moléculas de H_2 .

Em outras palavras, os coeficientes estequiométricos que multiplicam as fórmulas químicas em qualquer equação química balanceada nos dão o número relativo de mols de cada substância que reage ou é produzida na reação.

“Uma reação química balanceada simboliza as mudanças qualitativa e quantitativa que ocorrem em uma reação química. Os coeficientes estequiométricos mostram os números relativos de mols dos reagentes e produtos que tomam parte na reação”.

Fonte: ATKINS, P.; JONES, L. Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente. Bookman, 5 ed., São Paulo, 2012, p.60-61.

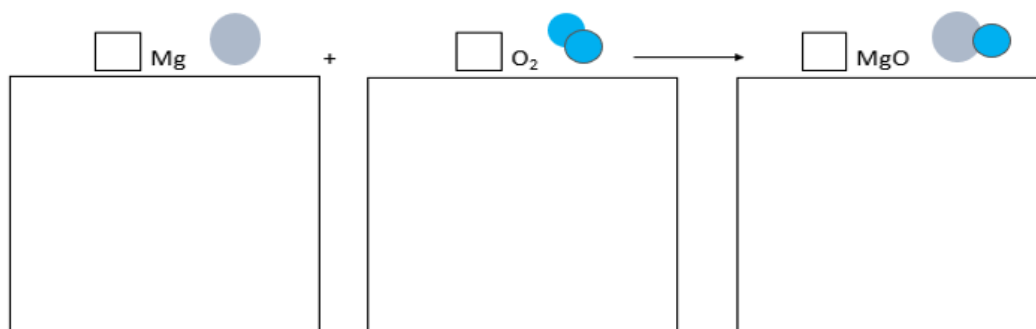
2. Atividades

- 2.1 Visualize o seguinte vídeo (até o tempo de 6:38 minutos), relativo a variados tipos de reações químicas, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=OpO7541XQwo>. Tome nota das reações químicas entre carbeto de cálcio (CaC_2) e água, e de combustão do gás etileno, evidenciando sua estequiometria e o estado físico dos reagentes e produtos.
- 2.2 Após visualizar o vídeo, acesse o seguinte link para realização de uma simulação: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/balancing-chemical-equations. Clique em “Introdução”, e simule as quantidades de reagente e produtos correspondentes as reações de síntese de amônio, hidrólise e queima do metano. Anote as proporções estequiométricas corretas encontradas.
- 2.3 Ainda com utilização do simulador, clique em “Jogo” na parte inferior da tela, e tente os diferentes níveis para o balanceamento de equações.

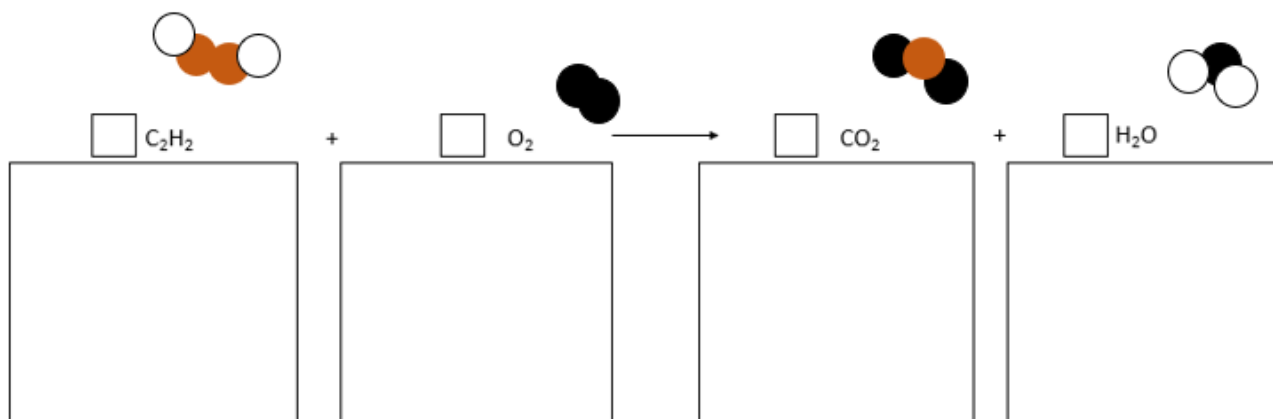
3. Questões para reflexão

- 1) Suponha que esferas cinzas (●) representem átomos de Mg (magnésio metálico), e esferas azuis (●) representam átomos de oxigênio. Faça uma representação nos

espaços abaixo, de como você considera que aconteça a reação de queima do magnésio.



2) Suponha que esferas marrons (●) representem átomos de carbono, esferas negras representem átomos de oxigênio (●) e esferas brancas representem átomos de hidrogênio (○). Faça uma representação nos espaços abaixo, de como você considera que aconteça a reação de queima do gás acetileno.



APÊNDICE C – FORMULÁRIO SOBRE REAÇÕES QUÍMICAS E ESTEQUIOMETRIA

Nome do participante:

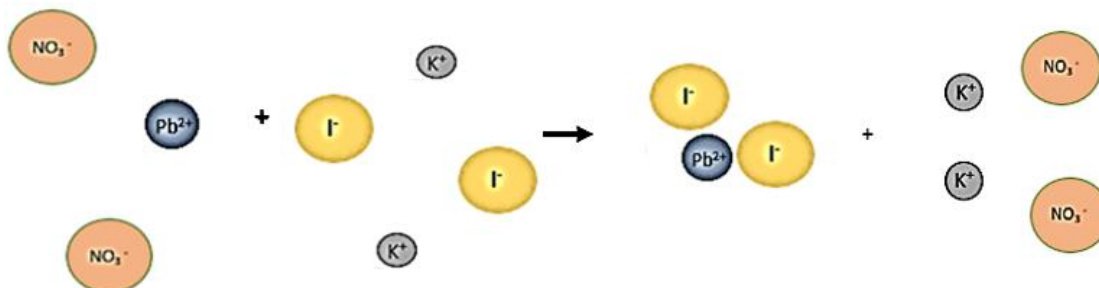
Atividades para aprofundamento sobre reações químicas e estequiometria

Tenha em mente a reação de carbeto de cálcio (CaC_2) com água, conforme visualizado no vídeo entre os minutos de 2:37 min até 3:30 min (<https://www.youtube.com/watch?v=OpO7541XQwo>). Imagine os íons ou moléculas constituintes dos reagentes e produtos, e como estes se movimentam e se combinam no meio reativo.

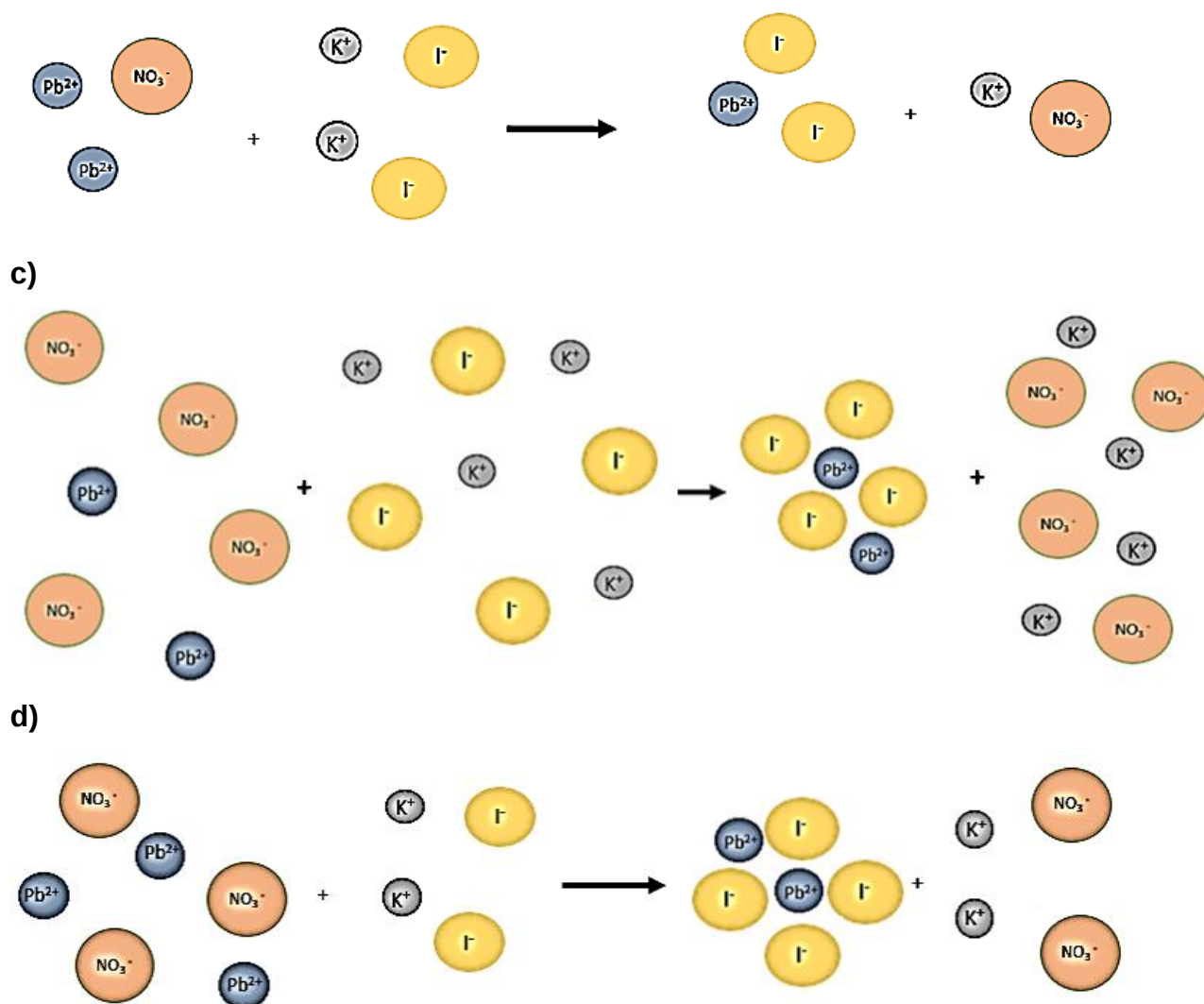
Descreva o modo em detalhes com que os íons ou moléculas reagiram na proporção adequada.

2) Selecione as imagens abaixo, correspondentes às representações de íons de produtos e reagentes, a fim de se obter a reação química balanceada de precipitação de Iodeto de Chumbo (II) (PbI_2). Pode existir mais de uma alternativa correta.

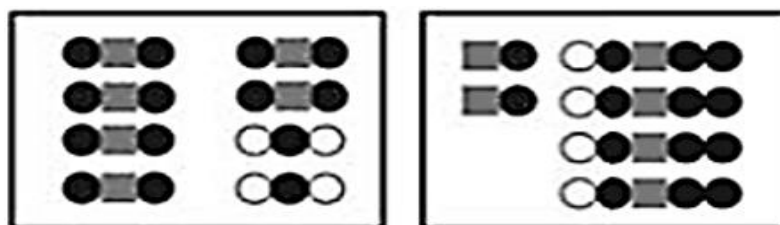
a)



b)



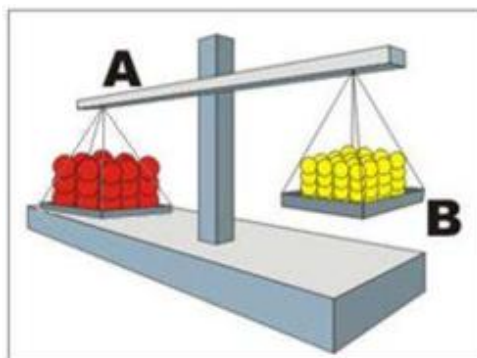
3) O primeiro quadro, a seguir, representa os reagentes de uma reação química e o segundo quadro, os produtos que se formam se todas as moléculas mostradas reagirem. Use a legenda abaixo para escrever uma equação balanceada para a reação. Suponha que se dois átomos se tocam, eles estão ligados entre si.



Legenda: ● = oxigênio, ○ = hidrogênio, ■ = nitrogênio.

4) Na ilustração a seguir se tem representado nos pratos pequenas amostras de diferentes substâncias e seus correspondentes átomos, para que compare a quantidade de substância presente nos dois pratos. Selecione uma alternativa e justifique abaixo.

Observação: Trata-se apenas de uma ilustração que não corresponde ao comportamento real dos átomos, pois os mesmos não podem ser pesados em pequenas quantidades em uma balança. A imagem trata apenas aos objetivos ilustrativos relativos à massa e noção de quantidades de átomos.



- a) A quantidade de substância é maior em A;
- b) A quantidade de substância é maior em B;
- c) A quantidade de substância é igual dos dois lados;
- d) Não sei.

Justifique sua resposta.

Fontes:

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de Química**: Questionando a vida moderna e o meio ambiente. Bookman, 5 ed., São Paulo, 2012.

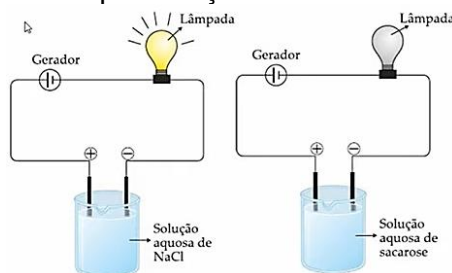
SANTOS, L. C. **Dificuldades de aprendizagem em estequiometria: Uma proposta de ensino apoiada na modelagem**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

APÊNDICE D – ROTEIRO DE ESTUDOS PRÉVIOS SOBRE SUBSTÂNCIAS ELETROLÍTICAS

1. Vídeo introdutório

Acesse o seguinte link para assistir a um vídeo no qual o conceito de eletrólitos é explicado, e onde há a revisão de termos associados ao processo de geração de íons em solução, a condução de corrente elétrica por soluções eletrolíticas, e a força de eletrólitos: <<https://www.youtube.com/watch?v=eLMI-XRuNXg>>. Os eletrólitos correspondem a substâncias iônicas dissolvidas em água, a exemplo dos íons gerados pela dissolução do cloreto de sódio, sendo que pela movimentação iônica em solução aquosa, pode-se completar um circuito que possui seus polos conectados à solução, de forma que se acenda uma lâmpada (Figura 1). Por outro lado, uma solução que possua apenas moléculas dissolvidas, e não íons, não permite completar o circuito elétrico.

Figura 1: Condução de eletricidade por soluções iônicas



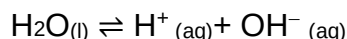
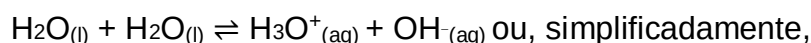
Fonte: Gutierrez (2020).

2. Propriedades da água e geração de íons

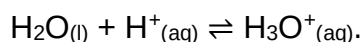
Solução é uma mistura homogênea de duas ou mais substâncias. Geralmente, a substância presente em maior quantidade em uma solução é denominada de solvente e a(s) outra(s) substância(s) de soluto.

Na Química, o solvente mais usado para preparação de soluções é a água. Essas soluções são chamadas soluções aquosas. A água possui ótimas propriedades físicas e químicas que a torna um excelente solvente para um grande número de substâncias químicas. Entre essas propriedades podemos enumerar a sua grande estabilidade química, térmica e mecânica, ser líquida em uma faixa de temperatura útil para trabalhos de laboratório, possuir uma constante dielétrica e tensão superficial relativamente elevadas, entre outras.

Devido a essas características, a água é conhecida como o solvente universal. O processo de autoionização da água líquida pode ser representado pela equação:



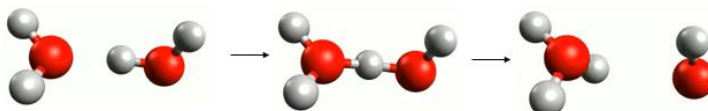
Os íons produzidos, $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ e $\text{OH}^-_{(aq)}$, são usualmente chamados de íon hidrônio e hidroxila, respectivamente. O íon hidrônio, por sua vez, pode ser visto como uma espécie formada pela reação reversível de um próton H^+ (o íon positivo formado pela ionização do átomo de hidrogênio) com uma molécula de água:



A polaridade da água, como consequência das interações entre as cargas parciais positivas presentes nos hidrogênios, e da carga parcial negativa presente no átomo de oxigênio, acarreta na interação entre um hidrogênio (H) de uma molécula de H_2O e a carga parcial negativa de outra molécula de H_2O . Como consequência, surgem $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ e $\text{OH}^-_{(aq)}$.

- Assista a seguinte animação sobre propriedades da água, polaridade e interações entre moléculas de H_2O : <https://www.youtube.com/watch?v=25p_poxGE28>.
- A autoionização, consequência das atrações iônicas entre um átomo de H de uma molécula de água e o átomo de oxigênio (mais eletronegativo) de outra molécula, não ocorre espontaneamente em alta quantidade, de forma que em condições normais, as concentrações de $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ e $\text{OH}^-_{(aq)}$ formados são ambas iguais a aproximadamente $1,0 \times 10^{-7}$.
- Tal reação de autoionização é representada a seguir (Figura 2): <https://www.youtube.com/watch?v=ZW6NbtqQkos>.

Figura 2: Representação da autoionização da água:

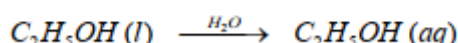
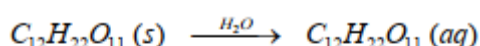


Fonte: Water Ionization (2021).

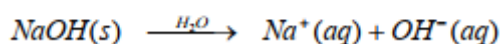
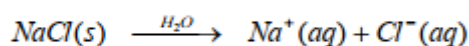
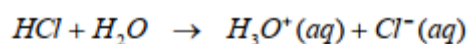
Uma propriedade físico-química importante das soluções é a sua condutividade elétrica. Condutividade elétrica é a capacidade das soluções de conduzir uma corrente elétrica devido ao movimento relativo de íons presentes na solução.

- Dica: Teste a condutibilidade elétrica de eletrólitos, e observe a dinâmica de íons e moléculas através do aplicativo **Lab. de Reações**, disponível de forma gratuita na *PlayStore*;
- Baixe o aplicativo;
- Ao aparecer uma tela azul com os nomes Ácidos, Bases, pH e pOH, clique no sinal de (+);
- No Índice (parte lateral esquerda da tela), você poderá ver o conteúdo disponível e navegar por ele;
- Visualize os conteúdos de ácidos e bases: Realize a leitura rápida dos conceitos na parte lateral esquerda da tela, visualize os experimentos, e principalmente acesse o tópico “**Interpretando o experimento**”.

A água pura exibe uma pequena condutividade elétrica devido à baixa concentração dos íons hidrogênio, $H^+_{(aq)}$, e hidroxila, $OH^-_{(aq)}$. As soluções aquosas, em geral, podem exibir condutividades maiores ou iguais à da água pura, dependendo da natureza do soluto. Substâncias que, em solução aquosa, não alteram a condutividade da água são denominadas de não-eletrólitos. Os não-eletrólitos usualmente são solúveis em água, mas não formam íons em solução. Por exemplo, a sacarose (açúcar), $C_{12}H_{22}O_{11}$, ou o etanol (álcool comum), C_2H_5OH , comportam-se como não-eletrólitos ao serem dissolvidos em água:



Por outro lado, substâncias que, em solução aquosa, aumentam a condutividade da água, são denominados eletrólitos. Os eletrólitos são responsáveis pela condução de eletricidade em uma solução aquosa e essa condução é feita pelos íons formados. Por exemplo, o ácido clorídrico, HCl, cloreto de sódio (sal de cozinha), NaCl e hidróxido de sódio, NaOH, são exemplos comuns de substâncias que se comportam como eletrólitos em água:



A medida da condutividade de uma solução reflete o grau de dissociação ou de ionização do soluto. No entanto, a condutividade também depende da concentração da solução. Baseado na condutividade das soluções, os eletrólitos são classificados como eletrólitos fortes e eletrólitos fracos.

• Eletrólitos fortes são substâncias que se dissociam ou se ionizam totalmente em solução aquosa. Exemplos:

- Ácidos inorgânicos fortes formados com os halogênios (exceto ácido fluorídrico, HF) e os oxiácidos de fórmula genérica H_nEO_{n+3} e H_nEO_{n+2} , como o ácido perclórico, $HClO_4$, e o ácido nítrico, HNO_3 ;
- Hidróxidos alcalinos como o hidróxido de sódio, $NaOH$, e alcalino-terrosos (exceto os hidróxidos de berílio, $Be(OH)_2$, e de magnésio, $Mg(OH)_2$);
- Todos os sais, exceto os haletos e sais de Hg, Cd e Zn;
- Todos os compostos com íons Na^+ , K^+ , e NH_4^+ são solúveis;
- Todos os nitratos (NO_3^-) e acetatos (CH_3COO^-) são solúveis em água;
- A maioria dos cloretos (Cl^-) e sulfatos (SO_4^{2-}) são solúveis em água. Exceto os seguintes: $AgCl$, $PbCl_2$, Hg_2Cl_2 , $BaSO_4$ e $PbSO_4$.

