



**STÉFANNI CRISTINE SILVA**

**ANÁLISE DAS APROPRIAÇÕES DE ESTUDANTES EM  
RELAÇÃO AOS NÍVEIS DO CONHECIMENTO QUÍMICO  
POR MEIO DO TEMA MINERAÇÃO**

**LAVRAS – MG  
2021**

**STÉFANNI CRISTINE SILVA**

**ANÁLISE DAS APROPRIAÇÕES DE ESTUDANTES EM RELAÇÃO AOS  
NÍVEIS DO CONHECIMENTO QUÍMICO POR MEIO DO TEMA  
MINERAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, área de concentração em Ensino de Química, para a obtenção do título de Mestre

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marianna Meirelles Junqueira  
Orientadora

**LAVRAS - MG  
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Silva, Stefanni Cristine.

Análise das apropriações de estudantes em relação aos níveis do conhecimento químico por meio do tema mineração / Stefanni Cristine Silva. - 2021.

153 p. : il.

Orientador(a): Marianna Meirelles Junqueira.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. Submicroscópico Simbólico e Macroscópico. 2. Transformações Químicas e Transformações Físicas. 3. Mineração e Contextualização. I. Junqueira, Marianna Meirelles.

**STÉFANNI CRISTINE SILVA**

**ANÁLISE DAS APROPRIAÇÕES DE ESTUDANTES EM RELAÇÃO AOS  
NÍVEIS DO CONHECIMENTO QUÍMICO POR MEIO DO TEMA  
MINERAÇÃO**

**ANALYSIS OF STUDENT APPROPRIATIONS IN RELATION TO THE  
LEVELS OF CHEMICAL KNOWLEDGE THROUGH THE MINING THEME**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, área de concentração em Ensino de Química, para a obtenção do título de Mestre

APROVADA, 29 de novembro de 2021.

Dr. Wallace Alves Cabral UFSJ  
Dr. Renata Reis Pereira UFLA

Profa. Dra. Marianna Meirelles Junqueira  
Orientadora

**LAVRAS – MG  
2021**

*A meus pais, Alexander e Marisa, que são meus maiores incentivadores e me mostraram que com trabalho duro e fé tudo é possível. A meu irmão Diego, que sempre foi minha inspiração, mostrando que posso ser tudo quanto sonhar se me empenhar nisto. A minha cunhada, irmã, amiga, madrinha Cristina, que com carinho me ouve e tem sempre os melhores conselhos, e a meu esposo e parceiro da vida, pelo apoio, suporte, carinho e amor constante e a meus amigos que me são suporte e carinho mesmo em todos os momentos*

*Dedico*

*Porque Nele (Jesus) vivemos, e nos movemos, e existimos, como também alguns dos vossos  
poetas disseram: Pois somos também sua geração”  
(Lucas em Atos 17:28)*

## RESUMO

A construção de conhecimentos químicos, dentre os quais destacamos as concepções relacionadas às Transformações Químicas (TQ) e Transformações Físicas (TF), são fundamentais para o desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes. Porém, para que estes conhecimentos se desenvolvam, faz-se necessária a prática docente que incentive o aluno à autonomia e a reflexão acerca da realidade na qual participa, buscando compreendê-la de maneira que relacione seu contexto e vivências aos seus conhecimentos em química. Assim, entendemos que a contextualização pode se tornar um ponto de partida, para que o professor desenvolva a construção de conhecimentos científicos juntamente com os estudantes. Porém, é necessário que contextualização e desenvolvimento do pensamento científico, sejam tomados com o mesmo valor na prática escolar, resguardando a formação integral do aluno, que poderá de fato utilizar da ciência para se posicionar perante situações de seu cotidiano. No que diz respeito à construção do pensamento científico em química ressaltamos a dificuldade de construção destes conhecimentos pelos estudantes, principalmente em relação a compreensão do universo submicroscópico. Tal dificuldade evidencia a necessidade de que o professor, enquanto mediador do processo de ensino e aprendizagem incentive seus alunos a observar os fenômenos macroscópicos e posteriormente, a realizar uma imersão no universo submicroscópico. Tendo em vista esta necessidade da construção adequada das concepções submicroscópicas relacionadas à química, bem como de promover um ensino contextualizado, o presente estudo foi proposto visando responder os seguintes questionamentos: De que maneira os alunos do Ensino Médio se apropriam dos níveis do conhecimento químico - macroscópico, simbólico e submicroscópico, relacionados às Transformações Químicas e Físicas, durante uma sequência de ensino investigativa (SEI) envolvendo a temática mineração? Que potencialidades e limites podem ser identificados na ministração de uma SEI sobre mineração para a formação crítica e reflexiva de estudantes? Assim, temos o objetivo geral, de investigar como estudantes do 2º ano do Ensino Médio se apropriaram dos níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico da química e quais contextualizações foram capazes de realizar, relacionados às TQ e TF, durante uma SEI com o tema mineração. Para tal, durante a SEI ministrada, foram propostas atividades, nas quais os estudantes puderam representar seus conhecimentos sobre TQ e TF, por meio de desenho, escrita e diálogo, bem como apresentar suas reflexões acerca das contextualizações possibilitadas pelo tema. Inicialmente, realizamos uma análise reflexiva sobre a SEI proposta, indicando aprimoramentos de acordo com as vivências possibilitadas pela prática docente da pesquisadora que atuou como docente nas turmas participantes da pesquisa. Também nos dedicamos a analisar as respostas dos estudantes a seis perguntas abordadas no decorrer da SEI ministrada para investigar suas compreensões sobre TQ e TF. Por fim analisamos as respostas a outras duas perguntas e as cartas elaboradas pelos estudantes, buscando compreender quais contextualizações alcançaram. Os materiais elaborados pelos estudantes foram analisados por meio da análise de conteúdo que possibilitou a criação de categorias de análise. Entendemos que a SEI ministrada possibilitou aos estudantes: reconhecer que a química pode ser explicada e compreendida por meio de seus três níveis do conhecimento, desenvolver habilidades em transitar nos três níveis para explicar as TQ e TF dos materiais e, em especial, pelos níveis submicroscópico e simbólico, no qual inicialmente tinham grande dificuldade; conscientização e tomada de decisões relacionadas à atividade mineradora e o reconhecimento de impactos positivos e negativos da mineração na natureza e no desenvolvimento social e econômico.

**Palavras-Chave:** Submicroscópico, Simbólico e Macroscópico. Transformações Químicas. Transformações Físicas. Mineração. Contextualização.

## ABSTRACT

The construction of chemical knowledge, among which we highlight the concepts related to Chemical Transformations (CT) and Physical Transformations (PT), are fundamental for the development of critical thinking among students. However, for this knowledge to develop, teaching practice that encourages the student to autonomy and to reflect on the reality in which they participate is necessary, seeking to understand it through their context and experience relating with their knowledge in chemistry. Thus, we understand that contextualization can become a starting point for the teacher to develop the construction of scientific knowledge together with students. However, it is necessary that the contextualization and development of scientific thinking be taken with the same value in school practice, safeguarding the integral education of the student, who can actually use science to position themselves in situations of their daily lives. With regard to the construction of scientific thinking in chemistry, we emphasize the difficulty of building this knowledge by students, especially in relation to understanding the submicroscopic universe. This difficulty highlights the need for the teacher, as a mediator of the teaching and learning process, to encourage their students to observe macroscopic phenomena and, subsequently, to immerse themselves in the submicroscopic universe. In view of this need for the proper construction of submicroscopic conceptions related to chemistry, as well as to promote contextualized teaching, this study was proposed to answer the following questions: How do high school students appropriate levels of chemical knowledge - macroscopic, symbolic and submicroscopic, related to Chemical and Physical Transformations, during an investigative teaching sequence (ITS) involving the mining theme? What potentials and limits can be identified in the administration of an ITS on mining for the critical and reflective training of students? Thus, we have the general objective of investigating how 2nd year high school students have appropriated from macroscopic, submicroscopic and symbolic levels of chemistry and with contextualization they were able to perform, related to CT and PT during an ITS that has mining as its theme. To this end, during the ITS taught, activities were proposed, where students could represent their knowledge about CT and PT, through drawing, writing and dialogue, as well as present their reflections on the contextualization made possible by the theme. We started by performing a reflective analysis on the proposed ITS, indicating improvements in accordance with the experiences made possible by the researcher who worked as a teacher in the groups participating in the research. We are also dedicated ourselves to analyzing the students' responses to six questions addressed during the ITS taught to investigate their understanding of CT and PT. Finally, we analyzed the answers to two other questions and the letters prepared by the students, seeking to understand which contextualization they reached. The materials developed by the students were analyzed through content analysis, which enabled the creation of analysis categories. We understand that the ITS taught made it possible for students to: recognize that chemistry can be explained and understood through its three levels of knowledge, develop skills in moving through the three levels to explain the CT and PT of the materials and, in particular, at the submicroscopic and symbolic levels, in which they initially had great difficulty; awareness and decision-making related to mining activity, and recognition of positive and negative impacts of mining on nature, social and economic development.

**Keywords:** Submicroscopic, Symbolic and Macroscopic. Chemical Transformations. Physical Transformations. Mining. Contextualization.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Os três níveis do conhecimento Químico.....	27
Figura 2 - Modelo de processamento de informações.....	31
Figura 3 - Esquema de retomada do experimento violeta que desaparece, construído junto com os estudantes no quadro negro, e representações em 2D dos modelos em 3D utilizados durante a revisão.....	69
Figura 4 - Esquema de alto-forno desenhado no quadro negro.....	75
Figura 5 - Algumas Transformações Químicas que ocorrem no alto-forno.....	76
Figura 6 - Esquema de alto-forno final, construído junto com os estudantes.....	77
Figura 7 - Processos físico - químicos do comprimido efervescente.....	107
Figura 8 - Representação Simbólica/Submicroscópica para as TQ que ocorrem no alto-forno estudadas na SEI.....	119
Figura 9 - Estrutura cristalina da hematita.....	119

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Compreensões desejadas relacionadas à descontinuidade da matéria e concepções alternativas de estudantes sobre partícula.....	24
Quadro 2 -	SEI desenvolvida junto com os alunos “Mineração e Beneficiamento do Ferro: Impactos e Possibilidades” (SEI ministrada).....	38
Quadro 3 -	Símbolos e seus significados nas transcrições.....	41
Quadro 4 -	Questionamentos relacionados às Transformações Físicas e as Transformações Físicas e Químicas Simultâneas.....	43
Quadro 5 -	Questionamentos que relacionam Transformações Químicas e Transformações Físicas simultaneamente.....	43
Quadro 6 -	SEI “Mineração e Beneficiamento do Ferro: Impactos e Possibilidades” proposta na fase de planejamento (SEI planejada) .....	47
Quadro 7 -	Estruturas alternativas apresentadas pelos estudantes ao início da SEI.....	50
Quadro 8 -	Episódios de Ensino da Roda de conversa.....	54
Quadro 9 -	Episódios Reformulação do Experimento.....	62
Quadro 10 -	Síntese comparativa: SEI planejada X SEI ministrada.....	80
Quadro 11 -	Síntese da SEI futura, elaborada por meio de processo reflexivo, após a ministração da SEI ter sido finalizada.....	81
Quadro 12 -	Categorias emergentes: tipos de representações elaboradas pelos estudantes as perguntas envolvendo TF.....	83
Quadro 13 -	Exemplo de utilização primária do nível macroscópico (Aluno E5) e de iniciação ao uso do nível simbólico (Aluno D1) .....	87
Quadro 14 -	Conteúdo das representações submicroscópicas utilizadas pelos estudantes.....	88
Quadro 15 -	Progresso nas representações Submicroscópicas apresentadas pelos estudantes.....	90
Quadro 16 -	Categorias de compreensões dos estudantes relacionadas às TF.....	91
Quadro 17 -	Apropriação do termo microscópico para explicação do submicroscópico.....	94
Quadro 18 -	Categorias emergentes para os tipos de representações elaboradas pelos estudantes às perguntas P3 e P4.....	95

Quadro 19 - Exemplos de utilização primária do nível Macroscópico e mudança para Submicro/Simbólico (Alunos C4 e C8). Utilização dos 3 níveis simultaneamente (Aluno D3) .....	99
Quadro 20 - Exemplos de alunos que reconhecem e que não reconhecem a formação de produtos gasosos (Alunos E1 e C3) e aluno que aprimorou a representação submicroscópica (Aluno D5) .....	103
Quadro 21 - Categorias emergentes de compreensões dos estudantes relacionadas às transformações realizadas pelo comprimido efervescente.....	104
Quadro 22 - Alunos que apresentam ideias iniciais de dissolução e seus progressos em resposta às perguntas P3 e P4.....	108
Quadro 23 - Categorias emergentes para os tipos de representações elaboradas pelos estudantes às perguntas P5 e P6.....	109
Quadro 24 - Transição de Representação Macro/Simbólico para Submicro/Simbólico e representações simbólicas com dificuldades estequiométricas.....	114
Quadro 25 - Transição de representações de Figuras Geométricas ou Círculo Vazado para Traço Bola.....	117
Quadro 26 - Categorias emergentes para compreensões alcançadas pelos estudantes sobre as transformações realizadas no alto-forno.....	120
Quadro 27 - Transição de ideias de TF para TQ e de TF para TQ e TF.....	125
Quadro 28 - Contextualizações desenvolvidas pelos estudantes para o tema Mineração.....	127
Quadro 29 - Episódio de aula da roda de conversa.....	128
Quadro 30 - Exemplos de respostas e cartas com progressos na compreensão da importância do minério para o desenvolvimento socioeconômico.....	130
Quadro 31 - Exemplos de respostas e cartas com progressos na compreensão dos impactos ambientais ocasionados pela mineração.....	133
Quadro 32 - Cartas com reconhecimento da importância da atividade mineradora.....	136
Quadro 33 - Carta de aluno favorável a implementação da mineradora .....	138
Quadro 34 - Exemplos de respostas e cartas de alunos que não apresentaram progresso em suas compreensões.....	139

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Tipos de representações elaboradas pelos estudantes para as perguntas P1 e P2.....	85
Gráfico 2 - Representações submicroscópicas elaboradas em resposta às perguntas P1 e P2.....	89
Gráfico 3 - Compreensões alcançadas pelos estudantes relacionadas as perguntas P1 e P2.....	93
Gráfico 4 - Tipos de representações elaboradas pelos estudantes para as perguntas P3 e P4.....	98
Gráfico 5 - Representações submicroscópicas elaboradas em resposta às perguntas P3 e P4.....	101
Gráfico 6 - Compreensões alcançadas pelos estudantes relacionadas as perguntas P3 e P4.....	106
Gráfico 7 - Tipos de representações elaboradas pelos estudantes para as perguntas P5 e P6.....	113
Gráfico 8 - Representações submicroscópicas elaboradas em resposta às perguntas P5 e P6.....	116
Gráfico 9 - Compreensões alcançadas em resposta às perguntas P5 e P6.....	124

## **LISTA DE SIGLAS**

TF	Transformações Físicas
TQ	Transformações Químicas
SEI	Sequência de Ensino Investigativa
MT	Memória de Trabalho
MLP	Memória de Longo Prazo
UFLA	Universidade Federal de Lavras
PIBIB	Programa Institucional de Iniciação a Docência

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	19
<b>2.1</b>	<b>Ensino de Química e Contextualização</b> .....	19
<b>2.2</b>	<b>O desafio de compreender e representar o universo submicroscópico</b> .....	21
<b>2.3</b>	<b>Os três níveis do conhecimento químico</b> .....	25
<b>2.4</b>	<b>Processamento de Informação e a construção de novos saberes</b> .....	28
<b>2.5</b>	<b>Transformações Químicas no contexto do ensino e aprendizagem</b> .....	34
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	37
<b>3.1</b>	<b>Elaboração e contexto de ministração da SEI</b> .....	37
<b>3.2</b>	<b>Construção dos dados de pesquisa e métodos de análise</b> .....	39
<b>3.2.1</b>	<b>Dados relacionados ao contexto de desenvolvimento e ministração da SEI</b> .....	40
<b>3.2.2</b>	<b>Dados relacionados à construção do conhecimento científico sobre às Transformações Químicas e Físicas</b> .....	41
<b>3.3.3</b>	<b>Dados relacionados aos contextos desenvolvidos pelos estudantes ao considerar o tema mineração</b> .....	45
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	46
<b>4.1</b>	<b>Desenvolvimento e análise da SEI</b> .....	46
<b>4.1.1</b>	<b>Aula 1: Questionário Prévio</b> .....	48
<b>4.1.2</b>	<b>Aula 2: Roda de Conversa e apresentação da Questão Problema</b> .....	52
<b>4.1.3</b>	<b>Aula 3: Apresentação das pesquisas e sistematização de ideias relacionadas ao processo de mineração</b> .....	55
<b>4.1.4</b>	<b>Aula 4: Exploração mineral do ferro, da mineração à siderurgia</b> .....	57
<b>4.1.5</b>	<b>Aula 5: Atividade Experimental Investigativa para estudo das Transformações dos Materiais</b> .....	59
<b>4.1.6</b>	<b>Aula 6: Reconstrução do Experimento “Violeta que desaparece” nas perspectivas Macroscópica, Submicroscópica e Simbólica</b> .....	59
<b>4.1.7</b>	<b>Aula 7: Estudo das TQ e TF realizadas na extração e beneficiamento do ferro</b> ..	73
<b>4.1.8</b>	<b>Aula 8: Questionário Pós</b> .....	78
<b>4.1.9</b>	<b>Aula 9: Carta ao prefeito</b> .....	78
<b>4.1.10</b>	<b>Considerações finais sobre a elaboração e a aplicação da SEI</b> .....	79
<b>4.2</b>	<b>Análise das representações elaboradas pelos estudantes para questões relacionadas às Transformações Físicas</b> .....	82

<b>4.3</b>	<b>Análise das representações elaboradas pelos estudantes para questões relacionadas às transformações ocorridas com comprimido efervescente.....</b>	<b>94</b>
<b>4.4</b>	<b>Análise das representações elaboradas pelos estudantes para questões relacionadas às Transformações Químicas e Físicas que ocorrem no alto forno.....</b>	<b>108</b>
<b>4.5</b>	<b>Análise das compreensões relacionadas ao contexto alcançadas pelos estudantes.....</b>	<b>126</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>142</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>146</b>
	<b>Apêndice A – Imagens para a roda de conversa .....</b>	<b>150</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A docência me foi apresentada como um privilégio desde a graduação. Inicialmente ingressei no curso de licenciatura em química com intenção de conquistar o título de bacharel e trabalhar em laboratórios. Porém Deus tem os seus propósitos para nós, e em sua infinita sabedoria mostrou-me que poderia fazer diferença na sala de aula.

No início de minha trajetória acadêmica, de 2012 a 2014, trabalhei no laboratório de tratamento de resíduos químicos da UFLA - Universidade Federal de Lavras, e desenvolvi pesquisa na área de tratamento de metais. A pesquisa era interessante, gostava dos procedimentos laboratoriais, porém almejava por algo que transformasse vidas e gostaria de ter a oportunidade de vivenciar estas transformações, o que não conseguia em laboratório apesar de entender a relevância ambiental do trabalho que estava sendo desenvolvido.

Após um acidente automotivo grave que sofri no segundo semestre de 2014, decidi que era hora de seguir outro caminho. Desisti de minha bolsa de iniciação científica e decidi ser voluntária no PIBID - Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência, subprojeto Química da UFLA, a convite de uma professora. Neste momento tive um grato encontro com o universo do ensino de química e muitas reflexões começaram a ser realizadas.

E minha meta começou a ser desenhada. Exercer uma prática pedagógica em ensino de química e ciências transformadora, que de fato colabore para o bom desenvolvimento dos estudantes em sua vida cotidiana e para tomada de decisões perante as situações vividas em sociedade. Neste contexto, ao participar da disciplina Espaços não Formais, na licenciatura em química também cursada na UFLA, tive a oportunidade de criar minha primeira proposta de SEI - Sequência de Ensino Investigativa, que possuía como tema a mineração.

No momento de criação desta SEI, a tragédia ambiental ocorrida em Mariana no dia 15 de novembro de 2015 era recente, desta forma, entendi a essencialidade de tratar o tema com os estudantes, para que pudessem construir conhecimentos com boa fundamentação acerca de uma problemática próxima de suas realidades. Esta SEI não foi levada a campo, porém colaborou fortemente para que aumentasse o desejo de trabalhar o tema mineração em minhas futuras aulas.

Desta maneira, ao participar do processo seletivo para o programa de mestrado em ensino de ciências e educação matemática, não houve dúvidas de que me arriscaria em abordar o tema no produto educacional vinculado a presente dissertação, pois mesmo que já houvesse transcorrido alguns anos após o acidente ambiental de Mariana, ele deixou suas consequências as quais precisavam ser avaliadas e conhecidas pela sociedade. Além do fato de que havia

denúncias de outras barragens no estado de Minas Gerais - MG que estavam em situação de irregularidade e risco.

Algo que me impactou muito e confirmou a necessidade de abordar o tema, foi que um dia antes da apresentação do pré-projeto para banca avaliadora do processo seletivo de mestrado, no dia 25 de janeiro de 2019, a barragem de Brumadinho se rompeu. Tudo que vinha a minha mente era a necessidade de dialogar sobre este assunto com os estudantes, e o questionamento de até quando passaremos por estas situações de tragédias.

Diante ao apresentado, destacamos que a química, enquanto ciência da natureza, que visa estudar o mundo e desvendá-lo sob uma nova perspectiva, tem sido reconhecida pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASÍLIA, 2006) bem como pela Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017), como fundamental para formação do cidadão crítico, reflexivo e pronto a atuar na sociedade. Assim, o desenvolvimento da compreensão sobre os fenômenos químicos e físicos que ocorrem no universo observável é de grande relevância a vida comum do indivíduo, por proporcionar uma visão mais completa sobre o contexto que o cerca.

Porém, para que o ensino e o aprendizado em química se desenvolvam de maneira a preservar a emancipação do aluno, faz-se necessário que o professor proponha práticas que direcionem o estudante à observação atenta de suas realidades, de forma que transcenda o senso comum, desenvolvendo o pensamento científico e se tornando capaz de refinar suas concepções acerca das situações vivenciadas.

Além da postura ativa do aluno em sala de aula, autores como Mortimer (1995), Santos (2008), Miranda e Pazinato e Braibante (2017) ressaltam a abordagem do ensino de ciências utilizando o estudo de temas relevantes ao contexto social dos estudantes, por meio dos quais, é possível realizar o desenvolvimento do conhecimento científico em química, à medida que uma investigação relacionada ao tema de estudo é desenvolvida. Desta maneira, é possível que alcancemos um desenvolvimento do conhecimento em química de maneira contextualizada, incentivando o estudante a proceder também em sua comunidade de forma ativa, consciente e alicerçado em um conhecimento confiável.

Reconhecemos, portanto, a importância da relação equilibrada entre contextualização por meio de temas e o conhecimento científico no ensino e aprendizagem de Química, pois, o desequilíbrio destes, pode acarretar prejuízos ao processo formativo do estudante, que poderá vir a elaborar argumentos referentes a um tema sem fundamentação, recorrendo sempre ao senso comum, ou poderá tornar-se um bom armazenador e replicador de algoritmos aos quais não atribui reais significações.

Autores como Machado (2000), Neri, Liegel e Fernandez (2006) e Marques (2017)

têm relatado algumas dificuldades de estudantes do ensino médio em demonstrar real compreensão sobre conceitos fundamentais da química, como sobre o que são Transformações Químicas, como ocorre a conservação da massa nessas transformações, quais substâncias são inertes no meio reacional, quais realmente participam da transformação, o reconhecimento de reagentes invisíveis a olho nu, dentre outros, quase sempre relacionados à dificuldade de compreensão do fenômeno no nível submicroscópico.

Tendo em vista este contexto, concordamos com as ideias defendidas por Johnstone (2000), nas quais o aluno, para que tenha uma real compreensão de determinada situação de estudo sob a ótica do pensamento químico, precisa ser auxiliado a desenvolver seu conhecimento por meio da compreensão e utilização dos três níveis do conhecimento químico, sendo eles o macroscópico, o submicroscópico e o simbólico.

Desta forma, compreendendo a necessidade de superação da dicotomia existente, na compreensão das relações estabelecidas entre universo submicroscópico e macroscópico, bem como da essencialidade de se desenvolver uma prática que favoreça o equilíbrio entre contextualização e construção do pensamento científico, desenvolvemos no presente estudo, uma SEI, utilizando a mineração como tema.

Por meio do tema mineração, buscou-se realizar problematizações acerca dos impactos que esta atividade econômica pode causar sobre a sociedade, meio ambiente e tecnologia, bem como realizar um aprofundamento no estudo das principais Transformações Químicas (TQ) e Transformações Físicas (TF) envolvidas no processo de extração, beneficiamento e siderurgia do minério de ferro, buscando responder às seguintes questões de pesquisa:

- a) De que maneira os alunos do ensino médio se apropriam dos níveis do conhecimento químico - macroscópico, simbólico e submicroscópico, relacionados às Transformações Químicas e Físicas, durante uma SEI envolvendo a temática mineração?
- b) Que potencialidades e limites podem ser identificados no desenvolvimento de uma SEI sobre mineração para uma formação crítica e reflexiva de estudantes?

Buscando responder as questões de pesquisa, nosso objetivo geral foi investigar como estudantes do 2º ano do Ensino Médio se apropriaram dos níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico da química e quais relações com o contexto foram capazes de realizar, relacionados às TQ e TF, durante uma SEI com o tema mineração. Os objetivos específicos, traçados visando alcançar o objetivo geral foram:

- a) realizar uma análise reflexiva sobre a elaboração e ministração de uma SEI centrada no

tema mineração;

- b) analisar as diferentes representações, relacionadas às TQ e TF elaboradas pelos estudantes durante a SEI, levando em consideração os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico do conhecimento químico;
- c) investigar quais as principais compreensões e dificuldades dos estudantes no processo de aprendizagem de conceitos relacionados às TQ e TF ao longo do desenvolvimento da SEI;
- d) verificar como aulas centradas no tema mineração podem auxiliar a tomada de consciência e ação dos estudantes em relação a seu contexto sócio-político.

Assim, buscamos analisar as diferentes representações, sobre as TQ e TF, elaboradas pelos estudantes durante a SEI considerando os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico do conhecimento químico. Investigando quais as principais compreensões e dificuldades apresentadas no processo de aprendizagem de conceitos relacionados às TQ e TF; e verificando como aulas norteadas pelo tema mineração podem auxiliar a tomada de consciência e ação dos estudantes em relação a seu contexto sociopolítico.

O texto que segue tem início com a base teórica para o desenvolvimento desta pesquisa, articulando ideias relacionadas a importância da contextualização para o ensino e aprendizagem em química, dialogando sobre o desafio de compreender e representar o universo submicroscópico, e sobre a importância de se compreender a química em seus três níveis do conhecimento: macroscópico, submicroscópico e simbólico. Por fim abordamos como pode ocorrer a construção de novos saberes nos estudantes e como podemos utilizar estes conhecimentos em psicologia da educação para o ensino e aprendizagem de TQ de maneira contextualizada.

Em seguida, apresentamos o percurso metodológico adotado, para construção e análise dos dados possibilitados pelos materiais elaborados pelos estudantes. Nos dedicamos a discutir tais resultados tecendo conclusões relacionadas as potencialidades das estratégias metodológicas propostas pela SEI, e sobre os progressos feitos pelos estudantes relacionados as relações com o contexto e ao conhecimento científico em química. Por fim apresentamos as principais conclusões tecidas e as referências que fundamentaram a pesquisa.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Neste capítulo apresentamos uma reflexão acerca da importância da contextualização no ensino de química, e como esta pode ser utilizada para o desenrolar de uma aprendizagem da química enquanto ciência. Posteriormente, abordamos os desafios que podem ser enfrentados ao se buscar compreender e representar o universo submicroscópico relacionado à química, e como tais obstáculos estão intrinsecamente relacionados às compreensões equivocadas que os estudantes podem ter construído acerca da natureza da matéria e sua descontinuidade, resultando em uma visão alternativa dos conceitos químicos.

Seguimos expondo um aprofundamento sobre a natureza da química e suas formas de representação, por meio do estudo de alguns trabalhos realizados pelo pesquisador Johnstone (2000; 2006), para quem a química pode ser compreendida por meio do uso dos três níveis: simbólico, macroscópico e submicroscópico. Desta forma, possuindo uma melhor clareza sobre como podemos compreender e explicar o conhecimento químico de maneira mais completa, continuamos nossa investigação, buscando por caminhos para uma melhor prática docente em química que possibilite um aprendizado coerente desta ciência.