• Eletrólitos fracos são substâncias que se ionizam parcialmente em solução aquosa. Exemplos:

- Ácidos inorgânicos fracos como o ácido fluorídrico, HF, e demais hidroácidos e oxiácidos de fórmula genérica H_nEO_{n+1} , H_nEO_n e H_nEO_{n-1} . Alguns exemplos são o ácido sulfuroso, H_2SO_3 , ácido hipocloroso, $HClO$ e o ácido hipofosforoso, H_3PO_2 ;
- Ácidos orgânicos em geral, como o ácido acético, CH_3COOH e o ácido oxálico;
- Hidróxidos fracos como a maioria dos hidróxidos divalentes, trivalentes e tetravalentes dos metais, principalmente por serem pouco solúveis. Alguns exemplos são o hidróxido de magnésio, $Mg(OH)_2$ e o hidróxido de alumínio, $Al(OH)_3$;
- Substâncias como a amônia, NH_3 , dióxido de carbono CO_2 e dióxido de enxofre, SO_2 , o dióxido de carbono, CO_2 , o dióxido de enxofre, SO_2 , o dióxido de nitrogênio, NO_2 .

Visualize a explicação com animações e experimentos relativos às diferenças de condutividade entre eletrólitos fortes e fracos, até o tempo de 7 minutos do vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=tzn_ugkmYOQ>.

Figura 3: Comparação entre eletrólitos fortes e fracos:



Fonte: QuímiKa (2021).

Também existem fatores que determinam a capacidade de conduzir corrente de um dado eletrólito. Por exemplo:

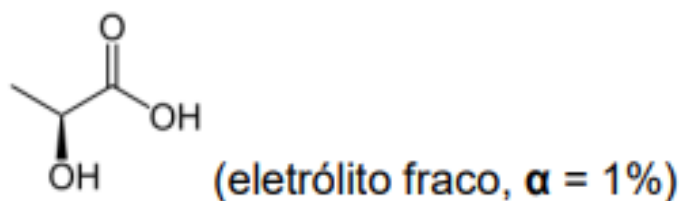
- Eletrólitos têm carga e volume diferentes;
- Cada íon tem uma camada de solvatação específica (uma camada de moléculas de solvente ao redor de cada íon), que aumenta a resistência ao movimento;
- Atrações eletrostáticas entre íons de carga oposta, que aumentam com a concentração, aumentam a resistência ao movimento.
- Na camada de solvatação, as moléculas de solvente estão polarizadas, no sentido de que os polos com cargas negativas das moléculas de solvente se orientam em direção aos íons positivos, e os polos com cargas positivas do solvente se orientam em direção aos íons de carga negativa. Visualize a seguinte animação relativa ao processo de solvatação de cristais de cloreto de sódio:
<https://www.youtube.com/watch?v=xdedxfhcpWo>.

Fonte do texto: Adaptações de OLIVEIRA, I. F; SILVA, M. J. S; TÓFANI, S. F. B. **Fundamentos de Química Analítica**. Universidade Federal de Minas Gerais – ICEX - Departamento de Química. 2009. Disponível em: https://www2.ufjf.br/quimicaead//files/2013/05/FQAnalitica_Aula1.pdf. Acesso em: 12.jun.2021.

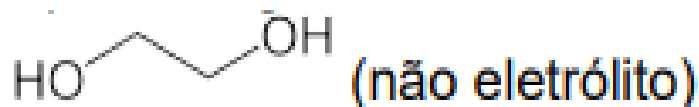
Atividades

Para cada um dos compostos a seguir:

- I) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$: sal nitrato de cálcio (eletrólito forte: sofre dissociação iônica completa)
- II) Ácido propanóico (ácido orgânico de baixa ionização em água)



III) etileno glicol (álcool com pequena cadeia carbônica)



- Descreva com suas palavras o que acontecerá macroscopicamente e microscopicamente quando uma pequena massa de cada uma destas substâncias for adicionada em água.
- Faça um desenho representado cada uma destas soluções no nível microscópico (atômico-molecular).
- Descreva a condução de eletricidade para cada uma destas soluções: como se daria a movimentação iônica e eletrônica?

Outras Fontes:

CANADIAN MUSEUM OF NATURE. **How Water Dissolves Salt**, 2012. 1 vídeo (1:34 min). Publicado pelo canal Canadian Museum of Nature. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=xdedxfhcpWo>>. Acesso em: 12.jun.2021.

FILHO, H. P. M. **Condutividade das soluções eletrolíticas**. 2020. Disponível em: <http://www.quimica.ufpr.br/hpmf/F%C3%ADsico-Qu%C3%ADmica%20IV/Condutividade.pdf>. Acesso em: 12.jun.2021.

GUTIERREZ, J. P. F. **Química Geral – Eletrólitos**, mai. 2020. 1 vídeo (22:21 min). Publicado pelo canal Prof. JP. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=MYAJaaMhH5o>>. Acesso em: 12.jun.2021.

KAIYA, H. **Eletrólitos e não eletrólitos**, 2021. 1 vídeo (7:20 min). Publicado pelo canal Hélio Kaiya. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=eLMI-XRuNXg>>. Acesso em: 12.jun.2021.

QUÍMIKA. **Teste de condutividade elétrica, eletrólitos e grau de dissociação**, 2021. 1 vídeo (11:06 min). Publicado pelo canal QuímiKa. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=tzn_ugkmYOQ>. Acesso em: 17.mar.2022.

WATER IONIZATION. **Auto Ionization of Water Animation**, mai. 2021. 1 vídeo (0:34 min). Publicado pelo canal PAKAMAS TONGCHAROENSIRIKUL. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ZW6NbtqQkos>>. Acesso em: 12.jun.2021.

APÊNDICE E – FORMULÁRIO SOBRE SUBSTÂNCIAS ELETROLÍTICAS

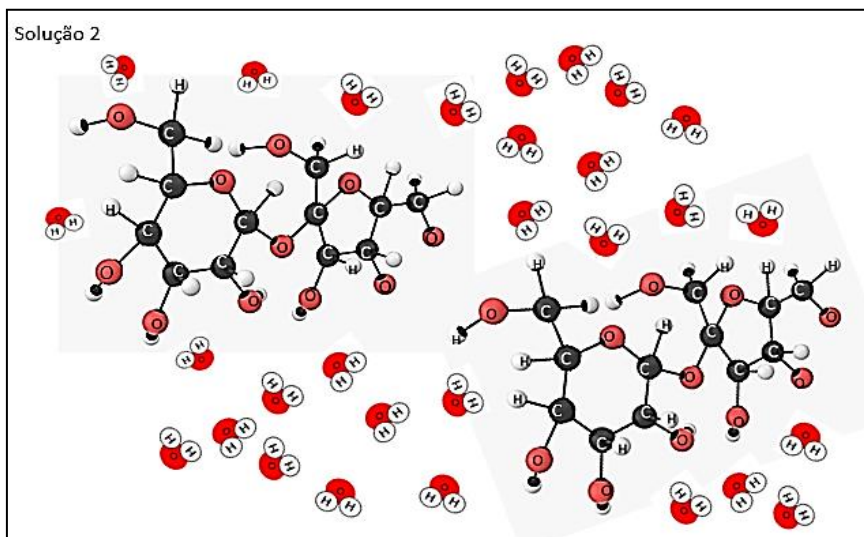
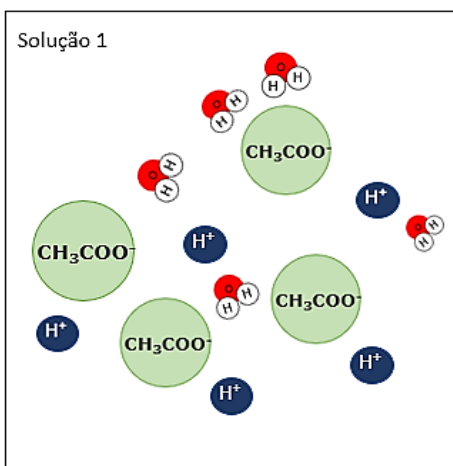
Atividade de aprofundamento sobre substâncias eletrolíticas

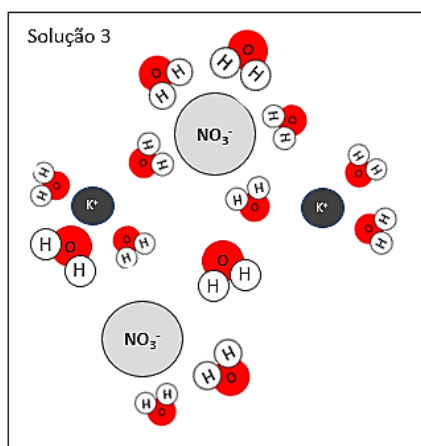
Nome:

Turma:

1. Dentre as três soluções ilustradas abaixo:

Solução 1 – ácido acético CH_3COOH em água; Solução 2 – açúcar dissolvido, $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$, e Solução 3 – nitrato de potássio, KNO_3 dissolvido em água.





a) Coloque-as em ordem decrescente de condutibilidade elétrica com base nas interações visualizadas entre soluto e solvente.

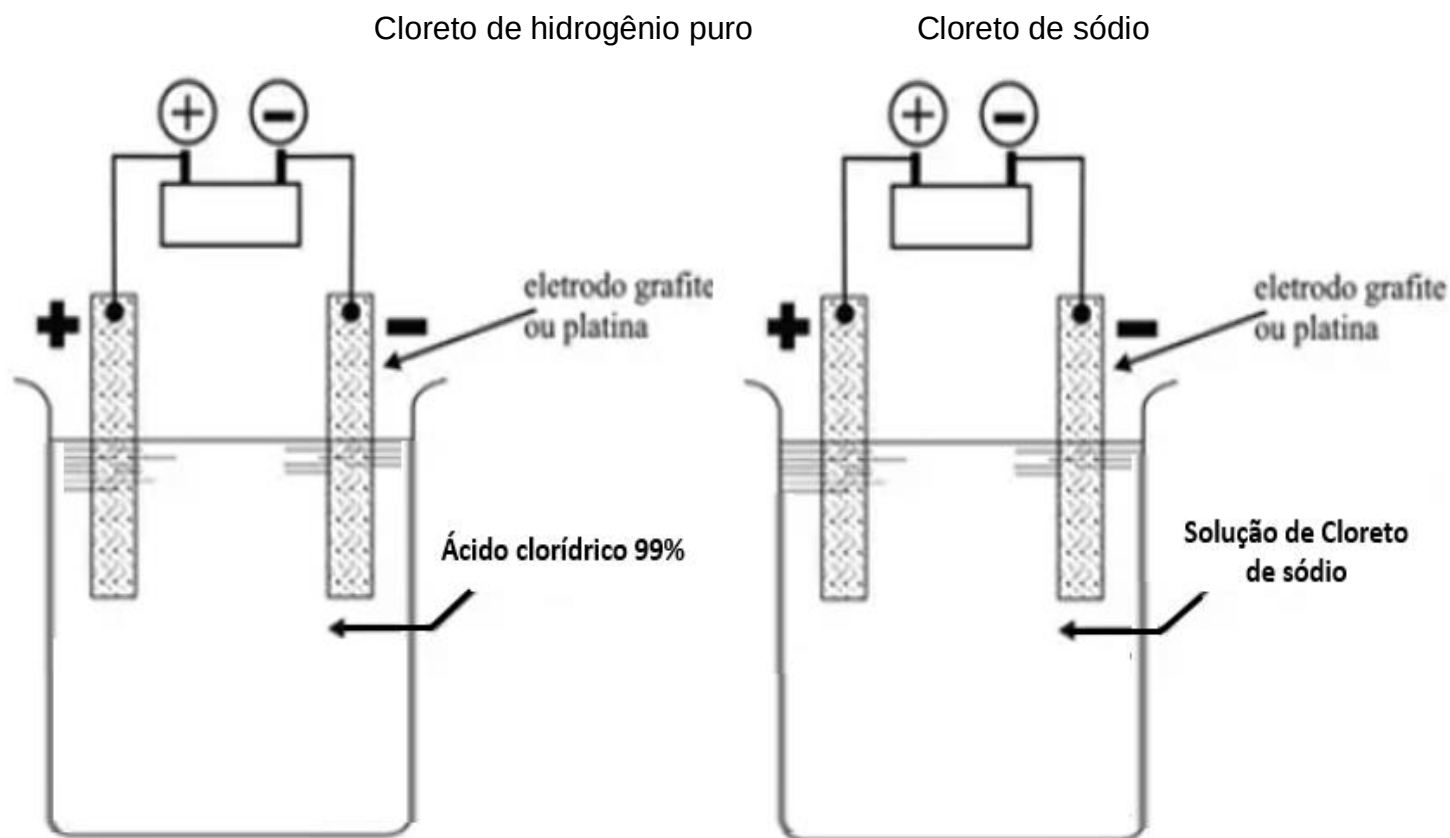
b) Quais os fatores que interferem na condutibilidade elétrica destas soluções?

2. O ácido clorídrico puro (HCl) conduz muito mal a eletricidade, ao contrário do sal NaCl dissolvido em água.

a) Suponha que dois eletrodos ligados a uma bateria de 12V sejam conectados em um béquer contendo HCl puro. Posteriormente, os eletrodos são conectados a um béquer contendo solução salina. Desenhe a seguir como suas moléculas ou íons estariam dispostos nos dois béqueres. Para isso utilize a representação abaixo.

Legenda das espécies químicas envolvidas:





2. b) Explique por que o ácido clorídrico no estado puro não conduz muito bem a corrente elétrica.

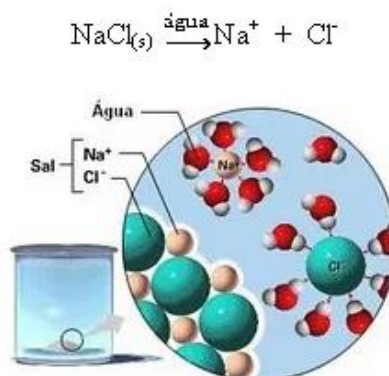
2. c) Como poderíamos aumentar a condutibilidade elétrica do ácido clorídrico puro e da água pura (destilada), que também não conduz bem a eletricidade?

2. d) Se na questão 2c anterior, foi proposta alguma forma de aumento de condutibilidade, desenhe que mudanças em nível submicroscópico, em relação aos sistemas iniciais, ocorreriam para o aumento da condutibilidade.

Você pode ilustrar vários desenhos que expressem a diferença entre os sistemas iniciais (de baixa condutibilidade) e os sistemas após o aumento de condutibilidade.

Sistema Inicial	Sistema após aumento de condutibilidade

3. Observe o seguinte esquema de dissolução do sal Cloreto de Sódio (NaCl) em água.

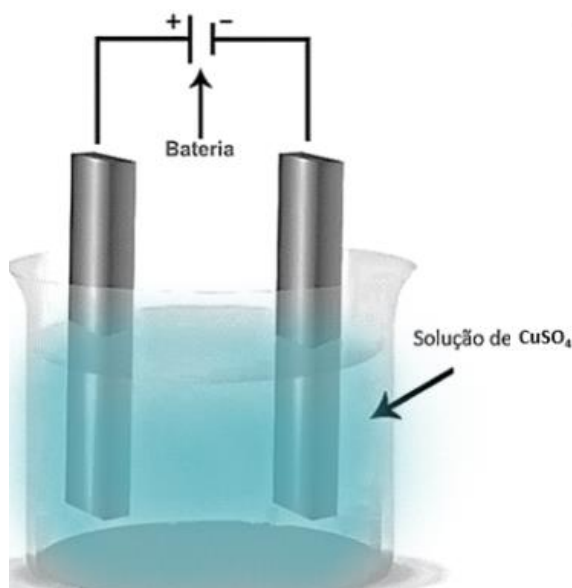


Fonte: <<https://l-xquimica.com/mecanismo-da-dissolucao-dissolucao-e/>>. Acesso em: 01.mar.2022

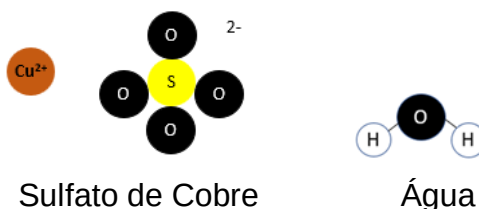
a) Descreva quais os tipos de interações que você imagina que ocorrem entre as espécies químicas representadas?

3. b) Suponha que dois eletrodos e uma bateria de 12 V sejam conectados a esta solução de CuSO_4 (sulfato de cobre), a ponto de se formar um circuito e se estabelecer uma diferença de potencial elétrica. Desenhe a seguir como os íons e elétrons se comportariam.

Para isso, você pode desenhar íons, moléculas e elétrons no esquema abaixo.



Legenda das espécies químicas envolvidas:



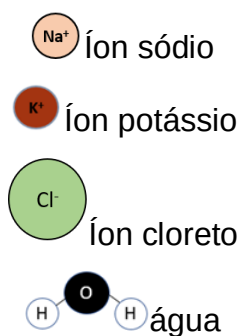
3. c) Imagine duas soluções. A primeira contém íons Na^+ e Cl^- , e a segunda contém os íons K^+ e Cl^- na mesma quantidade. Existe diferença de condutibilidade entre as soluções? Se sim, justifique e descreva as diferenças.

Considere o tamanho das esferas de solvatação dos íons.

Íon	Raio iônico em angstroms (10^{-10} m)	Raio em angstroms do íon hidratado (com esfera de solvatação)
Na^+	0,95	3,58
K^+	1,33	3,31
Cl^-	1,81	3,32

3. e) Caso existam diferenças de condutibilidade entre as soluções da questão anterior, demonstre isso através de desenhos sobre as interações entre íons e moléculas de água nas duas soluções.

Legenda das espécies químicas

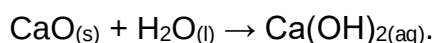


APÊNDICE F – ROTEIRO DE ESTUDOS PRÉVIOS SOBRE REAÇÕES EM FASE AQUOSA

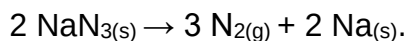
Roteiro de estudos prévios à aula de reações em fase aquosa

1. Texto introdutório

Existem diversos tipos de reações químicas. Algumas destas podem ser denominadas de reações de “síntese” ou “adição”, em que dois reagentes dão origem a uma nova substância ($A + B \rightarrow AB$). Um exemplo que foi visto anteriormente no vídeo sobre transformações químicas, é a queima do magnésio: $2 \text{Mg}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{MgO}_{(s)}$. Outro exemplo consiste na dissolução do óxido de cálcio (CaO) em água, dando origem ao hidróxido de cálcio, popularmente conhecido como cal hidratada:



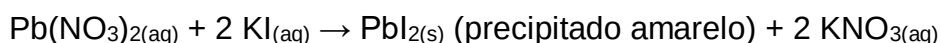
Também existem as reações de decomposição ($AB \rightarrow A + B$). Nos *airbags* dos carros existe uma substância denominada azida de sódio (NaN_3). Ao ocorrer uma batida, um dispositivo é acionado e há um aumento de temperatura, ocorrendo a seguinte reação química:



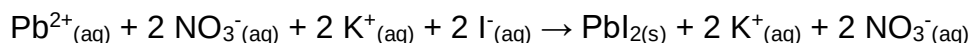
O gás nitrogênio formado infla o *airbag*.

Reações de deslocamento seguem o seguinte esquema: $AB + C \rightarrow AC + B$. Alguns exemplos envolvem metais, entre os quais existem diferença de reatividade. Ao reagir o magnésio e o cloreto de ferro III (FeCl_3), por exemplo, a maior reatividade do magnésio faz com que os cloretos antes presentes na estrutura do cloreto de ferro III, se liguem ao magnésio: $3 \text{Mg}_{(s)} + 2 \text{FeCl}_{3(aq)} \rightarrow 3 \text{MgCl}_{2(aq)} + 2 \text{Fe}_{(s)}$.

Para uma explicação inicial sobre as reações de dupla troca (metáteses), consideremos o seguinte exemplo: $\text{Mg}(\text{NO}_3)_{2(aq)} + 2 \text{NaOH}_{(aq)} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_{2(s)} + 2 \text{NaNO}_{3(aq)}$. Os reagentes iniciais são incolores. Mas ao misturá-los, surge um precipitado branco, o hidróxido de magnésio. Perceba que os 2 ânions OH^- do segundo reagente se uniram ao cátion (Mg^{2+}) do primeiro reagente, e os cátions Na^+ do segundo reagente se uniram aos ânions NO_3^- do primeiro. Considere a reação entre o nitrato de chumbo e o iodeto de potássio conforme equação molecular abaixo:



Esta equação pode ser reescrita com a representação dos íons presentes na solução. Uma equação onde todos os eletrólitos fortes solúveis são mostrados como íons é conhecida como equação iônica completa:



Os íons que aparecem nos dois lados da equação são chamados íons espectadores (neste caso, $\text{K}^{+}_{(\text{aq})}$ e $\text{NO}_3^{-}_{(\text{aq})}$). Eles estão presentes na solução, mas não participam diretamente de reações e, portanto, podem ser omitidos, levando a equação iônica simplificada:

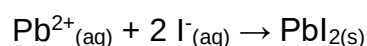
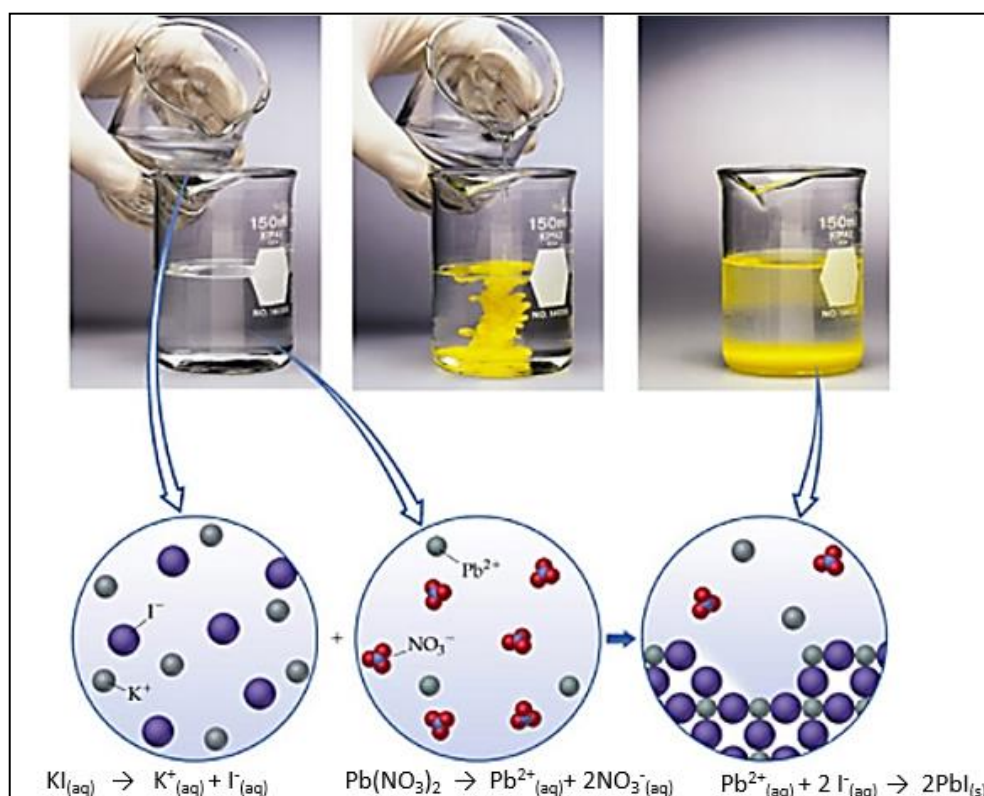
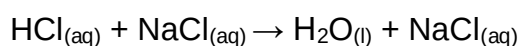


Figura 1. Reação entre solução de iodeto de potássio e solução de nitrato de prata



Fonte: Adaptação de <https://schoolbag.info/chemistry/central/30.html>.

Outros tipos de reações em fase aquosa envolvem a neutralização e formação de sais. A neutralização ocorre quando uma solução de um ácido e a de uma base são misturadas:



Reações de neutralização podem permitir a solubilização de íons de bases que anteriormente eram insolúveis na forma de hidróxidos (Figura 2):

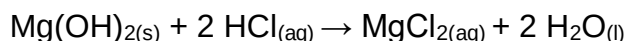
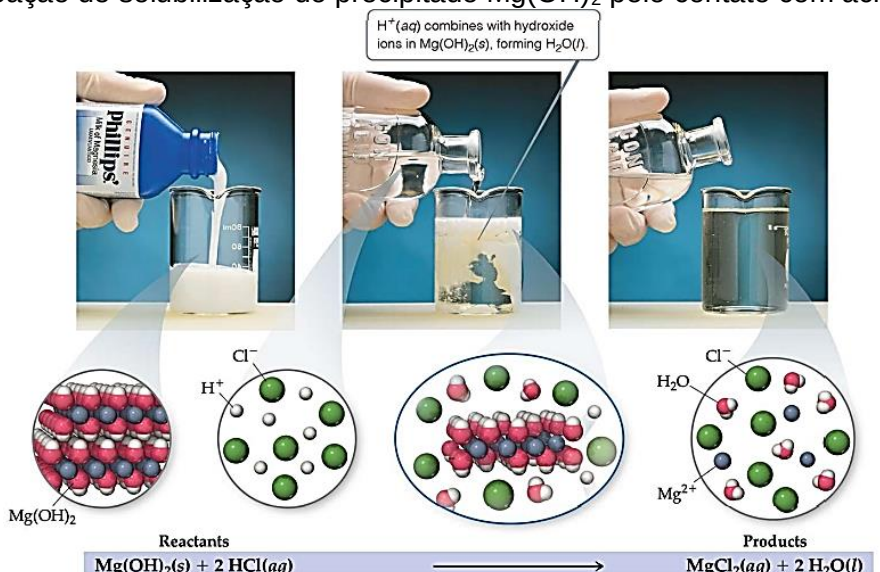


Figura 2. Reação de solubilização do precipitado Mg(OH)_2 pelo contato com ácido clorídrico

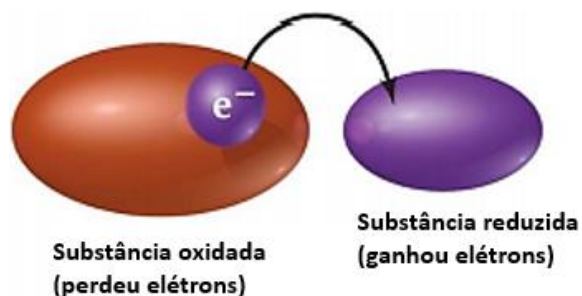


Fonte: Araújo (2019).

2. Outros tipos de reações em fase aquosa: Reações de oxidação e redução

No nosso cotidiano, muitos metais são protegidos dos desgastes da umidade ou outras intempéries através de uma camada de tinta, além de outras técnicas. Estes processos ocorrem devido à oxidação ou corrosão destes metais. A oxidação é definida pela perda de elétrons por uma espécie química, levando ao aumento do seu número de oxidação (se torna mais carregado positivamente), e consequentemente formam-se cátions, ou seja, íons carregados positivamente (Figura 3).

Figura 3. Fluxo de elétrons durante reações de oxirredução

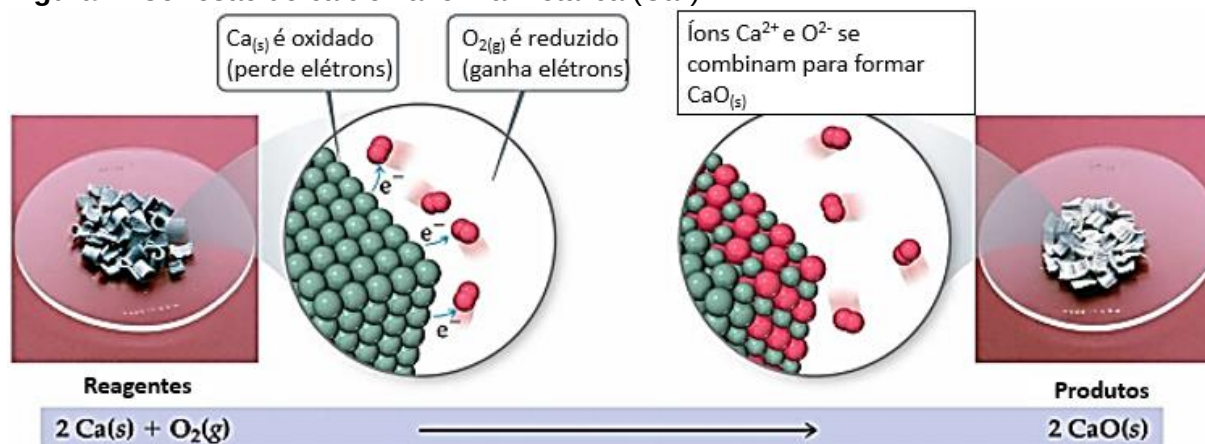


Fonte: Araújo (2019).

Já a redução é definida pelo ganho de elétrons, levando à diminuição do número de oxidação (se torna menos carregado positivamente) e à formação de

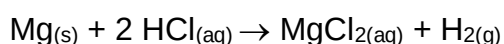
ânions (íons carregados negativamente). Observe a seguir, as representações atômico-moleculares inerentes a oxidação do metal cálcio (Figura 4):

Figura 4: Corrosão do cálcio na forma metálica (Ca^0)



Fonte: Adaptado de Araújo (2019).

Os metais também podem ser oxidados por ácidos para formarem sais:



Durante a reação, 2 H⁺_(aq) é reduzido (ou seja, ganha elétrons) para formar H_{2(g)}

Os metais também podem ser oxidados por outros sais: Fe_(s) + Ni²⁺_(aq) → Fe²⁺_(aq) + Ni_(s). Observe que o Fe⁰ é oxidado (perde dois elétrons) para formar Fe²⁺, e o Ni²⁺ é reduzido (ganha dois elétrons) para formar Ni⁰.

As reações de oxidação entre metais levam em consideração suas diferenças de reatividade. Podemos ver as atividades reativas de diversos metais na tabela a seguir, onde a maior reatividade é conferida aos metais presentes na parte superior da tabela (Figura 5):

Figura 5: Tendências de reação de oxidação dos metais:

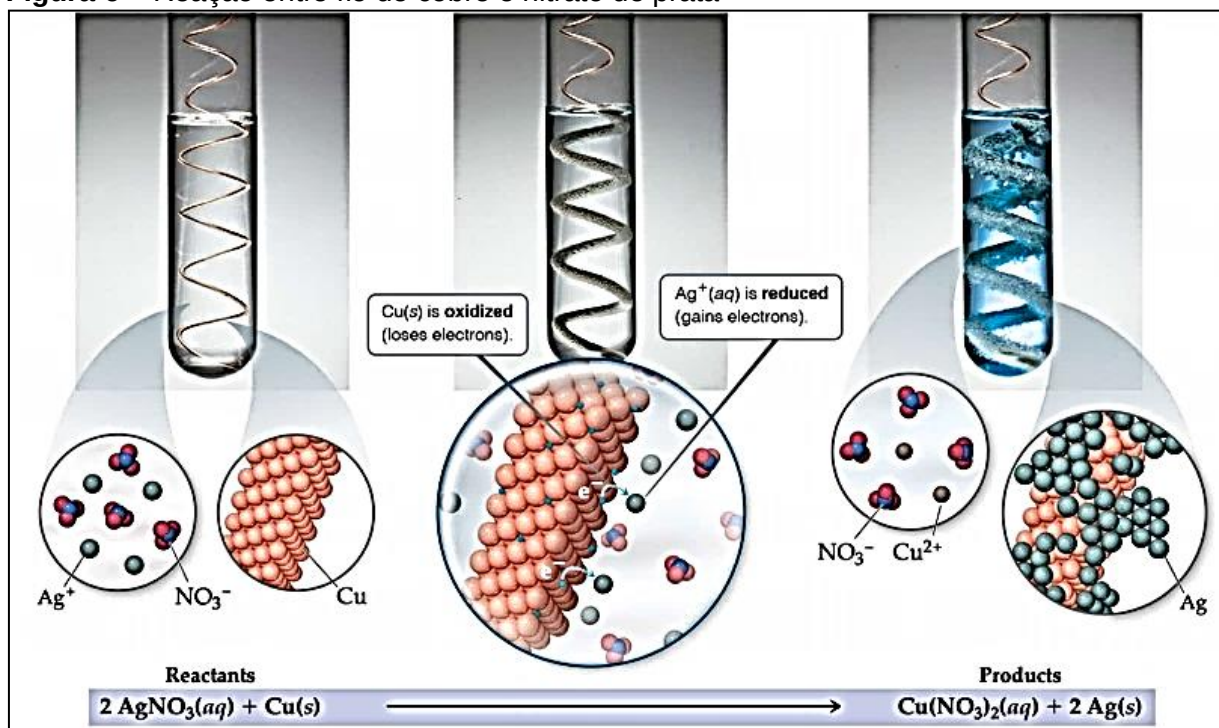
Metal	Reação de Oxidação
Lítio	$\text{Li}(s) \longrightarrow \text{Li}^+(aq) + e^-$
Potássio	$\text{K}(s) \longrightarrow \text{K}^+(aq) + e^-$
Bário	$\text{Ba}(s) \longrightarrow \text{Ba}^{2+}(aq) + 2e^-$
Cálcio	$\text{Ca}(s) \longrightarrow \text{Ca}^{2+}(aq) + 2e^-$
Sódio	$\text{Na}(s) \longrightarrow \text{Na}^+(aq) + e^-$
Magnésio	$\text{Mg}(s) \longrightarrow \text{Mg}^{2+}(aq) + 2e^-$
Alumínio	$\text{Al}(s) \longrightarrow \text{Al}^{3+}(aq) + 3e^-$
Manganês	$\text{Mn}(s) \longrightarrow \text{Mn}^{2+}(aq) + 2e^-$
Zinco	$\text{Zn}(s) \longrightarrow \text{Zn}^{2+}(aq) + 2e^-$
Cromo	$\text{Cr}(s) \longrightarrow \text{Cr}^{3+}(aq) + 3e^-$
Ferro	$\text{Fe}(s) \longrightarrow \text{Fe}^{2+}(aq) + 2e^-$
Cobalto	$\text{Co}(s) \longrightarrow \text{Co}^{2+}(aq) + 2e^-$
Níquel	$\text{Ni}(s) \longrightarrow \text{Ni}^{2+}(aq) + 2e^-$
Estanho	$\text{Sn}(s) \longrightarrow \text{Sn}^{2+}(aq) + 2e^-$
Chumbo	$\text{Pb}(s) \longrightarrow \text{Pb}^{2+}(aq) + 2e^-$
Hidrogênio	$\text{H}_2(g) \longrightarrow 2\text{H}^+(aq) + 2e^-$
Cobre	$\text{Cu}(s) \longrightarrow \text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^-$
Prata	$\text{Ag}(s) \longrightarrow \text{Ag}^+(aq) + e^-$
Mercúrio	$\text{Hg}(l) \longrightarrow \text{Hg}^{2+}(aq) + 2e^-$
Platina	$\text{Pt}(s) \longrightarrow \text{Pt}^{2+}(aq) + 2e^-$
Ouro	$\text{Au}(s) \longrightarrow \text{Au}^{3+}(aq) + 3e^-$



Fonte: Adaptação de Araújo (2019).

Quando comparamos as reatividades dos metais cobre (Cu) e prata (Ag), percebemos através da tabela, que o metal cobre é mais reativo. Se colocarmos então, um fio de cobre em uma solução aquosa de nitrato de prata, os átomos de cobre irão de oxidar ($\text{Cu}^0_{(s)} \rightarrow \text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 2e^-$). Os íons Cu^{2+} formados conferem uma coloração azulada à solução, levando a uma mudança de tonalidade. Os elétrons liberados irão reduzir os cátions Ag^+ presentes em solução aquosa: $2\text{Ag}^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow 2\text{Ag}^0$, formando-se uma camada de deposição de prata metálica sobre a superfície do fio de cobre (Figura 6):

Figura 6 – Reação entre fio de cobre e nitrato de prata



Fonte: Araújo (2019).

Assista a seguir um vídeo que possibilitará que você observe os processos de oxidação e redução, envolvendo a oxidação metálica entre fios de cobre e a solução de AgNO_3 : <<https://www.youtube.com/watch?v=jozYVBHC1cl>>. E posteriormente, observe as reações em seu nível submicroscópico: <<https://www.youtube.com/watch?v=6-EuRBX5dUs>>.

Fontes utilizadas no texto:

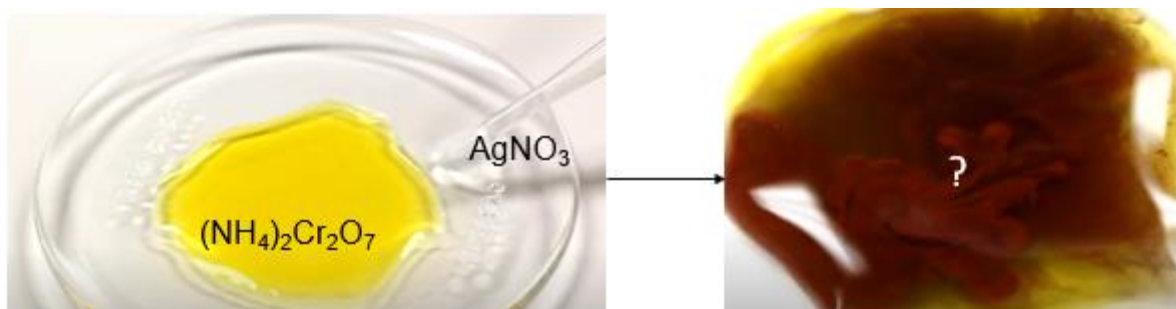
ARAÚJO, M. P. Reações em soluções aquosas e estequiometria de reações. Universidade Federal do Paraná, Departamento de Química. 2019. Disponível em: <http://www.quimica.ufpr.br/paginas/marcio-peres/wp-content/uploads/sites/6/2019/06/Reacoes-em-solucoes-aquosas-e-estequiometria-de-solucoes_MPA.pdf>. Acesso em: 13.jun.2021.

KELLY, R. Conflicting Animation Series - Redox Animation #1, dez, 2018. 1 vídeo (0:57 seg). Publicado pelo canal Resa Kelly. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=6-EuRBX5dUs>>. Acesso em: 02.mar.2022.

POSTIGO, M. **Cobre Metálico em Solução de Nitrato de Prata (AgNO_3)**, abr. 2021. 1 vídeo (0:35 seg). Publicado pelo canal Matheus Postigo. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=jozYVBHC1cl>>. Acesso em: 1.mar.2022.

Atividades

1. A solução de dicromato de amônio $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ apresenta uma coloração amarelo avermelhada, e ao ser misturada com uma solução de nitrato de prata, AgNO_3 (incolor), forma-se um precipitado turvo avermelhado, conforme as figuras a seguir:



Identifique o precipitado vermelho formado, e descreva com suas palavras o que ocorre no nível microscópico (não observável). Faça desenhos que representem as espécies em solução. Indique claramente as espécies químicas existentes antes e após a mistura.

2. O dicromato de amônio $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ é conhecido por se decompor, em contato com uma chama, em gases como o azoto (N_2), calor e óxido de cromo (III) (Cr_2O_3) de coloração verde escura.



- a) Escreva a reação química balanceada na qual um mol de dicromato de amônio se decompõe em óxido de cromo (III), nitrogênio gasoso e vapor de água.
- b) Descreva a reação de oxirredução em termos das trocas de elétrons envolvidas, e a desenhe em função do nível submicroscópico, indicando a espécie oxidada e reduzida.

APÊNDICE G – FORMULÁRIO SOBRE REAÇÕES QUÍMICAS EM FASE AQUOSA

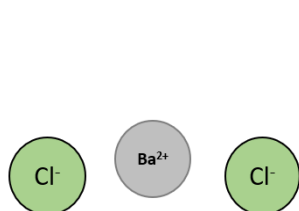
Atividades posteriores à aula: Reações em fase aquosa

Nome:

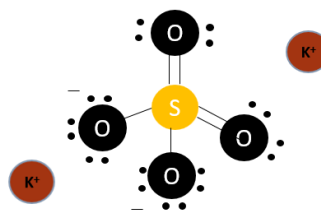
Turma:

1. Ao se misturar uma solução de cloreto de bário (BaCl_2) em uma solução de sulfato de potássio (K_2SO_4), ocorre a formação de um precipitado branco e turvo de sulfato de bário (BaSO_4). Desenhe abaixo, como você imagina que os íons e moléculas se comportam antes, durante e posteriormente a reação de formação do precipitado.

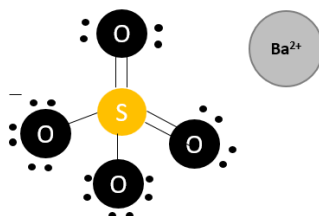
Legenda das espécies químicas:



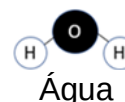
Cloreto de Bário



Sulfato de Potássio



Sulfato de Bário

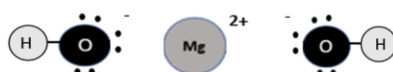


Água

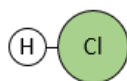
Antes da formação do precipitado	Durante a formação do precipitado	Após a formação do precipitado

2. Medicamentos associados ao tratamento da azia contém hidróxido de magnésio ($\text{Mg}(\text{OH})_2$), que reage com o ácido clorídrico estomacal, $\text{HCl}_{(\text{aq})}$. Desenhe abaixo, como você imagina que ocorre a reação química entre os íons destas duas substâncias. Você pode ilustrar vários desenhos que expressem o início, meio e fim da reação.