Para tal, estudamos ainda, um aporte teórico fundamentado na psicologia da educação e em algumas ideias construtivistas, para que pudéssemos compreender a maneira como ocorre a construção de novos saberes pelos estudantes. Tendo em mente tal perspectiva, nosso objetivo foi identificar quais aspectos são relevantes para construção de novas concepções pelos estudantes, podendo vir a proporcionar um melhor fazer docente, além de uma aprendizagem efetiva.

Por fim, buscamos relacionar tais referenciais concernentes ao ensino de química por meio de temas de estudo, contextualização e compreensão da natureza da matéria e níveis de representação do conhecimento químico, com os conceitos relacionados às TQ e TF dos materiais, tecendo caminhos de ensino e aprendizagem de tais transformações, que possibilitem transpor as dificuldades amplamente relatadas em literaturas correlatas.

### **2.1 Ensino de Química e Contextualização**

Buscar compreender a química, e como esta pode ser observada na vida cotidiana, se apresenta como um dos aspectos imprescindíveis à formação dos sujeitos, pois se trata de uma ciência capaz de influenciar na formação humana, incentivar o estudante a autonomia, ampliar os horizontes culturais e incentivar o exercício da cidadania. Portanto, o conhecimento em

química, pode tornar possível ao cidadão ressignificar sua perspectiva sobre o contexto no qual participa ao compreender como os processos relacionados às TQ têm influência na sociedade e no desenvolvimento científico, tecnológico e ambiental (MINAS GERAIS, 2007; BRASÍLIA, 2006; BRASIL, 2017).<sup>1</sup>

Assim, as propostas curriculares do Estado de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2007) e nacionais (BRASILIA, 2006; BRASIL, 2017) para o ensino de química, bem como diversos autores como: Rosa e Schenetzler (1998), Mortimer e Miranda (1995), Lopes (1995), Machado (2000), Neri, Liegel e Fernandez (2006) e Marques (2017), concordam em afirmar que o ensino e aprendizagem sobre o que são as TQ, sua relevância para a manutenção da vida e como e onde estas ocorrem, se apresenta como um eixo central na compreensão desta ciência, pois é um conhecimento fundamental na formação do pensamento químico do aluno.

Segundo Machado (2000), é essencial a utilização de uma abordagem de ensino problematizadora para que o estudante alcance este ideal de aprendizagem, tornando-se capaz de compreender o que são as TQ, em quais situações de sua vivência é possível observá-las, e como estas, podem ser utilizadas para melhoria de sua comunidade.

Nesta abordagem de ensino, diferente do modelo tradicional, ainda presente no contexto educacional brasileiro, o professor tem como papel oferecer suporte ao estudante, para que seja capaz de refletir acerca de problemáticas relevantes de sua comunidade sob uma perspectiva pautada na ciência, desenvolvida por meio das aulas que possibilitarão ao aluno a realização de uma busca por respostas para a situação em investigação.

Portanto, propomos neste estudo, que se busque o rompimento com o modelo tradicional de ensino, no qual o aluno é visto como um depósito de informações, cuja função única é a memorização de algoritmos, em função do desenvolvimento de uma proposta educacional onde o estudante se torna protagonista e pensante no processo de ensino e aprendizagem.

Nesta perspectiva, o aluno, tomando como ponto de partida seus conhecimentos prévios, poderá desenvolver novos conhecimentos científicos em química. Considerando que o estudo em química seja permeado pela contextualização, utilizando sempre de pesquisas, diálogos e compartilhamento de vivências com os pares, envolvendo temas relevantes à comunidade na qual participa.

Assim, a contextualização do ensino pode tornar-se o meio pelo qual ocorre o ato de

---

<sup>1 1</sup> A investigação desenvolvida nesta pesquisa foi planejada e levada a campo no segundo semestre de 2019, ano em que ainda não havia sido iniciada a transição para o novo Ensino Médio e o Currículo Referência de Minas Gerais ainda não havia sido estabelecido. Portanto tomamos como norteadores os PCNs, a BNCC e o CBC.

ensinar e aprender, pois conforme relatado por Silva e Marcondes (2014), permite uma estreita relação entre conceito e contexto, proporcionando que o estudo dos conhecimentos científicos venha a emergir, à medida que os temas selecionados são tratados de forma profunda e criteriosa, buscando exercer um olhar investigativo sobre os mesmos.

Para Silva e Marcondes (2010, p.105), a contextualização no ensino de ciências deve “privilegiar o estudo de contextos sociais com aspectos políticos, econômicos e ambientais, sempre fundamentado em conhecimentos das ciências e tecnologia”. Ainda segundo os autores, a contextualização concebida desta maneira, poderá colaborar “para desenvolver um ensino que venha a contribuir para a formação de um aluno crítico, atuante e sempre que possível transformador de sua realidade desfavorável” (Ibidem, p.105).

Concordamos, portanto, com Silva e Marcondes (2010) pois a contextualização aqui proposta, não diz respeito a mera exemplificação dos conhecimentos químicos com fatos cotidianos observáveis. Lufti (1992) e Chassot (2001) são categóricos ao alertar, que a contextualização tomada em uma perspectiva simplista, reducionista e não problematizadora coloca o foco nos conceitos científicos em detrimento da busca pela real compreensão de seu poder transformador na vida e sociedade, se tornando em um empecilho por não auxiliar o estudante na elaboração de significações consistentes.

Entendemos ainda que a contextualização reducionista, com foco no conteúdo, não é o único risco que o professor corre ao buscar a construção de uma prática contextualizada; o contrário também pode ocorrer. Quando as aulas contemplam apenas o estudo contextual relacionado ao tema em estudo, negligenciando a fundamentação científica que deve ser analisada e desenvolvida por meio do tema, o aprendizado do aluno também pode ser prejudicado.

Assim, torna-se necessário, que o professor enquanto mediador e participante da construção de novos saberes, tenha sempre em vista a busca de respostas na ciência para a resolução do problema em investigação (SILVA; MARCONDES, 2014). Percebemos então a necessidade de um olhar atento sob a contextualização e sobre os conhecimentos científicos que esta possibilita desenvolver, buscando garantir o equilíbrio ao se utilizar as mesmas, resultando em um aprendizado significativo.

## **2.2 O desafio de compreender e representar o universo submicroscópico**

Tendo em vista esta busca por equilíbrio nas relações estabelecidas entre a contextualização e os conceitos no ensino de química, pesquisadores como Lopes (1995),

Johnstone (2000; 2006) Nery, Liegel e Fernandez (2006; 2007), Wartha e Rezende (2011), Locarelli e Arroio (2017), dentre outros, têm buscado investigar como os alunos compreendem os fenômenos experimentais e visíveis ocorridos no mundo material, e em qual nível conseguem se apropriar dos conhecimentos científicos, se tornando capazes de demonstrar o que ocorre submicroscopicamente para fundamentar a ocorrência destes, em seus referidos contextos.

Johnstone (2000) destaca em seu artigo “Chemical Education Research: Where from Here?”, que para o profissional da química, conjecturar que existe um universo invisível, no qual ocorrem fenômenos de natureza físico-química, que regem uma ampla diversidade de fatos experimentais vivenciados no cotidiano, é uma ação que, mesmo exigindo uma alta organização dos saberes, lhe é tangível.

Assim, para o químico, a ação de observar algo como os sistemas submicroscópicos bioquímicos realizados por uma planta para gerar energia necessária à vida, a química presente na preparação dos alimentos, ou então o fenômeno da bioluminescência realizado pelos vagalumes; e se encantar pela complexidade de tais sistemas, pode vir a tornar-se natural, gratificante e não dificultoso.

Porém, para o aluno, não é simples alcançar este vislumbre nas ideias propostas pelo conhecimento químico. Uma das principais razões desta impopularidade relacionada a química, se deve ao fato de que ela lida com conceitos e leis abstratas e não palpáveis, e que até o momento, provavelmente, não foram foco de estudo do aluno. Logo, são ideias não familiares ao estudante, o que pode dificultar a construção de novos conhecimentos por eles.

Um segundo motivo para o temor demonstrado pelos alunos ao iniciarem o seu desenvolvimento do conhecimento químico, está relacionado com a maneira como nós, enquanto educadores, apresentamos e tratamos juntamente com os estudantes o conhecimento científico em química. Segundo Johnstone (2000), temos ignorado nossos conhecimentos em psicologia da educação, e escolhido caminhos de ensino e aprendizagem que podem criar aversão no aluno, prejudicando a sua constituição do conhecimento.

Quanto mais estudei química, educação química e a psicologia da aprendizagem, mais me conscientizo que estamos tentando compartilhar nosso belo assunto com pessoas jovens de uma maneira aparentemente "lógica" e, ao mesmo tempo, conflitando com o que sabemos sobre a maneira como as pessoas aprendem. Traduzido de Johnstone (2000, p.35)

Compreendendo estes dois fatores que influenciam diretamente a postura do aluno ao estudar química, entendemos ser de grande importância que o educador tenha bem delimitado os conhecimentos relacionados à química, principalmente no que diz respeito à descontinuidade

da matéria e os desafios que a mesma pode propiciar ao processo de ensino e aprendizagem.

Destacamos a essencialidade da ideia de descontinuidade da matéria, por possibilitar ao estudante, construir explicações acerca da estrutura da matéria e suas mudanças de estados físicos, sobre como esta pode passar por transformações de caráter químico, bem como a respeito de quais são suas propriedades (MARTORANO; CARMO, 2013; VRIES; ARROIO, 2017).

Compreender a matéria como sendo descontínua e corpuscular, implica em ser capaz de elucidar que a mesma transcende sua aparência macroscópica visível, sendo constituída por uma infinidade de partículas invisíveis, denominadas átomos, que são constituídos por partículas ainda menores, os prótons, elétrons e nêutrons. Os átomos que constituem a matéria estão em constante movimento e realizando interações entre si de forma ininterrupta, por meio das quais é possível originar estruturas mais complexas que possuem espaços vazios entre si (POZO et al., 1991; MARTORANO; CARMO, 2013).

Autores como Pozo et al. (1991) e Martorano e Carmo (2013), relatam que os estudantes apresentam dificuldades em compreender a matéria como sendo descontínua e corpuscular, atribuindo à mesma características macroscópicas, não compreendendo a conservação da matéria, a noção de vazio, ou mesmo realizando um animismo; que consiste em atribuir características de seres vivos à matéria.

O Quadro 1 disposto a seguir, traduzido e adaptado de Pozo et al. (1991), apresenta uma síntese das principais construções relacionadas à descontinuidade da matéria necessárias que o aluno desenvolva, bem como as principais concepções alternativas atribuídas às partículas.

Quadro 1- Compreensões desejadas relacionadas à descontinuidade da matéria e concepções alternativas de estudantes sobre partícula.

<b>Compreensões desejadas relacionadas à descontinuidade da matéria</b>	<b>Concepções Alternativas sobre “partículas”</b>
A matéria é constituída por partículas	Não reconhecem a matéria como descontínua
Entre as partículas existe um espaço vazio	Não há espaço vazio entre as partículas
As partículas se movimentam constantemente	As partículas não estão em contínuo movimento
Com a elevação da temperatura, as partículas tem sua velocidade aumentada	Estabelecem relações incorretas para explicar a distribuição, proximidade e organização das partículas
Com a diminuição da temperatura, as partículas tem sua velocidade diminuída	
<b>Nos gases as partículas:</b> Se movem mais rapidamente quando comparadas com os líquidos, estão desordenadas, distribuídas em todo espaço do recipiente que a contém e muito separadas, a uma distância muito grande entre elas. (Quando esta distância é comparada com o tamanho da partícula)	
<b>Nos líquidos as partículas:</b> Se movem com menor velocidade que os gases e maior velocidade que os sólidos, estão mais ordenadas que os gases e menos ordenadas que os sólidos e estão mais próximas quando comparadas aos gases e mais distantes quando comparadas com os sólidos	
<b>Nos sólidos as partículas:</b> Vibram ao invés de se mover, estão muito ordenadas e muito próximas umas das outras	
As partículas interagem entre si	As partículas não realizam interação
As partículas possuem massa	As partículas não tem massa

Fonte: Adaptado de Pozo et al. (1991)

Pozo et al. (1991) destacam ainda que, até mesmo a grande maioria dos alunos de nível universitário, manifestam entraves em se apropriar do modelo de partícula e de suas características dinâmicas, podendo não serem capazes de utilizar a teoria atômico molecular para explicar fenômenos submicroscópicos, acarretando em um insucesso ao desempenhar suas atividades no âmbito da química.

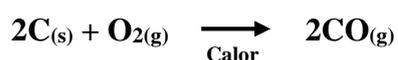
Tendo em vista os referidos desafios enfrentados por alunos e professores no que diz respeito à química e a natureza descontínua da matéria que a mesma apresenta, compreendemos a necessidade de refletir e buscar mais aportes teóricos sobre como podemos conceber tais saberes enquanto educadores, para então traçar caminhos e estratégias de ensino.

### 2.3 Os três níveis do conhecimento químico

Segundo Johnstone (2000), pioneiro em estudos relacionados as formas de representações do conhecimento químico, a química pode ser pensada ou explicada por meio do que ele denominou de três níveis distintos. São eles: o nível macroscópico (tangível), que consiste em tudo aquilo que pode ser visto, tocado e cheirado, ou seja, aquilo que é possível aferir experimentalmente; o submicroscópico, referente aos átomos, moléculas, íons e suas interações; e por fim, o nível simbólico (representativo), que diz respeito às fórmulas, equações, manipulações matemáticas e gráficos.

Assim, o nível macroscópico da química, está relacionado a tudo que é palpável, observável, que pode ser aferido ou é perceptível pelos sentidos, sendo possível mensurar e caracterizar tais eventos, proporcionando experiências tangíveis ao estudante. Por conseguinte, o nível submicroscópico, está intrinsecamente relacionado ao universo das leis científicas que regem os fenômenos. Tais leis nos permitem elucidar as possíveis representações submicroscópicas capazes de esclarecerem o funcionamento dos sistemas, utilizando das diferentes representações para átomos, moléculas e íons até então construídas (JOHNSTONE, 2000; 2006).

O nível simbólico está relacionado à representação e comunicação do conhecimento químico. Por meio de símbolos, é possível registrar de forma escrita os fenômenos que ocorrem no âmbito submicroscópico, bem como descrever os fatos aferidos na esfera macroscópica. Desta maneira, o nível simbólico do conhecimento químico pode apresentar uma natureza dual, remetendo aos níveis macro e submicro simultaneamente conforme pode ser observado na reação de combustão apresentada a seguir, na forma de equação química:



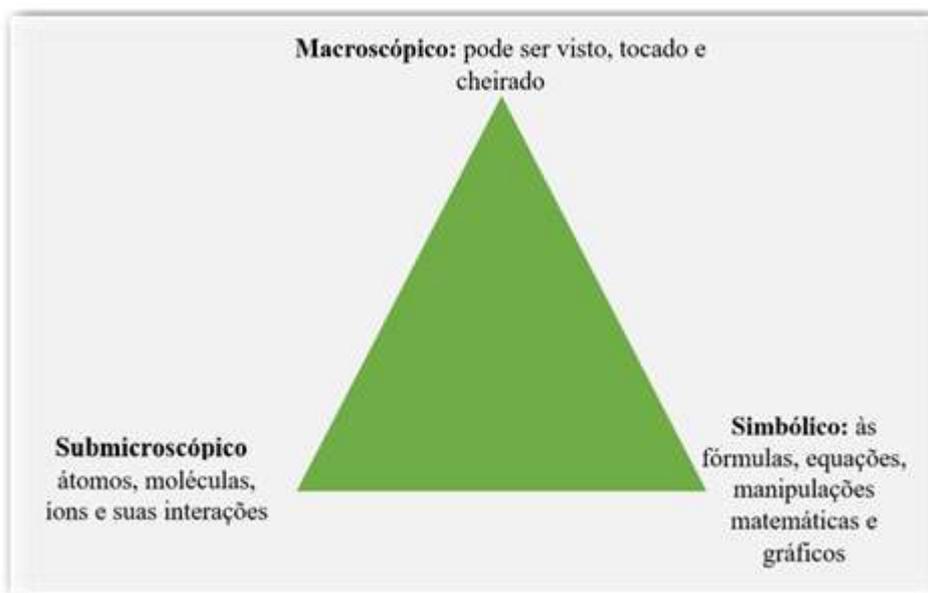
A equação apresenta de forma prioritária uma representação simbólica para a reação de combustão do carvão vegetal, porém pode trazer à tona, quando o leitor é capaz de criar significados a seu respeito, aspectos macroscópicos como os estados físicos de reagentes e produtos; a necessidade de energia mínima em forma de calor para ocorrência da TQ; e a possibilidade de aferir a massa e medir o volume de reagentes e produtos levando em consideração a quantidade de matéria.

Por meio da representação simbólica também é possível analisar, de maneira implícita, algumas características relacionadas ao universo submicroscópico da transformação como: quais moléculas estão envolvidas na transformação, quais átomos constituem estas moléculas, a proporção das moléculas necessária para a ocorrência da reação química (estequiometria), o aumento do grau de agitação das moléculas devido o fornecimento de energia térmica e o rompimento e formação de ligações químicas. Tais relações não são feitas de modo direto principalmente por estudantes da educação básica, sendo fundamental a mediação do professor.

Portanto, entendemos que o nível simbólico da química, possui fortes características para que possa atuar como uma ponte, realizando a conexão entre os níveis macroscópico e submicroscópico se bem articulado pelo professor, auxiliando o ensino e aprendizagem por apresentar características dos três níveis do conhecimento químico, ainda que, aqueles que são relacionados ao macro e submicro sejam sutis e necessitem de maior atenção na interpretação (TABER, 2013).

Johnstone (2000) propõe a organização dos níveis do conhecimento químico em um triângulo equilátero conforme apresentado na Figura 1. O estudante e/ou o professor, podem transitar em um dos lados do triângulo, trabalhando com dois níveis do conhecimento químico simultaneamente, podem, se deslocar dentro do triângulo, desenvolvendo os três níveis do conhecimento químico de forma simultânea, ou ainda, focar seu estudo em um dos vértices do triângulo, de maneira que volte sua atenção apenas a um tipo de nível. Desta maneira, um ponto dentro do triângulo, pode nos informar a proporção com que cada nível do conhecimento químico está sendo utilizado (JOHNSTONE, 2000; 2006; TABER, 2013).

Figura 1 - Os três níveis do conhecimento Químico



Fonte: Adaptado de Johnstone (2000)

Assim, para Johnstone (2000), por meio da união destes três níveis do conhecimento químico, torna-se possível ao estudante, compreender de maneira integral uma situação experimental (experimento ou situação vivenciada). É importante ressaltar que todos os níveis possuem o mesmo grau de importância para a compreensão do conhecimento químico (por isto a escolha de um triângulo equilátero), logo, é necessário que sejam desenvolvidos com equidade em nossa prática pedagógica para proporcionar ao estudante a possibilidade de uma aprendizagem integral.

Consideramos importante, colocar novamente em evidência o fato de que os professores de química possuem maior facilidade em transitar entre os três níveis do conhecimento químico (macroscópico, submicroscópico e simbólico), porém, para o aluno, realizar tais deslocamentos é uma atividade desafiadora. Esta maior familiaridade com três níveis do conhecimento químico, faz com que em grande parte das práticas propostas no ensino de química, o professor busque transitar entre os três níveis ou realize tal ação de maneira implícita, de forma que nem mesmo o próprio docente perceba a movimentação por ele realizada, enquanto o aluno fica aprisionado ao nível macroscópico.

Outro cenário recorrente no ensino de química, é aquele onde o professor dá ênfase excessiva ao nível simbólico, utiliza o nível macroscópico apenas para exemplificações simples e rasas, e faz uso do nível submicroscópico apenas quando é “extremamente necessário”, podendo tornar o aprendizado mecânico, memorístico e desprovido de formação de significados tanto para alunos como para os professores (GABEL, 1993; JHONSTONE, 2006; TABER, 2013; SANTOS; LIMA; SARMENTO, 2017).

Assim, entendemos que pode existir uma forte dicotomia entre o universo macroscópico, o atômico molecular e suas respectivas representações por meio de símbolos no pensamento científico do aluno, ocasionando sérios entraves à prática docente em química.

Para superação destes desafios, faz-se necessário a construção de práticas que contribuam com o desenvolvimento da compreensão sobre o que ocorre no universo submicroscópico, para que os fenômenos observáveis se concretizem, possibilitando ao aluno a articulação dos níveis submicroscópico, simbólico e macroscópico (WARTHA; REZENDE, 2011; MELO, 2015; VEZÚ; CINIRO, 2017). Porém, para que tais práticas sejam desenvolvidas, é preciso que o professor trabalhe com cautela, de forma que evite este desencontro de sua organização de ideias ao transitar pelos três níveis do conhecimento químico, com as ideias em desenvolvimento dos alunos, que ainda ensaiam os primeiros passos neste novo contexto de aprendizagem.

Compreendemos a importância de que o professor entenda como ocorre o processo de construção de novos conhecimentos por parte dos estudantes, de maneira que seja capaz de organizar adequadamente as contextualizações relacionadas ao tema em estudo e os conteúdos que tais contextualizações permitem desenvolver, de forma que corrobore para os processos de aprendizagem do aluno, podendo tornar o aprendizado relacionado à química em algo tangível e interessante ao estudante (JOHNSTONE, 2006; TABER, 2013).

#### **2.4 Processamento de Informação e a construção de novos saberes**

Assim, buscando elucidar como ocorrem os mecanismos de aprendizagem para a construção de novos conhecimentos do estudante iniciante em química, Johnstone e sua equipe de colaboradores, utilizando estudos de diversas escolas psicológicas, desenvolveram o que denominaram de “Teoria do Processamento de Informação” (JOHNSTONE, 2000; 2006).

Segundo este modelo, o processamento de informações tem seu início no momento em que uma nova informação é conscientemente recebida pelo estudante e passa pelo processo de percepção, que consiste em uma espécie de filtro mental. Por meio do filtro da percepção, nosso cérebro delimita quais informações são irrelevantes, podendo ser descartadas, e quais são importantes na construção de novas concepções, sendo, portanto, encaminhadas para utilização nas etapas seguintes do processamento de informação (JOHNSTONE 2000; 2006; TABER, 2013).

A informação que passa pelo filtro da percepção, é então direcionada para o espaço denominado Memória do Trabalho (MT). Este consiste na esfera consciente de nossa mente e

possui como função armazenar de forma temporária as novas informações recebidas pelo processo de percepção, e trabalhar tais informações realizando cálculos, planejamentos, e escrevendo, para que por meio delas o sujeito seja capaz de construir novos sentidos e elaborar diferentes respostas sobre determinadas situações (JHONSTONE, 2000; 2006; TABER, 2013).

Após ser recebida e manipulada pela MT, a informação pode ser rejeitada pelo sujeito (a MT também pode exercer a função seletiva) ou então realizar três caminhos distintos relacionados a uma terceira estrutura cerebral, a Memória de Longo Prazo (MLP). A MLP armazena as informações que já foram concretizadas pelo sujeito, as quais ele já atribuiu sentido e importância necessária para que as mesmas fossem consolidadas. As três formas como as informações desenvolvidas pela MT podem se relacionar com as informações consolidadas na MLP são as seguintes:

- a) **informações conectadas:** Para criar sentido sobre as novas informações recebidas e manipuladas na MT, o indivíduo acessa em sua MLP, informações antigas e já consolidadas que estão relacionadas às que foram recentemente recebidas, fazendo com que as mesmas realizem uma interação. Se a síntese resultante desta interação for bem-sucedida, a nova informação é ancorada, anexada à antiga informação originando um novo conhecimento mais complexo e melhor estruturado acerca do tema, que é novamente encaminhado para o armazenamento na MLP. Por ser um conhecimento bem construído e consolidado na MLP, as informações conectadas são facilmente acessadas pelo sujeito quando julgar necessário para a compreensão de novas informações;
- b) **informações parcialmente conectas:** A nova informação é recebida na MT e realiza uma busca por informações relacionadas na MLP, porém, não encontrando um conhecimento exatamente correspondente, lança mão daquele que possui aproximações com o conhecimento que está recebendo para análise. Assim, a ancoragem dos saberes é realizada, porém, a nova informação se anexa em um conhecimento base que é apenas parcialmente correspondente, ocasionando uma síntese defeituosa das ideias. O aluno elabora então uma estrutura alternativa para explicar o novo conhecimento, que possivelmente se distanciará das ideias convencionadas cientificamente. Esta estrutura alternativa é difícil de ser reestruturada pelo estudante, visto que para ele, ela é suficientemente boa para a resolução de problemas;
- c) **informações desconectadas:** A nova informação recebida na MT, não

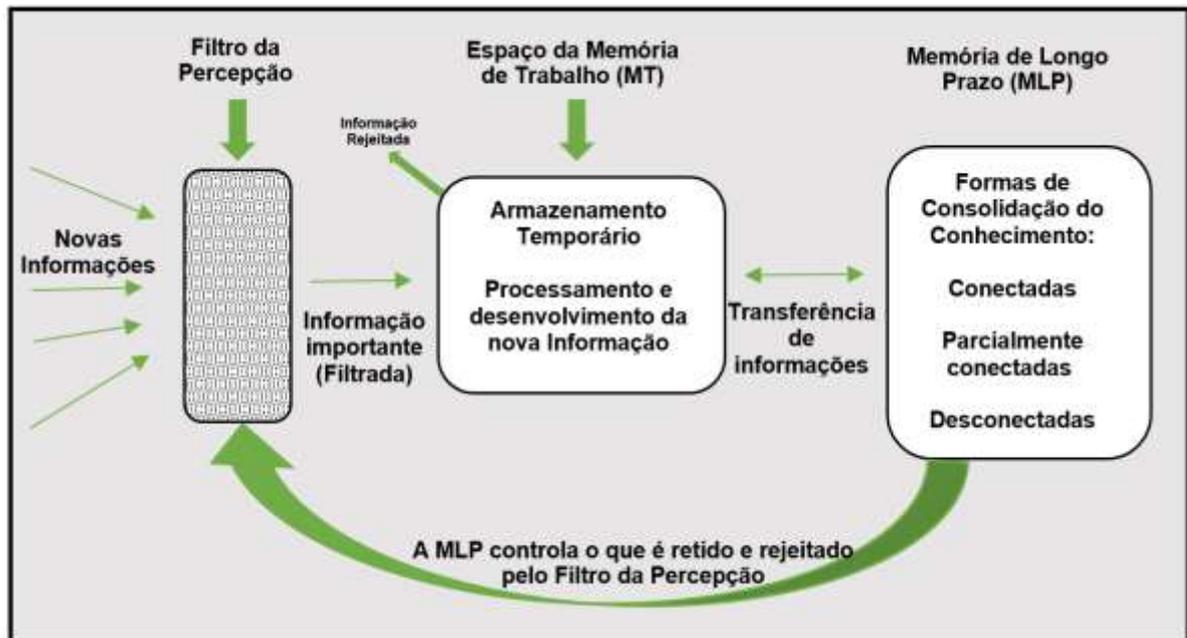
encontra por correspondentes na MLP, porém, mesmo sem correspondentes para realizar a ancoragem, o aluno compreende a importância da nova informação e a armazena na MLP, porém sem realizar relações com outros conhecimentos. Assim, é dito que este novo conhecimento é armazenado de forma mecânica e desconexa, sendo um saber que o aluno terá dificuldades em retomar.

Desta forma, entendemos que o mecanismo de aprendizado proposto pelo modelo de processamento de informação, deixa em evidência alguns aspectos que devem ser levados em consideração pelo professor ao planejar e pôr em prática suas aulas.

Inicialmente, destacamos a importância de que o professor dialogue com seus alunos sobre o que lhes chama atenção, quais assuntos são de seu interesse e sobre quais tipos de atividades gostariam de realizar em seu processo de aprendizagem. Este tipo de prática se apresenta como necessária, pois o estudante só encaminhará para a MT, informações que o impactem, que lhes sejam de alguma forma familiar e, portanto, recebidas como de muita importância (JHONSTONE, 2000; 2006).

Acreditamos ainda que o conhecimento já consolidado na MLP do aprendiz, influencia diretamente a construção de novos saberes. Assim, após conhecer aquilo que é importante e surpreende o aluno, é necessário que o professor investigue quais são os conhecimentos prévios que os estudantes possuem acerca do tema que pretende abordar, pois serão estes conhecimentos prévios que irão nortear a consolidação dos novos conhecimentos na MLP de cada sujeito envolvido no processo de ensino e aprendizagem. A Figura 2 apresenta de forma sucinta os mecanismos de aprendizagem segundo o modelo de processamento de informações (JHONSTONE, 2000).