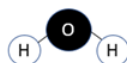
Legenda das espécies químicas envolvidas:



Hidróxido de Magnésio



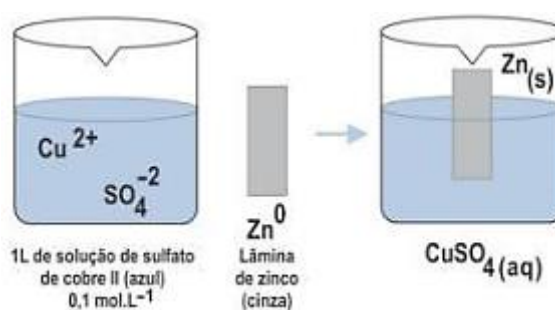
Cloreto de hidrogênio ou ácido clorídrico



Água

Início da reação	Durante a reação	Após a reação

3. Considere que uma placa de zinco seja imersa em um béquer contendo solução aquosa de sulfato de cobre (CuSO_4). Considere também a tendência de reação dos metais, expressa a seguir, em que há um aumento de reatividade ao ir “de baixo para cima” na tabela



Fonte: <https://brainly.com.br/tarefa/25713963>

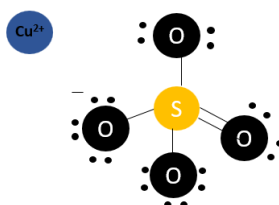
Metal	Reação de Oxidação
Lítio	$\text{Li}(s) \longrightarrow \text{Li}^+(aq) + e^-$
Potássio	$\text{K}(s) \longrightarrow \text{K}^+(aq) + e^-$
Bário	$\text{Ba}(s) \longrightarrow \text{Ba}^{2+}(aq) + 2e^-$
Cálcio	$\text{Ca}(s) \longrightarrow \text{Ca}^{2+}(aq) + 2e^-$
Sódio	$\text{Na}(s) \longrightarrow \text{Na}^+(aq) + e^-$
Magnésio	$\text{Mg}(s) \longrightarrow \text{Mg}^{2+}(aq) + 2e^-$
Alumínio	$\text{Al}(s) \longrightarrow \text{Al}^{3+}(aq) + 3e^-$
Manganês	$\text{Mn}(s) \longrightarrow \text{Mn}^{2+}(aq) + 2e^-$
Zinco	$\text{Zn}(s) \longrightarrow \text{Zn}^{2+}(aq) + 2e^-$
Cromo	$\text{Cr}(s) \longrightarrow \text{Cr}^{3+}(aq) + 3e^-$
Ferro	$\text{Fe}(s) \longrightarrow \text{Fe}^{2+}(aq) + 2e^-$
Cobalto	$\text{Co}(s) \longrightarrow \text{Co}^{2+}(aq) + 2e^-$
Níquel	$\text{Ni}(s) \longrightarrow \text{Ni}^{2+}(aq) + 2e^-$
Estanho	$\text{Sn}(s) \longrightarrow \text{Sn}^{2+}(aq) + 2e^-$
Chumbo	$\text{Pb}(s) \longrightarrow \text{Pb}^{2+}(aq) + 2e^-$
Hidrogênio	$\text{H}_2(g) \longrightarrow 2\text{H}^+(aq) + 2e^-$
Cobre	$\text{Cu}(s) \longrightarrow \text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^-$
Prata	$\text{Ag}(s) \longrightarrow \text{Ag}^+(aq) + e^-$
Mercúrio	$\text{Hg}(l) \longrightarrow \text{Hg}^{2+}(aq) + 2e^-$
Platina	$\text{Pt}(s) \longrightarrow \text{Pt}^{2+}(aq) + 2e^-$
Ouro	$\text{Au}(s) \longrightarrow \text{Au}^{3+}(aq) + 3e^-$



a) O que você imagina que irá ocorrer com a placa de zinco no decorrer da reação? Justifique

b) O que você imagina que acontecerá com a cor da solução de sulfato de cobre no decorrer da reação? Justifique

c) Desenhe os processos de oxirredução que você imagina que ocorreram. Você pode ilustrar vários desenhos que expressem o início, meio e fim das reações. Para isso, considere átomos, íons e elétrons na representação. Considere também a seguinte legenda de representação das espécies químicas reagentes:



Sulfato de cobre

Zn

Átomo metálico de Zinco

Início da reação	Durante a reação	Após a reação

d) Se ao invés de uma placa de zinco, fosse inserida uma placa de prata na solução, o que aconteceria com a placa e com a cor da solução? Justifique.

APÊNDICE H – ROTEIRO PARA JOGO DE PERGUNTAS E RESPOSTAS NA PLATAFORMA KAHOOT!

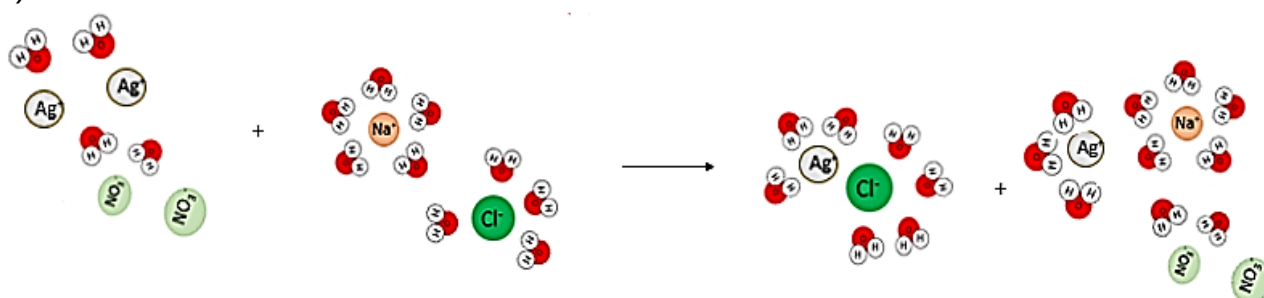
Atividade a ser desenvolvida na plataforma Kahoot!

Acesse o link: www.kahoot.it, e aguarde o recebimento do código PIN para iniciar o jogo.

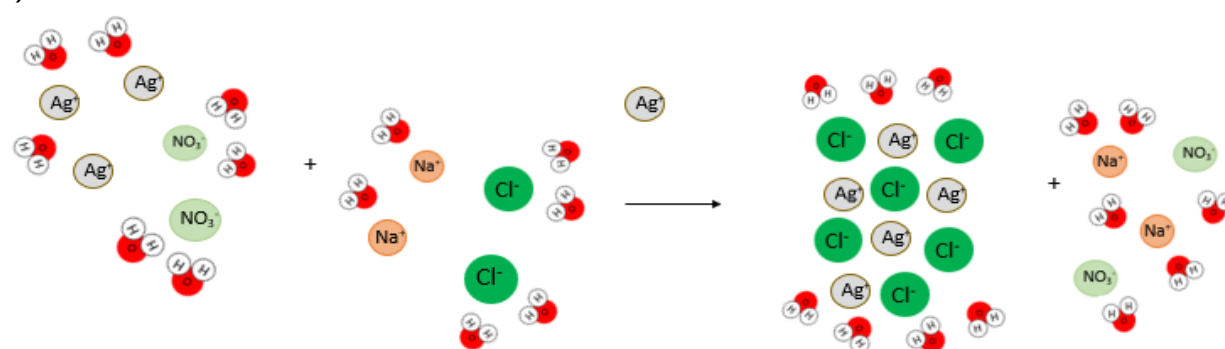
Atividade no encontro coletivo do Dia 2:

1) O cloreto de prata (AgCl) formado na reação: $\text{AgNO}_{3(\text{aq})} + \text{NaCl}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{AgCl}_{(\text{s})} + \text{NaNO}_{3(\text{aq})}$, é um sólido branco pouco solúvel em água. Selecione a seguir, a representação imagética mais adequada para descrever tal reação, considerando as proporções estequiométricas e as disposições de íons e moléculas no sistema reacional:

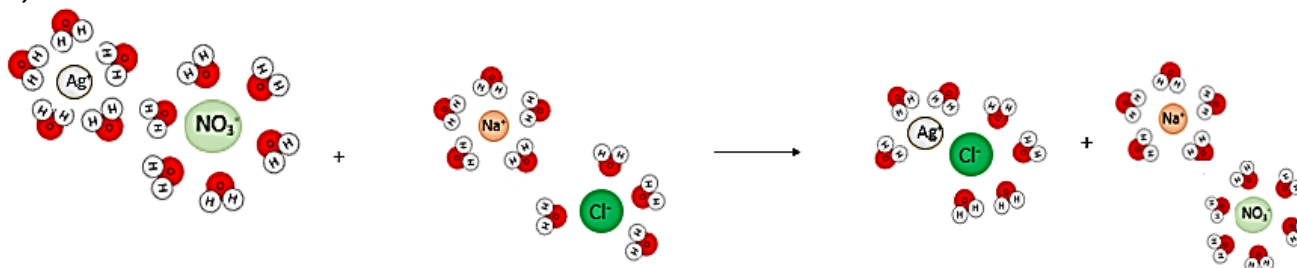
a)



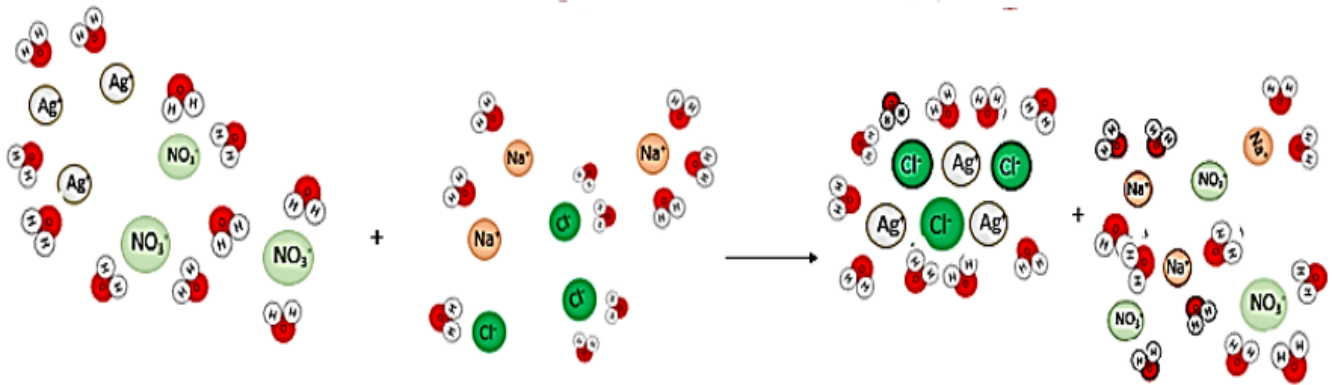
b)



c)



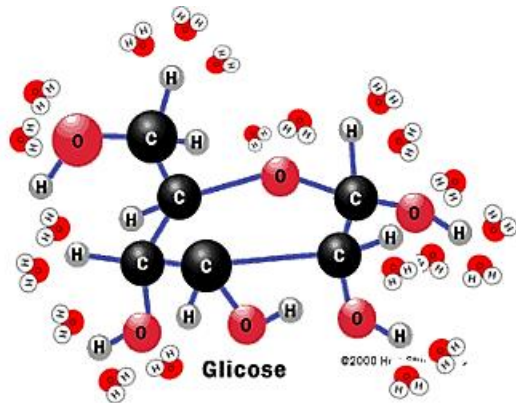
d)



Atividades no encontro coletivo do Dia 4:

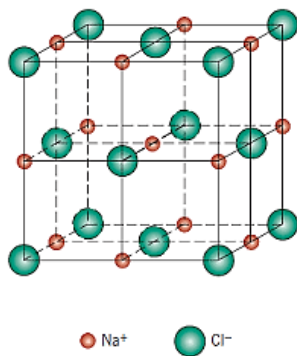
1) Associe a coluna da direita com a da esquerda:

() I. Glicose em água

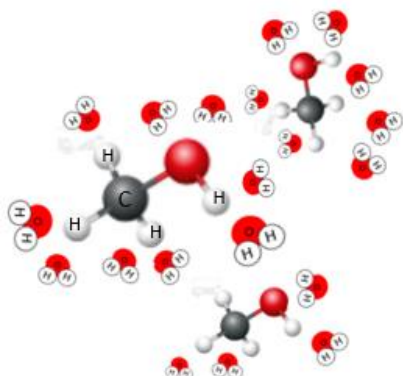


- a) Eletrólito forte
- b) Eletrólito fraco
- c) Não eletrólito

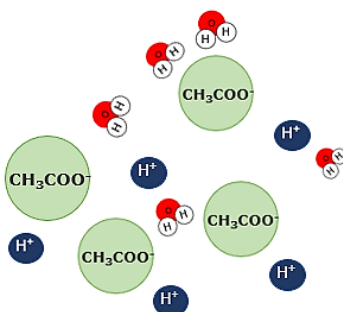
() II. Sal de cozinha desidratado



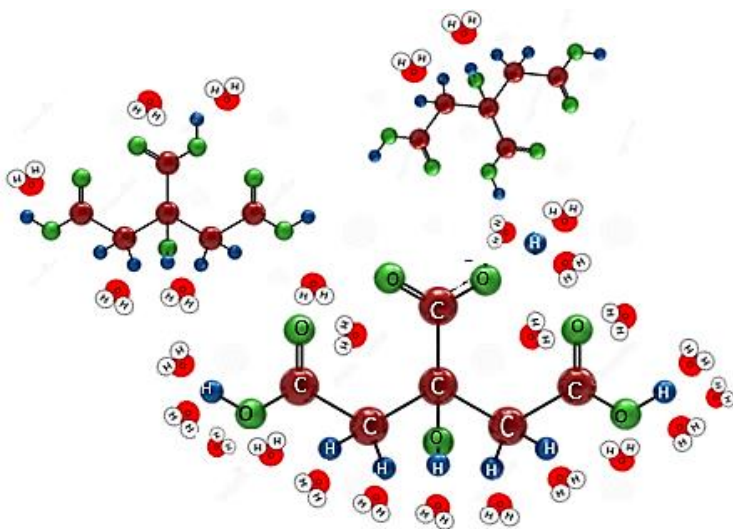
() III. Solução de Metanol



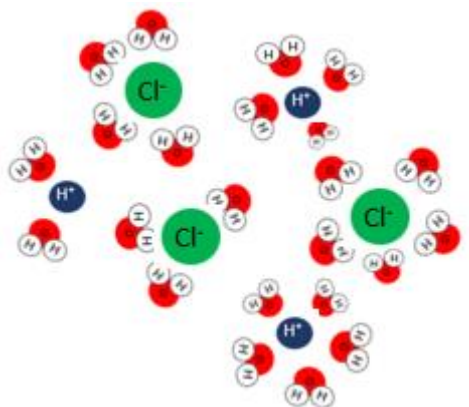
() IV. Vinagre



() V. Ácido cítrico



() VI. HCl 20%



- a) I-c; II-a; III-b; IV-b; V-b; VI-a;
- b) I-c; II-c; III-c; IV-b; V-b; VI-a;
- c) I-b; II-c; III-c; IV-a; V-a; VI-b;
- d) I-c; II-a; III-c; IV-b; V-b; VI-a.

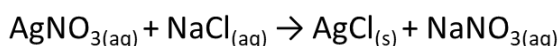
2) Considerando a condutibilidade elétrica de diferentes solutos, julgue as seguintes afirmações como verdadeiras (V) ou falsas (F).

- I) Apenas sólidos iônicos dissolvidos em água podem conduzir eletricidade, porque apenas compostos iônicos (sem ligações covalentes) apresentam íons em meio aquoso ()
- II) A condutibilidade em uma solução depende de fatores como a natureza do soluto, a concentração da solução, e a capacidade do solvente de permitir a movimentação iônica ()
- III) Altas concentrações de íons volumosos ou com densas camadas de solvatação, implica na geração de uma força de arraste que pode diminuir a condutibilidade ()
- IV) Eletrólitos fortes liberam altas quantidades de íons em solução. Por isso, se uma lâmpada fosse conectada a uma solução com eletrólitos fortes, seu brilho aumentaria ()
- V) Dentro da solução, a energia é conduzida pela movimentação de elétrons em meio aquoso, ou seja, tais partículas se movem de um eletrodo para outro ()
- VI) Grandezas como o volume iônico e carga iônica (como íons com $N^{\text{ox}} +2$ e $+3$), não alteram a condutibilidade, quando em concentrações iônicas elevadas ()

- a) I-F; II-V; III-V; IV-V; V-V; VI-V;
- b) I-V; II-V; III-F; IV-V; V-F; VI-F;
- c) I-F; II-V; III-V; IV-V; V-F; VI-F;
- d) I-F; II-V-III-F; IV-V; V-V; VI-V.

Atividades no encontro coletivo do Dia 6:

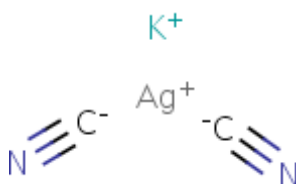
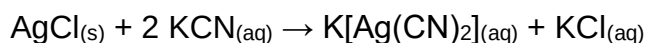
1) Considerando a seguinte reação entre nitrato de prata e cloreto de sódio:



Pode-se dizer que tal reação consiste em:

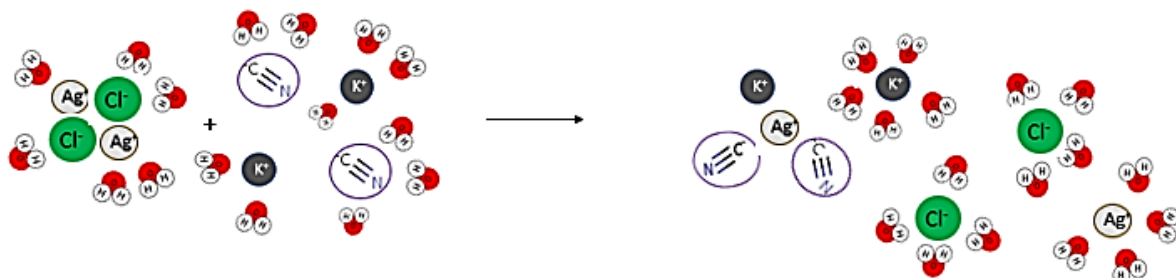
- a) Reação de deslocamento, pois o ânion do primeiro reagente se associa com o cátion do segundo reagente, e o ânion do segundo reagente se associa ao cátion do primeiro;
- b) Reação de análise ou decomposição, pois os reagentes originam íons;
- c) Reação de metátese ou dupla troca, pois o ânion do primeiro reagente se associa com o cátion do segundo reagente, e o ânion do segundo reagente se associa ao cátion do primeiro;
- d) Reação de síntese, pois há formação de um novo composto precipitado.

2) O cloreto de prata (AgCl) pode sofrer a seguinte reação com KCN (cianeto de potássio), fazendo com que o precipitado branco se dissolva e forme cianeto de prata e potássio (K[Ag(CN)₂]):

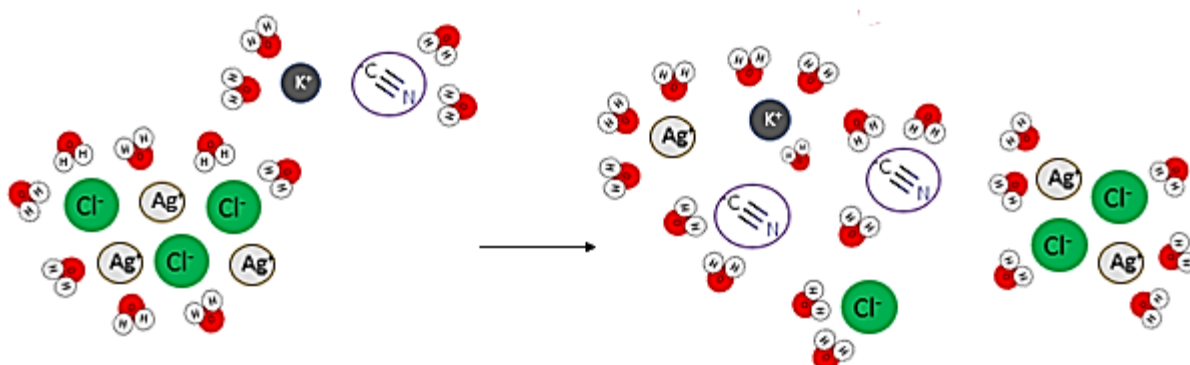


Selecione a representação que mais se adequa ao comportamento dos íons ou moléculas ao longo da reação.