Figura 2 - Modelo de Processamento de Informações



Fonte: Traduzido e adaptado de Jhonstone (2006)

Portanto, precisamos ensinar química partindo de ideias que sejam familiares aos estudantes, por meio de temas que sejam comuns e relevantes a seu cotidiano, e escolhendo estratégias que os impactem positivamente. Desta forma o estudante poderá compreender que determinado tema é relevante, fazendo com que ele adentre por sua percepção para que seja então trabalhado e relacionado com as ideias já consolidadas em sua estrutura cognitiva acerca deste assunto. Desta maneira, encontramos no modelo de processamento da informação, um forte embasamento para utilização de temas no ensino, bem como para a proposição de metodologias alternativas para o ensino e aprendizagem em química.

Além das ideias apresentadas anteriormente, ressaltamos também a importância de não desenvolver uma quantidade excessiva de informações com o aluno simultaneamente. O excesso de informações pode sobrecarregar a MT do estudante, que segundo Miller (1956) possui um espaço finito a ser respeitado para o bom processamento e desenvolvimento das novas ideias. A sobrecarga de informações sobrepesa o sistema cerebral de construção do conhecimento, podendo levar o estudante a criar estruturas alternativas para o conhecimento ou não ser capaz de vincular a nova informação à MLP, descartando-a e não consolidando o aprendizado (JHONSTONE, 2006; TABER, 2013).

Quanto mais complexa for a informação, mais espaço ela ocupa na MT, entretanto, a capacidade da MT pode ser modificada, à medida que o conhecimento consolidado da MLP se torna mais complexo. Assim, compreendemos a importância de que o conhecimento científico

seja trabalhado com o estudante, de forma que haja uma evolução gradual na complexidade de informações, respeitando o tempo de consolidação dos novos saberes na MLP pelos alunos (HASLER; KERSTEN; SWELLER, 2007).

Ainda no que diz respeito ao espaço da MT, foi verificado que, mesmo os estudantes que possuem uma MT com espaço reduzido, são capazes de solucionar problemas de alta complexidade. Estes apresentaram como característica a habilidade de fragmentar o problema e solucioná-lo por partes, retirando a carga excessiva de informações da MT (SHORE; DOVER, 2004; BADDELAY, 2003). Assim, as possíveis dificuldades relacionadas ao espaço limitado da MT, podem ser superados quando o estudante é capaz de interpretar o problema, utilizar recursos que o auxiliem na resolução do mesmo e no armazenamento de dados.

Encontramos novamente um alicerce na psicologia para a prática dialógica nas aulas de ensino de química. Segundo Taber (2013), a prática dialógica que incentiva o compartilhamento de ideias, cria na sala de aula um ambiente de moderação, onde hipóteses podem ser elaboradas, aceitas ou refutadas pelos pares até que se alcance um pensamento consensual ou uma aproximação do mesmo. O conceito final construído pelo estudante é pessoal e limitado por sua estrutura cognitiva, porém, o partilhar de ideias pode auxiliá-lo de maneira expressiva a realizar uma organização das informações relacionadas ao problema e a fragmentá-las para o desenvolvimento de soluções.

Um último aspecto relacionado a MT que julgamos ser importante para o ensino e aprendizagem é que esta, pode ser influenciada por fatores externos. Esta relação entre a MT e o ambiente de ensino e aprendizado, foi denominado por Jonstone de “Dependência ou Independência do Campo”. Segundo o autor, o aluno dependente do campo, é aquele que se deixa distrair facilmente por informações externas ao problema em estudo, permitindo que “ruídos” tomem parte do espaço da MT prejudicando o processo de consolidação do novo conhecimento. Já os estudantes que são independentes do campo, são aqueles que possuem um alto grau de concentração, sendo capazes de direcionar seu foco apenas nas informações relevantes ao problema em estudo, e desta forma, colocam todo o espaço da MT empenhado na resolução do problema (WITKIN et al, 1977; JHONSTONE, 2006).

Assim, percebemos que não basta que o estudante possua uma ampla MT se não desenvolveu a habilidade de concentração, ou se o ambiente de estudo não corrobora para que tenha acesso às informações. Logo, ao se planejar as práticas pedagógicas, é aconselhável ao professor, ter em mente que tipo de ambiente quer estabelecer em sala de aula, e refletir se o mesmo irá contribuir para que o aluno se concentre, sendo capaz de deixar o espaço de sua MT livre para desenvolver as informações relevantes (JHONSTONE, 2006).

Portanto, entendemos que o modelo do processamento de informações, nos fornece indícios de como se dá a construção de conhecimentos pelos alunos, além de nos levar a reflexão sobre nossa prática docente. As propostas de que conheçamos os alunos, seus gostos, aptidões e anseios quanto o processo educativo, seus interesses e conhecimentos prévios, sempre cuidando para desenvolver os conhecimentos relacionados à química de maneira com que a complexidade de ideias evolua de forma gradual, sem exagero na quantidade de informações, respeitando o tempo de aprendizado do aluno, e as preocupações com o ambiente de aprendizado, são derivadas deste modelo educacional e vão ao encontro das ideias de ensino em uma perspectiva construtivista, que vislumbra a construção de conhecimentos pelos estudantes de maneira efetiva.<sup>2</sup>

Tendo em vista a forma como se dá a construção de conhecimentos no aluno, e alguns dos aspectos aos quais o professor deve se atentar ao elaborar suas propostas didáticas, podemos volver novamente nosso olhar ao conhecimento químico em busca de alternativas de ensino e aprendizado do mesmo. Sabemos que para que haja um entendimento integral do conhecimento químico, é necessário que o aluno seja capaz de transitar entre os três níveis que esta ciência se apropria, macroscópico, submicroscópico e simbólico. Porém, para o aluno iniciante, lidar com estas novas formas de observação do universo, pode ser desafiador e não familiar. Nesse contexto nos perguntamos: por onde o professor pode iniciar sua abordagem?

A abordagem por temas, sobre a qual discorreremos inicialmente neste estudo, se apresenta como um meio potencial pelo qual iniciar o estudo da química. A utilização de um tema relevante para a sociedade na qual o aluno participa, pode ser um ponto de partida que envolva o aluno, fazendo com que sua construção de ideias se inicie em algo familiar. Posteriormente, o problema, já tido como importante pelo estudante poderá ser investigado a luz dos conhecimentos químicos, que poderão ser analisados e construídos pelo estudante de forma crescente e gradual no que diz respeito à complexidade das informações.

---

<sup>2</sup> O ensino e aprendizagem com perspectiva construtivista leva em consideração o fato de que todo estudante possui concepções iniciais, que podem ou não ser alternativas em relação ao conhecimento que será trabalhado em sala de aula, e que tais concepções são pessoais, influenciadas pelo contexto de vida do aluno; são bastante estáveis e resistentes a mudanças. Desta maneira, o construtivismo possui como características primordiais, o fato de que a aprendizagem ocorre por meio do envolvimento ativo dos alunos na construção do conhecimento, bem como na concepção de que as ideias prévias dos estudantes são extremamente relevantes no processo de aprendizagem. Desta maneira, para o construtivismo, a aprendizagem ocorre quando as ideias pré-existentes dos alunos são exploradas, compreendidas e colocadas em conflito com novas informações e ideias relacionadas, proporcionando uma revisão e progresso no entendimento do estudante (MORTIMER, 1996; QUEIROGA; SILVA, 2020).

## 2.5 Transformações Químicas no contexto do ensino e aprendizagem

As dificuldades em se compreender os conhecimentos de química nas perspectivas submicroscópica e simbólica, dando sentido aos fenômenos observados macroscopicamente, se manifesta no estudo dos conceitos de TQ. É possível observar que diversos estudantes possuem concepções alternativas para este conceito, que diferem dos conhecimentos científicos convencionados na química, resultando em dificuldades para o ensino e aprendizagem (MORTIMER; MIRANDA, 1995; ROSA; SCHNETZLER, 1998).

Diversos autores têm colocado em evidência os desafios relacionados à compressão do aluno sobre o que é uma TQ; dentre estes podem ser destacados a dificuldade em transitar entre os níveis fenomenológico e molecular, o não reconhecimento de quais entidades se transformam e quais permanecem constantes em uma reação, a ausência de compreensão sobre conservação da massa, a não percepção da participação de reagentes gasosos por serem invisíveis, incompreensão sobre as distinções existentes entre TQ e TF, o animismo atribuído aos fenômenos químicos, ou seja, atribuir a estes sentimentos e ações humanas, dentre outras (MORTIMER; MIRANDA, 1995; ROSA; SCHNETZLER, 1998; FERNANDEZ; LIEGEL; NERI, 2007).

Desta forma, é possível inferir que diversas dificuldades, historicamente enfrentadas no ensino de TQ, estão relacionadas a falta de estabelecimento de relações entre os três níveis do conhecimento químico: macroscópico, submicroscópico e simbólico. O que pode ocasionar um aprendizado em química pautado na memorização.

Nesse contexto, Nery, Liegel e Fernandez (2007), indicam a representação de fenômenos químicos por meio de desenhos, associada à escrita, como um caminho que pode permitir a investigação de como os alunos se apropriam do conhecimento químico. Se estes apenas memorizaram informações, ou se são capazes de tecer relações entre os conceitos, as situações experimentais onde decorrem e como se dá seu desenvolvimento em nível submicroscópico.

A compreensão das diferentes representações elaboradas pelos estudantes permite ao professor conhecer de maneira mais detalhada, como se organizam suas concepções prévias acerca de determinado conhecimento científico, para que por meio destas, possa realizar a construção de novas ideias com a colaboração de todos os alunos. Desta forma, novas concepções acerca da química enquanto ciência podem ser elaboradas por meio da ancoragem de novas informações àquelas que já existiam previamente, ou seja, um novo conhecimento se origina, mais complexo e melhor estruturado acerca do tema, que é novamente

encaminhado para o armazenamento na MLP (TABER, 2013).

Assim, representações cada vez mais complexas, acerca do conhecimento em estudo, poderão ser elaboradas pelos estudantes, demonstrando a ocorrência de uma melhor compreensão sobre os fenômenos químicos. Logo, a construção de desenhos pode ser útil tanto para a investigação das concepções iniciais dos estudantes, bem como no acompanhamento sobre como está ocorrendo a construção de conhecimento dos alunos no decorrer das aulas, além de ser um motivador da construção investigativa de novos conhecimentos.

Conhecendo este contexto, compreendemos a relevância de investigar, como os estudantes se apropriam dos três níveis do conhecimento químico ao longo da abordagem das TQ e TF, através do estudo e investigação de uma problemática, de relevância sociocultural para a comunidade na qual participa, através da contextualização.

Como perspectiva para promoção da contextualização, podemos utilizar a aprendizagem norteada por temas (FREIRE, 2011; MIRANDA, 2017). Os temas consistem em tópicos de estudo relevantes para a comunidade onde a escola está situada, que contemplem questões históricas, políticas e culturais, sobre as quais os alunos são levados a pensar, refletir, se posicionar e atuar, potencializando o aprendizado dos conteúdos de química emergentes da situação em análise, enquanto a observa e busca compreendê-la sobre as visões tecnológica, social, ambiental e científica, ampliando sua compreensão de mundo (SOLINO; GEHLEN, 2014; DELIZOICOV, 1991).

Tendo em vista esta perspectiva, destacamos a atividade mineradora, como um tema em potencial para o desenvolvimento de uma SEI, considerando que o desenvolvimento histórico, social, econômico e tecnológico do estado de Minas Gerais (MG), e mais especificamente da cidade de Lavras - MG, se deu em torno da extração mineral, que ainda hoje, está presente como uma das atividades que movimenta a economia.

Porém, a mineração, pode resultar em profundos impactos socioambientais como, por exemplo, o rompimento da barragem do Fundão em Mariana – MG e mais recentemente de uma barragem em Brumadinho – MG. Impactos relacionados à mineração, também podem ser encontrados na região da cidade de Lavras, onde esta pesquisa foi desenvolvida, como por exemplo, relatos de poluição sonora devido a exploração de brita e denúncias sobre poluição do ar ocasionada por empresas que realizam exploração de cimento sem licenciamento ambiental.

Diante deste cenário, por meio do presente estudo, optamos pela elaboração de uma SEI, cujo tema foi a mineração. A escolha pela Sequência de Ensino Investigativa como estratégia de ensino e aprendizagem, se deu por entendermos que a mesma pode favorecer a

inserção da abordagem do ensino por investigação e a contextualização em sala de aula, em consonância com as ideias defendidas por Carvalho (2011; 2013).

Segundo Carvalho (2013), a SEI consiste na sequência de atividades (aulas) compostas de cinco etapas básicas: proposição do problema, resolução do problema, sistematização de conteúdos, contextualização de conceitos e informações, e avaliação. As etapas não podem ser tratadas como estáticas e podem se repetir várias vezes dependendo dos conteúdos conceituais que estão sendo abordados. Durante a ministração da SEI buscou-se a construção de conhecimentos científicos relacionados às TQ e TF, valorizando uma abordagem que integra os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico da química.

### 3 METODOLOGIA

O presente estudo possui natureza qualitativa, tendo conhecimento da importância em se compreender como os estudantes desenvolvem a construção dos conceitos científicos em química, estabelecendo relações entre os aspectos sociais, ambientais e tecnológicos. Com o objetivo de interpretar o universo em que os eventos ocorrem, ou seja, o ambiente escolar, local onde os sujeitos envolvidos no processo educacional interagem entre si e com os novos conhecimentos por meio das metodologias propostas, procurando dar sentido aos fenômenos observados, interpretando tais interações e desenvolvimentos dos sujeitos envolvidos nos processos de ensino e aprendizagem (SILVA, 2018). Utilizamos para tal, materiais diversos como: gravações em áudio e vídeo das aulas 2 e 6 da SEI ministrada, registro em diário de campo, bem como as respostas escritas à questionamentos direcionados aos estudantes por meio de questionários impressos.

Destacamos que durante toda a pesquisa, houve uma preocupação no que diz respeito às questões éticas. Deste modo, a pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética de Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de Lavras registrada sob o número CAAE 18473119.0.0000.5148. Foi solicitada a autorização dos sujeitos envolvidos para gravação das aulas e utilização de seus materiais produzidos, de maneira a garantir o sigilo de sua identidade.

#### 3.1 Elaboração e contexto de ministração da SEI

A presente pesquisa possui como marco inicial a elaboração de uma SEI, denominada “*Mineração e Beneficiamento do Ferro: Impactos e Possibilidades*”, voltada para alunos do 2º ano do Ensino Médio de uma escola estadual localizada no estado de Minas Gerais. A **SEI ministrada** junto aos estudantes, e que foi foco de nosso estudo, contou com um total de 10 aulas, colocadas em prática em um período de dois meses, no segundo semestre de 2019. Um detalhamento breve das aulas pode ser encontrado no Quadro 2.

As aulas foram orientadas pelo tema mineração, por meio do qual buscou-se realizar a contextualização, com o foco científico no desenvolvimento de conhecimentos relacionados às TQ e TF, e na compressão destas perpassando os três níveis do conhecimento químico: macroscópico, submicroscópico e simbólico, sempre levando em consideração os conhecimentos relacionados à descontinuidade da matéria. A escolha dos conhecimentos científicos relacionados às TQ e TF, se deu por meio de uma necessidade relatada pelo

professor responsável por três turmas do 2º ano do Ensino Médio, junto das quais foram colocadas em ação as atividades propostas para esta pesquisa.

Quadro 2 - SEI desenvolvida (SEI ministrada) junto com os alunos “Mineração e Beneficiamento do Ferro: Impactos e Possibilidades” (Continua).

AULA	OBJETIVOS
1	Realizar um levantamento das concepções prévias dos estudantes relacionadas a seus conhecimentos sobre Transformações Químicas e Físicas, bem como sobre a atividade mineradora, por meio de um <b>questionário e diálogos</b> , de maneira a auxiliar no planejamento das atividades a serem realizadas em sala de aula. <i>1ª Representação</i>
2	Por meio de uma <b>roda de conversa motivada por fotografias</b> , espera-se identificar e retomar conteúdos de importância na estrutura cognitiva dos estudantes relacionados a atividade mineradora, o processo de beneficiamento do ferro e suas influências sobre a vida em sociedade.
3	Por meio da <b>apresentação de pesquisas realizadas em casa pelos estudantes</b> , pretende-se auxiliar os mesmos a compreenderem que a mineração não está desvinculada de seu contexto sociocultural, e dar continuidade à reflexão sobre possíveis impactos e as relações que a mineração possui com a química.
4	Realizar juntamente com os estudantes, utilizando de uma <b>aula dialogada</b> , a <b>sistematização das ideias desenvolvidas através das pesquisas</b> , de forma a iniciar o estudo das transformações químicas, buscando auxiliar os estudantes a desenvolverem uma compreensão inicial sobre como o minério de ferro é extraído da natureza e por quais processos é submetido para a obtenção do aço.
5	Através do <b>estudo de material em vídeo</b> , desenvolver uma reflexão orientada sobre como ocorre o fenômeno químico no qual a Hematita se transforma em Ferro Gusa, e o Ferro Gusa se transforma em Aço, para que os estudantes iniciem ou deem continuidade à construção de conhecimentos científicos relacionados às Transformações Físicas e Transformações Químicas.
6	Utilizando de um <b>questionário escrito</b> , proporcionar aos estudantes um momento para sistematização das ideias relacionadas aos processos siderúrgicos para obtenção do Ferro Gusa e do Aço, discutidas nas aulas anteriores, além da elaboração de hipóteses sobre o que ocorre na estrutura microscópica dos materiais resultando em suas transformações. <i>2ª Representação</i>
7	Desenvolver uma <b>atividade experimental investigativa</b> , que busque auxiliar os estudantes a construir a compreensão sobre o que são Transformações Químicas e Físicas, e realizar uma introdução ao estudo das reações químicas por meio da observação das evidências macroscópicas dos fenômenos. <i>3ª Representação</i>
8	Através de uma <b>aula dialogada</b> , possibilitar aos estudantes que sejam capazes de construir, a partir dos fenômenos observados e problematizados na atividade experimental, os conceitos de transformações químicas, reagentes e produtos e conservação da massa, buscando criar relações entre as representações Simbólica, Macroscópica e Submicroscópica.
9	Por meio de <b>aula dialogada</b> , proporcionar aos estudantes que deem continuidade ao desenvolvimento dos conhecimentos científicos relacionados as TQ e TF, por meio do estudo das Transformações que ocorrem no Alto Forno para a produção do Aço.

Quadro 2 - SEI desenvolvida (SEI ministrada) junto com os alunos “Mineração e Beneficiamento do Ferro: Impactos e Possibilidades” (Conclusão).

<b>10</b>	<p>Por meio de um <b>questionário</b>, investigar como os estudantes compreenderam as Transformações Químicas e Físicas após as atividades da SEI ministrada.</p> <p style="text-align: center;"><b>4ª Representação</b></p> <p><b>Propor aos estudantes a escrita de uma carta como atividade a ser desenvolvida em casa</b>, por meio da qual buscamos incentivar os mesmos à reflexão acerca dos aprendizados construídos durante a SEI e como estes podem colaborar em seus posicionamentos acerca da atividade de extração mineral.</p>
-----------	--

Fonte: Elaboração própria (2020)

Observamos, portanto, por meio do Quadro 2 que inicialmente buscou-se realizar estudos relacionados à mineração no estado de Minas Gerais, bem como na cidade local onde os alunos residem, e seus respectivos impactos sobre a sociedade.

Desta forma partindo de tais investigações relacionadas ao estudo da mineração e seus possíveis impactos socioambientais, buscou-se auxiliar os estudantes a desenvolverem a compreensão de quais materiais são explorados na atividade mineradora, os processos realizados na extração e tratamento dos minerais, as utilizações destes, e como as TF e TQ estão intrinsicamente envolvidas na atividade mineradora.

As aulas da SEI foram ministradas pela autora desse estudo com consentimento e acompanhamento do professor responsável pelas três turmas, no 2º semestre de 2019. A autora também frequentou as aulas, previamente ao desenvolvimento da SEI, para que os estudantes pudessem se habituar com sua presença no ambiente escolar. As três turmas em que a SEI foram ministradas possuíam em média um total de 30 alunos por turma, e serão denominadas nesse estudo de turma C, D e E.

### 3.2 Construção dos dados de pesquisa e métodos de análise

Os dados investigados em nossa pesquisa foram organizados em três vertentes: I) dados relacionados ao desenvolvimento e ministração da SEI; II) dados relacionados às compreensões desenvolvidas pelos estudantes relacionadas às TQ e TF; e III) dados referentes as compreensões relacionadas às contextualizações elaboradas pelos estudantes.

Inicialmente, foram analisadas as aulas propostas da SEI considerando o que foi planejado, ministrado e proposta para futura aplicação. Por meio de leitura e análise do diário de campo da professora e pesquisadora, e da seleção de episódios das aulas, foi possível analisar e refletir como se deu o desenvolvimento das aulas em campo, as modificações que foram necessárias para seu bom desenvolvimento e algumas sugestões de aprimoramento para ações futuras.

Em seguida foram analisadas as compreensões sobre o que são TF e TQ manifestadas pelos estudantes. De forma a buscar compreender como os estudantes se apropriaram dos níveis macroscópico, simbólico e submicroscópico da química, bem como das noções de descontinuidade da matéria, para explicar as TF e TQ.

Posteriormente, realizamos uma análise das relações com o contexto construídas pelos estudantes durante a SEI ao elaborarem uma carta (atividade final proposta na SEI), de forma que foi possível compreender como as aulas puderam colaborar para um aprimoramento e construção de ideias mais consolidadas acerca da temática mineração. Além de investigar se, e como os estudantes se apropriaram dos conhecimentos científicos abordados nas aulas, para discorrerem e emitirem opinião sobre a atividade de extração mineral do ferro. A seguir, apresentamos a metodologia por meio da qual os materiais foram analisados, para investigação de como se deu tais construções pelos alunos.

### **3.2.1 Dados relacionados ao contexto de desenvolvimento e ministração da SEI**

Para construção dos dados de pesquisa relacionados ao desenvolvimento e ministração da SEI, a professora e pesquisadora, utilizou inicialmente de anotações e reflexões relacionadas ao contexto educacional de ministração das aulas, registradas em seu diário de campo. Os registros reflexivos foram realizados sempre ao final de cada aula ministrada, com o objetivo de lançar um olhar mais atento sobre a ação docente, bem como sobre as atividades postas em práticas na sala de aula, visando propor caminhos para o aprimoramento das aulas subsequentes da turma em análise, bem como das demais turmas que ainda vivenciariam o momento pedagógico sobre o qual a professora e pesquisadora se colocava a refletir.

Desta maneira, concordamos com Ribeiro et al. (2016) ao afirmarem que o diário reflexivo, possibilita realizar um registo dos eventos, relatando as primeiras impressões, percepções e questionamentos vivenciados, para que se possa refletir sobre eles de maneira consciente visando a consolidação de impressões acerca da prática colocada em ação, desenvolvendo novas perspectivas sobre a prática e planejando ações futuras. Assim, a utilização do diário nos possibilitou retomar, modificar e aprimorar o que foi experimentado em campo.

Faz-se importante ressaltar ainda que, todas as aulas foram gravadas em áudio e vídeo, visando auxiliar a construção de dados e a realização de inferências dos processos que ocorreram em sala de aula. A câmera foi posicionada de forma discreta, nos cantos das salas conforme a distribuição de móveis que cada sala o permitia, buscando trazer conforto aos alunos.

Desta forma, também foram utilizadas na análise de dados, as transcrições dos diálogos que ocorreram entre estudantes e professora ou entre os estudantes, para triangular com os dados registrados de maneira escrita. As imagens, gravações e identidade dos estudantes não serão divulgadas ou disponibilizadas a terceiros que não estejam vinculados à pesquisa aqui proposta.

As transcrições das gravações foram divididas em episódios de ensino. Os episódios de ensino são momentos extraídos das aulas nos quais ficam evidenciados alguns aspectos relevantes à investigação em estudo (CARVALHO, 2006). Assim, para alcançar os objetivos propostos a este estudo foram selecionados alguns recortes das aulas 2 e 6 para auxiliar na discussão dos resultados.

Alguns sinais e acentos foram utilizando na transcrição para representar comportamentos ou situações registradas nas aulas gravadas em áudio e vídeo. No Quadro 3 são apresentados estes símbolos e o que eles representam nas transcrições.

Quadro 3 – Símbolos e seus significados nas transcrições.

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
(...)	Aluno faz pausa na fala e toma postura de reflexão para organizar os pensamentos e retomar a fala.
[...]	Raciocínio verbalizado iniciado pelo aluno porém não concluído.
?	Questionamento ou dúvida.
!	Aluno ou professor se demonstra surpreso.
(Anotando no quadro)	Professora registra no quadro as ideias expressas pelos estudantes de forma verbal.
(Trecho inaudível)	Conseguimos visualizar e ouvir sons de fala, porém não é possível entender o que o aluno diz.

Fonte: Elaboração própria (2020)

### **3.2.2 Dados relacionados à construção do conhecimento científico sobre às Transformações Químicas e Físicas**

Com a finalidade de investigar como ocorreu a construção de conhecimentos relacionados as TQ e TF, foram utilizadas as respostas dos estudantes a alguns questionamentos presentes nas atividades escritas desenvolvidas nas aulas 1, 6, 7 e 10

(Quadros 3 e 4). As referidas aulas foram escolhidas por se situarem em momentos inicial, médio e final da SEI, possibilitando uma avaliação dos progressos alcançados pelos alunos em diferentes momentos.

Para análise, foram selecionados materiais elaborados por estudantes de três turmas do 2º ano do Ensino Médio, denominadas aqui como turmas C, D e E. Sendo oito alunos da turma C, cinco alunos da turma D e cinco alunos da turma E, totalizando 18 estudantes. Os referidos estudantes foram selecionados para comporem os sujeitos de pesquisa por possuírem frequência em todas as aulas da SEI. Desta maneira, os estudantes desenvolveram todas, ou quase todas as atividades propostas na SEI, sendo possível uma análise mais aprofundada de seu desenvolvimento durante todo o processo pedagógico.

Os questionamentos selecionados para análise, possuem por objetivo incentivar os estudantes a elaborarem representações, relacionadas a maneira como compreendiam as TQ e TF, bem como explicassem por meio de texto escrito, o que buscavam expressar através de seus desenhos. É importante ressaltar ainda, que foram selecionadas respostas as atividades desenvolvidas em momentos distintos da SEI, de maneira que fosse possível realizar um acompanhamento continuado da construção de ideias dos alunos.

O Quadro 4 apresenta algumas das perguntas selecionadas para investigação da construção de ideias relacionadas às TQ e TF pelos alunos, bem como em que aula as mesmas foram desenvolvidas. As perguntas dispostas no Quadro 4, exploram primeiramente o problema do derretimento do gelo, no qual ocorre apenas as TF, e posteriormente o problema do comprimido efervescente na água, onde inicialmente ocorre a TF de dissolução e após determinado tempo, são iniciadas TQ e TF simultaneamente.

Quadro 4 - Questionamentos relacionados às Transformações Físicas e as Transformações Físicas e Químicas Simultâneas.

Questionamentos Relacionados às Transformações Físicas		Questionamentos Relacionados à Fenômenos Físicos e Químicos (Comprimido efervescente)	
Aula	Perguntas	Aula	Perguntas
1	<b>P1:</b> De acordo com sua opinião e seus conhecimentos químicos, o que ocorre microscopicamente para que esse fenômeno de derretimento das geleiras aconteça? Elabore um desenho que mostre sua ideia e o explique por meio de um pequeno texto.	1	<b>P3:</b> De acordo com sua opinião e seus conhecimentos químicos, o que ocorre microscopicamente para que este fenômeno (contato entre comprimido efervescente e água) aconteça? Elabore um desenho que mostre sua ideia e o explique por meio de um texto
10	<b>P2:</b> Pense em um cubo de gelo que foi retirado do congelador e deixado em temperatura ambiente. Faça um desenho que represente <b>MICROSCOPICAMENTE</b> essa transformação.	10	<b>P4:</b> Explique por meio de um <b>desenho</b> e de <b>texto</b> o que acontece <b>MICROSCOPICAMENTE</b> na transformação envolvendo o Sonrisal (e a água).

Fonte: Elaboração própria (2020)

Também foram selecionados para análise, questionamentos relacionados a TQ e TF necessárias para obtenção do ferro gusa, dispostos no Quadro 5. Desta forma, foi possível compreender a maneira como os alunos se apropriaram de tais conhecimentos científicos e em qual nível são capazes de compreender sua ocorrência de maneira individual e simultânea.

Quadro 5 - Questionamentos que relacionam Transformações Químicas e Transformações Físicas simultaneamente.

QUESTIONAMENTOS RELACIONADOS À FENÔMENOS FÍSICOS E QUÍMICO (ALTO FORNO)	
AULA	PERGUNTAS
6	<b>P5:</b> Explique por meio de desenhos, o que você acredita que acontece microscopicamente com os constituintes químicos da hematita para que ela se transforme em ferro gusa. Explique por meio de um texto os desenhos elaborados.
12	<b>P6:</b> Escreva as equações químicas referentes as <b>REAÇÕES QUÍMICAS</b> e desenhe o que ocorre <b>MICROSCOPICAMENTE</b> para que a <b>hematita (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)</b> se transforme em <b>ferro gusa (FeC)</b>

Fonte: Elaboração própria (2020)

Desta maneira, as perguntas selecionadas possibilitaram que os alunos elaborassem diferentes representações para o conhecimento químico. Nesse sentido, para construção de

dados, as representações elaboradas pelos alunos em resposta a cada um destes questionamentos foram analisadas por meio da análise de conteúdo de Bardin (2016). Por meio desta, buscamos compreender as conceituações relacionadas às TQ e TF que os estudantes são capazes de construir, em quais níveis do conhecimento químico, macroscópico, submicroscópico e/ou simbólico, são capazes de expressá-las e com qual profundidade se apropriam das características relacionadas à descontinuidade da matéria.

Optou-se pela análise de conteúdo de Bardin (2016), pela flexibilidade que a mesma proporciona na compreensão de diversos textos e documentos, possibilitando a interpretação e reinterpretação de mensagens para construção de descrições e análises qualitativas, tornando possível um entendimento aprofundado em relação aos dados.

Para tal, inicialmente foi realizada uma primeira leitura dos materiais, denominada de leitura flutuante (BARDIN, 2016), buscando estabelecer as primeiras impressões da pesquisadora sobre o corpus em análise e a criação de categorias emergentes. As categorias emergentes surgiram do estudo das respostas escritas e dos desenhos elaborados pelos estudantes, sempre analisando o texto associado à representação de cada resposta, tendo em vista que um corrobora para interpretação do outro. Durante a leitura flutuante foram identificados conceitos e ideias chaves recorrentes nas respostas dos estudantes que resultaram nas categorias emergentes de análise. Portanto, cada categoria emergente apresentava um conjunto de conceitos e ideias chaves abordadas pelos estudantes.

Por meio da leitura flutuante foram originadas uma grande quantidade de categorias emergentes. Portanto, foram realizadas releituras do material em análise visando uma reinterpretação dos dados, a confirmação das categorias emergentes e sua melhor sistematização, de forma a reduzir a quantidade de categorias sem prejudicar a qualidade dos resultados.

Nesta releitura, foram identificadas tendências e pontos em comum existentes entre cada categoria emergente. Tendo conhecimento destes pontos em comum, foi possível realizar diversas uniões entre categorias emergentes de maneira que ocorreu uma redução no número de categorias e a consolidação daquelas que de fato vieram a compor o produto da análise apresentada neste trabalho.

Por fim, buscamos realizar discussões sobre as categorias que apresentaram maior ocorrência em cada pergunta, visando identificar as dificuldades e facilidades enfrentadas pelos estudantes ao discorrer sobre as ideias, conceitos e situações experimentais onde ocorrem as TQ e TF dos materiais. Nas discussões apresentamos exemplos das respostas dos estudantes que tornam mais claro ao que cada categoria se refere, e apresentamos nossas

conclusões acerca das respostas bem como das atividades desenvolvidas junto com os estudantes durante a SEI ministrada.

### **3.3.3 Dados relacionados aos contextos desenvolvidos pelos estudantes ao considerar o tema mineração**

Para investigação de como a SEI auxiliou e possibilitou aos estudantes a estabelecerem relações entre os conhecimentos científicos em química concernentes aos tipos de transformações, com os aspectos tecnológicos, sociais e ambientais permeados pela atividade mineradora, foram analisadas as respostas dos alunos a duas perguntas presentes no questionário prévio, bem como as cartas por eles elaboradas como atividade final da SEI. Nesta atividade final, foi sugerido aos estudantes que elaborassem uma carta argumentando sobre a atividade mineradora e relatando sua opinião no que diz respeito a uma situação hipotética de instalação de uma empresa mineradora na cidade fictícia denominada Miranópolis, na qual os alunos seriam moradores.

As perguntas e as cartas escritas pelos estudantes foram analisadas por meio da análise de conteúdo de Bardin (2016), sendo possível identificar o desenvolvimento de ideias utilizadas, classificando-as em categorias que emergiram por meio da leitura flutuante e posteriormente a um estudo e reestudo aprofundados.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo possui como ponto de partida uma análise de como se deu o desdobramento da SEI inicialmente proposta (SEI planejada) quando esta foi levada a campo, para ser colocada em prática. Buscamos identificar os desafios enfrentados pelos sujeitos participantes do processo educacional proposto pela SEI, bem como indicar caminhos que possivelmente os solucionem, realizando um aprimoramento das aulas, de forma que seja possível a professores e alunos alcançarem melhores resultados em desenvolvimentos futuros.

Continuando as análises e reflexões, realizamos um estudo sobre as respostas dos estudantes às perguntas já citadas no tópico 3.2, relacionadas aos conhecimentos abordados por cada pergunta, de maneira que nos seja possível compreender como se deu a construção de ideias e das representações elaboradas pelos estudantes, relacionadas às TQ e TF. Investigamos como os estudantes se apropriaram dos níveis do conhecimento químico macroscópico, simbólico e submicroscópico, bem como a maneira como são capazes de articular as ideias relacionadas a descontinuidade da matéria por meio das representações e de textos escritos.

Por fim, através da análise das cartas e das respostas dos estudantes as perguntas P7 e P8, investigamos as construções de saberes que os estudantes foram capazes de realizar, relacionadas à atividade mineradora e as respectivas consequências, positivas e negativas, que a mesma pode ocasionar à sociedade, ao desenvolvimento tecnológico e ao meio ambiente. Também buscamos compreender por meio da análise desta atividade, a maneira como os alunos foram capazes de relacionar os conhecimentos químicos sobre TQ e TF, com os processos de mineração do ferro e de siderurgia para obtenção do aço.

### 4.1 Desenvolvimento e análise da SEI

A SEI “Mineração e Beneficiamento do Ferro: Impactos e Possibilidades”, foi elaborada pela autora deste trabalho, juntamente com sua professora orientadora, a qual desempenhou intenso papel de supervisão e suporte na construção e concretização das aulas, atividades e textos. A construção da SEI foi norteadada pelo estudo de artigos científicos e livros, levando em consideração os avanços e desafios já registrados em pesquisas nas áreas de ensino de transformação dos materiais, de representação do conhecimento químico por meio de desenhos levando em consideração os níveis macroscópico, simbólico e submicroscópico, e a atividade mineradora no contexto do ensino de química.

Também foram realizadas orientações, através de um grupo de estudos em ensino de

química, criado com o objetivo de nortear a constituição dos produtos educacionais de alunas de dois programas de mestrado voltados ao Ensino de Ciências da Universidade Federal de Lavras. Neste, semanalmente as mestrandas tinham a possibilidade de apresentar às colegas de curso, bem como as professoras orientadoras, as evoluções alcançadas no planejamento de suas aulas e as dificuldades enfrentadas na proposição de cada atividade.

Desta maneira, fica evidenciado que o processo de criação da SEI foi bem direcionado, de forma que se buscou uma forte fundamentação teórica além de momentos de reflexão individual e coletiva, antes que as ações pedagógicas previstas fossem desenvolvidas em sala de aula. A SEI, resultante deste momento de planejamento, possuía um total de nove aulas, conforme apresentado no Quadro 6.

Quadro 6 - SEI “Mineração e Beneficiamento do Ferro: Impactos e Possibilidades” proposta na fase de planejamento - **SEI planejada** (Continua).

AULA	OBJETIVOS
1	Realizar um levantamento das concepções prévias dos estudantes relacionadas a seus conhecimentos sobre Transformações Químicas e Físicas, bem como sobre a atividade mineradora, por meio de um <b>questionário e diálogos</b> , de maneira a auxiliar no planejamento das atividades a serem realizadas em sala de aula. <i>1ª Representação</i>
2	Por meio de uma <b>roda de conversa motivada por fotografias</b> , identificar e retomar conteúdos de importância na estrutura cognitiva dos estudantes sobre a atividade mineradora, o processo de beneficiamento do ferro e suas influências sobre a vida em sociedade. Realizar a apresentação e discussão da <b>Questão Problema</b> .
3	Por meio da <b>apresentação de pesquisas realizadas em casa pelos estudantes</b> , pretende-se auxiliá-los na compreensão de que a mineração não está desvinculada de seu contexto sociocultural, e dar continuidade às reflexões sobre possíveis impactos e as relações que a mineração possui com a química. Realizar juntamente com os estudantes, uma <b>sistematização das ideias desenvolvidas através das pesquisas</b> , iniciando o estudo das transformações químicas e físicas, e os auxiliando no desenvolvimento de uma compreensão inicial sobre como o minério de ferro é extraído da natureza e por quais processos é submetido para a obtenção do aço.
4	Através do <b>estudo de um material em vídeo</b> , desenvolver uma reflexão orientada sobre como ocorre o fenômeno químico no qual a Hematita se transforma em Ferro Gusa, e o Ferro Gusa se transforma em Aço, para que os estudantes iniciem ou deem continuidade à construção de conhecimentos científicos relacionados às Transformações Físicas e Transformações Químicas. Posteriormente, utilizando de um <b>questionário escrito</b> , proporcionar aos estudantes um momento para sistematização das ideias relacionadas aos processos siderúrgicos para obtenção do Ferro Gusa e do Aço, discutidos no vídeo, além da elaboração de hipóteses sobre o que ocorre na estrutura submicroscópica dos materiais resultando em suas transformações. <i>2ª Representação</i>

Quadro 6 - SEI “Mineração e Beneficiamento do Ferro: Impactos e Possibilidades” proposta na fase de planejamento - **SEI planejada** (Conclusão).

<b>5</b>	Desenvolver uma <b>atividade experimental investigativa</b> , que busque auxiliar os estudantes a desenvolverem a compreensão sobre o que são Transformações Químicas e Físicas, e realizar uma introdução ao estudo das TQ por meio da observação das evidências macroscópicas dos fenômenos. <i>3ª Representação</i>
<b>6</b>	Através de uma <b>aula dialogada</b> , possibilitar aos estudantes que sejam capazes de construir, a partir dos fenômenos observados e problematizados na atividade experimental, os conceitos de transformações químicas, reagentes, produtos e conservação da massa, buscando criar relações entre as representações Simbólica, Macroscópica e Submicroscópica.
<b>7</b>	Por meio de <b>aula dialogada</b> , proporcionar aos estudantes que deem continuidade ao desenvolvimento dos conhecimentos científicos relacionados as TQ e TF, realizando um estudo sobre as Transformações que ocorrem no Alto Forno para a produção do Aço.
<b>8</b>	Por meio de um <b>questionário</b> , investigar como se deu a construção de conhecimentos dos estudantes no que diz respeito às Transformações Químicas e Físicas, compreendendo a forma como os mesmos associam tais transformações às situações cotidianas. <i>4ª Representação</i>
<b>9</b>	<b>Propor aos estudantes a escrita de uma carta</b> , por meio da qual buscamos incentivar os mesmos à reflexão acerca dos aprendizados construídos durante a SEI e como estes podem colaborar em seus posicionamentos acerca da atividade de extração mineral.

Fonte: Elaboração própria (2020)

Tendo em mãos este formato inicial proposto para a SEI, a pesquisadora foi a campo, com o objetivo de ministrar as aulas da maneira planejada, em três turmas do 2º ano do Ensino Médio. Entretanto, verificou-se de imediato a partir da primeira aula, que cada turma possuía um tempo de aprendizado distinto, e que os estudantes enfrentaram desafios em desenvolver as atividades, necessitando de um tempo maior do que se havia planejado para que fossem capazes de construir significados mediante as atividades propostas. A seguir teceremos reflexões sobre como se deu a aplicação em campo de cada aula da SEI Planejada.

#### 4.1.1 Aula 1: Questionário Prévio

A atividade proposta para primeira aula, consistia em um questionário prévio, por meio do qual intentou-se investigar as compreensões iniciais que os estudantes possuíam acerca da

atividade mineradora, bem como sobre as TQ e TF, abordando-as nas perspectivas macroscópica, submicroscópica e simbólica.

Desta maneira, por meio da atividade, buscou-se compreender as concepções que os estudantes já haviam consolidado em sua estrutura cognitiva, ou seja, na Memória de Longo Prazo (MLP), acerca dos conhecimentos científicos e contextualizações a serem trabalhadas durante a SEI. Para que tais ideias, já consolidadas pelos estudantes, pudessem ser utilizadas como ponto de partida para a construção de novos saberes (JHONSTONE, 2000, 20006; TABER, 2013).

Por meio do questionário prévio e dos diálogos em sala de aula relacionados a ele, foi possível ainda, identificar as estruturas alternativas desenvolvidas pelos estudantes em processos educacionais anteriores, para compreender e explicitar as transformações dos materiais. Sempre tendo em mente que tais estruturas são originadas quando uma nova informação é recebida pelo Filtro da Percepção e posteriormente é direcionada para a Memória de Trabalho (MT), onde irá realizar uma busca na MLP por conhecimentos já consolidados em sua cognição que possuem relação com as novas informações recebidas, sobre as quais o sujeito pretende construir novos significados. Porém, não encontrando precedentes exatamente compatíveis na MLP, realiza uma ancoragem da nova informação à um conhecimento prévio parcialmente correspondente, fazendo com que as informações fiquem parcialmente conectadas e originando as concepções alternativas (JHONSTONE, 2000, 20006; TABER, 2013).

No Quadro 7 são apresentadas algumas respostas dos estudantes ao questionário prévio, nas quais é possível identificar algumas estruturas alternativas desenvolvidas por eles nos processos educacionais anteriores que se manifestaram de forma mais ampla.

Quadro 7 – Estruturas alternativas apresentadas pelos estudantes ao início da SEI

ALUNO	ESTRUTURA ALTERNATIVA	RESPOSTA
C2	Não reconhece a equação química como representação simbólica de uma TQ	<p>6. Observe a equação química a seguir.</p> $\text{NaHCO}_{3(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{NaOH}_{(aq)} + \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$ <p>Quais informações está equação química apresenta?</p> <p>Mostra a reação química, na qual uma substância que é H<sub>2</sub>O que se mistura e se transforma em água, as duas por todo mundo.</p>
C3	Confunde reação química do comprimido efervescente em contato com a água com o processo de fusão	<p>8. De acordo com sua opinião e seus conhecimentos químicos, o que ocorre microscopicamente para que este fenômeno aconteça? Elabore um desenho que mostre sua ideia e o explique por meio de um texto.</p> <p>Quando um comprimido de um efervescente se dissolve.</p>
E5	Confunde reação química do comprimido efervescente em contato com a água com o processo de dissolução	<p>5. De acordo com sua opinião e seus conhecimentos químicos, o que ocorre microscopicamente para que este fenômeno aconteça? Elabore um desenho que mostre sua ideia e o explique por meio de um texto.</p> <p>A reação química que ocorre é a reação de um comprimido efervescente com a água, formando gás carbônico.</p>
D1	Não reconhece a conservação da massa	<p>5. De acordo com sua opinião e seus conhecimentos químicos, o que ocorre microscopicamente para que este fenômeno aconteça? Elabore um desenho que mostre sua ideia e o explique por meio de um texto.</p> <p>O comprimido se dissolve e as moléculas se multiplicam, depois se tornam.</p>

Fonte: Elaboração própria (2021)

Destacamos, portanto, que muitos alunos, não demonstraram habilidades em distinguir TQ de TF, não reconhecendo a equação química como sendo uma representação simbólica de uma reação química, apresentando confusão ao tratarem a reação química como sendo uma fusão ou uma dissolução, e demonstrando acreditar que em uma reação química ocorre uma multiplicação de moléculas inexistindo a ideia de conservação da massa (os dados estatísticos serão apresentados e discutidos com maiores detalhes no a partir do tópico 4.2).

No que diz respeito aos conhecimentos relacionados a atividade de extração mineral, os estudantes manifestaram habilidade em discorrer sobre o tema, mesmo que as informações por eles apresentadas possuíssem um caráter mais simplificado. Entretanto, quando buscavam elaborar respostas aos questionamentos relacionados aos tipos de transformações dos materiais, foi possível observar inquietações manifestadas pelos estudantes em seus diálogos com os pares ou com a professora, demonstrando estarem confusos, ou mesmo que era um tipo de conhecimento difícil de ser explicitado por meio de texto escrito. Esta dificuldade se acentuou ainda mais no momento em que o questionário prévio solicitou aos alunos que representassem seus conhecimentos químicos por meio de desenhos.

Os excertos apresentados abaixo foram retirados do diário de campo da professora pesquisadora, registrados logo após a ministração de cada aula. Neles é possível verificar um registro dos impasses vivenciados em sala de aula.

*Os alunos apresentaram bastante dificuldade em responder o questionário. Achem as perguntas bastante abstratas. Tem dificuldades em dizer o que acham que é algo. Dificuldades em criar hipóteses. Foi preciso dialogar bastante como os alunos, ir de carteira em carteira.[...] os alunos, (alguns) até entendem que uma equação representa uma reação química, mas não associam os eventos macroscópicos aos microscópicos, os relacionando a utilização de símbolos.[...] representar um sistema microscópico se apresentou como algo extremamente desafiador e abstrato.*

(Excertos de diário de campo, registrados nos dias 02, 04 e 05/09/2019)

Tais observações nos permitem inferir que a grande vinculação do tema Mineração na mídia, devido a recentes acidentes ambientais relacionados ao rompimento de barragens de rejeitos no estado de Minas Gerais, conferiu aos estudantes uma fundamentação sobre o tema de estudo, principalmente no que diz respeito a questões relacionadas aos metais pesados, metais puros, toxicidade e cátions, suficiente para que eles se sentissem seguros ou confortáveis para discorrer acerca do tema. Entretanto, no que diz respeito aos conhecimentos científicos relacionados às TQ e TF, foi perceptível o receio apresentado pelos estudantes em responder os questionamentos e principalmente em desenvolver representações submicroscópicas e simbólicas por meio de desenhos para tais transformações.

Desta maneira, podemos observar que os estudantes apresentaram dificuldades já relatadas na literatura, como em compreender e se apropriar das ideias relacionadas à continuidade da matéria, possuindo a percepção de que a matéria é formada por átomos, e que estes são formados por partículas ainda menores, os prótons, elétrons e nêutrons (POZO et al., 1991; MARTORANO; CARMO, 2013). Foi demonstrado ainda pelos estudantes, uma dificuldade em estabelecer relações entre os níveis fenomenológico e molecular, e a não distinção entre os tipos de transformações e das características que as diferenciam, conforme poderá ser observado nos tópicos 5.2 e 5.3 deste estudo (MORTIMER; MIRANDA, 1995; ROSA; SCHNETZLER, 1998; FERNANDEZ; LIEGEL; NERI, 2007).

#### **4.1.2 Aula 2: Roda de Conversa e apresentação da Questão Problema**

A segunda aula da SEI consistiu em uma roda de conversa motivada por fotografias. As fotografias selecionadas podem ser visualizadas no apêndice A, e apresentam imagens relacionadas à atividade de exploração mineral do ferro, partindo desde o momento de sua extração nas minas de ferro, passando pelos processos de beneficiamento e siderurgia para obtenção do produto aço, bem como sobre alguns materiais que são possíveis de serem manufaturados por meio de tais produtos.

Inicialmente foi concedido aos estudantes a oportunidade de escolher duas fotos dentre todas que foram disponibilizadas. Posteriormente, cada aluno explicitou aos colegas, o motivo de escolha de sua imagem, o que a imagem relata, o que compreende sobre o que a imagem apresenta e qual a importância do objeto ou atividade que a imagem aborda. Por fim, após uma análise conjunta das fotos e de dialogar sobre questões relacionadas à atividade mineradora no estado de Minas Gerais, foi possível a professora apresentar aos estudantes o seguinte questionamento, que é a questão problema de nossa SEI: *“Como é realizada a extração mineral do ferro? Quais as influências que esta atividade pode ocasionar em nosso cotidiano?”*

Desta forma, por meio do diálogo acerca das imagens e das realidades que elas apresentam, foi possível a professora realizar uma investigação mais aprofundada sobre as concepções prévias já consolidadas na MLP dos estudantes, além de identificar o grau de importância que os alunos atribuíam ao tema no qual iniciariam seus estudos. Possuindo tais informações, foi possível à professora utilizar das compreensões já consolidadas pelos estudantes na MLP, bem como os aspectos relacionados ao tema mineração que mais impactaram as impressões dos alunos, para nortear as ações a serem desenvolvidas nas aulas subsequentes da SEI. De maneira que se buscasse auxiliar os estudantes a um melhor

desenvolvimento de conhecimentos relacionados à mineração e aos tipos de transformações dos materiais que ela envolve, sempre buscando uma ação educacional equilibrada, visando uma abordagem dos conceitos científicos por meio de uma contextualização (JHONSTONE, 2000; 2006; CRUZ, 2001; SANTOS, 2008; SILVA, 2018).

No que diz respeito às concepções prévias já consolidadas na MLP dos estudantes, gostaríamos de ressaltar que os alunos apresentaram argumentos iniciais bem articulados sobre a mineração, demonstrando possuir bastante informação no que diz respeito aos possíveis impactos ambientais que esta atividade de exploração pode acarretar, levando sempre em consideração a possível contaminação pelos resíduos, alagamento de grandes áreas, e também a morte de pessoas, não adentrando nos aspectos relacionados às transformações dos materiais envolvidos na extração mineral e no beneficiamento. Em contrapartida, os argumentos a favor da mineração, e o reconhecimento de que a mesma é essencial para o desenvolvimento de diversos materiais necessários ao nosso dia a dia, se apresentaram de forma bastante discreta.

Abaixo, no Quadro 8, apresentamos a transcrição de alguns episódios de ensino, conforme Carvalho (2006) de uma das turmas participantes deste estudo. Tais episódios evidenciam algumas das concepções prévias manifestadas pelos estudantes relacionadas à mineração e seus possíveis impactos.

Quadro 8 – Episódios de Ensino da Roda de conversa (Continua)

TURNO	TEMPO	DISCURSO VERBAL
1	25min até 28min e 13 seg.	<p><b>Aluna 1:</b> A minha parece ter passado enchente. Parece (<i>trecho inaudível</i>) galhos no meio de uma mata. Aí eu escolhi ela porque parece (<i>trecho inaudível</i>) a pessoa. Porque deve ser difícil você perder sua casa, seus bens materiais e também essa pessoa viveu em necessidade (<i>trecho inaudível</i>). Eles estão cobertos de lama. Acaba também que animais viviam ali.</p> <p><b>Professora:</b> Mais alguém escolheu imagem parecida com a dela?</p> <p><b>Aluna 2:</b> Eu</p> <p><b>Aluno 3:</b> Eu falei</p> <p><b>Professora:</b> Vocês sabem de onde são estas imagens?</p> <p><b>Diversos alunos:</b> Brumadinho. Mariana e Brumadinho.</p> <p><b>Professora:</b> Vocês viram notícias de Mariana e Brumadinho na época?</p> <p><b>Aluno 4:</b> Haham</p> <p><b>Aluna 1:</b> Sim</p> <p><b>Aluna 5:</b> Foi em que ano?</p> <p><b>Professora:</b> Brumadinho foi esse ano não foi?</p> <p><b>Aluna 5:</b> Foi esse ano? Eu pensei que era ano passado.</p> <p><b>Professora:</b> Vocês perceberam que pararam de falar de Brumadinho? Mariana ficaram falando um tempão né.</p> <p><b>Aluna 6:</b> Mariana vai fazer 5 anos.</p> <p><b>Professora:</b> Hó! Presta atenção! Vocês acham que essa lama que escorreu era perigosa? Porque, na televisão vocês viram falando de constituinte químico que estava na lama?</p> <p><b>Diversos alunos:</b> Sim.</p> <p><b>Aluna 2:</b> Minério.</p> <p><b>Aluno 7:</b> Acho que tinha ferro.</p> <p><b>Professora:</b> Que minério era?</p> <p><b>Aluna 2:</b> de ferro.</p> <p><b>Professora:</b> Isso mesmo, era uma extração de ferro então. Este resíduo de ferro é bom ou ruim?</p> <p><b>Aluna 2 e aluno 7:</b> Ruim.</p> <p><b>Professora:</b> Em contrapartida, qual é a relação desses desastres, destas fotos de desastres com os objetos (fotos de objetos)?</p> <p><b>Aluna 2:</b> É os objetos, porque a gente tem no, no, no, no, no (...)</p> <p>ai, esqueci o nome.</p> <p><b>Aluna 1:</b> Na lama?</p> <p><b>Aluna 2:</b> Não.</p> <p><b>Aluna 6:</b> O fogão é feito de ferro.</p> <p><b>Professora:</b> Então o fogão é feito de ferro. Uma outra pergunta, vocês acham que é possível viver sem mineração?</p> <p><b>Aluno 7:</b> Não porque (...) depende, você só come e bebe pra vive? Aí num dá, num dá, você vai ser um índio assim.</p> <p><b>Professora:</b> Mas você acha que um índio não usa metais?</p> <p><b>Diversos alunos:</b> Usa!</p> <p><b>Aluno 7:</b> mas eles não fazem de barro?</p> <p><b>Aluno 8:</b> Panela de barro. Assim ó, na caldeira.</p> <p><b>Professora:</b> sim, isso. (<i>trecho inaudível</i>).</p> <p><b>Aluna 6:</b> Você vai fazer uma panela na caldera pro cê? Uai, cê falou que dá pra viver sem.(risadas)</p>

Quadro 8 – Episódios de Ensino da Roda de conversa (Conclusão)

TURNO	TEMPO	DISCURSO VERBAL
		<p><b>Professora:</b> Dá para obter este minério de outro lugar? Sem ser da mina.</p> <p><b>Diversos alunos:</b> Nãããoo!!</p> <p><b>Aluno 9:</b> Dá.</p> <p><b>Professora:</b> Como?</p> <p><b>Aluno 9:</b> Reciclando</p>

Fonte: Elaboração própria (2021)

Tal cenário pode ser resultante da grande veiculação na mídia, de informações relacionadas aos acidentes ambientais ocorridos nas cidades de Mariana e Brumadinho, MG, em uma data próxima ao momento em que a SEI foi colocada em prática. O que demonstra o poder influenciador da mídia e a importância de que se apresente o problema em sala de aula de maneira imparcial, buscando contemplar suas diversas faces.

#### **4.1.3 Aula 3: Apresentação das pesquisas e sistematização de ideias relacionadas ao processo de mineração**

A aula 3 foi planejada para que ocorresse em dois momentos. Inicialmente os estudantes foram previamente organizados em grupos para realização da apresentação de suas pesquisas, que deveriam ser efetuadas em casa e comunicadas em sala de aula. Posteriormente ao momento de apresentação das informações e ideias desenvolvidas por cada grupo na atividade de pesquisa, a professora deveria iniciar um momento dialogado de discussão e sistematização das ideias expostas durante a apresentação dos trabalhos, e reflexões realizadas acerca do conteúdo.

É importante ressaltar que a atividade de pesquisa foi pensada como proposta para esta SEI, pois, possibilita ao estudante desenvolver sua autonomia e protagonismo nos processos de ensino e aprendizagem. Concedendo oportunidade para que o estudante deixe de ser coadjuvante e passe a ser um agente ativo na construção de ideias por meio da investigação de informações, seletividade e reflexão acerca das mesmas, buscando argumentar e solucionar o problema em estudo (MACHADO, 2000; FREIRE, 2011).

Indo além, os estudantes ao comunicarem suas pesquisas, tendo o professor como mediador, possibilitam a realização de discussões e reflexões acerca das informações apresentadas, desenvolvendo o diálogo em sala de aula, por meio do qual pode ocorrer a construção de novos saberes mais efetiva. Este modelo de prática dialógica permite aos

estudantes e professor, estabelecerem em sala de aula um ambiente de moderação, por meio do qual é promovido o partilhar de ideias e a criação de hipóteses relacionadas ao problema em estudo, os auxiliando a fragmentar as novas informações de forma que sejam capazes de organizá-las na cognição, tornando possível solucionar grandes problemas em etapas menores, respeitando o espaço da MT (SHORE; DOVER, 2004; BADELAY, 2003; TABER, 2013).

O momento final da aula coloca em foco a importância do papel de mediação e sistematização de ideias que o professor deve desenvolver para esta atividade. Por meio de sua atuação, é possível auxiliar os estudantes a organizarem as novas informações, de maneira que se tornem em um todo coerente e caminhem em direção a resolução do problema proposto da SEI.

Quando levada a campo a proposta de atividade da aula 3, percebeu-se a necessidade de dividi-la em duas aulas, pois tanto a atividade de apresentação de pesquisa de maneira dialogada, como o momento de sistematização de ideias, demandou maior tempo do que o inicialmente planejado. Desta maneira, a aula 3 foi dividida em duas aulas, acrescentando uma aula extra à SEI planejada, de forma que houvesse uma aula destinada apenas a apresentação das pesquisas e uma segunda aula, subsequente destinada apenas a sistematização de ideias.