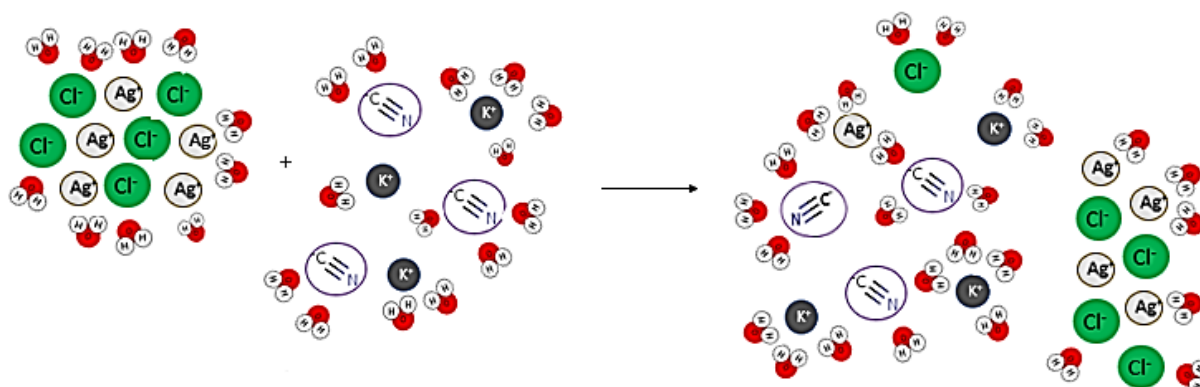
a)



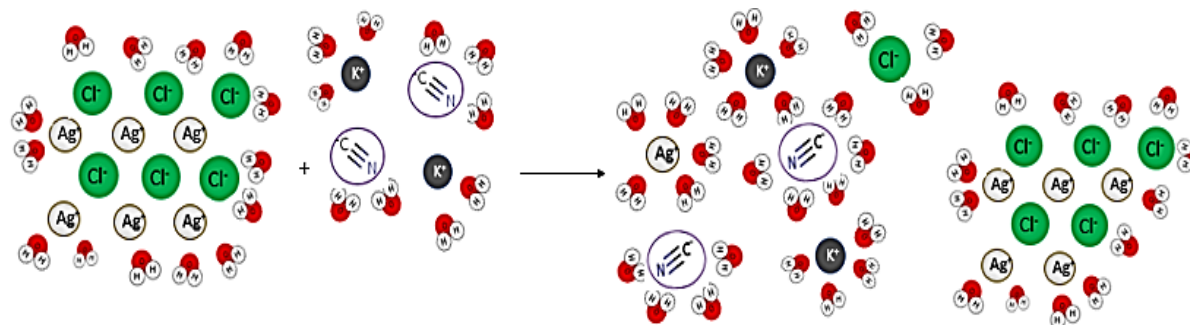
b)



c)



d)



3) A uma solução contendo nitrato de prata (AgNO_3) foi inserido um pedaço de metal de cobre (Cu^0). Após um tempo, surgiu uma camada metálica sobre o pedaço de metal inserido na solução. Verifique a alternativa correta.

- a) O metal Cu^0 , sendo menos reativo que os íons Ag^+ , reagiu se oxidando e gerando íons Cu^{2+} em solução. Consequentemente, os íons Ag^+ receberam tais elétrons quando em contato com a placa metálica, se transformando em Ag^0 e se depositando no pedaço de metal;
- b) A prata é menos reativa, ou seja, possui menor tendência em se oxidar. A diferença no potencial padrão de redução acarretou na oxidação do cobre ($\text{Cu}^0 \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$) e na redução dos íons prata ($2\text{Ag}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Ag}^0$);
- c) Tal reação ocorreu devido a uma diferença entre os potenciais padrão de oxidação dos metais prata e cobre. Na formação de 2 átomos de Ag a serem depositados na placa metálica, foi necessária a transferência de 3 elétrons em solução;
- d) O cobre metálico é o agente redutor, e os íons prata em solução funcionam como agentes oxidantes. Isso acarretou em um movimento livre de elétrons em solução, não sendo necessário o contato entre os átomos do metal e os íons prata em solução.

APÊNDICE I – ROTEIRO PARA ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA

Nome do participante:

- 1) Na sua opinião, a utilização de vídeos, simulações, animações ou jogos (a exemplo do jogo de perguntas e respostas com o Kahoot!), melhorou em algum aspecto a sua aprendizagem em Química? Se sim, de que forma?
- 2) Ao comparar antes e depois do minicurso a forma como você imagina o mundo submicroscópico das soluções, você acredita que houve melhoria na sua compreensão sobre as reações químicas, quando as imagina no nível iônico ou molecular?
- 3) Em qual conteúdo visto (soluções, estequiometria, tipos de reações químicas, substâncias eletrolíticas), você possuía anteriormente ao minicurso, maior dificuldade?
- 4) As dificuldades que você possuía foram superadas?
- 5) Do seu ponto de vista, as atividades e materiais encaminhados ao longo dos estudos, facilitaram sua aprendizagem e acompanhamento da disciplina?
- 6) Qual a sua opinião sobre o estudo prévio de materiais antes das aulas, com aprofundamento e realização de atividades posteriores?
- 7) O estudo prévio de materiais antes das aulas, foi positivo, impactou de forma negativa, ou foi irrelevante aos seus estudos?

APÊNDICE J – TRANSCRIÇÃO DAS ENTREVISTAS

Entrevista com o Aluno 1

Pesquisadora: Então, aqui serão feitas algumas perguntas, ok? Para ter uma noção sobre o que você achou do minicurso. Então... a gente viu, não é?! Que no minicurso a gente utilizou vídeos, simulações, jogos, a exemplo do Kahoot! E a pergunta é se esses recursos facilitaram na sua aprendizagem, tipo...

Aluno 1: Sim, com certeza. O kahoot! eu achei muito legal, por que... é um jeito prático de colocar o que você aprendeu, e os vídeos... tipo, o fato de ter mandado antes os vídeos, de ter mandado antes o roteiro, a gente pôde observar como funciona, sabe? Com as moléculas, e... principalmente para mim, que o meu forte não é muito... Química, ajudou, ajudou muito. De verdade mesmo!

Pesquisadora: E os roteiros prévios com textos, ajudaram você de alguma forma?

Aluno 1: Os roteiros prévios com certeza, por que você já vai para a aula com uma base, entendeu? E eu acho que ajuda tanto o professor, que está explicando, não é?! Por que ele não precisa ficar voltando tantas vezes nos mesmos conceitos, por que já está explicado no roteiro prévio. Eu acho que ajudou muito.

Pesquisadora: É... Ao comparar antes e depois do minicurso, a forma como você imagina... sabe quando você tenta imaginar as “moleculazinhas”, os íons... houve melhoria na forma como você imagina, ... na forma com que você raciocina nesse nível, submicroscópico?

Aluno 1: Com certeza. Por que agora eu tenho mais noção de como realmente é. Na minha cabeça, era uma coisa muito... complexa. Muito complexa, tanto pelo Ensino Médio, que eu tive uma base meio fraca. A gente não teve, é... não tinha muito foco nessa parte, por que o foco era mais “Orgânica”, mais as outras partes. Então não teve muito [foco], principalmente na parte dos íons, que os íons... Por que, você percebeu, não é?... Que é fraco aqui, o negócio do raciocínio [o aluno aponta para si mesmo].

Pesquisadora: Não, não. Entendo. Mas, a gente viu alguns conceitos no minicurso, como soluções, estequiometria, soluções eletrolíticas, oxirredução... em qual desses conteúdos você possuía maior dificuldade antes do minicurso?

Aluno 1: Substâncias eletrolíticas. Com toda certeza.

Pesquisadora: Por que? Por causa dos íons?

Aluno 1: Por causa dos íons. Exatamente, e também por que quando eu fiz um, ... um curso de... técnico em farmácia, ... como eu fiz o curso de técnico em farmácia, as reações químicas, as estequiometrias... A gente tinha uma base forte de Química, só que focava nas estequiometrias, focava na oxirredução por conta das coisas que a gente usava. E o “eletrolítico” como eu falei, meu Ensino Médio foi fraco, e no curso não foi visto nada disso, então... eu tinha a base do cursinho que, tipo, eu fiz on-line alguma vez para o vestibular.

Pesquisadora: E essas dificuldades foram superadas na parte de soluções eletrolíticas?

Aluno 1: Sim, com certeza. Auxiliou muito.

Pesquisadora: E... do seu ponto de vista, essas atividades que nós fizemos no minicurso, foram positivas para você?

Aluno 1: Facilitaram, no caso das atividades do roteiro prévio por exemplo, para chegar na aula já com uma base, já com o que vai ser visto, o assunto que vai ser tratado. Então foi positivo com toda certeza. Eu li, eu vi os vídeos, que auxiliaram demais.

Pesquisadora: Só aqueles aplicativos de jogos, não é?! Que as vezes não dava para...

Aluno 1: É. As vezes não dava para abrir, por causa do modelo de celular, alguma coisa assim. E aí, por causa disso, não consegui acessar os jogos, por que meu celular é antigo e eu não tenho armazenamento. Aí eu não consegui instalar o aplicativo.

Pesquisadora: Ah, sei! Entendi. E... sabe aquelas atividades de aprofundamento, que a gente tinha que fazer desenhos? Isso auxiliou?

Aluno 1: Ah, sei. Ajudou bastante. Eu sou péssimo em desenho, você deve ter percebido...

Pesquisadora: Não, eu acho que você desenhou bem...

Aluno 1: Não precisa! Eu sei que eu fui péssimo. Mas ajudou muito. Como eu falei, eu não tinha muita noção de como era. E, se você me pedisse para pegar o primeiro [desenhos do questionário prévio]. Do primeiro para o último, você vai ver que teve uma evolução. Por que no primeiro eu não tinha base nenhuma, que foi ali no começo para explicar o minicurso. No último, eu já entendia mais como funciona. Então foi muito positivo.

Pesquisadora: Então, assim... você acha que o minicurso vai te ajudar na disciplina, no curso de um modo geral?

Aluno 1: Sim! Acho que... já me deu uma base para compreender melhor a matéria de Química Fundamental, e acho que vai me ajudar... essa base, por que eu relembrei conceitos, e... acho que isso que eu aprendi, vai me ajudar a seguir no curso sim.

Pesquisadora: Nossa, que bom. Fico feliz. Eu te agradeço por ter participado do minicurso. E... é isso, desenho um bom semestre...

Aluno 1: Obrigado. Eu que tenho que agradecer. Tchau, tchau!

Entrevista com o aluno 2

Pesquisadora: E então..., no minicurso nós trabalhamos com alguns recursos para explicar os conceitos, não é? Nós usamos vídeos, simuladores, alguns gifs com movimentos entre íons, imagens, não é?... utilizamos também o jogo Kahoot! durante os encontros para algumas atividades em grupos. E aí eu queria saber sua opinião sobre a utilização desses recursos. Isso foi positivo? Impactou você de forma positiva ou negativa no seu aprendizado?

Aluno 2: Sim. Ai, impactou de forma muita positiva! porque com as animações e as simulações que estavam nos slides, eu consegui visualizar muito melhor por meio dos gifs, eu consegui visualizar lá... os íons e, aquela camada de... solvatação. E... e eu percebi, que muita coisa que eu não tinha aprendido no Ensino Médio durante a pandemia, eu aprendi no minicurso com você! Então... assim, muitos dos textos, dos vídeos e o próprio kahoot! auxiliou bastante em ... por que tinham muitas imagens que ajudaram, melhorou bastante, eu consegui desenhar melhor também até naquelas atividades que tinha que desenhar.

Pesquisadora: Que bom, fico feliz. E... ao comparar, o antes e o depois desse minicurso, é... a forma como você imagina o nível dos átomos, das moléculas, melhorou? ou não? Então gostaria de saber sua opinião sobre isso, a forma como você imagina...os sistemas.

Aluno 2: Olha, eu acho que melhorou muito, por que... principalmente com aqueles textos que você mandou eu conseguia ter uma noção, eu consegui “adiantar alguma coisa na cabeça” sobre o que ia ser tratado, e isso me ajudou na aula de química fundamental também. É... houve uma melhoria de como que, que eu tento desenhar. É por que... ao longo das atividades eu percebi que na atividade 3, no encontro três, foi quando você explicou muito bem os conceitos, que foi uma aula bem legal para mim. Nesse encontro três foi quando eu consegui fazer um desenhinho. Eu fui lá,

raciocinando, fui praticando, e esse desenho foi ficando cada vez mais melhor, e eu fui desenhando... as moléculas de água da camada de solvatação. E... e aquilo era como se eu estivesse imaginando e interpretando cada vez melhor aquela reação.

Pesquisadora: Nossa, que bom! Então... nós vimos no minicurso alguns conceitos, não é? A gente viu alguma coisa sobre soluções, tipos de reações, estequiometria, substâncias eletrolíticas, oxirredução, não é? E... caso você possuísse antes do minicurso, alguma dificuldade nesses conceitos, em qual você tinha, assim... maior dificuldade?

Aluno 2: Em reações de oxirredução, porque... eu quase não vi isso no Ensino Médio. Então... eu tinha a noção de que alguns alunos sabiam mais do que eu na minha sala, e eu não sabia muito... sobre isso e... as dificuldades foram assim... superadas, as dificuldades... Eu fui melhorando, porque eu conseguia ter uma visão melhor de como que aquilo funcionava, de como que ocorria a troca de elétrons. É... eu não sabia direito o que era reagente oxidante e redutor, e isso ajudou bem melhor a compreender.

Pesquisadora: E quanto aos materiais enviados para estudo prévio, em que tinham textos, vídeos e indicação de alguns jogos, isso facilitou para você? No sentido de tornar sua aprendizagem... de compreender melhor os conceitos?

Aluno 2: Sim, muito! Por que eu li os textos, vi os vídeos que estavam lá... é... junto com os textos, os gifs dos slides nas aulas. E... quando tinha alguma simulação, algum gif nas aulas, eles tornaram a aula, assim... mais interativa, sabe?! Por que quando fica só o texto, fica uma coisa mais maçante, e... fica mais maçante, mais cansativo, não é?! E aí quando tem os vídeos e fica uma coisa mais interativa, é mais legal para aprender, e chamou mais a minha atenção para entender as reações químicas!

Pesquisadora: Nossa, que legal! Então os materiais prévios e os recursos facilitaram sua aprendizagem. E você acha que com o jogo do Kahoot! houve uma interação... uma boa discussão com os colegas?

Aluno 2: Sim, a gente conversava para saber a resposta, a gente via as imagens lá... e eu tentava pensar por que uma estava correta e a outra... nem tanto. Até quando o meu grupo errou a segunda questão ontem, a gente ficou em dúvida e tentando entender o porquê. A gente começava a pensar na interação entre os íons e moléculas, e a gente começou a pensar nisso e gerou muita curiosidade. Mas aí, quando você voltou na questão 2 e explicou, a gente entendeu. E foi legal! E nos

textos prévios, eu começava a ter já uma noção do ia ter na aula, o que me ajudou a não ficar “boiando”!

Pesquisadora: E qual sua opinião sobre as atividades posteriores, em que tinham que fazer desenhos? Você conseguiu entender melhor a partir dos desenhos? O que você achou disso? Foi positivo?

Aluno 2: Sim. Eu sei que no primeiro questionário, eu não consegui desenhar muito bem, eu não sabia o que desenhar; já no segundo encontro eu... na minha percepção, eu comecei a melhorar um pouquinho, e no terceiro já eu consegui... eu acho que a minha... os meus desenhos ficaram, assim... muito mais bonitinhos. Eu consegui ter assim... essa forma de raciocínio melhor sobre como que os átomos e íons reagem lá naquele sistema e foi muito legal! Eu pude praticar os conceitos e associar com a matéria de Química fundamental. E aí eu conseguia raciocinar em como que as moléculas lá... estavam reagindo, e eu consegui pensar melhor sobre isso. Por exemplo, eu consegui pensar melhor em como que os íons e moléculas interagem lá naquela... camada de solvatação, e como que um átomo ali, perderia elétrons. E aí nessa parte das imagens, dos gifs e vídeos, e simulações, isso fez com o conteúdo ficasse mais interativo e isso foi muito legal para mim! Por que eu entendi muito melhor. E... é como você falou na aula, eu parei de pensar só nos símbolos e nas equações, mas tentei imaginar a molécula e criar um pensamento mais de imaginar as interações, imaginar como seria aquele átomo, aquele íon, e como ele estava se comportando.

Pesquisadora: Então, para você, o minicurso foi bom para sua formação?

Aluno 2: Eu acho que isso vai me ajudar no curso de Química sim, por que eu consegui superar algumas lacunas que eu tinha do Ensino Médio, devido a pandemia, que me fez perder algumas coisas.

Pesquisadora: Entendi. Muito interessante tudo o que você falou! Então... é isso. Muito obrigado por participar do minicurso e espero que você tenha um ótimo fim de semana viu!

Aluno 2: Muito obrigada você, pelo minicurso!

Entrevista com o aluno 4

Pesquisadora: Então ... serão feitas algumas perguntinhas, ok? Sobre suas impressões e opiniões do minicurso. Então ... você viu que lá não é... no minicurso... que a gente usou vários vídeos simulações, animações. É ... nos próprios slides,

tinham gifs, simulações ali que falavam mais ou menos como que os átomos, os íons estariam interagindo com as moléculas de água. Então... ocorreu essa demonstração também na forma de imagens, e de vídeos, não é? Expondo ali os átomos, as camadas de solvatação e tal... e a gente também teve o jogo do Kahoot!, não é? E a pergunta é ... você acha que essas ferramentas, esses vídeos, simulações, Kahoot!, jogos, melhorou em algum aspecto a sua compreensão..., a sua aprendizagem?

Aluno 4: Sim, sim, melhorou bastante! Tanto, “que nem” você falou, dos gifs, é... não fica só na teoria ... assim... você mostra como as coisas são aplicadas, fica tipo... infinitamente mais fácil de entender, tanto que tem muitos conceitos que você mostrou no curso que ajudou a explicar muito melhor as coisas que a gente aprende na escola. Que nem... por exemplo, você citou “camada de solvatação”, eu nunca tinha ouvido falar nisso, e ajuda demais a entender ... mais especificamente as coisas, como acontecem, e ainda mais nos vídeos, quando você mostra tipo... até a polaridade das moléculas, e tipo... as atrações, tudo... e tipo, o Kahoot!, assim... desafia a gente a pensar em grupo e tudo mais. É... a dinâmica foi incrível!

Pesquisadora: Ah que legal! Então nesses vídeos você passou a ter... assim ... você passou a imaginar melhor a movimentação espacial das moléculas, por exemplo?

Aluno 4: Sim, sim. É... Foi que nem eu te falei, no quesito tipo... o que a gente “vem” já da escola com conhecimento, a gente sabe tipo: Ah! É... sei lá, você sabe que água com um sal conduz eletricidade, beleza! Você [o aluno] entendeu. Mas tipo, o que você mostra nos vídeos, é tipo como acontece, por que acontece e... fica muito melhor e bem mais fácil de entender!

Pesquisadora: Ah que legal, que legal! É... bom, comparando o antes e o depois do minicurso, é... como que você imagina ... o mundo dos átomos, a noção espacial das moléculas, as interações entre átomo, íon, molécula, elétron ... é... pensando antes e depois do minicurso, houve alguma melhoria em como que você compreende ... esse mundo em nível iônico e molecular nas reações químicas?

Aluno 4: Melhorou muito! Tanto que, era uma questão que, até antes do curso eu ia tentar conversar com a professora de Química fundamental, só que...foi que nem eu te falei, a gente fica muito com aquele conhecimento de tipo: 1 mais 1 é dois, e não o porquê de mais um ser dois. Isso facilita muito o aprendizado porque você pára de “pensar só” que tipo... que o que alguém te fala é uma lei, e começa a parar para tipo... pensar. Que nem, aquele negócio que você falou, de por exemplo: você usou lá o ácido clorídrico..., o ácido acético, a comparação de condução de eletricidade.

Assim... eu sabia que o ácido acético conduziria menos, mas nunca o porquê daquilo. E as coisas começam a fazer sentido. É até mais fácil de pensar agora, tipo você bater o olho no composto e pensar: Talvez esse aqui vai ser menos ou esse vai ser mais, e dá para começar a desenvolver o pensamento. Antes não! Antes era tipo... eu li num livro, e é isso.

Pesquisadora: Ah entendi! Legal. E aí quando você imagina não é... os íons, as moléculas, na sua cabeça assim, você consegue imaginar melhor?

Aluno 4: Sim, sim! É... eu gosto dessa dinâmica de mostrar em vídeos e gifs, porque você começa a... padronizar as coisas na cabeça, tipo... em vez de pensar tipo: Ah, sei lá! Só umas letrinhas voando, perdido na memória! É por que você começa a pensar tipo... nas polaridades, o jeito que elas se ligam, igual você mostrou nos vídeos e ficou mais ... fácil.

Pesquisadora: Nossa! Que bom... Então... no minicurso, a gente viu soluções, estequiometria, a gente viu tipos de reações, a gente viu reações de oxirredução, substância eletrolíticas, não é? E... se você possuía dificuldades em algum desses conteúdos, qual que você possuía a maior dificuldade?