Importante ressaltar ainda que a atividade de pesquisa tinha como objetivo auxiliar os estudantes a desenvolverem a percepção de que, a problematização relacionada à mineração, não estava distante de sua realidade, e que tal prática é desenvolvida na cidade e microrregião onde residem. Para alcançar tais objetivos, os grupos pesquisaram tópicos como: Quais tipos de minérios são explorados na cidade onde você reside? Quais são as composições químicas destes minérios? Quais as principais empresas que realizam a atividade mineradora na cidade onde você reside ou na região próxima? Quais são as etapas de extração destes minérios explorados? Quais resíduos químicos são gerados na extração destes minérios? Para onde vai o minério extraído em sua cidade? Qual é a utilização deste minério no cotidiano? Quais impactos sociais e ambientais, positivos e negativos que a mineração causa em sua cidade?

Assim, por meio das atividades propostas para a aula 3, buscou-se proporcionar aos estudantes um ambiente educacional no qual fosse possível compreender detalhes da proximidade que a problemática mineração possui de sua realidade; tendo em vista que na região onde os estudantes residem é realizada a extração mineral de brita e calcário pelo “Grupo SN”, e argila pela “Mineradora Terra Nova”.

A atividade proporcionou ainda uma construção de ideias sobre quais são as principais etapas do processo de extração mineral da brita, argila e calcário, além de realizar uma introdução aos estudos relacionados à mineração do ferro e de suas etapas de extração.

Durante a apresentação das pesquisas, foi notável o fato de que os estudantes se surpreenderam ao perceber que dentro de sua própria cidade existe uma mina de extração de brita, e que nas proximidades da cidade há duas grandes empresas de exploração de argila e calcário. Os alunos se demonstraram ainda desconfortáveis com o fato de que os sites das referidas empresas apresentam apenas aspectos positivos relacionados à mineração, relatando que presenciaram uma ausência de informações relacionadas aos impactos ambientais causados pela atividade exploratória.

#### **4.1.4 Aula 4: Exploração mineral do ferro, da mineração à siderurgia**

Para a aula 4 da SEI, foi inicialmente proposto o desenvolvimento de duas atividades. Segundo planejamento prévio, a aula seria iniciada com o estudo do vídeo “*Processos de Fabricação do Aço*”, produzido pelo telecurso 2000<sup>3</sup>, por meio do qual seria possível estudar juntamente com os estudantes tópicos como: a importância da reciclagem de metais, utilização dos metais, definição sobre o que é aço, liga metálica, ferro gusa, ferro fundido, características do aço como dureza, resistência ao enferrujamento e dobramento, a forma como o ferro é encontrado na natureza (Óxido de Ferro – Hematita), bem como os processos siderúrgicos realizados para obtenção do ferro gusa e aço.

Após alunos e professores terem estudado o vídeo, que possui a duração de aproximadamente 10 minutos, realizando pausas necessárias para diálogos, compartilhamento de ideias e de perspectivas acerca das informações apresentadas, a aula deveria ser encaminhada pela professora para seu segundo momento. Este tinha como objetivo auxiliar os estudantes a organizarem as informações abordadas no estudo do vídeo, de maneira que fossem capazes de explicitar suas compreensões desenvolvidas sobre o assunto, por meio de respostas a um questionário relacionado a tais informações.

Desta forma, a aula buscava dar continuidade ao estudo dos contextos relacionados à extração mineral do ferro e produção do aço, iniciada na aula anterior, e utilizar de tais contextualizações como ponto de partida para auxiliar os estudantes no desenvolvimento de seus conhecimentos científicos relacionados à constituição química dos materiais, bem como sobre os processos de transformação aos quais os mesmos podem ser submetidos. A aula também possuía por objetivo, auxiliar os estudantes a desenvolverem suas conceituações químicas sobre as transformações dos materiais e o que ocasiona tais transformações,

---

<sup>3</sup> Vídeo disponível no link: <<https://www.youtube.com/watch?v=gdDBQn607hU&t=621s>> Acesso em 16 abr. 2020.

realizando uma apropriação dos três níveis do conhecimento químico: macroscópico, submicroscópico e simbólico (JOHNSTONE, 2000; 2006).

Ao colocar a proposta de aula em ação, percebeu-se novamente que a quantidade de informações e atividades planejadas para serem desenvolvidas eram excessivas para serem trabalhadas em uma única aula. Os conteúdos a serem estudados através do vídeo, apresentavam uma forte contextualização relacionada principalmente às tecnologias utilizadas na extração mineral do ferro e produção do aço, bem como sobre os impactos sociais que a atividade de exploração ocasiona, além de trazer fundamentos científicos em química, apresentando algumas fórmulas químicas (representações simbólicas) e representações submicroscópicas para os processos de extração e siderurgia. Tendo em vista a amplitude de informações apresentadas no vídeo, tanto alunos como professores, realizaram diversas pausas durante sua exibição, dúvidas foram sanadas, diálogos foram estabelecidos e os alunos realizaram anotações sobre os conteúdos mais relevantes.

Assim, a aula 4, proposta inicialmente, também foi dividida em duas aulas. Na primeira aula, foi realizado um estudo junto com os alunos, sobre o vídeo citado. Enquanto na segunda aula, os alunos tiveram oportunidade para sistematização das ideias relacionadas ao vídeo, utilizando as informações das quais tomaram nota para responder um questionário.

A divisão da aula 4 em duas aulas, se apresentou como uma ação pedagógica de grande importância, possibilitando proporcionar aos estudantes tempo útil para que buscassem desenvolver na MT, as novas informações captadas pelo filtro da percepção durante o estudo do vídeo, e posteriormente ancorá-las à um possível conhecimento já existente na MLP. Apenas posteriormente, passados aproximadamente dois dias, os estudantes realizaram uma sistematização das ideias trabalhadas por meio do vídeo ao responderem o questionário utilizando suas anotações.

Desta forma, desenvolvendo os conhecimentos por partes, e concedendo um período de tempo maior para a consolidação das novas informações, acreditamos ter respeitado os processos cognitivos dos estudantes, de maneira que a MT não ficasse sobrecarregada e possibilitando uma construção mais sólida do conhecimento (MILLER, 1956; JHONSTONE, 2006; TABER, 2013).

Ressaltamos ainda a importância do processo reflexivo para o bom desenvolvimento do professor e de seu fazer docente. A SEI planejada foi produzida em um ambiente ativo de reflexões individuais e coletivas, realizadas no grupo de estudos citados ao início deste capítulo. Ao desenvolver a SEI planejada em campo, a professora pesquisadora buscou realizar constante reflexão na ação, ou seja, no momento em que a ação pedagógica ocorria.

Tais reflexões também ocorreram de maneira individual e coletiva, junto ao professor responsável pelas turmas participantes das aulas, resultando na implementação de adequações às aulas da SEI planejada, conforme as necessidades apresentadas pelos estudantes. Assim, entendemos que a reflexão antes e durante a ação é capaz de mobilizar o professor a pensar constantemente sobre os materiais e aulas planejadas, resultando em uma construção de conhecimento, aperfeiçoamento da prática docente e melhoria do ensino e aprendizado dos alunos (SANTOS, 2010).

#### **4.1.5 Aula 5: Atividade Experimental Investigativa para estudo das Transformações dos Materiais**

A aula planejada de número 5 tinha como proposta uma atividade experimental investigativa a ser realizada junto aos estudantes, que foi colocada em prática sem necessidade de ampliação no número de aulas. Os alunos foram divididos em grupos, e utilizando de um roteiro experimental, bem como do auxílio e mediação da professora, desenvolveram o experimento intitulado “*Violeta que desaparece*”. O experimento foi pensado com o objetivo de auxiliar os estudantes a investigarem como ocorrem as transformações dos materiais, tendo em vista a impossibilidade de simular as transformações que ocorrem nos processos relacionados à mineração do ferro.

O roteiro experimental disponibilizado como forma de orientar os estudantes na realização do experimento, os incentivava a registrarem as ocorrências macroscópicas que eram possíveis de serem observadas durante e após a adição de cada reagente. Também apresentava as fórmulas moleculares de cada substância envolvida, ou seja, suas representações simbólicas, e os incentivava a realizar uma elaboração de hipóteses e de representações por meio de desenhos e textos escritos, acerca do que ocorria na esfera submicroscópica ocasionando os fenômenos macroscópicos.

Desta forma, a atividade experimental, foi planejada com o objetivo de auxiliar os estudantes a transitarem em um dos lados do triângulo de Johnstone (2000), tendo como foco principal a abordagem dos níveis macroscópico e submicroscópico da química, de maneira que fossem capazes de refletirem e construir significados principalmente a respeito das TQ.

#### **4.1.6 Aula 6: Reconstrução do Experimento “*Violeta que desaparece*” nas perspectivas Macroscópica, Submicroscópica e Simbólica**

A sexta aula da SEI Mineração teve como objetivo realizar uma revisão participativa

e dialogada do experimento “*Violeta que desaparece*” junto com os estudantes. Desta maneira, intencionava-se desenvolver uma sistematização colaborativa das ideias relacionadas às transformações dos materiais observadas macroscopicamente durante o experimento, uma organização das hipóteses elaboradas pelos estudantes sobre os fenômenos submicroscópicos que proporcionam os eventos macroscópicos observados, além da proposição de possíveis representações simbólicas acerca dos fatos experimentais.

Para realização de tais construções juntamente com os estudantes, a professora iniciou seus diálogos lembrando que o foco de estudo consistia na compreensão das transformações dos materiais relacionadas à mineração do ferro. Entretanto, tais transformações não poderiam ser simuladas em sala de aula por requererem equipamentos específicos para sua ocorrência, além de uma temperatura extremamente elevada. Desta maneira, optou-se pela observação de outra transformação de materiais, possível de ser realizada em sala de aula, e que pode auxiliar na compreensão do que ocorre com o ferro e em sua transformação em aço.

Assim, por meio desta breve introdução, a professora pôde trazer à atividade experimental um maior significado, fazendo com que estivesse relacionada ao tema de estudo, mineração. De forma que fosse possível torna-la uma parte da contextualização e dos estudos dos alunos, evitando que ficasse dispersa ou sem sentido dentro da SEI.

Após situar os estudantes sobre o momento de estudo em que se encontravam, a professora devolveu os roteiros experimentais trabalhados pelos estudantes na aula anterior, para que eles pudessem utilizar suas anotações e reflexões na revisão colaborativa do experimento. Para tal reconstrução, o experimento foi dividido em três etapas, sendo elas:

- a) adição de água ao permanganato de potássio;
- b) adição de vinagre a solução de permanganato de potássio;
- c) adição de água oxigenada a solução de permanganato de potássio e vinagre.

Inicialmente, sempre com o auxílio dos estudantes, buscou-se reconstruir cada etapa do experimento na perspectiva macroscópica, colocando em evidência as mudanças de coloração, aumento de volume, liberação de gás e mudança de estado físico em cada etapa. Posteriormente, a professora incentivou os estudantes a elaborarem hipóteses acerca das possíveis representações simbólicas que poderiam ser construídas para as TQ em estudo. Em seguida, havia o objetivo de que os estudantes apresentassem hipóteses de representação submicroscópica do sistema reacional e que posteriormente a professora utilizasse de modelos 3D bola-vareta, para o momento final de sistematização de ideias do sistema submicroscópico que permeia as TQ do experimento.

Ao desenvolver a atividade em sala de aula, os estudantes elaboraram suas hipóteses

sobre o que ocorreu no meio reacional nas dimensões macroscópica e simbólica. Entretanto, não foi possível conceder aos estudantes a possibilidade de apresentarem suas hipóteses sobre as representações submicroscópicas devido à ausência de tempo. Assim, após os estudantes terem realizado sua construção de hipóteses simbólicas, a professora finalizou a aula realizando uma sistematização de ideias sobre as TQ que ocorrem no meio reacional utilizando os modelos 3D bola vareta para uma demonstração das representações submicroscópicas dos reagentes e produtos, associando cada molécula 3D a seus respectivos símbolos nas equações químicas. Também foi explorada, por meio dos modelos 3D, a quebra e formação de ligações químicas para a constituição de novas substâncias.

É importante ressaltar que ao realizar a reconstrução macroscópica, simbólica e submicroscópica deste experimento, a professora foi confrontada com o desafio de trabalhar com reações de oxido redução e conseguir realizar uma construção de ideias simbólicas e submicroscópicas coerentes com os fatos científicos relacionados à transição de elétrons, formação de cátions e ânions, mudança no número de oxidação e balanceamento deste tipo de TQ.

Outro entrave que se apresentou, foi a necessidade de superação da ideia de que a representação simbólica de uma TQ apresenta apenas um embaralhar de letras. Foi preciso evidenciar de forma constante que as mudanças na configuração simbólica estão intrinsecamente relacionadas a interações submicroscópicas entre os átomos dos reagentes envolvidos, que tem suas ligações químicas rompidas e formam novas ligações. Ainda no que diz respeito à representação simbólica, também é importante se atentar a superação de ideias de dois lados distintos no sistema reacional. O discurso “este lado da reação” e “aquele lado da reação” foi recorrente, e pode trazer concepções incorretas sobre a dinâmica do meio reacional.

A seguir apresentamos a transcrição de três episódios de ensino, ocorridos em uma mesma aula, que demonstram as afirmações citadas acima e que trazem alguns dados sobre os quais ainda iremos refletir. Em seguida ao Quadro 9, apresentamos a Figura 3, onde podem ser visualizados os desenhos que foram construídos na lousa juntamente com os estudantes, bem como exemplos em duas dimensões dos modelos utilizados no decorrer desta aula para representar o submicroscópico.

Quadro 9 – Episódios Reformulação do Experimento (Continua)

TURNO	TEMPO	DISCURSO VERBAL
<p><b>1: Reconstrução Macroscópica</b></p>	<p>17min. 34seg. até 23min 54 seg</p>	<p><b>Professora:</b> A gente vai conversar sobre o que a gente fez no experimento e tentar entender o que aconteceu. Quais as mudanças observadas. Tá? Só que eu preciso da ajuda de vocês pra gente conversar. Primeiro vamos pensar no que aconteceu no visível, o que a gente enxergava. Então quem não veio anota tudo o que vai tá aqui no quadro e entrega no final da aula.</p> <p><b>Aluna 1:</b> Quem veio também pode anotar?</p> <p><b>Professora:</b> Pode também. Quem não veio é que vai entregar por conta de estar perdendo ponto, para não perder esta pontuação.</p> <p><b>Aluno 2:</b> Quanto vale isso?</p> <p><b>Professora:</b> Este questionário valia 2 pontos mas ainda estamos revendo algumas coisas de pontuação. É (...) vamos relembra o experimento, certo? Qual foi a primeira etapa do experimento? A gente pegou aqui e colocou o que dentro do béquer? Preciso da ajuda de vocês!</p> <p><b>Aluno 3:</b> Oi?</p> <p><b>Aluna 4:</b> Água</p> <p><b>Aluna 5:</b> Água e aquele negocinho lá.</p> <p><b>Professora:</b> Como é que ele chama?</p> <p><b>Diversos alunos:</b> Permanganato de Potássio.</p> <p><b>Professora:</b> A gente pôs Permanganato de Potássio. Vamos anotar aqui. Quais que eram as características do Permanganato que a gente observou? Que que vocês colocaram?</p> <p><b>Aluno 3:</b> Era um pozinho sólido.</p> <p><b>Professora:</b> Oi?</p> <p><b>Aluno 3:</b> Pozinho sólido.</p> <p><b>Professora:</b> Era um pozinho sólido</p> <p><b>Aluna 6:</b> Roxo, cristalino.</p> <p><b>Diversos alunos:</b> Brilhante.</p> <p><b>Professora:</b> Roxo, cristalino, sólido e brilhante. Vou desenhar ele aqui. Gente vocês estão conversando muito! A gente precisa se concentrar para pensar tá? A gente fez o que com este permanganato. A gente adicionou o que primeiro?</p> <p><b>Diversos alunos:</b> Água.</p> <p><b>Professora:</b> Certo? E o que que resultou desse processo aqui?</p>

Quadro 9 – Episódios Reformulação do Experimento (Continua)

TURNO	TEMPO	DISCURSO VERBAL
<p><b>1:</b> <b>Reconstrução Macroscópica</b></p>		<p><b>Aluno 3 e aluna 7 simultaneamente:</b> Uma água roxa.  <b>Professora:</b> Uma água roxa. Água roxa (Falando vagarosamente enquanto escreve no quadro). Então foi a primeira etapa do experimento. A gente pegou a água roxa, o que a gente acrescentou na água roxa?  <b>Aluno 3 e aluna 7:</b> Vinagre.  <b>Professora:</b> Qual característica vocês observaram sobre o vinagre?  <b>Aluno 3:</b> Não mudou nada.  <b>Professora:</b> O vinagre é como? Vocês olharam ele, como que ele é?  <b>Aluna 8:</b> Ele é transparente  <b>Aluno 9:</b> Ele é um ácido?  <b>Professora:</b> Transparente (anotando no quadro)  <b>Aluna 10:</b> Fedido.  <b>Aluna 8:</b> tem um cheiro ruim.  <b>Professora:</b> Haham.  <b>Aluna 11:</b> Porém é saboroso.  <b>Professora:</b> Cheiro ruim. (anotando no quadro)  <b>Aluna 12:</b> Elas disseram saboroso aqui.  <b>Aluna 13:</b> Quem que bebeu o negócio?  <b>Professora:</b> Alguém falou ácido?  <b>Aluno 14:</b> Eu falei.  <b>Aluno 9:</b> Eu que falei ácido!  <b>Professora:</b> O que que resultou aqui no final?  <b>Aluno 3:</b> Só ficou mais cheio.  <b>Professora:</b> Só ficou mais cheio, então aumentou o volume. Continuou da mesma cor?  <b>Aluno 3:</b> Continuou.  <b>Professora:</b> Aconteceu mais alguma coisa?  <b>Aluna 7:</b> sim, pera.  <b>Professora:</b> Não? Não (...) então só aumentou o volume e continuou roxo. Aqui, a gente tem o que estava aqui, a solução roxa. A água roxa que vocês tinham falado de lá. A água roxa com um volume maior. O que que a gente adicionou na água roxa?  <b>Aluna 15:</b> Água oxigenada?  <b>Professora:</b> Água oxigenada. Vocês viram se água oxigenada tinha alguma característica?  <b>Aluna 9:</b> H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>  <b>Aluna 8:</b> Ela parece água  <b>Professora:</b> Tinha alguma característica diferente ou não?  <b>Aluno 9:</b> Qual é a composição dela?  <b>Professora:</b> A gente vai chegar lá. Quando a gente acrescentou a água oxigenada a nossa solução roxa, o que aconteceu aqui?  <b>Aluno 3:</b> Mudou a cor.  <b>Aluna 8:</b> Mudou a cor só.  <b>Professora:</b> Mudou a cor (anotando no quadro)  <b>Aluno 3:</b> ficou transparente.  <b>Aluna 16:</b> Ficou borbulhando. Ficou cheio de bolinhas.  <b>Aluno 3:</b> Ficou o efeito Sonrisal.  <b>Professora:</b> Efeito Sonrisal, depois fez bolinhas.  <b>Aluno 3:</b> Tinha cheiro de Sonrisal.  Diversos alunos conversando sobre os eventos de forma inaudível.</p>

Quadro 9 – Episódios Reformulação do Experimento (Continua)

TURNO	TEMPO	DISCURSO VERBAL
<b>1: Reconstrução Macroscópica</b>		<p><b>Professora:</b> Vocês acham que liberou gás? O gás saiu desta solução para atmosfera ou ficou tudo retido aqui dentro?</p> <p><b>Aluno 3:</b> Saiu</p> <p><b>Professora:</b> Quem mais acha que saiu?</p> <p><b>Aluno 9:</b> Eu acho que ficou, porque ficou cheio de bolha.</p> <p><b>Professora:</b> Então vamos guardar e usar isso depois.</p>
<b>2: Reconstrução Simbólica</b>	<b>23min. 54 seg. até 29min</b>	<p><b>Professora:</b> Agora vamos voltar aqui no início. Qual que é o constituinte químico do permanganato de potássio? Olha no roteirinho de vocês.</p> <p><b>Aluna 16:</b> magnésio? Oxigênio?</p> <p><b>Aluna 17:</b> Ah! É MnH<sub>3</sub> potássio e o oxigênio.</p> <p><b>Aluno 3:</b> Potássio.</p> <p><b>Professora:</b> KMnO<sub>4</sub>. E a fórmula da água?</p> <p><b>Diversos alunos simultaneamente:</b> H<sub>2</sub>O.</p> <p><b>Professora:</b> Quando o permanganato e a água entram em contato, acontece alguma coisa entre eles, ou eles só viram permanganato e água um junto com o outro do lado de cá? (indicando o lado dos produtos da reação). A gente só copia este e passa pra cá? Ou aconteceu alguma coisa? Entre os dois.</p> <p><b>Aluno 18:</b> Aconteceu.</p> <p><b>Professora:</b> Quem acha que aconteceu alguma coisa? (Aluno levanta a mão). Você. O que vocês acham que pode ter acontecido ali?</p> <p><b>Aluno 3:</b> Os dois se fundiram.</p> <p><b>Professora:</b> Os dois fundiram, os dois se misturaram. Tipo. Qual substância vocês colocariam aqui? (Indicando região dos produtos na representação simbólica da reação química). Vocês pegariam o KMnO<sub>4</sub> e reescreveriam igual está do lado de cá (reagentes) aqui (produtos), ou alguma coisa iria mudar entre estas duas estruturas ao se misturarem?</p> <p><b>Aluno 3:</b> Eu acho que ia só se misturar.</p> <p><b>Aluno 9:</b> Eu acho que ia ficar 5 oxigênios</p> <p><b>Professora:</b> Aqui ia ficar 5 oxigênios? Vou escrever assim.</p> <p><b>Aluno 3:</b> Depois MnH<sub>2</sub>O<sub>5</sub></p> <p><b>Aluno 9:</b> E um H<sub>2</sub></p> <p><b>Professora:</b> E um H<sub>2</sub> assim. (anotando no quadro)</p> <p><b>Aluno 9:</b> Não, eu acho que ele vira um cátion.</p> <p><b>Professora:</b> Como você faria?</p> <p><b>Aluno 3:</b> Depois do Mn, não. Depois do Mn fica H<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.</p> <p><b>Professora:</b> Aí ficaria assim, aqui do lado. Depois do Mn o H<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Alguém tem alguma outra ideia de como ficaria esta recombinação? Tipo, a gente tem. Aqui na hora que a gente adicionou as duas substâncias, KMnO<sub>4</sub> e H<sub>2</sub>O, quando a gente une as duas substâncias, elas interagem entre elas de alguma forma? Formando outra coisa aqui, ou elas ficam exatamente cada uma do jeitinho que são dentro da solução. Água é água, permanganato é permanganato.</p> <p><b>Aluna 19:</b> Eu acho que ficam iguais.</p> <p><b>Professora:</b> Você acha que elas ficam iguais dentro da solução?</p> <p><b>Aluna 19:</b> Não, eu acho que não. Tem interferência.</p> <p><b>Professora:</b> Tem interferência. Os meninos colocaram esta interferência um deste jeito e outro deste jeito, você colocaria igual ou diferente?</p>

Quadro 9 – Episódios Reformulação do Experimento (Continua)

TURNO	TEMPO	DISCURSO VERBAL
<p align="center"><b>2:</b> <b>Reconstrução Simbólica</b></p>		<p><b>Aluna 19:</b> Não sei.</p> <p><b>Professora:</b> Oh, eu vou deixar uma interrogação aqui, pra gente descobrir se o que aconteceu aqui foi isto ou foi outra coisa. Pra gente ver se a gente tem isso, isso ou outra substância aqui no final.</p> <p><b>Aluno 3:</b> Provavelmente é outra substância, mas...</p> <p><b>Professora:</b> a gente vai ver. Agora aqui, a água roxa, que é esta aqui, que é a mesma coisa que sai daqui, (fim da primeira etapa do experimento) vou deixar uma interrogação. Qual é a fórmula do vinagre?</p> <p><b>Aluno 9:</b> Não sei, começa com h? (risos)</p> <p><b>Diversos alunos respondem a fórmula, trecho inaudível</b></p> <p><b>Professora:</b> Assim, certo? COOH</p> <p><b>Diversos alunos discutem sobre a fórmula do vinagre. Trecho inaudível.</b></p> <p><b>Aluna 20:</b> Tem Ca!</p> <p><b>Aluna 19:</b> Não! É CH<sub>3</sub>COOH</p> <p><b>Professora:</b> Essa aqui é a fórmula do vinagre, então a gente tem aqui uma coisa que a gente não sabe o que é, mais o vinagre, e a gente resultou em uma solução que não mudou de cor, certo? Aconteceu alguma coisa quando a gente colocou vinagre em contato com essa água roxa?</p> <p><b>Aluno 3:</b> Hummm. Não.</p> <p><b>Professora:</b> Não?</p> <p><b>Aluno 9:</b> Acho que podia ter acontecido. (aluno fala baixo e professora não percebe)</p> <p><b>Professora:</b> Então vai ficar assim igual? Ou vai acontecer alguma interação entre isso e isso e vai modificar a estrutura química? Vou deixar a interrogação aqui pra gente também. Tá? A água roxa, que é a mistura de tudo isso aqui, que a gente não sabe o que é, foi colocada em contato com a água oxigenada. Qual que é a formula da água oxigenada?</p> <p><b>Aluno 3:</b> H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></p> <p><b>Professora:</b> H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> E agora? A água oxigenada realiza alguma interação com o que tava aqui para resultar em uma coisa nova de cá?</p> <p><b>Aluna 19:</b> Vai.</p> <p><b>Aluno 3:</b> Sim!</p> <p><b>Professora:</b> O que?</p> <p><b>Aluno 3:</b> Não sei (risos).</p>
<p align="center"><b>3:</b> <b>Reconstrução Simbólica e Submicroscópica</b></p>	<p align="center"><b>29min. até 42min.03 seg.</b></p>	<p><b>Professora:</b> Agora eu vou passar para a terceira representação, e eu vou mostrar para vocês tudo o que é formado tá? Aquele negócio de desenhar (trecho inaudível) e tals.</p> <p><b>Aluno 3:</b> Isso aí é o que? Um átomo? (Ao ver o modelo 3D bola vareta montado para o permanganato de potássio).</p> <p><b>Professora:</b> É o Permanganato de Potássio. Ó permanganato.</p> <p><b>Aluno 9:</b> Porque que tem esse negócio?</p> <p><b>Professora:</b> Eu vou explicar tudo o que tem aqui. O ácido acético, vinagre, molécula do ácido acético (mostrando o modelo 3D – bola vareta do ácido acético). Essa daqui é a água oxigenada (mostrando o modelo 3D – bola vareta do da água oxigenada).</p> <p><b>Aluno 3:</b> O vermelho é o que?</p> <p><b>Professora:</b> H<sub>2</sub>O, água (mostrando o modelo 3D – bola vareta do</p>

Quadro 9 – Episódios Reformulação do Experimento (Continua)

TURNO	TEMPO	DISCURSO VERBAL
<p><b>3:</b> <b>Reconstrução Simbólica e Submicroscópica</b></p>		<p>da água). Agora eu vou explicar quem que é o que. Aqui, quando a gente tem lá no início quando a gente tem o permanganato de potássio, quando a gente perguntou pra vocês o que acontece microscopicamente ali? O permanganato pode ser representado microscopicamente através desta moléculazinha aqui. O que a gente tem aqui? As bolinhas vermelhas são os oxigênios. Tá vendo que a gente tem quatro oxigênios? A gente tem quatro oxigênios. Estes quatro oxigênios estão ligados ao Mn que é o que tá aqui no centro e a bolinha verde é o potássio. O que acontece quando o permanganato entra em contato com a água? Permanganato mais água. Certo? (apontando para a equação química disposta no quadro elaborada por meio das hipóteses dos alunos)</p> <p><b>Aluna não reconhecida responde baixo:</b> é diluído.</p> <p><b>Professora:</b> Dois hidrogênios e oxigênio (pegando o modelo da água). O que vai acontecer quando estes dois entram em contato? A água, ela provoca uma reação que nós chamamos de reação de dissociação no íon permanganato. O potássio, <math>K^+</math>, ele abandona o restante da, do, do, do, da, do ío [...] substância e aí forma dois é, dois íons. O cátion, não, o cátion e o ânion. O potássio ele fica como <math>K^+</math> e ele é o cátion. Vou apagar aqui a hipótese de vocês.</p> <p><b>Aluno 3:</b> Há, erramos.</p> <p><b>Professora:</b> Vocês criaram uma hipótese! Aí aqui ó, forma o <math>K^+</math>, porque ele se separou aqui, e forma o <math>MnO_4^-</math>. Então, esse é esse, e esse é esse aqui. (Indicando os modelos em 3 dimensões do tipo Bola vareta que possuía em mãos e suas respectivas representações submicroscópicas.) <math>K^+</math> e <math>MnO_4^-</math>. Além disso, a água continua aqui presente na solução, porque ela ficou inerte, ela não foi modificada a estrutura dela, igual esse aqui que foi modificado a estrutura, mas ela permanecesse aqui na solução. Então aqui dentro tem estes três, certo? E eles são carregados aqui pra baixo. Então aqui (indicando a segunda etapa do experimento), tem <math>H_2O</math>. Então agora, aqui em baixo, a gente já sabe o que tem. Tem <math>K^+ + MnO_4^- + H_2O</math>. Isso tudo foi colocado em contato com o ácido acético, esse ácido acético.</p> <p><b>Aluno 9:</b> Como que chama essa [...]</p> <p><b>Professora:</b> O pretinho são os átomos de carbono, mais oxigênio, aí tem dois carbonos, dois oxigênios e 3, 4 hidrogênios, um, dois, três, quatro hidrogênios.</p> <p><b>Aluno 3:</b> Porque essa daí tá com esses (simulando a ligação dupla com os dedos) negócio aí?</p> <p><b>Professora:</b> Isso aqui é a ligação dupla. Lembra que vocês estudaram ligações (...) vocês já estudaram ligações químicas né? Lembra que a gente falava que tinha ligação dupla que era mais rígida e a simples que ela é mais maleável? A gente dá pra isso aí aqui ó! A ligação dupla ela não gira e essa daqui ó, ela pode girar, a bolinha gira, ela é mais maleável um pouco, tá. Esse aqui é o ácido acético (mostrando o modelo), este é o vinagre tá, quando o vinagre entra em contato com tudo isso aqui ó! Tem o potássio, o <math>KMnO_4</math> tem a água lá dentro. Quando ele entra em contato com tudo isso, esses dois, eles não interferem em nada no ácido acético, porém quando a água entra em contato com o ácido acético, acontece uma segunda reação de dissociação, e isso aqui (o ácido acético) vai virar cátion e ânion também. Então o hidrogênio abandona o oxigênio e</p>

Quadro 9 – Episódios Reformulação do Experimento (Continua)

TURNO	TEMPO	DISCURSO VERBAL
<p>3: Reconstrução Simbólica e Submicroscópica</p>		<p>ele forma o cátion <math>H^+</math> e o ácido acético ele vira, o restante ele vira o íon acetato, e ele fica negativo. Então a gente vai ter isso daqui do lado de cá ó. A gente vai ter <math>H^+</math>, esse <math>H^+</math> saiu aqui do ácido acético, mais o íon acetato que a gente representa assim <math>CH_3COO^-</math>, e a gente continua tendo lá dentro água, o íon manganês e o potássio. Então lá dentro tem um monte de coisa. Então aqui ó (indicando a terceira etapa do experimento) eu tenho <math>K^+ + MnO_4^- +</math> água. Então tudo isso tem dentro do nosso béquer, esse béquer aqui ó. Aí depois. A gente tem tudo isso lá dentro. Íon acetato, <math>MnO_4^-</math>, temos água, e a gente também tem o <math>K^+</math> e o <math>H^+</math>, dois cátions. Então tem dois cátions, dois ânions e água, tudo lá dentro. E aí a gente acrescenta.</p> <p><b>Aluna faz uma pergunta inaudível relacionada a quantidade de átomos necessária para que ocorra a reação.</b></p> <p><b>Professora:</b> Não, a gente tem que fazer o balanceamento no final. Pra reação acontecer, tem que ter uma quantidade certinha de cada um deles. Eu acho que não vai dar tempo de passar o balanceamento nesta aula, aí eu mostro a equação balanceada para vocês no final tá? Aí agora a gente está na última etapa. Nós temos tudo isso aqui dentro deste béquer, e a gente acrescenta <math>H_2O_2</math>, água oxigenada. Quando a gente acrescenta água oxigenada, essa água oxigenada vai reagir com dois destes compostos. A água oxigenada vai reagir com o íon, com esse ânion aqui que veio lá do permanganato, e reage com o <math>H^+</math> que veio aqui, do ácido acético. Então ela reage com este que veio daqui, e este que veio daqui. Quando acontece esta reação, é uma reação bem explosiva, que vai acontecer muito rápido, vocês viram ontem. O que vai acontecer, a água oxigenada vai perder os dois hidrogênios dela (demonstrando com os modelos 3D), certo, ela perde dois hidrogênios e o <math>MnO_4^-</math> perde todos os oxigênios. Aí lá no final, a gente vai ter o <math>Mn^{2+}</math> sozinho. A gente vai ter, sabe as bolhinhas que são formadas? <math>O_2</math> lembra? Os vermelhos são oxigênios, então a gente sobrou com <math>O_2</math>, que é um gás, então o <math>O_2</math> é liberado aqui, uma parte vai para atmosfera e outra parte fica retida dentro da solução, e a gente, isso aqui tudo se desprende dos seus locais originais. O que que vai acontecer, vai ser formado água, é formado muita água, e aí eles se rearranjam para formar água. Formou uma água, e aqui forma mais uma (manipulando modelos), forma água. Então lá no final, o que a gente vai ter? Água, muita água sendo formada o <math>Mn^{2+}</math> sozinho e liberação de <math>O_2</math>, por isso que aparece as bolinhas e tem toda a mudança de cor. Vocês concordam comigo que lá no início a gente tinha isso aqui, a gente tinha o permanganato, agora lá no final a gente resultou com isso aqui, e eu vi que a maioria falou que a cor roxa veio daqui certo? Quando a gente estava aqui na segunda etapa, esse permanganato tinha perdido só um potássio certo? Então ainda parecia muito com o que tinha lá no início, a cor roxa foi mantida, mas aí quando chegou no final, sobrou só isso aqui dele ó, só o <math>Mn^{2+}</math>, e aí a cor muda totalmente porque o que dava a cor roxa desapareceu, entendeu? Agora eu vou escrever a reação final aqui. Ó, o <math>MnO_4^-</math> mais o <math>H^+</math> reage com o <math>H_2O_2</math> e forma <math>Mn^{2+}</math> mais <math>O_2 + H_2O</math>. Só que a gente continua tendo lá dentro o íon potássio <math>K^+</math> e esse aqui, <math>CH_3COO^-</math>. Enquanto toda esta reação aqui aconteceu, o íon acetato ainda tava lá dentro da solução porque a gente não tirou ele, tá, então ele tá aqui no final. E o <math>K^+</math> também não. No final a gente tem então, água formada, muita água, a gente tem <math>Mn^{2+}</math>, a gente tem <math>O_2</math> que</p>

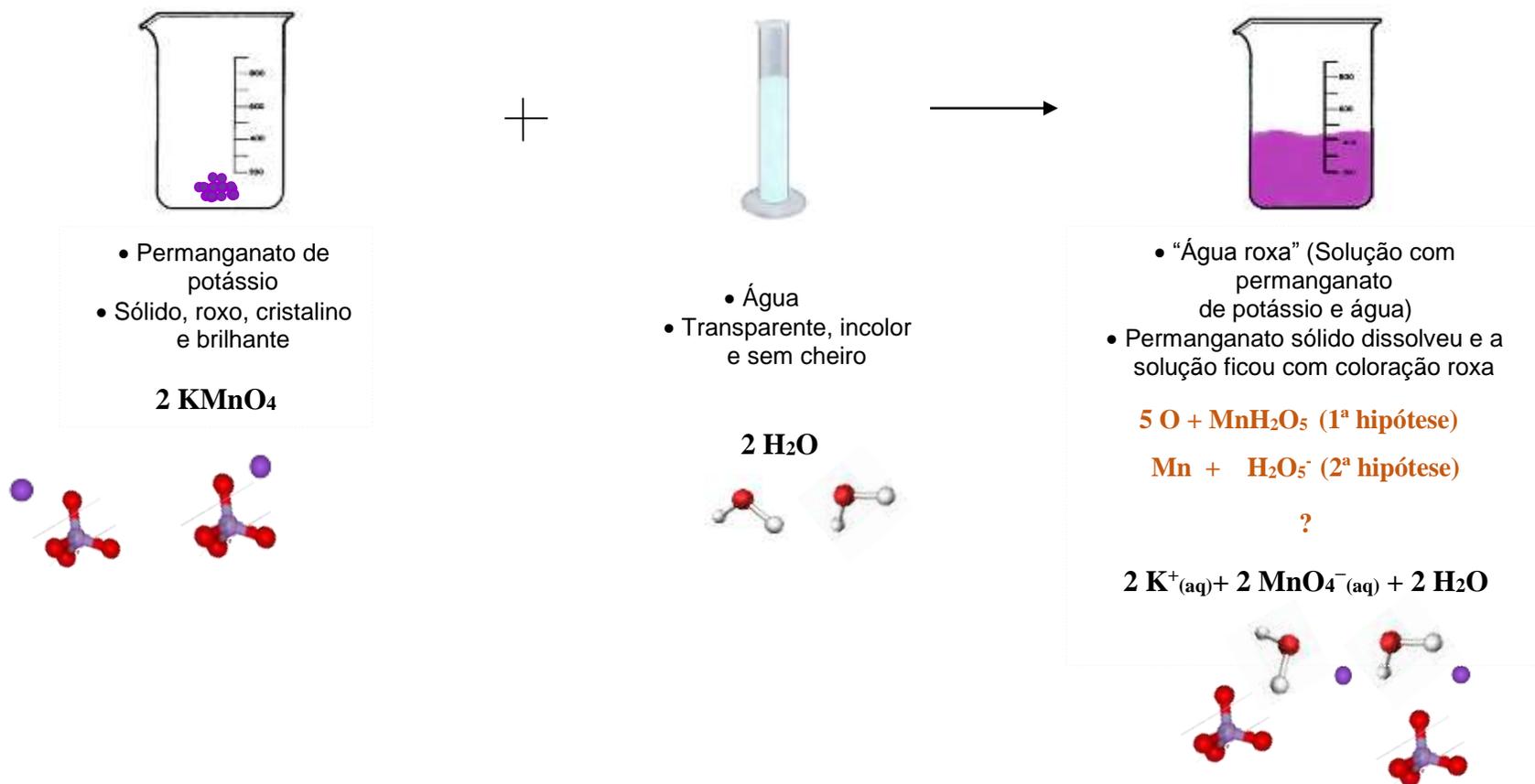
Quadro 9 – Episódios Reformulação do Experimento (Conclusão)

TURNO	TEMPO	DISCURSO VERBAL
<p data-bbox="240 322 421 427"><b>3:</b> <b>Reconstrução</b> <b>Simbólica e</b> <b>Submicroscópica</b></p>		<p data-bbox="571 322 1394 546">foi liberado e a gente tem o íon acetato mais o potássio que ficaram lá dentro da solução inertes. Então a gente entrou no início com isso daqui e esse daqui completo com a bolinha de hidrogênio aqui, e no final a gente tem estes três produtos e mais dois inertes, que ficaram lá no meio da reação só... este aqui existe só para dar <math>H^+</math>, porque sem o <math>H^+</math> não tinha reação. Então o vinagre só deu <math>H^+</math> pra reação acontecer tá?</p> <p data-bbox="571 555 1394 1120">Agora, na próxima aula eu vou trazer a equação balanceada para vocês. Para esta reação aqui acontecer, a gente tem que ter uma quantidade mínima de reagentes. Porque tem aquela coisa da estequiometria, vocês lembram da estequiometria? Que é o lado de cá da equação tem que ficar igual o lado de lá da equação. Mais isso aí a gente vai ver depois. Aí gente, quando falamos de modelo, a gente está falando disso aqui, modelo microscópico. As bolinhas representam, os átomos e os tracinhos representam ligações. Este modelo vem lá das ideias de átomo de Dalton, pessoal! Dalton é aquele modelo atômico da esfera maciça e indivisível. Então esses modelinhos vêm de Dalton. A gente tem outros modelos microscópicos que vem de outras teorias químicas tá? Esse é o que é baseado em Dalton. Outra coisa, o carbono é preto, o oxigênio é vermelho, os átomos não são iguais uns aos outros. O hidrogênio é menor que os outros porque o hidrogênio tem uma massa menor. Então os átomos não são todos idênticos, cada átomo tem suas peculiaridades.</p>

Fonte: Elaboração própria (2021)

Figura 3 - Esquema de retomada do experimento violeta que desaparece, construído junto com os estudantes no quadro negro, e representações em 2D dos modelos em 3D utilizados<sup>4</sup> durante a revisão (Continua).

### 1ª Etapa



<sup>4</sup> Em sala de aula foram utilizados modelos em três dimensões que possibilitam a representação do submicro relacionado aos átomos e moléculas de forma palpável, ou seja, física, sendo possível tocar e manipular os modelos que são do tipo bola varetas. Para as representações macroscópicas dispostas no quadro, demonstradas aqui na figura 3, para representação e distinção dos líquidos incolores, optou-se pela utilização das colorações azul claro para água e para sistema reacional final, e amarelo claro para o vinagre.

Figura 3 - Esquema de retomada do experimento violeta que desaparece, construído junto com os estudantes no quadro negro, e representações em 2D dos modelos em 3D utilizados<sup>5</sup> durante a revisão (Continua).

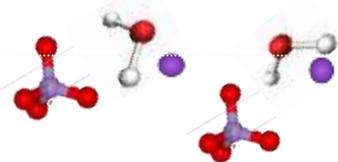
## 2ª Etapa



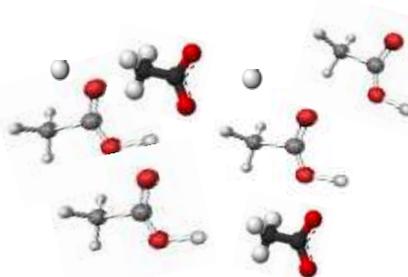
- Solução com permanganato de potássio e água
- Permanganato sólido dissolveu e a solução ficou com coloração roxa



?



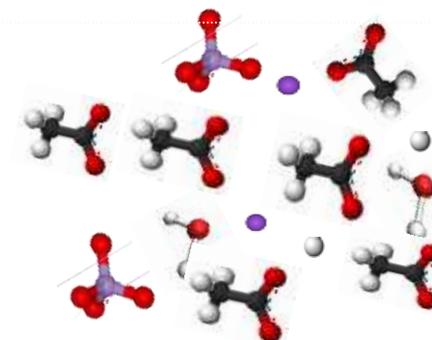
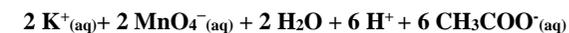
- Vinagre
- Cheiro ruim, transparente, ácido e gosto ruim



- Solução com permanganato de potássio, água e vinagre
- Ficou mais cheio e mudança de pH

**1ª Hipótese: Não ocorre nada**

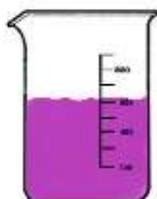
**2ª Hipótese: Talvez ocorra algo**



<sup>5</sup> Em sala de aula foram utilizados modelos em três dimensões que possibilitam a representação do submicro relacionado aos átomos e moléculas de forma palpável, ou seja, física, sendo possível tocar e manipular os modelos que são do tipo bola varetta. Para as representações macroscópicas dispostas no quadro, demonstradas aqui na figura 3, para representação e distinção dos líquidos incolores, optou-se pela utilização das colorações azul claro para água e para sistema reacional final, e amarelo claro para o vinagre.

Figura 3 - Esquema de retomada do experimento violeta que desaparece, construído junto com os estudantes no quadro negro, e representações em 2D dos modelos em 3D utilizados<sup>6</sup> durante a revisão (Conclusão).

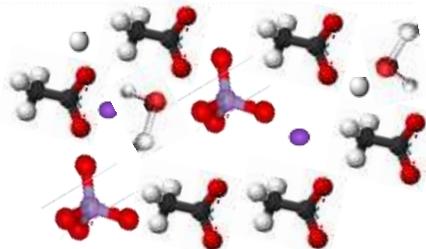
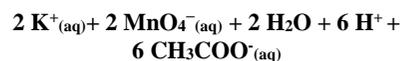
### 3ª Etapa



- Solução com permanganato de potássio, água e vinagre
- Ficou mais cheio e mudança de pH

**1ª Hipótese: Não ocorre nada**

**2ª Hipótese: Talvez ocorra algo**

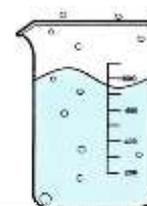


+

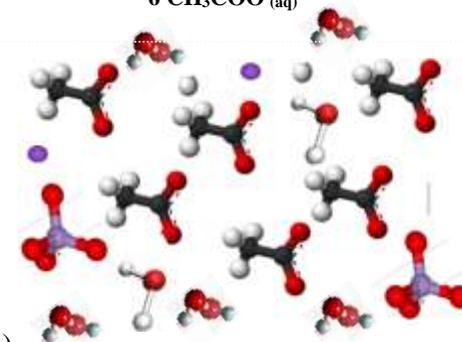
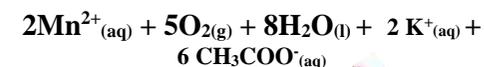


- Água Oxigenada
- Transparente e parece água

**Hipótese: Água oxigenada realiza interação, não sabem qual**



- Solução com permanganato de potássio, água, vinagre e água oxigenada
- Aumento de volume, mudança de coloração e formação de bolhas



Fonte: Elaboração própria (2021)

<sup>6</sup> Em sala de aula foram utilizados modelos em três dimensões que possibilitam a representação do submicro relacionado aos átomos e moléculas de forma palpável, ou seja, física, sendo possível tocar e manipular os modelos que são do tipo bola vareta. Para as representações macroscópicas dispostas no quadro, demonstradas aqui na figura 3, para representação e distinção dos líquidos incolores, optou-se pela utilização das colorações azul claro para água e para sistema reacional final, e amarelo claro para o vinagre.

Os diálogos associados as imagens da Figura 3, nos permitem verificar que a professora enfrentou dificuldades ao buscar realizar uma sistematização de ideias relacionada a formação de cátions, ânions e a dinâmica de transferência de elétrons das reações de oxido redução abordadas pelo experimento, levando em consideração os níveis simbólico e submicroscópico das TQ. De forma que não foi explorado o significado de ganho e perda de elétrons representado pelos coeficientes positivos e negativos e não foi realizado o balanceamento da reação. Outro aspecto que poderia ser melhor trabalhado é a relação existente entre as mudanças de cores presenciadas no experimento e o Nox do cátion Mn ( $Mn^{2+}$ , rosado quase incolor;  $Mn^{6+}$ , verde e  $Mn^{4+}$ , marrom escuro).

Entretanto, entendemos que alguns aspectos foram suprimidos tendo em vista que o objetivo da SEI não era o de trabalhar especificamente as reações de oxido redução, mas sim revisitar os princípios básicos das TF e TQ. A TQ do experimento “Violeta que desaparece” foi selecionada nesta pesquisa devido à grande quantidade de evidências de ocorrência de reação. Entretanto, também estamos cientes de que a escolha de uma TQ menos complexa pode ser benéfica.

Ressaltamos ainda que, por meio dos diálogos percebemos que foi uma tendência da professora em alguns momentos favorecer determinadas concepções em detrimento de outras. Por exemplo, seria possível por meio das respostas dos estudantes, destacar a importância da acidificação do meio pelo vinagre para a ocorrência das TQ; ressaltando as falas do aluno 9, que relata a acidez do vinagre, porém este caminho de muita relevância não foi tomado.

Também faz importante estar atentos sobre a prática pedagógica, para se evitar que erros conceituais sejam propagados pelo próprio professor em sua fala. Notamos por exemplo que a professora regente apresenta ideias incoerentes com a convenção científica. Por exemplo, notamos que fusão e mistura são apresentadas como sendo o mesmo fato experimental por meio da fala “*os dois fundiram, os dois se misturaram*”, a ideia de que reagentes “*desaparecem*”, a compreensão de que átomos e moléculas possuem cores como demonstrado na fala “*o carbono é preto, o oxigênio é vermelho, os átomos não são iguais uns aos outros*”, entre outros.

Levando em consideração estas ressalvas, compreendemos que foi possível a professora, desenvolver junto aos alunos, uma sistematização dos conhecimentos relacionados às TQ do experimento “Violeta que desaparece”, sempre partindo das hipóteses elaboradas pelos estudantes. Assim, buscou-se que os alunos assumissem uma postura ativa, pensante e de protagonismo na sistematização de ideias, de forma a deixarem de ser um depósito de informações e passassem a construí-las e a agir sobre as mesmas, proporcionando a aula um aspecto dinâmico e participativo (FREIRE, 2011).

Ressaltamos ainda, que a aula buscou incentivar os estudantes a vislumbrar o conhecimento químico e pensar na sua construção lançando mão das perspectivas macro, submicro e simbólica, pois conforme elucidado por Johnstone, a compreensão plena da química, ocorre apenas quando o sujeito aprendiz se apropria de tais níveis (JOHNSTONE, 2000, 2006). Foi notável o fato de que, neste momento, os estudantes apresentavam maior segurança, disposição e menor receio em propor representações submicroscópicas para elucidar os fatos experimentais observáveis, evidenciando que as dificuldades iniciais, apresentadas na primeira aula, foram sendo gradualmente superadas pelos estudantes, à medida que a SEI progredia.

#### **4.1.7 Aula 7: Estudo das TQ e TF realizadas na extração e beneficiamento do ferro**

A aula 7 foi colocada em prática possuindo dois momentos. No primeiro momento, foi realizada uma revisão sobre as transformações dos materiais abordadas pela SEI e uma conceituação sobre o que é TQ e TF. O segundo momento de aula foi destinado ao estudo das transformações que ocorrem na siderurgia para formação do ferro gusa e do aço.

Desta maneira, para o primeiro momento de aula, a professora realizou uma revisão, sempre dialogando com os estudantes, sobre algumas das principais transformações dos materiais trabalhadas no decorrer das aulas, são elas:

- a) derretimento das geleiras;
- b) comprimido efervescente na água;
- c) transformações decorrentes ao se colocar em contato água, permanganato de potássio, vinagre e água oxigenada.

Após este momento de revisão, foi realizado um breve diálogo acerca de tais transformações, sendo levantados questionamentos como: Que tipo de transformações estes materiais sofrem ao entrar em contato? Sabemos que o permanganato de potássio sofre uma TQ ao ser colocado em contato com a água, vinagre e água oxigenada, de acordo com o que estudamos na aula anterior. E o que ocorre com o comprimido efervescente na água é similar? E o que acontece com a geleira quando ela derrete? É similar ao que aconteceu no experimento “Violeta que desaparece” bem como ao que acontece com o comprimido efervescente? Qual é a diferença existente entre as transformações pelas quais estes materiais passam? De acordo com o que estudamos na última aula, o que é uma TQ? E o que seria uma TF?

A aula 6 possibilitou que o experimento fosse estudado com mais profundidade, de forma que as TQ nele trabalhadas fossem investigadas com os estudantes explorando as

perspectivas macroscópica, submicroscópica e simbólica para cada TQ. Desta forma, para esta aula (Aula 7), apenas foram lembradas as representações simbólicas das transformações presentes no experimento, bem como reafirmado que nele, ocorrem TQ, nas quais ocorrem o rompimento de ligações químicas (ligações iônicas e covalentes) entre os átomos, além de proporcionar a formação de novas ligações.

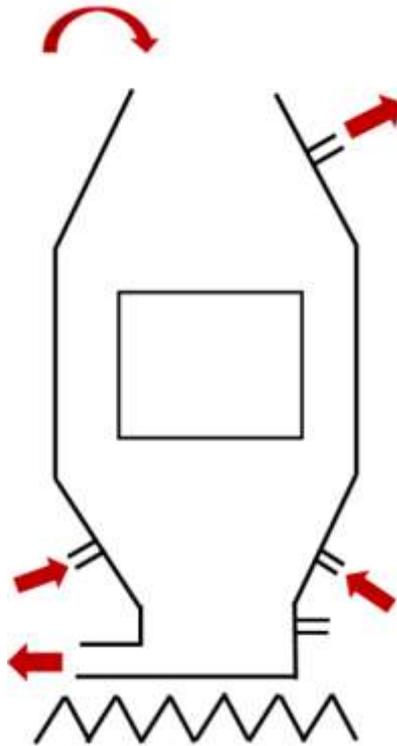
No que diz respeito à transformação que ocorre ao se colocar o comprimido efervescente na água, após diálogo junto aos estudantes para que apresentassem suas hipóteses, concluiu-se que a transformação sofrida pelo comprimido é química, devido às evidências de TQ que podem ser observadas. Muitos alunos relataram que, o desprendimento de gás que ocorre ao se colocar o comprimido na água, deixa evidente a formação de “algo novo”, da mesma forma como aconteceu no experimento “*Violeta que desaparece*”. Para este momento de diálogo, foram utilizados a representação simbólica deste fato experimental por meio de equação química, bem como os modelos em 3D das moléculas dos reagentes e produtos envolvidos, possibilitando aos estudantes um vislumbre da perspectiva submicroscópica do rompimento das ligações químicas para a formação de novos produtos.

Foi evidenciado ainda, junto aos estudantes, que o derretimento das geleiras é uma TF, onde a geleira, que consiste em água no estado sólido, recebe calor do sol, fazendo com que as moléculas de água, que inicialmente estavam realizando uma movimentação limitada de vibração, comecem a se movimentar de maneira mais ampla, provocando a mudança de estado físico. Porém as ligações químicas entre hidrogênio e água não são rompidas ou desfeitas. Desta forma a molécula de água é preservada, passando apenas por uma TF de mudança de fase. Para exemplificar esta dinâmica submicroscópica de vibração e afastamento das moléculas de água, foram utilizados modelos em 3D, bola vareta. Também sugerimos a utilização de simulações computacionais.

Assim, por meio das discussões realizadas, foi possível a professora juntamente com os estudantes, sistematizarem e registrarem por escrito as definições conceituais de TQ e TF, bem como de relacionar tais conceituações aos processos de transformação até então investigados durante a aula.

Continuando a recapitulação das principais transformações dos materiais estudadas na SEI, a aula foi direcionada para seu segundo momento. Neste, foi realizado no quadro negro um desenho do alto-forno; equipamento onde é realizada a transformação da hematita em ferro gusa, similar ao apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Esquema de alto-forno desenhado no quadro negro



Fonte: Elaboração própria (2020)

Utilizando deste desenho, a professora, com o auxílio dos estudantes, por meio da prática dialógica, realizou inicialmente uma revisão dos aspectos macroscópicos dos processos ocorridos no alto-forno, utilizando as informações já trabalhadas com os estudantes na aula 4 e na aula adicional. Questionamentos como: Quais materiais são inicialmente adicionados ao alto-forno? O alto-forno passa por alguma variação de temperatura? Algum tipo de gás é injetado no alto-forno? Qual produto sai do forno no final do processo? foram feitos e as respostas manifestadas pelos estudantes através da fala, foram adicionadas ao desenho da Figura 3, completando-o.

Posteriormente, sempre com o auxílio dos estudantes, foi realizada a retomada de aspectos simbólicos dos procedimentos siderúrgicos relacionados a transformações dos materiais adicionados ao alto-forno. Foram feitas perguntas como: Qual é a constituição química da hematita? Qual é a constituição química do carvão? Qual é a constituição química do calcário? De que estes materiais são feitos? De quais átomos estes materiais são feitos? Como podemos representar estes átomos de maneira escrita? Quais são as letras que utilizamos como símbolo para representar estes átomos? Qual é a fórmula molecular que podemos utilizar para representar a constituição destes materiais?

Desta forma, por meio de tais questionamentos, foi possível realizar uma sistematização de ideias e uma representação simbólica dos constituintes de cada material

envolvido nas TQ do alto-forno, sendo realizada uma construção junto com os estudantes, das principais TQ que ocorrem dentro do equipamento. Tais transformações são apresentadas na Figura 5.