Aluno 4: É... sem dúvida, que eu sempre comento com os meus amigos a parte da Química que eu tenho assim... Nossa! é o meu terror: É a parte de “eletro”, eletroquímica. Então assim, soluções eletrolíticas, mas ficou tipo, muito, muito mais fácil de entender porque... ainda voltando o que eu disse, era muito: 1 mais 1 é dois. E é isso de você nunca saber o porquê. E isso sempre foi muito complicado, por que, assim... eu acho que, talvez você concorde também, que uma matéria bem complexa, e é um pouco fora da curva. Então, isso ajuda demais a entender, tira uma dúvida muito grande do porquê.

Pesquisadora: Então, você passou a pensar mais criticamente no porquê que as coisas acontecem...

Aluno 4: Sim [enfaticamente]

Pesquisadora: Então, as suas dificuldades sobre substâncias eletrolíticas é... foram superadas? Você conseguiu melhorar a sua compreensão sobre isso?

Aluno 4: Sim. Era uma matéria que... era muito complicada para mim, porque... não sei. Acho que talvez tenha sido um bloqueio mental meu, por não ter entendido de “primeira mão”, mas agora ajudou demais! Nossa! tanto que eu sai da aula de soluções eletrolíticas, e continuei... continuei pesquisando, no tempo assim, sabe?

Pesquisadora: Ah! Então você saiu na quarta feira, e a noite começou a pesquisar?

Aluno 4: Sim, sim. Tanto que eu fiz a lista antes mesmo de sair da aula. Tipo... no intervalo da aula [a noite], eu já estava tipo... “matutando” as coisas que tinha que fazer, e tudo mais. E tipo, Nossa! Foi muito interessante mesmo! Tanto que eu salvei no meu celular alguns tópicos que você comentou, para eu dar uma aprofundada depois. E foi indo...

Pesquisadora: Aham. É... então, do seu ponto de vista, na sua opinião, as atividades e os materiais encaminhados ao longo dos... então, textos, vídeos, facilitou então na sua aprendizagem?

Aluno 4: Sim, sim! tá tudo bem... tudo bem “organizadinho”, bem explicado. Tanto que, na questão dos vídeos, dos gifs e do conteúdo escrito mesmo. As atividades também. Apreendi bem o assunto

Pesquisadora: Ah entendi. Então esse estudo prévio desses textos facilitou, não é? para você chegar na aula já tendo uma ideia, não é?

Aluno 4: Sim, sim. Nossa, isso vai “quebrar um galho” muito grande lá na frente, eu tenho certeza. Tanto assim... eu já tive um... uma base muito forte, de onde eu vim. Mas, assim, até para quem não teve, eu acho que foi bem tranquilo “pegar” os assuntos que você deu, assim... pelo menos para mim. Eu achei que foi assim: já começou dar, aquele “ar” de ensino superior, só que não estava uma carga pesada. Estava tipo, bem tranquilo [os materiais], bem fácil de entender.

Pesquisadora: E as atividades... é, posteriores as aulas, também foram interessantes para você praticar, para você... é... nessas atividades tinham que fazer desenhos. Por meio desses desenhos que você teve que fazer, você conseguiu pensar melhor nas moléculas, nos átomos, nos íons?

Aluno 4: Sim, sim. Por exemplo, na primeira lista que você mandou, é... os desenhos estavam bem perdidos assim... Tipo, nossa...no início da solução era só a molécula, depois os íons, depois as novas moléculas. Aí no último... na última lista que você mandou, durante a aula, já estava começando tipo... durante a reação, a gente já pensava nos íons, dissociados, mas já com as camadas solvatação, e tipo... a densidade de carga influenciando na camada e tudo mais... Nossa, ajudou, já dá um upgrade muito grande no entendimento do assunto:

Pesquisadora: Ah então você percebeu que ao longo dos três encontros vocês foram tendo uma melhoria nos desenhos e no raciocínio...

Aluno 4: Sim, sim. Acabou que começa ficar automático já. Que nem... você tem lá a densidade de cargas conforme o raio atômico... Nossa e foi já automático, desenhando, já sabia qual íon ia ter mais moléculas de água em volta, e no outro íon que ia ter um pouquinho menos. Qual ia conduzir mais e qual ia conduzir menos...

Pesquisadora: Nossa! Que legal! Então, o minicurso ajudou nesse momento em que vocês estão começando, não é? Na disciplina de Química Fundamental no curso de Química ... então, acredito que vai impulsionar vocês, não é?

Aluno 4: Bastante!

Pesquisadora: Então, muito obrigado pela sua participação. Eu só tenho a agradecer! porque no começo eu achei que ninguém ia querer participar do minicurso!

Aluno 4: Mas mesmo assim, eu achei no começo, que ia ser um negócio mais... mais leve, até pensei na possibilidade de ir e apenas ver como vai ser... Mas, nossa, foi muito, muito, muito bom, por que mesmo na última aula que tinham conceitos que eu já sabia, ainda tinha algo de novo que eu não conhecia. Sempre tinha alguma coisa a mais, alguma coisa ligada que começou tipo... vai fazer muito sentido mais para frente no curso, e isso tira a necessidade de ficar “pendurado” em professores, assim sabe... e a gente já tem uma base, já dá para gente começar a pensar um pouco sozinho.

Pesquisadora: Entendi, que bom! Era isso, muito obrigado, tenha um ótimo fim de semana, e obrigado por participar do minicurso!

Aluno 4: Obrigado eu, tchau!

Entrevista com o aluno 5

Pesquisadora: Então... essa entrevista vai durar apenas alguns minutos, tudo bem? Vou fazer algumas perguntas aqui pra você, ok? É... bom, você viu, não é?! que durante o minicurso a gente usou vários recursos, não é?! A gente usou vídeos para mostrar como que as reações aconteciam... esses vídeos na verdade eram uma forma de simulações de como que os íons interagem com as moléculas de água, por exemplo, não é?! De como que os cátions e os ânions sofriam reações de oxidação-redução. A gente também utilizou alguns jogos, por exemplo... o jogo do Kahoot! Eu não sei se você chegou a baixar, é... aquele aplicativo “Lab de reações”, não sei se você conseguiu baixar...

Aluno 5: Então... esse eu não cheguei a baixar porque, a minha internet esses dias, está muito ruim, então eu acabei não conseguindo, mas eu tentei.

Pesquisadora: Ah sim, entendi. E... no primeiro encontro também tinha aquele simulador, não é?! disponível na Play Store, chamado EsteQuiz. Eu não sei se você tentou baixar...

Aluno 5: Esse também, tive o mesmo problema.

Pesquisadora: Ah tá, mas tudo bem. Bom..., mas a gente usou o jogo do Kahoot! ao longo dos encontros, e também algumas animações que a gente foi o utilizando conforme a explicação. Você acha que esses recursos, tipo... o jogo do Kahoot!, que é quando vocês se associaram em grupos, tentaram responder algumas perguntas, e também aqueles videozinhos que tinham vários íons e moléculas,... que dava para “ver realmente” a molécula e o íon. Você acha que esses recursos, eles melhoraram em algum ponto a sua aprendizagem dos conceitos?

Aluno 5: Sim, eu acho que... como posso dizer? Agregou bastante porque, eu, no meu caso, eu... tinha algumas reações, assim... que eu não tinha noção... de como ocorriam, até mesmo do conceito de camada de solvatação, eu não recordava. Então eu acho que os vídeos principalmente, eles ajudaram bastante e com a utilização do Kahoot! também eu achei mais, assim... mais dinâmico a aula, até mesmo para interagir com o pessoal com que eu não conversava tanto, então achei bem importante.

Pesquisadora: Ah entendi! Aí você passou a ter... passou a imaginar melhor assim como que os íons e as moléculas interagem?

Aluno 5: Isso, porque na minha escola, eles não exemplificavam assim tanto. Então é bem importante, que realmente eu não cheguei, assim a... parar para pensar tanto como ocorriam as interações assim em nível intermolecular

Pesquisadora: É... e aí, a gente poderia comparar o antes do minicurso e o depois do minicurso. Você acha que depois do minicurso você conseguiu, assim... por exemplo, imaginar melhor como que funciona, o nível atômico e molecular? Tipo assim, você consegue imaginar como que os íons e as moléculas reagem em um sistema? Aí comparando o antes e o depois...

Aluno 5: Eu...sim, sim, depois eu acho que melhorou bastante, na questão de... com posso dizer? Depois dos vídeos eu fui ter uma noção melhor de como ocorria. E depois que eu fui treinado assim com os desenhos, eu acho que melhorou bastante. Gostei bastante dos vídeos também!

Pesquisadora: Ah, você gostou dos vídeos?

Aluno 5: Sim, dos vídeos e das questões para estar desenhando, que acho que reforçou ainda mais

Pesquisadora: É porque dava para tentar... imaginar, não é?! como que os íons interagem, não é?

Aluno 5: Isso!

Pesquisadora: Ok. Bom... outra coisa, é o seguinte... a gente viu alguns conteúdos, não é?! A gente viu soluções, viu estequiometria, é... tipos de reações químicas, a gente viu reações de óxido-redução, soluções eletrolíticas. E aí eu gostaria de saber se você possuía dificuldade em

alguma dessas desses conteúdos e em qual você possuía maior dificuldade... Então vamos supor que você possuía alguma dificuldade em alguns desses, em qual que você possuiria a maior dificuldade?

Aluno 5: Era a de soluções eletrolíticas.

Pesquisadora: Por que? Você tinha dificuldade para imaginar os íons?

Aluno 5: É... era mais a questão do conceito, por que no... quando eu estava no Ensino Médio, não foi tão bem explicado, não é?! por conta da pandemia também. Eu não recordava muito bem do conceito, e aí eu acho que eu não conseguia conceituar bem, nas questões...

Pesquisadora: Entendi! Então, você acha que algumas dessas dificuldades que você tinha com substâncias eletrolíticas, você acha que o minicurso conseguiu fazer com que você superasse pelo menos um pouco dessas dificuldades?

Aluno 5: Sim, bastante. Entendi mesmo. Só que... não totalmente, por que eu vou... tanto é que eu vou estar usando esse minicurso para rever esses conceitos. Os materiais que você enviou, eu vou usar como base, para estar revendo de novo, e reforçar ainda mais.

Pesquisadora: Ah sim, que bom! É... do seu ponto de vista..., você viu que a gente enviou por exemplo, textos antes dos encontros presenciais, é... atividades também para fazer depois desses encontros presenciais. Você acha que esses materiais, eles facilitaram a sua aprendizagem ou não? O estudo prévio foi positivo?

Aluno 5: Facilitou, por que eu também gosto muito de estar lendo a matéria, antes de ter a própria aula, tipo para ter como se fosse uma noção assim. Não chegar... sem saber conceito algum, sabe? Então... eu gostei bastante dessa parte, de estar meio que me planejando antes da aula. E, foi bem positivo mesmo, por que eu gosto de estar fazendo um estudo prévio antes da aula anteceder.

Pesquisadora: Entendi! Então você achou interessante por que você passou a ter uma ideia prévia de como que seria...

Aluno 5: Isso, exatamente. Por que, para mim isso ajuda no aprendizado, faz efeito.

Pesquisadora: Entendi! É... então... e esse aprofundamento, feito nas atividades posteriores, que

que você viu que, depois dos encontros a gente fez algumas atividades... por exemplo..., teve até aquelas atividades que vocês entregaram, não é?! Essas atividades posteriores foram... importantes para você?

Aluno 5: Sim, porque também, como eu disse, reforçou muito depois da aula. Então... acho que a prática, com os exercícios, ele acaba reforçando o que foi passado na aula. Então acho isso bem importante.

Pesquisadora: Então, você acha que o minicurso foi bom para sua formação?

Aluno 5: Sim, muito bom mesmo. Por que... assim também, eu pude ter uma noção de... quais partes eu tenho que estar revendo, principalmente quais eu tinha dificuldade, por que tinha... também algumas matérias que... antes eu falava: “Eu acho que..., essa eu já estou bem”. E quando fui ver, acabava meio que nem sabendo responder determinada questão. Entendeu? Acho que foi muito importante.

Pesquisadora: Foi como se você conseguisse ver ali, é... o que é que você precisa melhorar. Nesse sentido?

Aluno 5: Sim, exatamente.

Pesquisadora: Então é isso. Foi uma conversa mais para saber a sua opinião de vocês. Tudo bem?

Aluno 5: Tudo bem.

Pesquisadora: Muito obrigado por ter participado do minicurso. Foi muito importante para gente. Muito obrigada pela participação!

Entrevista com o aluno 6

Pesquisadora: Então, a primeira coisa que eu quero te perguntar, é se na sua opinião ... Bom, você viu que a gente utilizou vídeos, a gente utilizou simulações, que simulavam as reações químicas, ..., animações, jogos, como o que a gente fez com o Kahoot!. Então eu queria saber se esses vídeos, simulações, animações, imagens que a gente colocou sobre como que os átomos interagem, como que os íons interagem com as moléculas, ... se esses recursos melhoraram em algum aspecto, a

sua aprendizagem, se você conseguiu entender melhor os conceitos a partir dessas animações, do jogo, ...

Aluno 6: Eu acho que com certeza! Acho que se eu não tivesse ... essas animações, o jogo, acho que eu nem teria entendido na verdade.

Pesquisadora: Há é!?

Aluno 6: Sim! Acho que foi o ponto final assim ... a simplificação do que estava vendo, porque

a química é uma coisa muito abstrata às vezes também.

Pesquisadora: Então por exemplo, a gente tinha um vídeo, não sei se você lembra de ontem, em que tinham tinha um fio de cobre e uma certa solução de sulfato de zinco. Então a gente viu que tinham íons, que eles se movimentavam ali na solução. Então você conseguiu entender melhor a partir desses vídeos?

Aluno 6: Sim, a partir dos vídeos, eu entendi melhor.

Pesquisadora: E o jogo do Kahoot!, que ali ocorreu uma interação melhor entre os alunos...

Aluno 6: Eu acho que foi importante principalmente na parte de troca de ideias com outros alunos e compreender melhor através de... do que os outros alunos tinham entendido.

Pesquisadora: Entendi. Então foi um momento de compartilhar informações sobre o que vocês tinham entendido...

Aluno 6: Sim!

Pesquisadora: Uma outra pergunta ... é quando, a gente compara antes e depois do minicurso. A forma como você pensa no mundo atômico, no mundo molecular, nos íons e sua interação com os elétrons. Você acredita que depois do minicurso houve alguma melhoria na sua compreensão de como que você imagina esses íons, esses elétrons em uma em uma certa reação química?

Aluno 6: Depois o minicurso eu aprendi isso! porque no ensino médio eu tive muito pouco disso, e assim ... o que eu vi um pouco mais foi oxirredução, mas no cursinho que eu fiz, pré vestibular. E eletrólitos acho que eu não tinha visto. Então então eu aprendi isso no minicurso.

Pesquisadora: Então no minicurso, você conseguia imaginar, mais ou menos assim... como que os íons, elétrons ... as moléculas “funcionavam” ali em meio aquoso ...

Aluno 6: No minicurso sim, principalmente com os vídeos e com os textos também, que eu lia antes da aula, e aí eu via os vídeos do texto ... e consegui compreender melhor.

Pesquisadora: Que legal! Então ... a gente viu alguns conteúdos. A gente viu soluções, estequiometria, que foi no nosso primeiro encontro, a gente viu tipos de reações químicas, eletrólitos... E eu queria saber se antes do minicurso, em quais desses conteúdos que a gente viu, você possuía maiores dificuldades ...

Aluno 6: Olha ... estequiometria eu já tinha visto no ensino médio, soluções e estequiometria. Então ... foi uma parte mais fácil. Apesar de que de estequiometria eu não gosto muito, mas foi uma parte que eu já sabia. Soluções eletrolíticas eu nunca tinha visto no ensino médio, porém eu gostei bastante do minicurso, e eu passei a gostar. Gosto mais! Acho que de gosto mais de substâncias eletrolíticas do que de estequiometria. E a outra que foi ... oxirredução, eu tinha visto no cursinho e gosto "médio". Gosto mais de substâncias eletrolíticas, do que de oxirredução e estequiometria.

Pesquisadora: Há entendi. Então você possuía mais dificuldade ali nas substâncias eletrolíticas?

Aluno 6: Sim, por não ter visto ela no ensino médio. E oxirredução um pouquinho também.

Pesquisadora: E então você acha que essas dificuldades foram supridas? ... você acha que o minicurso conseguiu explicar um pouco melhor sobre o que seria esses conceitos?

Aluno 6: Eu acho que deu uma base muito boa principalmente para quem teve o ensino médio ... assim... na pandemia, meio limitado.

Pesquisadora: Entendi. Bom... uma outra pergunta. A gente fez algumas atividades, e ...essas atividades envolviam materiais, como um roteiro de estudos, textos que a gente mandava antes dos encontros. Esses textos ... a gente também tinha uns jogos que vocês podiam ver ... Esses textos, esses materiais ajudaram você a compreender os conteúdos?

Aluno 6: Com certeza! eu acho que esses textos são maravilhosos quando o professor manda porque você lê, e quando você vai para aula, você vai tirar dúvidas. Então, você já tem o texto, você vê o vídeo, você já sabe mais ou menos aquele conteúdo, e o que surge de dúvidas, surge quando o professor está falando, e com o texto que

você leu, às vezes você não entendeu também... Aí o professor está falando e vai surgindo dúvidas e então você vai tirando suas dúvidas, e é muito melhor!

Pesquisadora: Entendi! então é como se fosse um material que impulsionasse? Porque vem antes daquele momento de ... aprofundamento né ...

Aluno 6: Vem antes e você ... consegue ter dúvidas daquilo, por que você não é um profissional que sabe daquilo e tal... e quando você vai para aula, você consegue tirar essas dúvidas... E a aula fica mais interessante! Por que você já sabe mais ou o que professor está falando. Você não fica na aula, tipo: “Nossa, o que é isso? O que o professor está falando?”

Pesquisadora: Ah sim. É como você já tivesse uma concepção do que o professor vai falar?

Aluno 6: Sim.

Pesquisadora: Então você acha que a partir do estudo prévio dos materiais, com aprofundamento e realização de atividades posteriores ... por que o que a gente fez ... nós enviamos textos, aprofundamos em aula e depois tinha uma atividade para vocês fazerem depois. Você acha que isso foi positivo?

Aluno 6: Achei ótimo! é esse método que eu vou utilizar com os meus alunos depois que eu me formar!

Pesquisadora: Que legal, interessante isso! E essas atividades “para depois”, para aprofundamento, foi algo legal?

Aluno 6: De 0 a 10, 10! eu acho que é o método melhor de todos os que se usa, ... assim ... que eu vejo que os professores lá ficam só no slide, no texto, escrever o texto, mas ... sem o aluno ter um conhecimento prévio daquilo e sem tirar dúvidas. Mas eu acho que esse [do minicurso] é o melhor! O estudo prévio dos materiais foi positivo, e acho também que é importante que o aluno tenha a consciência de, ler o material antes. Não que ele vai ter uma compreensão total quando ele ler o material, mas de ele ler o material, saber que dali ele tem dúvidas, anotar as dúvidas e levar para aula, já começa assim... talvez seria negativo se o aluno não tivesse essa consciência, talvez seria neutro [irrelevante a leitura do material] se o aluno não tivessem essa consciência de ler o material, e aí o primeiro contato com a matéria seria em aula, e talvez seria negativo se o aluno se frustrasse em não entender o material. Mas no meu caso foi positivo, por que eu fui com essa consciência de que eu vou ler, não vou ter uma compreensão total do material, mas dali vai surgir dúvidas eu vou levar para aula.

Pesquisadora: Entendi! então você não se frustrou com o material? Foi positivo quanto a leitura?

Aluno 6: Para mim foi positivo.

Pesquisadora: Que bom, por que você conseguiu ler, não é? Os conceitos mais básicos, e aí você sabia que você não ia entender tudo, mas que depois do encontro presencial você passaria a entender melhor?

Aluno 6: Sim, isso. E esperar esse encontro e levar as dúvidas que você teve.

Pesquisadora: Então, de uma forma geral, o minicurso foi bom para sua formação?

Aluno 6: Foi bom! eu acho que ele deu uma base muito boa principalmente para quem teve um ensino médio debilitado, e ... é o que vai ajudar agora nas matérias de fundamental I.

Pesquisadora: Que legal, entendi. Então eu fico muito feliz que você tenha gostado, ok?

Aluno 6: A pesquisa era sobre o que?

Pesquisadora: A pesquisa era sobre esse método que você falou que é bom. É sobre o que a gente chama de ensino híbrido. Porque tem a parte virtual, que o aluno leu o texto de forma virtual, ver vídeos vídeo, tem contato com simuladores. E esse contato é prévio, e depois quando a gente vai para sala de aula, a gente profunde isso de forma presencial, fala de uma forma mais aprofundada, com mais detalhes. E aí depois disso tem exercícios para mais aprofundamento de tudo, por uma a plataforma como o classroom, para nortear esse envio de textos e de materiais.

Aluno 6: Ah sim, amei o ensino híbrido!

Pesquisadora: Então é isso, ok?... Muito obrigado por ter participado! Fico muito feliz com a sua participação.

Aluno 6: Obrigado eu pelo minicurso. Tchau!