Figura 5 - Algumas Transformações Químicas que ocorrem no alto-forno



Fonte: Romeiro (1997, p.11)

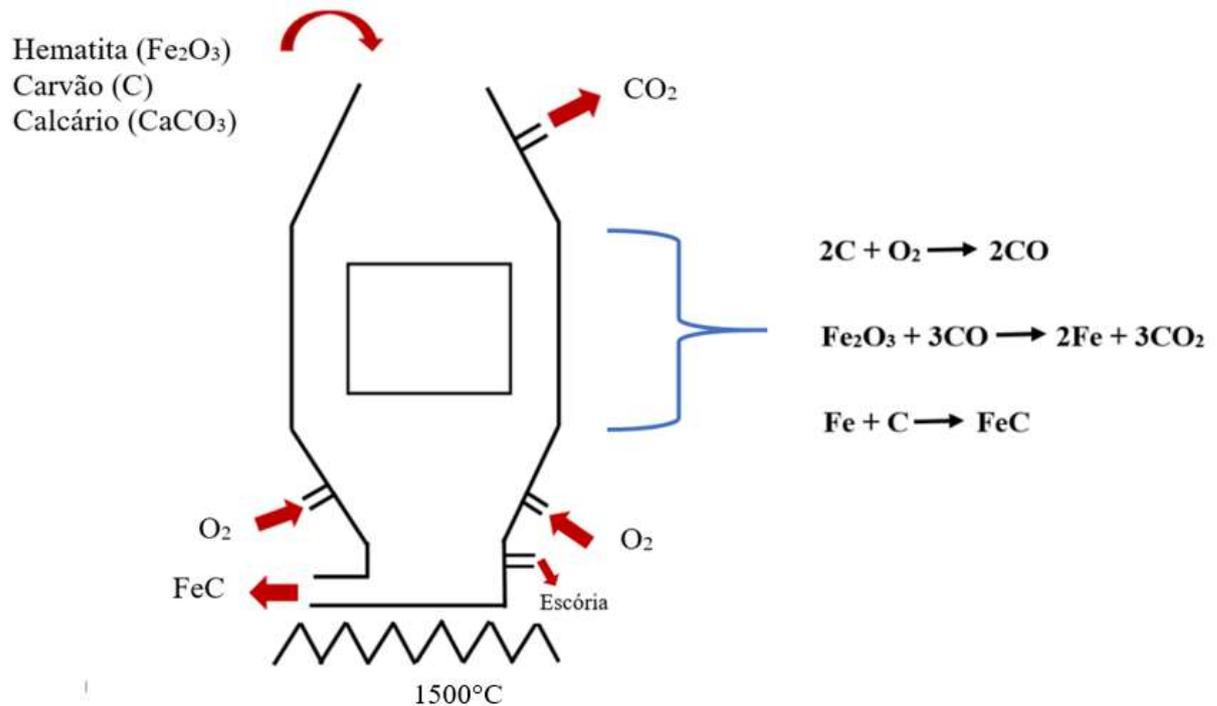
Sempre que uma substância participante da TQ era disposta na equação, sua representação submicroscópica bola-vareta era apresentada por meio de modelos em 3D. Assim, foi trabalhado com os estudantes a representação submicroscópica de cada TQ, por meio da utilização de modelos. Os modelos foram disponibilizados aos alunos para que os manuseassem e observassem de maneira mais próxima, devido uma solicitação dos estudantes.

Buscou-se enfatizar na aula, que as TQ realizadas no alto-forno, necessitam de uma temperatura de 1.500°C para ocorrer, e que inicialmente, quando o forno está em aquecimento e ainda não atingiu a temperatura ideal para realizar as TQ, o processo que ocorre dentro do forno consiste em TF, nas quais os materiais sofrem uma mudança de fase, a fusão, sem realizar rompimento de ligações.

Também foi colocado em evidência que o produto final dos processos realizados no alto-forno, é o ferro gusa (FeC), e que este produto, passará por um outro equipamento, o conversor, no qual o ferro gusa é aquecido, passa pela TF fusão e posteriormente realiza uma TQ com oxigênio (O<sub>2</sub>), para retirada do excesso de carbono.

O esquema final, disposto no quadro negro, desenvolvido junto aos estudantes, pode ser visualizado na Figura 6.

Figura 6 - Esquema de alto-forno final, construído junto com os estudantes



Fonte: Elaboração própria (2020)

Percebe-se que a quantidade de informações trabalhadas durante a aula foi bastante densa, indo desde uma revisão ampla das principais transformações contempladas pela SEI, e passando por um aprofundamento sobre algumas transformações ocorridas no alto-forno da siderurgia. Desta forma, compreendemos a necessidade de ampliação no número de aulas para evitar uma sobrecarga na MT dos estudantes, pois esta pode prejudicar o processo de construção de ideias e de aprendizagem fazendo com que os alunos rejeitem informações importantes através do filtro da memória de maneira a evitar a sobrecarga da MT (JHONSTONE, 2006; TABER, 2013).

A quantidade excessiva de informações na aula, pode ainda tornar a abordagem conceitual rasa, fazendo com que muitos aspectos relacionados às TQ e TF sejam abordados, porém sem explorar a profundidade que pode ser proporcionada por estes conteúdos em química. Este excesso de informações pode ocasionar ainda uma contextualização minimizada, devido à ausência de tempo útil para que se realizem reflexões sobre as relações existentes entre a tecnologia envolvida nos processos de extração e siderurgia e os impactos sociais e ambientais que tais atividades acarretam, bem como a percepção de que estes, estão intrinsecamente relacionados as TQ e TF dos materiais. Portanto, a compactação de informações em uma única aula, pode prejudicar o fazer docente que busca um equilíbrio entre contextualização e construção do conhecimento científico, inicialmente proposto em nosso estudo (LUFTI, 1992;

CHASSOT, 2001; SILVA; MARCONDES, 2014).

Desta forma entendemos a necessidade de ampliação no número de aulas para que se coloque em prática tais ações pedagógicas, e apresentamos uma proposta de ampliação da aula 7 no tópico 5.1.10 deste estudo. Entretanto, a ação pedagógica posta em prática na escola, seguiu a descrição exposta acima, devido a impossibilidade de ampliação no número de aulas.

Percebeu-se da prática pedagógica que, algumas informações conceituais e contextuais importantes, relacionadas às TQ e TF, deixaram de ser abordadas em aula, ou foram trabalhadas de maneira breve devido o reduzido tempo disponível para o desenvolvimento das atividades. Entretanto é notável que houve uma ampla participação dos alunos nas construções de ideias, principalmente no que diz respeito às reconstruções envolvendo as TQ e TF no alto-forno, demonstrando uma possível imersão e envolvimento dos estudantes no problema de estudo.

#### **4.1.8 Aula 8: Questionário Pós**

A aula 8 teve como objetivo proporcionar aos estudantes um momento pessoal e individual de sistematização dos conhecimentos desenvolvidos durante a SEI. O questionário disponibilizado aos estudantes buscou contemplar as principais TQ e TF dos materiais trabalhadas durante a SEI e revisadas na aula 7, de maneira a incentivar os estudantes a representarem os conhecimentos químicos construídos referentes a tais transformações, se apropriando dos níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico do conhecimento em química (JHONSTONE, 2000; 2006).

Por meio do questionário pós, também buscou-se auxiliar os estudantes na reflexão acerca das consequências boas e ruins que a atividade de extração mineral pode ocasionar na sociedade.

#### **4.1.9 Aula 9: Carta ao prefeito**

A atividade carta ao prefeito, foi proposta com o objetivo de propiciar aos alunos a oportunidade de organizar as ideias relacionadas a todo contexto relacionado a mineração, em sala de aula. Os estudantes foram orientados a levar em consideração as suas opiniões pessoais acerca da atividade mineradora e seus possíveis impactos positivos e negativos. Sempre lembrando quais são os resíduos gerados pela extração mineral e siderurgia, quais materiais essenciais são produzidos por meio dos minerais estudados, do ferro gusa e do aço, além de refletirem sobre a importância da mineração para manutenção da sociedade. Foi ressaltado

ainda junto aos estudantes, que os mesmos poderiam incluir em suas cartas, quaisquer outros aspectos que julgassem importantes relacionados ao tema.

Na prática, não foi possível realizar a atividade proposta na aula 9 em sala de aula. Desta forma, a atividade foi explicada aos estudantes na aula 8, e solicitada para ser realizada em casa, e sendo entregue uma semana após sua proposição.

#### **4.1.10 Considerações finais sobre a elaboração e a aplicação da SEI**

Percebemos que a SEI planejada em sua fase inicial, apresentada no Quadro 6, possuía um total de nove aulas, enquanto a SEI ministrada quando a pesquisadora foi a campo, apresentada no Quadro 2, possuía um total de 10 aulas. Foram acrescentadas à SEI planejada duas aulas resultantes da fragmentação das aulas propostas 3 e 4, realizadas devido demandas apresentadas pelos estudantes ou percebidas pela professora junto ao professor responsável pelas turmas. Também foi retirada da SEI planejada a aula 9, e a atividade que a ela propunha foi explicada aos estudantes para a realização em casa.

No Quadro 10 é apresentado um contraste entre a SEI planejada e a SEI ministrada, com um breve resumo das atividades realizadas em cada aula.

Após finalizadas as atividades da SEI ministrada, foi iniciado um processo de reflexão acerca das aulas e de reescrita delas. Neste processo reflexivo, diversos referenciais foram revisitados e utilizados para lançar um novo olhar sobre as aulas com o objetivo de aprimorá-las para futuras práticas. As discussões de maior relevância foram apresentadas nos tópicos anteriores.

Deste momento de reflexão, foi originada uma nova reformulação da SEI, com uma ampliação no número de aulas. Estas, foram destinadas a trabalhar de maneira mais ampla e profunda as atividades sugeridas na aula 7 da SEI planejada, que buscavam visitar as principais TQ e TF abordadas durante a SEI, além de realizar um aprofundamento nas TQ ocorridas no alto-forno, e propor um experimento específico para o estudo das TF. No Quadro 11 é apresentado de forma breve as aulas reformuladas que denominamos de SEI futura, e a distribuição de suas atividades. Sendo que as aulas destacadas em amarelo são as que foram modificadas e ampliadas em relação a SEI ministrada.

Quadro 10 - Síntese comparativa: SEI planejada X SEI ministrada

<b>Aula</b>	<b>SEI planejada</b>	<b>SEI ministrada</b>
<b>1</b>	Questionário Prévio	Questionário Prévio
<b>2</b>	Roda de Conversa e Questão Problema	Roda de Conversa e Questão Problema
<b>3</b>	Apresentação de pesquisas, sistematização das ideias exploradas pelas pesquisas e introdução à mineração do Ferro	Apresentação de pesquisas
<b>4</b>	Estudo do Vídeo “ <i>Processos de Fabricação do Aço</i> ” e questionário relacionado ao vídeo	Sistematização das ideias exploradas pelas pesquisas e introdução à mineração do Ferro
<b>5</b>	Experimento investigativo “Violeta que desaparece”	Estudo do Vídeo “ <i>Processos de Fabricação do Aço</i> ”
<b>6</b>	Aula dialogada para reconstrução do experimento violeta que desaparece e definição do conceito de TQ	Questionário relacionado ao vídeo “ <i>Processos de Fabricação do Aço</i> ”
<b>7</b>	Aula dialogada para definição do conceito TF, revisão do conceito TQ e estudo das principais transformações que ocorrem no Alto Forno	Experimento investigativo “Violeta que desaparece”
<b>8</b>	Questionário Pós	Aula dialogada para reconstrução do experimento violeta que desaparece e definição do conceito de TQ
<b>9</b>	Atividade Final – Carta	Aula dialogada para definição do conceito TF, revisão do conceito TQ, revisão das TQ e TF estudadas durante a SEI e estudo das principais transformações que ocorrem no Auto Forno
<b>10</b>	—	Questionário Pós e proposição da Atividade Final – Carta

Fonte: Elaboração própria (2020)

Quadro 11 - Síntese da SEI futura, elaborada por meio de processo reflexivo, após a ministração da SEI ter sido finalizada (Continua).

AULA	OBJETIVOS
1	Realizar um levantamento das concepções prévias dos estudantes relacionadas a seus conhecimentos sobre Transformações Químicas e Físicas, bem como sobre a atividade mineradora, por meio de um <b>questionário e diálogos</b> , de maneira a auxiliar no planejamento das atividades a serem realizadas em sala de aula.
2	Por meio de uma <b>roda de conversa motivada por fotografias</b> , espera-se identificar e retomar conteúdos de importância na estrutura cognitiva dos estudantes sobre a atividade mineradora, o processo de beneficiamento do ferro e suas influências sobre a vida em sociedade.
3	Por meio da <b>apresentação de pesquisas realizadas em casa pelos estudantes</b> , pretende-se auxiliar os mesmos a compreenderem que a mineração não está desvinculada de seu contexto sociocultural, e dar continuidade à reflexão sobre possíveis impactos e as relações que a mineração possui com a química.
4	Realizar juntamente com os estudantes, utilizando de uma <b>aula dialogada</b> , a <b>sistematização das ideias desenvolvidas através das pesquisas</b> , de forma a iniciar o estudo das transformações químicas, buscando auxiliar os estudantes a desenvolverem uma compreensão inicial sobre como o minério de ferro é extraído da natureza e por quais processos é submetido para a obtenção do aço.
5	Através do <b>estudo de um material em vídeo</b> , desenvolver uma reflexão orientada sobre como ocorre o fenômeno químico no qual a Hematita se transforma em Ferro Gusa, e o Ferro Gusa se transforma em Aço, para que os estudantes iniciem ou deem continuidade à construção de conhecimentos científicos relacionados às Transformações Físicas e Transformações Químicas.
6	Utilizando de um <b>questionário escrito</b> , proporcionar aos estudantes um momento para sistematização das ideias relacionadas aos processos siderúrgicos para obtenção do Ferro Gusa e do Aço, discutidas nas aulas anteriores, além da elaboração de hipóteses sobre o que ocorre na estrutura microscópica dos materiais resultando em suas transformações.
7	Desenvolver uma <b>atividade experimental investigativa</b> , que busque auxiliar os estudantes a desenvolverem a compreensão sobre o que são Transformações Químicas e Físicas, e realizar uma introdução ao estudo das reações químicas por meio da observação das evidências macroscópicas dos fenômenos.
8	Através de uma <b>aula dialogada</b> , possibilitar aos estudantes que sejam capazes de construir, a partir dos fenômenos observados e problematizados na atividade experimental, os conceitos de transformações químicas, reagentes e produtos e conservação da massa, buscando criar relações entre as representações Simbólica, Macroscópica e Microscópica.

Quadro 11 - Síntese da SEI futura, elaborada por meio de processo reflexivo, após a ministração da SEI ter sido finalizada (Conclusão).

<b>9</b>	Realizar por meio de um <b>experimento demonstrativo investigativo</b> , um estudo dos fatos experimentais observáveis envolvidos no processo de derretimento do gelo, para que os estudantes sejam capazes de relembrar ou ressignificar o conceito de Transformações Físicas e retomar as principais TF e TQ estudadas até então, durante a SEI
<b>10</b>	Utilizando de uma <b>aula dialogada</b> , retomar com os estudantes as conceituações construídas nas aulas 7, 8 e 9, sobre as TF e TQ, por meio de um estudo mais detalhado sobre como ocorre a preparação do minério hematita e seus derivados, para que possam posteriormente serem utilizados na Siderurgia.
<b>11</b>	Por meio de <b>aula dialogada</b> , proporcionar aos estudantes que deem continuidade ao desenvolvimento dos conhecimentos científicos relacionados as TQ e TF, por meio do estudo das Transformações que ocorrem no Alto Forno para a produção do Aço.
<b>12</b>	Por meio de um <b>questionário</b> , investigar como se deu a construção de conhecimentos dos estudantes no que diz respeito às Transformações Químicas e Físicas, compreendendo a forma como os mesmos associam tais transformações às situações cotidianas.
<b>13</b>	<b>Propor aos estudantes a escrita de uma carta</b> , por meio da qual buscamos incentivar os mesmos à reflexão acerca dos aprendizados construídos durante a SEI e como estes podem colaborar em seus posicionamentos acerca da atividade de extração mineral.

Fonte: Elaboração própria (2020)

Um detalhamento da SEI futura pode ser encontrado no produto educacional intitulado “Sequência de Ensino Investigativa - Mineração e Beneficiamento do Ferro: Impactos e Possibilidades”.

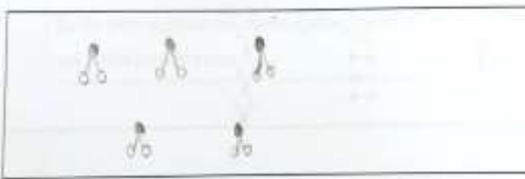
#### **4.2 Análise das representações elaboradas pelos estudantes para questões relacionadas às Transformações Físicas**

Buscando elucidar como os estudantes compreendem as TF, as conceituam, a maneira que são capazes de representá-las e se suas representações são coerentes com as conceituações por eles elaboradas, foram analisadas suas respostas a duas questões. A primeira destas foi levada aos estudantes por meio da atividade questionário prévio, realizada na 1ª aula da “SEI ministrada”, e a 2ª, foi respondida por meio do questionário pós, desenvolvido na décima aula, conforme disposto anteriormente no Quadro 3. As questões analisadas foram as seguintes:

- a) **P1:** De acordo com sua opinião e seus conhecimentos químicos, o que ocorre microscopicamente para que este fenômeno de derretimento das geleiras aconteça? Elabore um desenho que mostre sua ideia e o explique por meio de um pequeno texto;
- b) **P2:** Pense em um cubo de gelo que foi retirado do congelador e deixado em temperatura ambiente. Faça um desenho que represente **MICROSCOPICAMENTE** esta transformação.

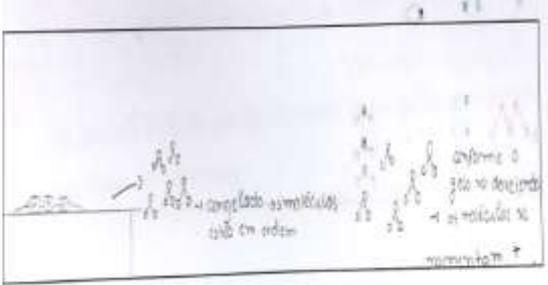
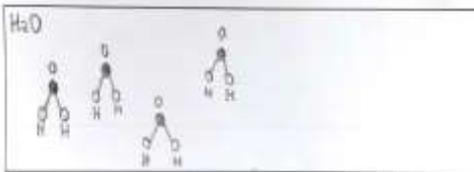
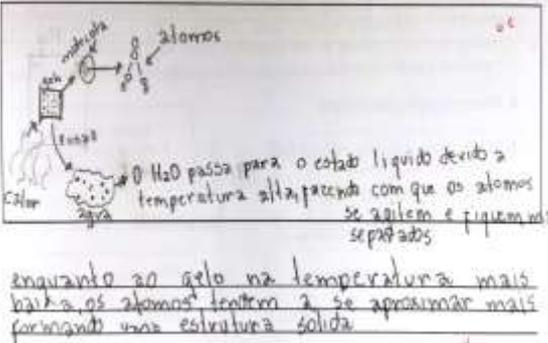
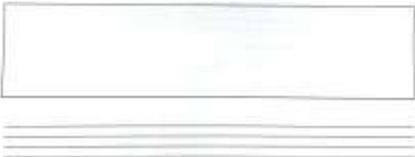
Para análise das representações elaboradas pelos estudantes, realizou-se inicialmente uma leitura flutuante sobre o material produzido pelos alunos, conforme sugerido por Bardin (2016). A partir desta leitura, criou-se categorias emergentes, que foram utilizadas para análise dos tipos de representações construídas pelos estudantes ao buscarem explicar a TF de derretimento das geleiras e do gelo, ou seja, se os estudantes realizaram representações macroscópicas, e/ou simbólicas e/ou submicroscópicas, e se estas foram utilizadas separadamente ou de maneira conjunta em cada representação. As categorias emergentes, que foram utilizadas para análise das respostas dos estudantes podem ser observadas no Quadro 12.

Quadro 12 - Categorias emergentes: tipos de representações elaboradas pelos estudantes às perguntas envolvendo TF (Continua).

TIPOS DE REPRESENTAÇÕES	COMPONENTES DAS REPRESENTAÇÕES	EXEMPLOS DE RESPOSTAS
<b>Macroscópica</b>	Aluno representa apenas o nível visível apresentando o Gelo, a Geleira, o sol, etc.	 <p>Aluno E3 em resposta à P1</p>
<b>Submicroscópica</b>	Aluno representa o nível submicroscópico por meio de círculos ou do modelo traço bola <sup>7</sup> .	 <p>Aluno C6 em resposta à P2</p>

<sup>7</sup> Neste estudo o termo traço bola diz respeito às representações em duas dimensões, ou seja, desenhos que buscam representar o submicroscópico por meio de traços e bolas (círculos). Já o termo bola vareta, diz respeito às representações em 3 dimensões utilizando modelos espaciais. Estas são manuseáveis.

Quadro 12 - Categorias emergentes: tipos de representações elaboradas pelos estudantes às perguntas envolvendo TF (Conclusão).

TIPOS DE REPRESENTAÇÕES	COMPONENTES DAS REPRESENTAÇÕES	EXEMPLOS DE RESPOSTAS
<b>Macroscópica e Submicroscópica</b>	Aluno transita entre os níveis macroscópico e submicroscópico simultaneamente em sua representação, apresentando o desenho da geleira ou do gelo os associando à círculos ou modelo traço bola.	 <p><b>Aluno C1 em resposta à P2</b></p>
<b>Simbólica e Submicroscópica</b>	Aluno transita entre os níveis simbólico e submicroscópico simultaneamente em sua representação, apresentando círculos ou modelo traço bola associados as letras que distinguem os átomos.	 <p><b>Aluno C7 em resposta à P2</b></p>
<b>Macroscópica, Submicroscópica e Simbólica</b>	Aluno transita entre os três níveis do conhecimento químico, apresentando o desenho do gelo ou da geleira, representando o submicro por círculos ou modelo traço bola e associando os átomos as letras que os distinguem.	 <p><b>Aluno C5 em resposta à P2</b></p>
<b>Não realiza representações</b>	Aluno não realiza nenhum tipo de representação. Resposta em branco.	 <p><b>Aluno D4 em resposta a P1</b></p>

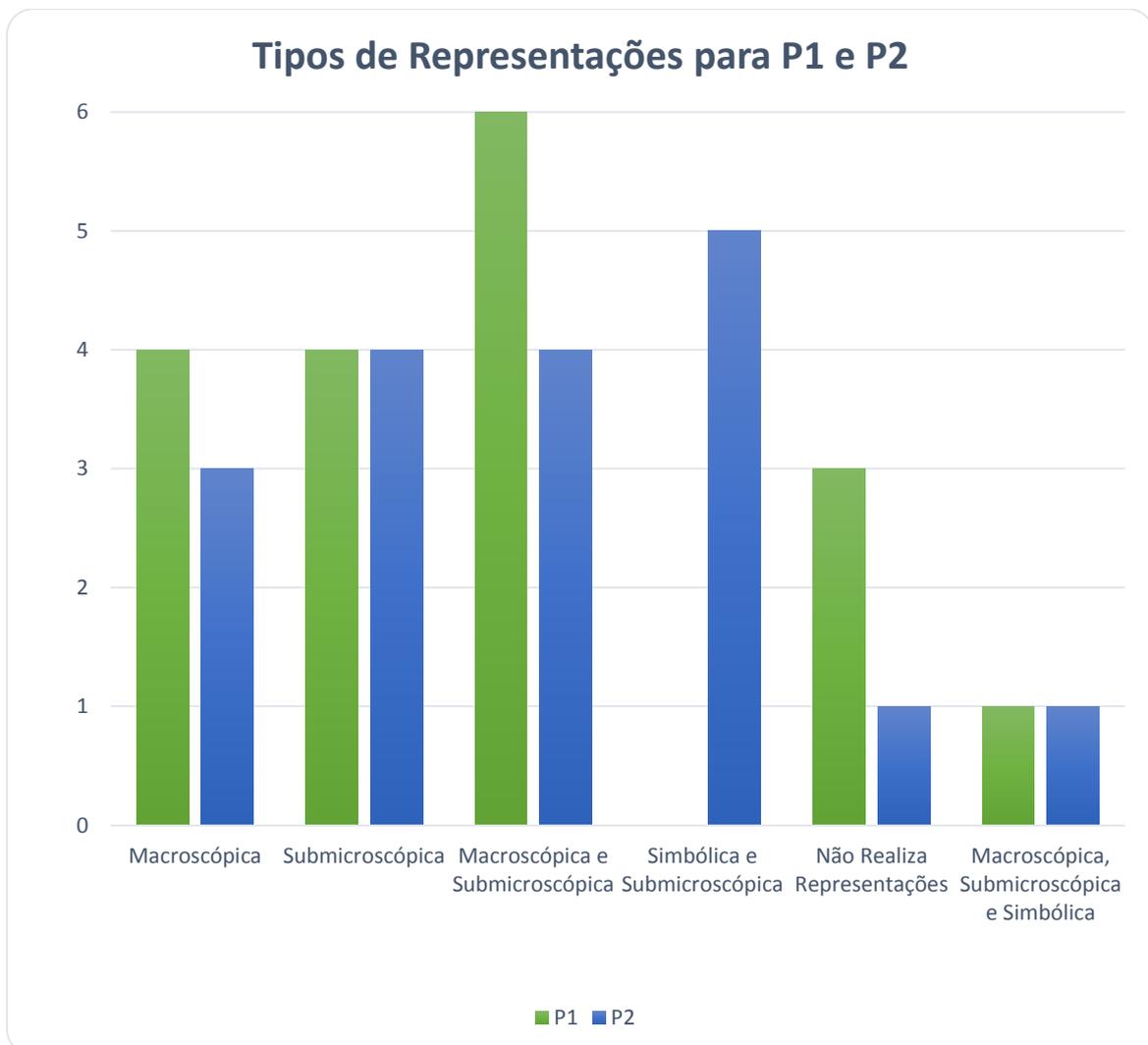
Fonte: Elaboração própria (2021)

O Gráfico 1, apresentado a seguir, nos permite observar a frequência com que cada tipo de representação foi utilizada pelos estudantes em resposta às perguntas P1 e P2.

Para a pergunta P1, que ocorreu no momento inicial da SEI; dos 18 alunos que

compõem o corpus desta pesquisa, seis utilizaram de representações macroscópicas/submicroscópicas, quatro se apropriaram apenas de representações macro, e um utiliza representações macro/submicro/simbólica simultaneamente. Desta forma, somamos o total de 11 alunos que utilizaram das representações macroscópicas para dar suporte a suas explicações. Já no momento final da SEI, ao responder à pergunta P2, o número de alunos que utilizam da representação macroscópica reduziu para oito do total de alunos. Desta forma demonstramos que ao final da SEI, os estudantes possivelmente vivenciaram maior segurança para utilizar os modos representacionais submicroscópico e simbólico, sem a necessidade de perpassar primariamente pela representação macroscópica.

Gráfico 1 – Tipos de representações elaboradas pelos estudantes para as perguntas P1 e P2



Fonte: Elaboração própria (2021)

Assim, percebemos na maioria das respostas à P1, uma tendência em se partir do nível macroscópico/visível para elaboração de respostas, ou seja, os alunos possivelmente iniciaram suas explicações por aquilo que já era conhecido e facilmente perceptível, para que

posteriormente realizassem um transitar pelo submicroscópico/invisível, que possivelmente ainda não estava bem estruturado em sua cognição. Cabe ressaltar que é algo comum e benéfico se apropriar inicialmente do macro para posteriormente partir para o submicro, mesmo para os químicos. Se apropriar inicialmente ao macro não é algo ruim, porém torna-se preocupante quando o estudante não consegue ampliar seus conhecimentos levando em consideração o submicro e simbólico tecendo as relações entre os três níveis.

Desta maneira, concordamos com Jhonstone (2000; 2006), ao sugerir por meio da Teoria do Processamento de Informação, que o professor inicie o estudo da química considerando as ideias que já encontram precedentes na estrutura cognitiva do estudante, por aquilo que ele já conhece, ou seja, um conhecimento consolidado em sua memória. Assim, compreendemos que iniciar o ensino e aprendizagem de química por meio do nível macroscópico pode ser benéfico, propiciando o desenvolvimento de curiosidade, interesse, engajamento e autonomia do aluno.

Outro aspecto relevante é que os estudantes inicialmente não apresentaram representações simbólicas em resposta à P1. Locatelli e Arroio (2017) destacam que normalmente os estudantes demonstram dificuldade em compreender os conceitos que os símbolos químicos carregam, e que devemos caminhar para superação destas dificuldades.

Entendemos que a SEI mineração possivelmente corroborou para que os alunos iniciassem um processo de atribuir sentido aos símbolos e as entidades químicas que eles representam, pois passaram a utilizar a representação simbólica associada a submicroscópica em resposta à pergunta P2.