Entrevista com o aluno 7

Pesquisadora: Bom dia, tudo bem com você? Bom... essa será uma entrevista curta, para saber sua opinião sobre o minicurso, tudo bem?

Aluno 7: Sim.

Pesquisadora: Então, é... a primeira pergunta, bom... você viu que nas aulas do minicurso, a gente trabalhou com vídeos, não é?! Simulações..., animações, não é?! que projetavam mais ou menos como que um íon, como que um átomo se oxidava... como que o íon era gerado, e solvatado em meio aquoso

Aluno 7: Uhum.

Pesquisadora: Aí a gente usou também jogos, tipo aquele jogo do... Kahoot! não é?! Que vocês se organizaram em grupos, para tentar... responder aí algumas questões. Aí... o que eu gostaria de saber é... se na sua opinião esses vídeos, essas simulações, esse joguinho com o Kahoot?!, ajudar a melhorar a sua na sua compreensão, a sua aprendizagem dos conteúdos...

Aluno 7: Sim. Eu gostei, achei legal. Acho que ajudou, e acho que é um bom método, é bem diferente, e... acho que eu nunca tinha visto, tipo... nunca tinha usado antes esse método, mas eu achei bem legal. Eu gostei.

Pesquisadora: Você fala do método do Kahoot!?

Aluno 7: Uhum.

Pesquisadora: Ah tá, e... você chegou a ver aqueles vídeos, que foram enviados junto com os textos?

Aluno 7: Sim, eu cheguei a assistir.

Pesquisadora: Ah tá. Aí você acha que esses vídeos, essas simulações ajudavam também?

Aluno 7: Sim. Ajuda. Ajuda bastante, dá para ter uma maior percepção do... de como é a reação.

Pesquisadora: Entendi. E... comparando então, antes e depois do minicurso, não é?! É... antes você tinha... todo mundo tem uma certa noção, não é?! De como que uma reação química acontece. É muitas vezes, pode-se não ter a imaginação do íon, de como que aquele está se relacionando com a água... por uma camada de solvatação, ... às vezes é difícil de imaginar, não é?! porque não dá para ver um átomo pessoalmente. Aí eu queria saber... se teve essa mudança antes e depois do minicurso... você acredita que houve algum tipo de melhoria na sua compreensão sobre como que os íons e as moléculas interagem nas reações químicas?

Aluno 7: Sim, acredito que ajudou. Tinha umas coisas que eu também não me recordava, que ajudou bastante e... acredito que vai ajudar também por conta das aulas de Química fundamental.

Pesquisadora: Aí a... imaginação que você tinha, por exemplo, você tenta imaginar um íon em meio aquoso, ou um processo de troca de elétrons... quando você imagina, você acha que você consegue ter uma noção “imaginativa” melhor desses processos?

Aluno 7: Acho que sim. Eu acho que... ajudou a melhorar isso.

Pesquisadora: Bom... os conteúdos que a gente viu, eram sobre soluções eletrolíticas, estequiometria, é... reações de precipitação, de oxirredução, não é?! Bom..., nesses conteúdos tinha algum que você tinha maior dificuldade antes de começar o minicurso?

Aluno 7: É, uma coisa que eu não recordava era da parte da reatividade dos metais, e essa última aula ajudou que, tipo, não lembrava da escala direito, mas... ajudou bastante isso.

Pesquisadora: E aí você acredita que essas dificuldades, assim... na escala de reatividade dos metais, que as dificuldades foram assim... superadas, ou você passou a ter uma noção melhor sobre isso?

Aluno 7: Acho que sim. Eu passei a ter uma noção melhor e, acho que ajudou bastante sim porque, eu... é o que também eu queria falar a respeito das reações de oxirredução... às vezes eu ainda acabava confundindo, tipo... eu trocava qual que era o agente redutor e qual que era o agente oxidante.

Pesquisadora: Ah sim! Entendi. Uma outra perguntinha. Então você percebeu, não é?! que no minicurso, a gente primeiro enviava um texto para vocês lerem. Esses textos tinham alguns vídeos, algumas atividades para vocês refletirem. Aí depois de vocês lerem esse texto, não é?! Vocês tinham um dia para ler o texto, e aí no outro dia, a gente fazia um aprofundamento, não é?! Você acha que essa leitura, esse material prévio ajudou você a compreender os conceitos?

Aluno 7: Sim. Ajudou sim, ajudou bastante e eu gostei dos exercícios também... as do desenho, deu para ter uma melhor visualização da reação.

Pesquisadora: E de qual desenho você fala?

Aluno 7: Quando os exercícios pediam... assim... a tal reagente em meio aquoso, com esse daqui, aí a questão pedia tipo... o início da reação, o meio, final. E isso ajudou a melhor visualizar como funciona.

Pesquisadora: Ah, então ajudou a imaginar melhor, a raciocinar? É isso?

Aluno 7: Uhum.

Pesquisadora: Então, aqueles exercícios para reflexão também, que... tinham nos roteiros prévios, você chegou a fazer, você chegou a... se pautar neles também?

Aluno 7: Sim, eu também fiz alguns deles, acho que não lembro se eu fiz todos, mas eu cheguei a fazer sim.

Pesquisadora: Há tá. Então, esse estudo prévio desses materiais foi bom para você? te ajudou a compreender?

Aluno 7: Sim, me ajudou.

Pesquisadora: E... as atividades posteriores..., por que a gente fez algumas atividades que aí... a pessoa tinha que entregar depois, não é?! nesse momento presencial. Essas atividades... que também tinham vários momentos para desenho, elas foram positivas, te ajudaram?

Aluno 7: Sim, ajudou sim. Eu... eu gostei também porque, é... lembrou muita coisa, tipo, que eu não lembrava tantas coisas da reação em meio aquoso, do quesito de eletrólise, e eu não lembrava tudo. Ajudou bastante.

Pesquisadora: Então assim... de uma forma geral, você acha que o minicurso contribuiu para sua formação, para te ajudar na disciplina de química fundamental?

Aluno 7: Sim. Acho que foi bom. Também vai ajudar porque uma das coisas que a gente acabou vendo... eu acabei não podendo ir no presencial, na quarta-feira. Mas, a atividade que você tinha passado para entregar ontem eu.... eu fiz tudo, e ajudou bastante porque na quinta, que teve aula de Química fundamental, tinha bastante coisa do que você tinha passado, tipo, tanto no quesito das reações, que nem, tinha... a reação de formação de um precipitado de iodeto de chumbo...

Pesquisadora: Há sim. Aí te ajudou a compreender melhor?

Aluno 7: Uhum.

Pesquisadora: Então é isso, é... muito obrigado tá?! por ter participado do minicurso! Tá bom?

Obrigada viu!

Aluno 7: Obrigado, tchau, tchau!

Entrevista com o aluno 8

Pesquisadora: E aí... terão algumas perguntas, ok? De como que... quais foram as suas impressões do minicurso. É... vamos lá. Aí você viu, não é?! que a gente utilizou ao longo do minicurso, alguns vídeos, algumas simulações, animações. Você viu lá que em algumas explicações, não é?! a gente usou alguns... algumas simulações, por exemplo para ter uma noção de como que a molécula interage com o íon, como que ocorre a formação da camada de solvatação, não é?! Por exemplo ontem, vocês viram uma animação em que um fio de cobre é inserido em uma solução de nitrato de prata. Aí... acredito que deu para ver, não é?! Como que os átomos, eles se oxidam e passam para um estado de íon. Você... chegou a perceber isso? E aí gente utilizou também o joguinho do Kahoot?! ao longo

daqueles momentos. E aí a pergunta é, se essas animações, o jogo, melhorou a sua compreensão, a sua aprendizagem, aquilo foi positivo?

Aluno 8: Uhum. É... sim. Ai, melhorou bastante que às vezes eu preciso ver como que acontece para entender. Então... ajudou muito.

Pesquisadora: E o kahoot!, como é que foi para você?

Aluno 8: Ele foi legal!

Pesquisadora: É... quando você compara, antes do minicurso e depois do minicurso, é... como que você imaginava, o mundo submicroscópico das reações, e como que você o imagina agora... então vamos supor que a gente, antes do minicurso você fosse responder uma pergunta, que tinha por exemplo... o fio de cobre metálico numa solução de nitrato de prata, que nem a gente viu ontem lembra?

Aluno 8: Uhum.

Pesquisadora: Aí você poderia “fazer algumas respostas”, para explicar esse fenômeno, não é?!

E aí... como que é a sua compreensão... do nível atômico e molecular, antes e depois do minicurso? Você conseguia imaginar melhor... esse nível... como foi para você?

Aluno 8: Acho que... eu acho que antes, eu só tinha assim... uma ideia. Por exemplo naquelas questões que você mandou para gente responder antes do minicurso... eu só tinha uma ideia, não tinha certeza de como acontecia, eu não sabia direito como explicar. Aí agora, depois do minicurso, eu meio que relembrei muita coisa do ensino médio que eu tinha aprendido. E... eu acho que eu consegui lembrar bastante coisa!

Pesquisadora: E você conseguiu ter uma noção melhor... assim... de como que os íons interagem com as moléculas, no aspecto visual, assim...?

Aluno 8: Sim.

Pesquisadora: Então... por exemplo, quando a gente fazia aqueles desenhos, sabe?! você passava ter uma noção melhor, é... uma noção de imagem de como que esses íons estariam interagindo?

Aluno 8: Sim, aí eu lembrava também dos vídeos e dos... gifs que você passava na aula. Aí eu conseguia passar melhor para o papel.

Pesquisadora: Há sim. Então, com os vídeos e com as animações, você conseguia interpretar melhor para escrever. É isso?

Aluno 8: Sim.

Pesquisadora. Entendi. E... a gente viu alguns conteúdos nesse minicurso... a gente viu soluções,

estequiometria, tipos de reações, ... no encontro da quarta a gente viu soluções eletrolíticas, não é?! Ontem, a gente viu reações de precipitação, reações de óxido-redução, não é?! Aí... eu gostaria de saber, se em alguma dessas você possuía dificuldade. E se tivesse dificuldade, em qual delas você possuía a maior dificuldade antes do minicurso?

Aluno 8: Ai! eu acho que eu possuía mais na de quarta-feira, que era “eletrolítica”.

Pesquisadora: É? Por que?

Aluno 8: Porque.... Ai! eu não sei, é que eu acho que... eu aprendi essa matéria na pandemia. Aí eu não estava... eu não sabia muito bem o conteúdo e ficava meio perdida. Até quando a gente foi fazer os exercícios da folha que você passou antes, eu fiquei... eu não sabia responder...

Então eu acho que essa era a matéria que eu estava com mais dificuldade.

Pesquisadora: Há tá. E você fala do material prévio que foi enviado antes da aula de quarta?

Aluno 8: Isso.

Pesquisadora: Aí a sua dificuldade era mais de entender como que um íon permitia a passagem da corrente elétrica... era nesse sentido que você tinha dificuldades?

Aluno 8: Sim.

Pesquisadora: E sobre aquela parte das camadas de solvatação. Você possuía uma noção prévia disso, ou você foi entendendo isso depois do minicurso?

Aluno 8: Ai! eu fui aprendendo depois do minicurso, eu não tinha ouvido falar da camada de solvatação no ensino médio. Aí eu aprendi no minicurso.

Pesquisadora: Ah sim. Então... você acha que essas dificuldades, principalmente... aí que você falou sobre substâncias eletrolíticas, você acha essas dificuldades, assim... foram superadas ou

parcialmente superadas? você acha que você melhorou nesse conteúdo?

Aluno 8: Eu acho que eu melhorei bastante agora, eu posso ter uma ideia melhor do que eu tinha, de como que funciona, assim... como que os íons interagem lá naquele sistema.

Pesquisadora: Entendi. Aí, é... por exemplo, você passou a ter uma noção melhor, por exemplo, é de íon conduz melhor, qual substância não conduz, e o porquê que não?

Aluno 8: Uhum.

Pesquisadora: É... você viu, não ?! que eu minicurso aconteceu da seguinte forma: primeiro a

gente mandava algumas atividades na forma de texto, vídeo. às vezes vocês não tinham tempo de ver os vídeos, mas vocês liam o texto. E aí depois disso, nos encontros presenciais a gente já aprofundava, e também mostrava vídeos, trabalhamos com o Kahoot! E aí, depois desses encontros presenciais, a gente passava algumas atividades. Aí o que eu quero saber, é da sua opinião é... se essas atividades ou materiais prévios, e os vídeos prévios também, se eles facilitaram... no seu entendimento do conteúdo?

Aluno 8: Ajudou bastante! porque aí você chegava na aula, no outro dia, pelo menos sabendo o que é que abordar, do que que se trata a aula e... a entender com mais facilidade que o ia passar.

Pesquisadora: Então, é como se fosse ter uma noção previa do que seria trabalhado? É isso?

Aluno 8: Sim.

Pesquisadora: E... qual é a sua opinião sobre as atividades que a gente mandou posteriormente aos encontros presenciais. Você acha que foi positivo, foi negativo? O pessoal não conseguia fazer? Serviu para aprofundar mesmo, para pensar, para refletir sobre o que foi... sobre o que foi trabalhado?

Aluno 8: Ah sim! Eu achei que foi bem positivo, porque nas atividades em cada exercício, a gente pôde utilizar o que a gente aprendeu na aula. E foi bem tranquilo de fazer, para a gente treinar, não é?! Ver como que a gente estava. Eu achei que foi muito bom!

Pesquisadora: Ah sim. É... então, para você, o estudo prévio desses textos, desses vídeos. Você chegou a ver alguns dos vídeos prévios mandados?

Aluno 8: Eu não consegui ver.

Pesquisadora: Aí você foi pela leitura dos textos?

Aluno 8: Sim.

Pesquisadora: E... os aplicativos, que... a gente sugeriu que. É que eu não sei se todo mundo teve como baixar. Porque tinha o... “Lab. de reações” e teve o “EsteQuiz”. Você chegou a baixar algum deles, a trabalhar com algum deles?

Aluno 8: Não também.

Pesquisadora: Ah tá. Então você foi mais pelos textos, então... esses textos foram positivos, o foram assim... irrelevantes assim para os seus estudos?

Aluno 8: Sim, foram bastante relevantes sim.

Pesquisadora: Então... para sintetizar a nossa conversa, o minicurso é... ele foi positivo então? Agregou na sua formação? Ele foi positivo?

Aluno 8: Há, nossa! Muito, de verdade! porque tinha tópicos que... teve academia, e aí eu não

pude aprender muito bem. E aí eu estava, meio assim... nervosa, preocupada, de como ia ser nas aulas de Química fundamental, se eu ia entender com facilidade ou se ia demorar. Mas o minicurso me ajudou muito aí... a lembrar de muita coisa, e aprender muito também.

Pesquisadora: Ah tá! Ah sim! Bom, então era basicamente essas perguntas. Tá bom? Foi mais uma conversa mesmo. Então, muito obrigado pela sua participação. Tá bom?! É... espero que você tenha um bom semestre! Então foi basicamente essa a entrevista, tudo bem?

Aluno 8: Uhum. Muito muito obrigada, o minicurso foi muito bom mesmo, muito obrigada!

Pesquisadora: Obrigado eu!

Aluno 8: Tchau!

Entrevista com o aluno 9

Pesquisadora: E aí, tudo bem?

Aluno 9: Sim, sim, tudo bem.

Pesquisadora: Então, a primeira coisa que eu gostaria de perguntar: É... você viu, não é?! Que lá no minicurso, a gente trabalhou com alguns vídeos, não é?! Algumas simulações, animações. A gente propôs alguns jogos, um exemplo é o Kahoot!, e tinha outros aplicativos, jogos também presentes nos roteiros prévios. É... Mas os principais eram esses, não é?! o Kahoot! e os vídeos

ao longo das aulas, simulações, e algumas animações ali que demonstravam como que um íon reagia com uma molécula ..., como que um átomo metálico se oxidava, por exemplo, não é?! Aí... a pergunta é... no sentido de que esses vídeos, simulações, jogos, eles... melhoraram em algum aspecto, a sua compreensão sobre o assunto abordado?

Aluno 9: Melhoraram sim na verdade. É meio incomum um professor passar alguma coisa nesse tipo. No ensino médio, por exemplo, eu não tive nenhum. Então, a

percepção foi sim ajudada com esses vídeos, com as simulações, com os desenhos que você mandou fazer também.

Pesquisadora: Ah entendi. Você passou imaginar de uma forma diferente como que um íon e uma molécula reagem?

Aluno 9: Isso, isso.

Pesquisadora: É... por exemplo, imaginar melhor como que um íon e uma molécula reagem, como que, por exemplo... A gente tem, o elétron, não?! Por exemplo. E não dá para você ver ele, não é?! Mas... por meio de animações, de gifs, deu para ter uma noção melhor?

Aluno 9: Sim, esses videozinhos assim..., as coisas... melhoraram bastante a noção.

Pesquisadora: Ah sim! E também a gente teve o uso dos desenhos, não é?! Aqui, vocês puderam treinar, desenhar... como é que é o comportamento desse íon, não é?! E esses desenhos também ajudaram?

Aluno 9: Aham, por deu para ir imaginando, sabe?!

Pesquisadora: E... comparando, não é?! um momento anterior e posterior ao minicurso. A forma como você imagina na sua mente, as reações... em nível de átomos, em nível de moléculas, em nível de elétrons, não é?! Tudo antes.... não é?! quando a gente está no primeiro ano, é mais abstrato. Antes é tudo mais... por meio... de símbolos. Então, eu tenho o sódio representado por meio do Na^+ . Mas eu nunca faço essa representação, por exemplo, por meio de um... íon desenhado, por meio da imagem, por meio do vídeo, ou por meio da simulação. Você acha que entre antes e depois..., você acha que depois você teve uma compreensão um pouco melhor, é... sobre essa imaginação desse íon em termos de seus aspectos de movimentação pela solução, é..., nesse sentido?

Aluno 9: Sim. Eu não diria que a compreensão foi alterada, mas ela foi “clareada”, sabe?! Eu

não tinha uma noção tão grande antes, e, ao decorrer do minicurso, sinto que, foi ficando um pouquinho mais claro assim, de como as coisas funcionam: de como que eles interagem, de como ocorrem as reações, e essas coisas.

Pesquisadora: Tá bom! Entendi. É... a gente viu alguns conteúdos ao longo desses três dias de encontro presencial. A gente viu algumas coisinhas sobre soluções, não é?!, estequiometria, tipos de reações químicas, é... óxido-redução, substâncias eletrolíticas, eletrólito forte, fraco, não é?! É... Aí a pergunta é, em qual desses

conteúdos você teria... assim..., tinha antes mais dificuldade ou que ainda tem dificuldade?

Aluno 9: Então... o minicurso... ele me ajudou a relembrar, por causa que faz muito tempo que eu vi essas coisas. Eu terminei meu ensino médio em 2020. Então eu não sei se, necessariamente, tenha alguma dificuldade, mas, se for assim... “o mais do mais” é em eletrólise.

Pesquisadora: Substâncias eletrolíticas e, eletrólise? É isso?

Aluno 9: Isso.

Pesquisadora: Ah tá. E... ao longo do minicurso, é... você acha que a gente conseguiu fazer

com que você compreendesse melhor esses conceitos?

Aluno 9: Sim, sim. Deu para resgatar, é... o que eu sabia desses assuntos do ensino médio, eu conseguir lembrar tudo certinho e também aprender um pouco mais.

Pesquisadora: Ah é! E o que é que você aprendeu mais?

Aluno 9: Sobre eletrólise principalmente. O... a primeira aula sobre estequiometria, eu “já estava bom”, por causa que eu lembro do meu primeiro ano ainda, porque o meu professor também era unespiano. E ele era muito bom. E... o assunto da terceira aula foi o quê mesmo?

Pesquisadora: A terceira aula foi oxidação e redução, e precipitação e, tipos de reações químicas.

Aluno 9: Isso. Essa matéria, é uma das matérias que eu estava estudando ano passado para fazer vestibular. Então... não estava, tão..., tão “assim” na memória, sabe? Mas eu sabia. Aí eletrólise

foi tipo... quase o primeiro contato. Fazia bastante tempo que eu não via sobre mesmo.

Pesquisadora: Aí é a parte que você estava tendo mais dificuldade?

Aluno 9: Uhum, e menos familiaridade.

Pesquisadora: E aí, com os vídeos, animações, você conseguiu visualizar melhor, por exemplo,

a gente tem um exemplo daquele experimento que a gente viu ontem, em que a gente mergulha um fio de cobre em uma solução de nitrato de prata. Aí tem aquele vídeo, em que os átomos de

cobre, eles se oxidam e perdem elétrons, não é?! É... Você conseguiu entender, assim... em aspectos imagéticos, tipo... você conseguiu imaginar “a imagem” do que seria aquilo a partir do que foi mostrado?

Aluno 9: Sim. É... principalmente em química experimental, acho que vai ser importante eu ter

participado deste minicurso, porque melhorou em... a imagem de como isso ocorre em escala microscópica na minha cabeça, sabe?

Pesquisadora: Ah sim. Que bom. Então... dê mais um exemplo assim... de outra coisa, assim... que você aprendeu, que te elucidou em escala submicroscópica.

Aluno 9: É... por exemplo. Espera aí, deixa eu lembrar aqui... do que aconteceu na segunda aula, por que o que aconteceu na segunda aula foi a mais esclarecedora para mim. Por mais que seja a que eu estava “pior”. Eu tinha tomado vacina no dia anterior. Mas eu lembro do exemplo do primeiro vídeo. No vídeo da primeira aula, sobre a cal hidratada. Eu não lembro... como ocorre a reação, mas o precipitado fez sentido, sabe?

Pesquisadora: Ah tá! Acontecia a formação de um precipitado, é isso.

Aluno 9: Uhum.

Pesquisadora: Ah sim. E aí qual seria a diferença entre os íons da solução e os íons do precipitado?

Aluno 9: Os íons da solução eram mais acompanhados, eram acompanhados e eram mais solúveis em água, não é?! E o precipitado é o contrário.

Pesquisadora: E aí, as moléculas de água, como que elas ficavam, nos íons, para solvatar eles?

Aluno 9: Bom... acho que formava ali uma camada de solvatação, sabe? E isso não aconteceu no precipitado.

Pesquisadora: Isso. E aí... uma outra pergunta é... qual a sua opinião sobre o estudo prévio dos materiais. É... porque você lembra que a gente enviava textos, vídeos, para vocês verem, não é?! Verem antes dos encontros presenciais. Qual a sua opinião sobre esses textos, vídeos, ajudou você ou foi irrelevante?

Aluno 9: Ajudou na verdade. Ele resgatar um pouquinho de que eu já tinha estudado sobre os assuntos antes. E aí eu cheguei na aula “boiando” menos sabe?

Pesquisadora: Ah entendi. Você chegou já tendo uma noção do que iria falar?

Aluno 9: É.

Pesquisadora: E, sobre as... atividades posteriores, que a gente falava para vocês fazerem desenhos do antes, durante e posteriormente às reações. E... era para desenhar né?! É... o que que você achou dessa parte?

Aluno 9: Diferente.

Pesquisadora: É?! diferente porque?

Aluno 9: Por que o professores que eu tive pelo menos, nunca mandaram, tipo, desenhar coisas assim sabe?! Nunca mandaram fazer coisas fora de fórmula. Nunca pediram algo em escala microscópica, e como se interagem visualmente, mesmo que microscopicamente.

Pesquisadora: E aí, quanto você estava fazendo esses desenhos, é... você acha que você melhorou a sua compreensão pelos desenhos ou não?

Aluno 9: Teve uma atividade que você passou antes de começar tudo, não é?! uma atividade que você falou: “Não cole e tal...”, antes da primeira aula, certo?

Pesquisadora: Foi no questionário inicial.

Aluno 9: Isso. Sábado passado, foi?

Pesquisadora: Isso, foi num sábado.

Aluno 9: Então, eu sinto que de lá para cá, se eu fosse responder aquele questionário de novo, hoje, ele estaria muito mais completo.

Pesquisadora: Ha sei. Bom, então, você teria.... você saberia desenhar melhor então, os íons, tipo isso?

Aluno 9: Uhum.

Pesquisadora: Entendi! Por exemplo: Como que você orientaria as moléculas de água na camada de solvatação ao redor de cada íon? Tipo... você tem o íon positivo e o íon positivo. Você conseguiria desenhar, assim... moléculas de água ao redor de cada íon ...

Aluno 9: Interagindo de negativo para positivo, e de positivo ou negativo, não é?!

Pesquisadora: Isso. Aí você teria essa noção mais imagética de como que aconteceria. É isso?

Aluno 9: É. Até semana passada não tinha essa noção.

Pesquisadora: Ah entendi! É... aquela parte, de oxidação também, não é?! quando um átomo perde elétrons. Você consegue visualizar mentalmente isso agora?

Aluno 9: Uhum, bem melhor

Pesquisadora: Ah tá bom! Bom... então, para concluir, você acha que o minicurso foi positivo para sua formação?

Aluno 9: Com certeza.

Pesquisadora: Você acha que ele vai te ajudar nas disciplinas, no curso em geral?

Aluno 9: Aham, ele resgatou o que eu tinha aprendido no ensino médio, que faz tempo que eu não eu vejo o assunto, e adicionou conteúdo na minha cabeça, não é?! que vai ser realmente importante.

Pesquisadora: Ah, e uma pergunta também sobre a interação que vocês tiveram nos jogos, com o joguinho do Kahoot!. Como é que foi para você?

Aluno 9: Foi interessante. Foi uma pressão extra, sabe? Para fazer direito, para não querer fazer mal feito.

Pesquisadora: Entendi. Mas aí a interação com os colegas, isso facilitou... a troca de conhecimentos?

Aluno 9: Em parte sim, e só uma parte que não, na verdade. Porque teve um exercício: O “3” de ontem, que duas pessoas do meu grupo pensaram na alternativa “a”. Só que eu falei: é a “b”. E acabou que o nosso grupo foi o único que errou.

Pesquisadora: Ah, então, teve uma discordância ali?

Aluno 9: Teve discordância, e não teve tempo para discutir ela.

Pesquisadora: Ah sim.

Aluno 9: Mas, em geral, do geral, do geral, foi positivo sim. Foi uma exceção muito a parte.

Pesquisadora: Ah tá, é porque, assim... eu dei um tempo para vocês discutirem, não é?! Mas aí todo mundo falou que tá okay. Aí eu fui. Mas aí depois, quando eu expliquei você entendeu porque que uma estava certa e a outra não?

Aluno 9: Aham.

Pesquisadora. Ah tá. Bom, então é basicamente isso que eu queria perguntar para você, tudo bem? Muito obrigado por ter participado

Aluno 9: Obrigado eu. Tchau!

Entrevista com o aluno 10

Pesquisadora: Então... você participou do 1º e do 2º encontro, não é?! Você viu que durante as aulas, não é?! A gente utilizou vídeos, algumas simulações, para simular certas reações químicas, algumas animações, não é?! E a gente usou um jogo chamado Kahoot! Então aí, a gente usou vídeos, animações, esse jogo Kahoot!, que vocês se reuniram em grupo. E aí, o que eu gostaria de saber é... se essas ferramentas, é... auxiliaram você na compreensão dos fenômenos químicos...

Aluno 10: Há sim! Eu acho que, como... que inclui a gente enquanto está fazendo a aula e tudo isso, coloca o aluno junto com o professor fazendo alguma coisa. Não é

só assistir, não é só ver a aula, então acredito que ajudou muito sim. Então deu uma boa ajudada.

Pesquisadora: Beleza! É... uma outra pergunta é... quando a gente compara, antes e depois do minicurso, a forma como você imagina o mundo submicroscópico das soluções. Então, pensa lá: antes do minicurso e depois do minicurso, se houve... melhoria na forma como você imagina mentalmente ali, é... os íons, as moléculas, as interações entre elas. Houve mudança ao comparar o antes e depois do minicurso?

Aluno 10: Com certeza! É... uma das coisas que eu falo pessoalmente que mudou muito para mim, foi na parte que você explicou da tensão da água e o porquê.

Pesquisadora: Há, sobre a formação do menisco?

Aluno 10: Isso. Agora sempre quando eu vejo aquela tensão por cima, eu lembro daquilo que você passou. Então eu vejo uma mudança sim.

Pesquisadora: Ah legal. E... tem mais algum exemplo dessa melhora de pensamento em nível submicroscópico?

Aluno 10: Há, eu...sim! Na parte das soluções também. Eu nunca tinha parado para pensar certinho, como que faz a passagem da energia, e por quê que algumas soluções são ou não... a palavra estava minha cabeça agora. Era “eletro” ...

Pesquisadora: “Eletrolítica”

Aluno 10: Isso. Pude visualizar melhor como que funciona e saber o porquê disso... por que uma seria mais eletrolítica que outra.

Pesquisadora: Ah, que legal. É... bom. Então, nos encontros, a gente viu algumas coisas sobre estequiometria, tipos de reações químicas, soluções eletrolíticas, não é?! Sobre os conteúdos que a gente viu... em qual desses... caso você possuísse dificuldades, em qual desses conteúdos você possuía a maior dificuldade?

Aluno 10: Há, eu tinha um pouco de dificuldade em relação a “mol”, e em fazer a... [queda de conexão com a internet]. Eu pude estar mais pronto para poder realmente estar entrando nas aulas, quando ela está mexendo com isso.

Pesquisadora: Então você conseguiu entender melhor aquele conceito de mol, ou molaridade proporções? É isso?

Aluno 10: Com certeza!

Pesquisadora: É que tinham aquelas fórmulas “famosinhas” sobre massa sobre massa molar, não é?! Então... acho que deu uma “cortada” na internet.

Aluno 10: Há eu disse sim, sim! Exatamente. Isso mesmo. Me desculpa de novo pela internet. É por que...

Pesquisadora: É normal, é normal! Bom... então essas dificuldades que você tinha, não é?! mais com a estequiometria e eletrólitos, elas foram superadas... pelo menos parcialmente? Você conseguiu entender melhor?

Aluno 10: Sim, sim, ajudou muito para falar a verdade. Eu até gostaria de ter participado na última reunião que teve..., mas foi por questão pessoal.

Pesquisadora: Sem problema. [caiu a conexão com a internet]

Pesquisadora: Bom... eu vou perguntar aqui uma outra questão... aí se cortar a minha fala, você me avise que eu repito, tudo bem? É... do seu ponto de vista, sabe aqueles materiais e roteiros de estudos prévios que foram encaminhados? Nesses textos tinham links de vídeos, e também indicação de alguns jogos. Esses materiais facilitaram a sua aprendizagem, a sua compreensão?

Aluno 10: Ah sim com certeza me ajudaram muito, porque já dá uma “reparada” antes de eu ir, já para poder estar sabendo do que a gente vai estar falando. Então já me deixa pronto, já deixa a minha cabeça pronta para poder estar falando sobre aquilo. Foi... assim, como se fosse uma introdução.

Pesquisadora: Então esse foi positivo para você entender o conceito?

Aluno 10: sim, sim.

Pesquisadora: E... nesses materiais para prévios, tinham alguns jogos que a gente indicava, neh?! Vídeos, jogos. Você conseguiu acessar algum desses vídeos ou esses jogos...tinham alguns jogos pela Play Store, neh?!

Aluno 10: Isso. Os vídeos eu até consegui sim. E os jogos eu não consegui por que, como foi passado pela Play Store, e eu tenho iPhone... não teve como eu ter acesso.

Pesquisadora: Há, entendi, entendi.

Pesquisadora: As atividades posteriores, que a gente encaminhou, não é?!... que vocês tinham que fazer depois. Nessas atividades, tinham algumas perguntas, alguns desenhos para fazer. O que é que você achou dessas atividades posteriores?

Aluno 10: Eu achei que foi muito bom assim. Como você disse que era para gente fazer individualmente, sem estar ajudando muito um ao outro, foi bom para treinar. E Às eu sabia que tinham pessoas ali que sabiam mais do que eu, e se fizesse as vezes com eles... [caiu a conexão].

Pesquisadora: Então, você caiu, e parou na parte que você falou que você não queria fazer com uma outra pessoa que sabia mais que você...

Aluno 10: Não, não nem que eu não queria fazer com a pessoa, era mais questão de que... ter feito sozinho, acabou me ajudando a compreender e praticar.

Pesquisadora: É... bom, nesses exercícios, era para vocês fazerem alguns desenhos. O que é que você pensou disso.... de fazer esses desenhos. Te ajudou... praticando a forma como você imagina um átomo, um íon? Ajudou você de alguma forma?

Aluno 10: Por parte minha, eu achei um pouco difícil, porque eu não sou muito bom para desenhar, e para colocar o que eu imagino em um papel, entende? Mas eu consigo ver qual que era o objetivo, que era para realmente estar fazendo a gente visualizar mais do estava acontecendo. Eu acho uma boa ideia. Eu acho que faltou um pouco de mim, para falar a verdade.

Pesquisadora: Há é? Por quê?

Aluno 10: Ah, eu tenho muita dificuldade de passar para o papel... mesmo uma coisa que eu tenho na minha cabeça. Passar do jeito que eu gostaria de passar, entende? Eu até tentei, mas eu imagino que eu poderia ter feito um pouco melhor.

Pesquisadora: Há entendi, mas tudo bem. Então é quando você estava lá desenhando, você conseguiu, é... tentar imaginar aquele fenômeno

Aluno 10: Na minha cabeça eu consegui imaginar bem. Agora para expor que eu tinha um pouco de dificuldade.

Pesquisadora: Tudo bem. Então, o estudo prévio né destes materiais, é... que foram enviados assim... como também esses desenhos feitos em aulas posteriores, foi algo positivo na sua compreensão da matéria, dos conceitos?

Aluno 10: Com certeza, é... colocar em prática, não é?! Porque só uma aula realmente não é o suficiente. A mente “esquenta” e você consegue realmente “pegar” o que é que está sendo mostrado mais ou menos.... que você vai lá, e faz um treinamento, mesmo que fosse simples, por que eu realmente achei simples os exercícios. Mas mesmo simples, já te ajuda a colocar na cabeça o que é que você viu.

Pesquisadora: Há entendi. É... então, você acha que esse minicurso, ele te ajudou na sua... vai

te ajudar na sua formação, para você é... continuar nos seus estudos em Química Fundamental e no restaurante do curso...?

Aluno 10: Ah tá com certeza. Sim. Assim, é... foi como você disse. Foi uma introdução ali... de alguns assuntos que eu pessoalmente estava precisando. Pra mim com certeza, principalmente em Química Fundamental I, que a gente já está entrando. Vai ajudar muito sim.

Pesquisadora: Há tá, que bom! É... e o conceito ali que você tinha mais dificuldade era estequiometria. É isso?

Aluno 10: Sim, eu sentia um pouco de lerdeza em estequiometria ... e me ajudou a dar o “pontapé” para eu estar indo correr atrás.

Pesquisadora: Ah legal! Então é isso, ok? Foram essas perguntas mesmo, só para me ajudar a ter uma noção, se vocês... conseguiram melhorar... é, o seu nível de pensamento. Por que o objetivo era mesmo... saber se vocês conseguiam imaginar as moléculas, os íons...

Aluno 10: Entendo.

Pesquisadora: Mas pelo que eu entendi, você conseguiu pelo menos... raciocinar, não é?! Sobre: Ah! Como que seria esse íon com essa molécula, como que eles iriam interagir...

Aluno 10: Isso, isso. Aham, eu consegui! Eu achei muito para falar a verdade, achei que foi uma iniciativa muito boa de vocês.

Pesquisadora: Há, que bom. É... então é isso, ok? Agradeço muito por ter participado, do minicurso, tá bom?!

Aluno 10: Eu que agradeço.

Pesquisadora: Então é isso.

Aluno 10: Ok então. Até mais.

Entrevista com o aluno 11

Pesquisadora: Então, isso aqui será basicamente para fazer algumas perguntinhas sobre o que você achou do minicurso e qual sua opinião, tudo bem?

Aluno 11: Aham.

Pesquisadora: Então... é, no minicurso, a gente utilizou alguns materiais como vídeos, a gente utilizou simulações, animações, jogos também, não é? os jogos que a gente utilizou foi mais aquele Kahoot! não é?! Que as pessoas ficavam em grupos e tentavam se comunicar para tentar

resolver um exercício, não é?! É... na sua opinião, esses vídeos... animações, às vezes tinham vídeos que demonstravam ali, os átomos e as moléculas. Você acha que esses vídeos, animações, e o jogo do Kahoot! melhoraram a sua aprendizagem ou... a sua compreensão?

Aluno 11: É... Bom, eu acho que eles melhoraram o entendimento... porque... foi uma maneira mais prática de entender, porque só lembra... às vezes a gente não consegue entender direito. Então às vezes é bom ter um vídeo explicando como funciona as coisas... Achei que foi bem interativo

Pesquisadora: Ah sim! Ajudou você a se comunicar, assim... na parte da atividade?

Aluno 11: Sim, ajudou bastante!

Pesquisadora: E... comparando o antes e o depois do minicurso, não é?! É... assim, no ensino médio a gente geralmente trata as reações químicas como símbolos, não é?! com as flechinhas.

E a proposta do minicurso era fazer com que vocês pensassem... imaginassem como que os íons se movimentam, como que as moléculas se movimentam, quais são as interações entre os íons e as moléculas. É... e antes e depois do minicurso, você acha que teve alguma... melhoria na sua compreensão, em termos de imaginar os íons e as moléculas?

Aluno 11: Acho que sim! Acho que sim. Ajudou também essa questão... de imaginar, por que quando você vê a imagem, que você consegue relacionar ela com o que você tá lendo.

Pesquisadora: Ah sim! Então, ao ver a imagem, ou o vídeo, foi dando para associar as duas coisas, é isso?

Aluno 11: Sim, é isso.

Pesquisadora. Ah entendi, tudo bem. É... então, no minicurso, o que que a gente viu?! A gente viu soluções, estequiometria, é... ontem... na sexta, a gente viu tipos de reações químicas e também substâncias eletrolíticas na quarta, não é?! E... em qual desses conteúdos, assim... você possui ou possuía maior dificuldade?

Aluno 11: Eu acho que no meu caso foi lá na primeira aula da estequiometria, que foi algo que eu realmente assim... perdi bastante quando tinha ensino médio, quando eu estava fazendo e... eu não entendia direito.

Pesquisadora: Então aquelas proporções, balanceamento, aquela parte... assim... número de mols, de Avogadro...

Aluno 11: Isso, eu não conseguia relacionar as medidas e o número exato daquela conta lá. Pesquisadora: Entendi. E aí com os materiais prédios e a aula, você conseguiu?

Aluno 11: Agora eu estou entendendo melhor!

Pesquisadora: Que bom. É que, isso assim... vocês vão ver ainda na Química fundamental, vocês vão ver ainda, não é?

Aluno 11: Aham.

Pesquisadora: Então já... deu uma clareada?

Aluno 11: É, foi.

Pesquisadora: Então, outra coisa é se as atividades e os materiais encaminhados... por que, a gente... antes dos encontros presenciais, a gente enviava texto... vídeo, às vezes alguma atividade para pessoa a começar a refletir. É... esses materiais prévios, em que ponto... você acha que eles facilitaram a sua compreensão?

Aluno 11: Bom, assim... os materiais prévios... eu acho que eles serviram para chegar na aula e entender qual era o assunto, não é? Para não ficar perdida.

Pesquisadora: Então, de uma certa forma, te ajudou?

Aluno 11: Sim.

Pesquisadora: É... esses materiais prévios tinham muitos vídeos, imagens. às vezes também tinham indicações de aplicativos, de jogos lá da Play Store. Você chegou a ver algum vídeo, acessar algum jogo lá da Play Store? Foi positivo? Ou não...

Aluno 11: Então, é... eu não cheguei a baixar o jogo, porque meu celular não vai. O que mais realizei mesmo foi a leitura e pesquisa, que eu pegava, lia, pesquisava um pouco do que estava escrito às vezes. Para mim, eles afetaram de uma forma positiva.

Pesquisadora: Entendi. Então, a partir do que estava escrito você ia pesquisar lá na internet? Por exemplo?

Aluno 11: É... para lembrar.

Pesquisadora: E te ajudou durante os encontros presenciais?

Aluno 11: Sim.

Pesquisadora: É... Essas atividades que a gente foi mandando vocês fazerem após os encontros

Presenciais... muitas vezes nessas atividades vocês tinham que desenhar... o antes, o durante e o depois de uma reação química... desenhando ali átomos, moléculas, não é? É... você acha que, essas atividades posteriores facilitaram no seu no seu estudo?

Aluno 11: Eu acho que facilitou, assim... é que eu não fiz muita coisa porque eu não participei de uma aula presencial, mas...pelo menos as que eu fiz, elas conseguiram me ajudar um pouco.

Pesquisadora: Então, de uma forma geral, assim... o minicurso foi bom para sua formação, pelo

menos para ter uma noção da disciplina, para a tentar lembrar alguns conceitos?

Aluno 11: Sim. Para mim esse minicurso, ele foi bom realmente porque, agora pelo menos eu

vou estudar e eu não vou chegar lá perdida, não é?! Eu já vou conseguir... entender a aula melhor, não é?! E... ele ajudou muito nisso também quanto em questão da matéria.

Pesquisadora: E... por meio das atividades, você conseguiu, por exemplo, imaginar melhor, imaginar como que um íon interage com uma molécula, como que um átomo se oxida e vira um cátion? Essa forma assim de organizar mentalmente, você conseguiu?

Aluno 11: Consegui. Ainda mais com aqueles vídeos lá. Até... como eu tinha dito, os vídeos me ajudaram.

Pesquisadora: Então, as perguntas eram basicamente essas, tá bom? Era mais para ter um feedback, uma opinião de vocês. Agradeço muito a sua participação, e é isso. Tenha um bom semestre!

Aluno 11: Ah, obrigada eu por tudo. Tchau!