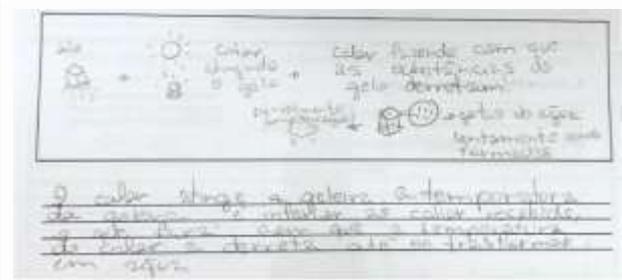
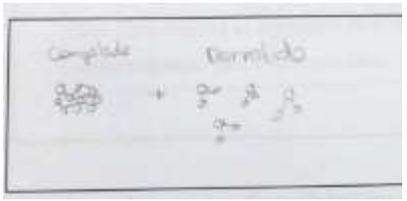
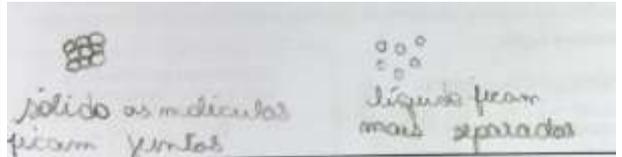
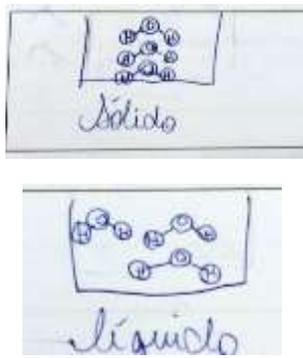
Este progresso possivelmente foi resultante da utilização de modelos em três dimensões do tipo de bola vareta em sala de aula, visando construir juntamente com os estudantes um tipo de representação submicroscópica para as moléculas, sempre que possível associando a representação submicro às representações simbólicas escritas no quadro. Desta maneira, foi possível aos alunos desenvolver a habilidade de associar os símbolos às suas representações submicroscópicas, levando-os a compreensão de que as letras fazem referência aos átomos que constituem os materiais.

Assim, concordamos com Quadros, (*et al.*, 2020) ao ressaltar a necessidade e importância da utilização de diferentes modos semióticos associados entre si, para uma melhor construção e comunicação de saberes. Ou seja, ir além da escrita e fala nos processos pedagógicos, utilizando de imagens, cores, gestos, contato, manipulação de objetos, entre outros modos, para que o estudante venha a construir uma melhor compreensão sobre os novos conhecimentos que estão sendo desvendados. Desta forma, por meio de uma diversidade de

informações e ferramentas que enriquecem o processo investigativo, o estudante pode vir a criar hipóteses, testa-las e justifica-las.

O Quadro 13 a seguir apresenta exemplos de respostas de dois estudantes. A resposta do aluno E5 demonstra como ele se apropria primeiramente do macroscópico/visível, já consolidado em sua estrutura cognitiva para então transitar pelo nível submicroscópico. E a resposta do aluno D1 exemplifica como os estudantes passaram a transitar pelo nível simbólico em resposta à pergunta P2.

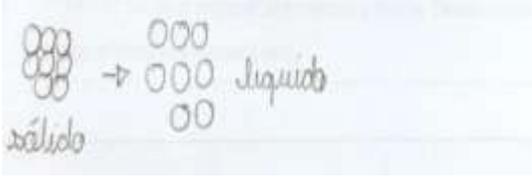
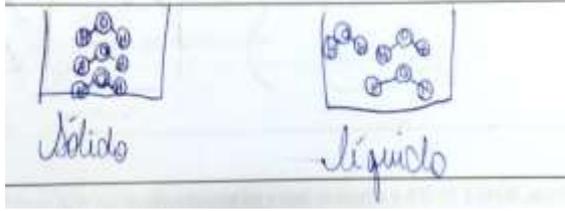
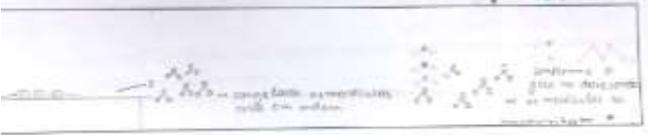
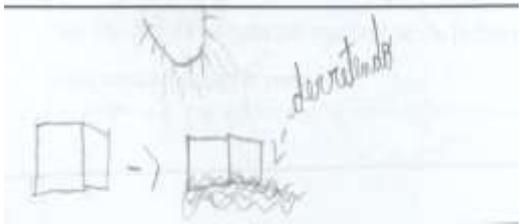
Quadro 13 - Exemplo de utilização primária do nível macroscópico (Aluno E5) e de iniciação ao uso do nível simbólico (Aluno D1).

	P1	P2
Aluno E5	 <p><b>Categoria:</b> Macroscópica</p>	 <p><b>Categoria:</b> Submicroscópica</p>
Aluno D1	 <p><b>Categoria:</b> Submicroscópica</p>	 <p><b>Categoria:</b> Submicroscópica e Simbólica</p>

Fonte: Elaboração própria (2021)

Após classificar os tipos de representações elaboradas pelos estudantes, uma segunda leitura foi realizada sobre o material de análise. Nesta, investigou-se quais foram os elementos mais recorrentes nas representações submicroscópicas. O Quadro 14 apresenta as categorias emergentes da análise dos componentes presentes nas representações submicroscópicas dos alunos e um detalhamento sobre cada tipo de categoria.

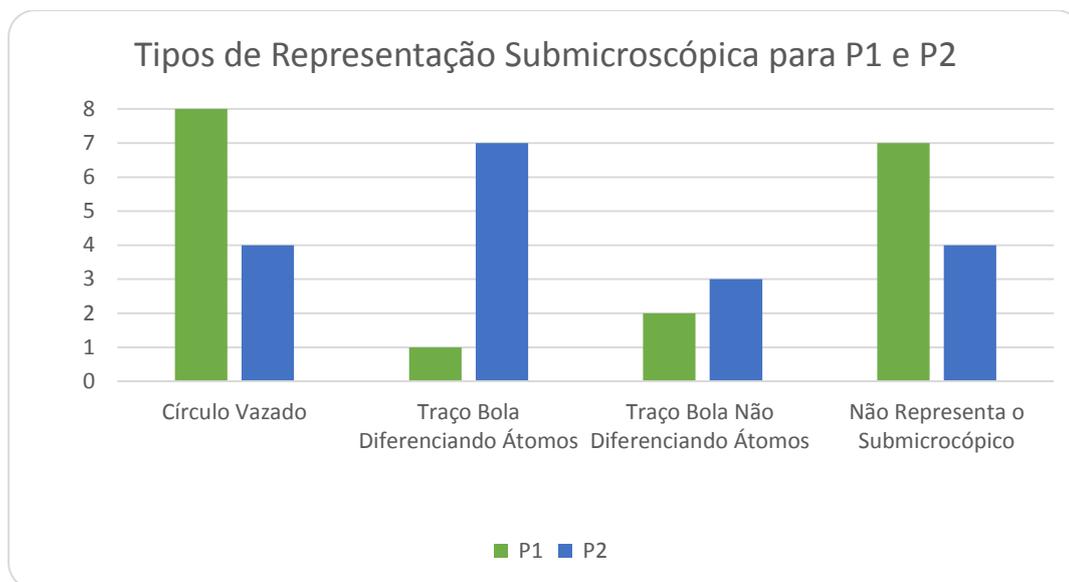
Quadro 14 - Conteúdo das representações submicroscópicas utilizadas pelos estudantes

CATEGORIAS EMERGENTES	CONTEÚDO DAS REPRESENTAÇÕES SUBMICROSCÓPICAS	EXEMPLOS DE RESPOSTAS
<b>Círculo Vazado</b>	Representa um círculo não preenchido	 <p style="text-align: center;"><b>Aluno C3 em resposta à P2</b></p>
<b>Traço Bola diferenciando átomos</b>	Representa as moléculas por meio do modelo traço bola e diferencia os átomos por meio de cores e/ou símbolos.	 <p style="text-align: center;"><b>Aluno D1 em resposta à P2</b></p>
<b>Traço Bola não diferenciando átomos</b>	Representa as moléculas por meio do modelo traço bola sem realizar diferenciação dos átomos que constituem a moléculas.	 <p style="text-align: center;"><b>Aluno C1 em resposta à P2</b></p>
<b>Não representa o submicroscópico</b>	As representações do aluno são apenas Macroscópicas e/ou Simbólicas e/ou não faz representações	 <p style="text-align: center;"><b>Aluno C5 em resposta à P2</b></p>

Fonte: Elaboração própria (2021)

Por meio do Gráfico 2 observamos a ocorrência de cada tipo de representação submicroscópica utilizada pelos estudantes. Nele percebemos que no princípio da sequência de aulas, sete estudantes não realizam representações submicroscópicas, enquanto que ao final da SEI apenas quatro estudantes não realizam este tipo de representação. Verificamos então indícios de que foi iniciada uma superação nas dificuldades inicialmente apresentadas pelos estudantes ao elaborarem representações para o submicroscópico.

Gráfico 2 - Representações submicroscópicas elaboradas em resposta às perguntas P1 e P2



Fonte: Elaboração própria (2021)

Pozzo (1999) afirma que é comum aos estudantes não utilizarem inicialmente o modelo corpuscular em suas explicações relacionadas ao conhecimento químico, sendo necessário orientá-los quanto às formas representacionais da química. Quadros e colaboradores (2020) também afirmam ser necessário ensinar aos alunos que as representações e modelos são facilitadores do processo de ensino e aprendizagem.

Entendemos portanto que no momento inicial, é comum aos estudantes apresentarem dificuldades em representar o nível submicroscópico, sendo necessário direcioná-los a compreensão de que a química enquanto ciência, trabalha com um conhecimento relacionado a um universo submicroscópico não tangível, que pode levar a ocorrências macroscópicas visíveis, e que tais fenômenos são estudados, representados e comunicados por meio dos símbolos e modelos que são facilitadores.

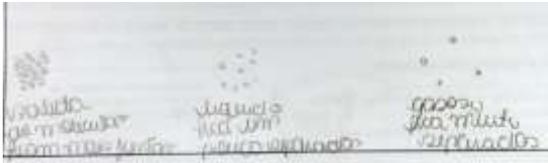
Outro aspecto de grande relevância é o progresso no tipo de representação submicroscópica apresentado pelos estudantes. Em resposta a P1, 8 alunos apresentaram uma forma representacional mais simples (círculo vazado), enquanto em resposta a P2 apenas 4 alunos utilizaram a representação círculo vazado. Percebemos que 10 alunos passaram a utilizar a representação traço bola, que possui maior riqueza de detalhes e conhecimentos químicos, por demonstrar que a molécula é constituída por diferentes átomos unidos pelas ligações químicas.

Os dados corroboram para confirmar a hipótese anteriormente apresentada de que a utilização de modelos em três dimensões do tipo bola vareta para representação do submicroscópico e sua respectiva manipulação pelos estudantes, atribui características semióticas ao processo de ensino e aprendizagem, auxiliando-os a alcançarem uma melhor

construção de saberes sobre o nível submicroscópico da química.

Por meio do Quadro 15 podemos observar exemplos de como a representação em círculo vazado foi aprimorada pelos estudantes que passaram a realizar suas representações por meio do modelo traço bola. É importante ressaltar que algumas das representações em P1 contavam com distinção de átomos por cores e símbolos, enquanto outras não demonstravam as diferenciações entre átomos, bem como o fato de que o estudante D5 não ter conseguido representar em sua resposta à P2 a dinâmica de aproximação e afastamento das moléculas, apesar de o terem o feito em resposta à P1. Possivelmente a dificuldade enfrentada ocorreu devido à maior complexidade da nova representação submicroscópica.

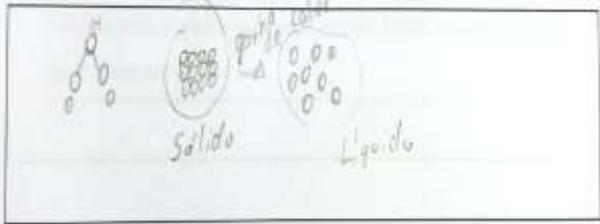
Quadro 15 – Progresso nas representações Submicroscópicas apresentadas pelos estudantes

	P1	P2
Aluno C4	 <p><b>Categoria:</b> Circulo Vazado</p>	 <p><b>Categoria:</b> Traço bola diferenciando átomos</p>
Aluno D5	 <p><b>Categoria:</b> Circulo Vazado</p>	 <p><b>Categoria:</b> Traço bola diferenciando átomos</p>

Fonte: Elaboração própria (2021)

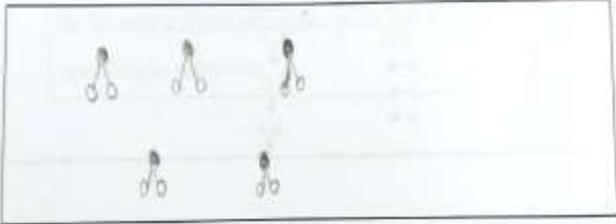
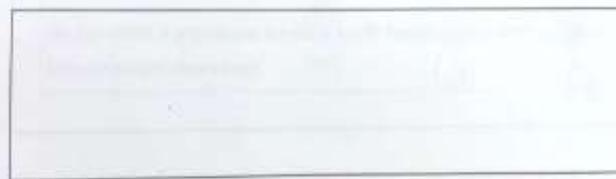
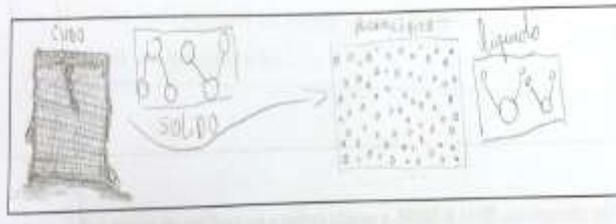
Por fim, entendemos ser relevante investigar quais foram as principais compreensões desenvolvidas por cada estudante ao explicar a TF fusão da água. Durante a leitura e releitura do material produzido pelos alunos foram originadas categorias de análise que podem ser observadas de maneira detalhada no Quadro 16.

Quadro 16 - Categorias de compreensões dos estudantes relacionadas às TF (Continua).

CATEGORIA	COMPREENSÕES ALCANÇADAS PELOS ESTUDANTES	EXEMPLOS DE RESPOSTAS
<p><b>Variação da temperatura e dinâmica</b></p>	<p>Gelo ou a água são formados por moléculas. No estado sólido elas estão mais próximas, ao receber calor se afastam provocando o derretimento.<sup>8</sup></p>	 <p>Aluno C1 em resposta à P1</p>
<p><b>Fórmula molecular da água e dinâmica das moléculas</b></p>	<p>O gelo é formado por moléculas de água. O aluno define a fórmula molecular da água como sendo H<sub>2</sub>O. No estado sólido elas estão mais próximas, ao receber calor se afastam provocando o derretimento.</p>	 <p>Aluno C4 em resposta à P2</p>
<p><b>Calor derrete as geleiras e/ou o gelo</b></p>	<p>O calor do sol faz as geleiras derreterem.</p>	 <p>Aluno E3 em resposta à P1</p>

<sup>8</sup> Destacamos que as moléculas de água apresentam um comportamento diferente ao que é mais comum devido a presença de interações intermoleculares do tipo ligação de hidrogênio, entre suas moléculas, e os dois pares de elétrons livres no átomo de oxigênio. Para um sistema formado por água, no estado sólido, as moléculas estão mais afastadas ao compararmos o estado líquido. Entretanto, esta especificidade não foi abordada durante a SEI pois não foi possível ampliar o número de aulas e tratar as interações intermoleculares. Dessa maneira, consideramos o raciocínio: estado sólido – maior proximidade entre as moléculas, e estado líquido – menor proximidade, como correto.

Quadro 16 - Categorias de compreensões dos estudantes relacionadas às TF (Conclusão).

CATEGORIA	COMPREENSÕES ALCANÇADAS PELOS ESTUDANTES	EXEMPLOS DE RESPOSTAS
<b>Sistema final com água no estado líquido</b>	Estado final de um sistema contendo moléculas de H <sub>2</sub> O após passar para o estado líquido.	 <p style="text-align: center;"><b>Aluno C6 em resposta à P2</b></p>
<b>Compreensões Confusas</b>	Não é possível elucidar o que o aluno compreende por meio das representações.	 <p style="text-align: center;"><b>Aluno E4 em resposta à P2</b></p>
<b>Não apresenta Compreensões</b>	Não responde à pergunta.	 <p style="text-align: center;"><b>Aluno E2 em resposta à P2</b></p>
<b>Não reconhece a dinâmica</b>	Aluno não apresenta compreensão sobre a aproximação e o afastamento das moléculas devido à variação de temperatura.	 <p style="text-align: center;"><b>Aluno D3 em resposta à P2</b></p>

Fonte: Elaboração própria (2021)

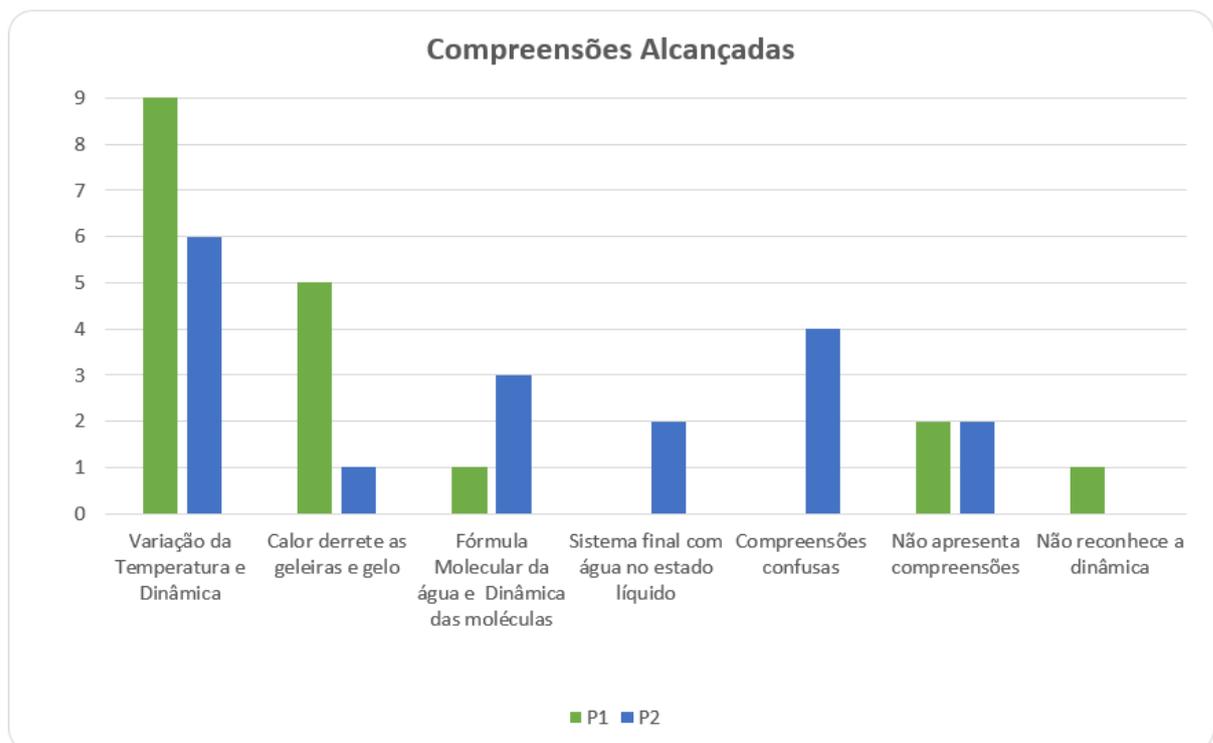
O Gráfico 3 apresenta a incidência de cada categoria e nos leva a três reflexões importantes.

Primeiramente ressaltamos que a quantidade de estudantes que apresentaram o entendimento da dinâmica de afastamento e aproximação das moléculas, inicialmente 10

alunos, é muito próxima da quantidade que apresentaram tais compreensões ao final da SEI, nove alunos somando as categorias “Variação da Temperatura e Dinâmica” com a Categoria “Fórmula molecular da água e dinâmica das moléculas” (o que diferencia as categorias é o fato de que na primeira os alunos não demonstram reconhecer a fórmula molecular da água, enquanto que na segunda a mesma é apresentada nos desenhos). Assim demonstramos que não houve perdas significativas de compreensões relacionadas à dinâmica das moléculas de uma forma geral.

Já no que diz respeito ao número de estudantes que reconhecem a fórmula molecular da água representando-a em um nível submicroscópico/simbólico aumentou de um para três estudantes, indicando uma maior familiaridade no transitar entre os vértices submicroscópico e simbólico do triângulo de Jhonstone (2006).

Gráfico 3 – Compreensões alcançadas pelos estudantes relacionadas às perguntas P1 e P2



Fonte: Elaboração própria (2021)

Entretanto, é possível perceber que em resposta à P2, surgiram alunos cujas respostas são confusas, impossibilitando a interpretação de suas compreensões. Tais resultados nos conduziram a uma reflexão sobre a ênfase dada durante a SEI ministrada ao estudo das TF, bem como a compreender a necessidade de aprimoramento e ampliação das aulas. Assim, acrescentamos à SEI ministrada, uma aula voltada ao estudo do experimento demonstrativo investigativo de derretimento do gelo. Desta forma, esperamos suprir os desafios e dificuldades

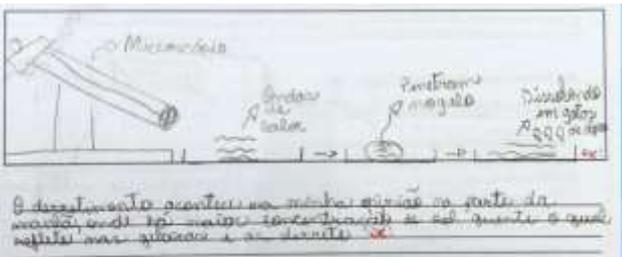
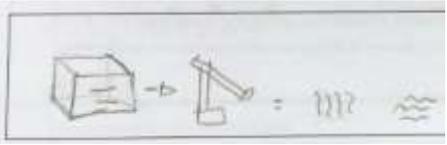
identificados nas respostas dos estudantes relacionadas as TF.

Destacamos também a necessidade de que o professor pesquisador busque colocar toda sua atenção no momento de formulação do material didático a ser disponibilizado aos estudantes. Em especial, que se atente às perguntas que serão apresentadas no material, por meio das quais os alunos poderão demonstrar suas compressões.

Percebemos que a pergunta P2 “*Pense em um cubo de gelo que foi retirado do congelador e deixado em temperatura ambiente. Faça um desenho que represente MICROSCOPICAMENTE esta transformação.*”, não deixa claro que gostaríamos que os estudantes explicassem como os constituintes químicos se comportam tanto no estado sólido como líquido. Assim, concedemos oportunidade para que representassem apenas o estado final líquido, além de não solicitar que explicassem suas representações por meio de texto escrito, prejudicando as análises.

Por fim, destacamos a importância da utilização do termo submicroscópico e da não utilização do termo microscópico. O termo microscópico pode levar o estudante à concepção alternativa de que é possível visualizar átomos, moléculas, íons, ligações, etc; por meio da utilização do microscópio. Esta concepção pode ser exemplificada na resposta do estudante C2 apresentada no Quadro 17.

Quadro 17 – Apropriação do termo microscópico para explicação do submicroscópico

	P1	P2
Aluno C2	 <p><b>Categoria:</b> Macroscópica</p>	 <p><b>Categoria:</b> Macroscópica</p>

Fonte: Elaboração própria (2021)

#### 4.3 Análise das representações elaboradas pelos estudantes para questões relacionadas às transformações ocorridas com comprimido efervescente

Para compreensão de como os alunos construíram conhecimentos relacionados às TQ estudadas na SEI ministrada, e sobre a maneira como foram capazes de representá-las e explicá-las, investigamos suas respostas a duas questões, denominadas aqui como P3 e P4. A pergunta

P3 foi direcionada aos alunos no questionário prévio desenvolvido na primeira aula da SEI ministrada, e a P4 foi apresentada aos estudantes por meio do questionário pós na última aula da SEI ministrada. As perguntas podem ser observadas a seguir:

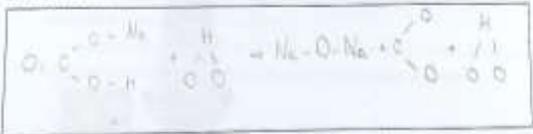
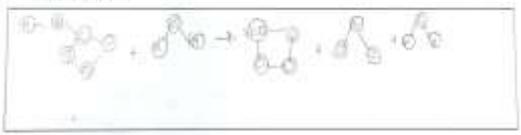
- a) **P3:** De acordo com sua opinião e seus conhecimentos químicos, o que ocorre microscopicamente para que este fenômeno (resultante do contato entre comprimido efervescente e água) aconteça? Elabore um desenho que mostre sua ideia e o explique por meio de um texto;
- b) **P4:** Explique por meio de um desenho e de texto o que acontece **MICROSCOPICAMENTE** na transformação envolvendo o Sonrisal e a água.

A leitura flutuante do material elaborado pelos alunos, conforme Bardin (2016), resultou na criação de categorias para análise dos tipos de representações, ou seja, se as representações são macroscópicas, e/ou simbólicas e/ou submicroscópicas. Estas categorias são semelhantes às apresentadas no Quadro 12, sendo acrescentadas duas novas categorias. No Quadro 18 é possível verificar aquelas que são recorrentes e duas novas categorias de análise destacadas em amarelo.

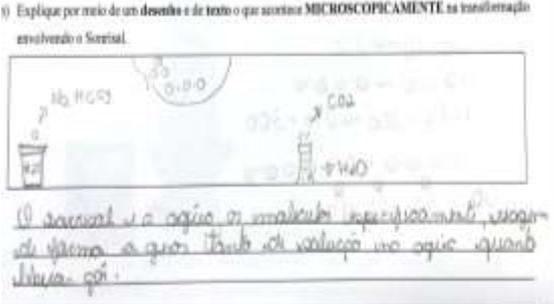
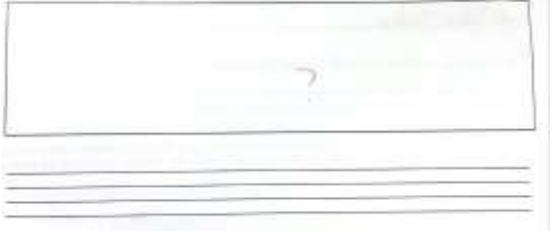
Quadro 18 - Categorias emergentes para os tipos de representações elaboradas pelos estudantes às perguntas P3 e P4 (Continua).

TIPOS DE REPRESENTAÇÕES	COMPONENTES DAS REPRESENTAÇÕES	EXEMPLOS DE RESPOSTAS
Macroscópica	Aluno representa apenas o nível visível apresentando o comprimido, a água e as bolhas de gás apenas dentro do recipiente	<p>b) Explique por meio de um desenho e de texto o que acontece <b>MICROSCOPICAMENTE</b> na transformação envolvendo o Sonrisal.</p>  <p><b>Aluno E1 em resposta à P4</b></p>
Submicroscópica	Aluno representa o nível submicroscópico por meio de círculos ou do modelo traço bola.	<p>b) Explique por meio de um desenho e de texto o que acontece <b>MICROSCOPICAMENTE</b> na transformação envolvendo o Sonrisal.</p>  <p><b>Aluno C6 em resposta à P4</b></p>

Quadro 18 - Categorias emergentes para os tipos de representações elaboradas pelos estudantes às perguntas P3 e P4 (Continua).

TIPOS DE REPRESENTAÇÕES	COMPONENTES DAS REPRESENTAÇÕES	EXEMPLOS DE RESPOSTAS
<b>Simbólica</b>	Aluno representa apenas o nível Simbólico, utilizando letras para se referir aos átomos.	<p>b) Explique por meio de um desenho e de texto o que acontece MICROSCOPICAMENTE na transferência envolvendo o Soroal.</p>  <p>Aluno D2 em resposta à P4</p>
<b>Macroscópica e Submicroscópica</b>	Aluno transita entre os níveis Macroscópico e Submicroscópico em sua representação, apresentando o desenho do comprimido, água, copo e bolhas, associados a representação de átomos por meio de círculos ou traço bola.	 <p>Aluno C8 em resposta à P3</p>
<b>Macroscópica e Simbólica</b>	Aluno transita entre os níveis Macroscópico e Simbólico simultaneamente em sua representação, apresentando o desenho do comprimido, água, copo e bolhas associado aos símbolos dos átomos constituintes dos reagentes e produtos.	 <p>Aluno C4 em resposta à P3</p>
<b>Simbólica e Submicroscópica</b>	Aluno transita entre os níveis Simbólico e Submicroscópico simultaneamente em sua representação, apresentando círculos ou modelo traço bola associados as letras que distinguem os átomos.	<p>b) Explique por meio de um desenho e de texto o que acontece MICROSCOPICAMENTE na transferência envolvendo o Soroal.</p>  <p>Aluno D5 em resposta à P4</p>

Quadro 18 - Categorias emergentes para os tipos de representações elaboradas pelos estudantes às perguntas P3 e P4 (Conclusão).

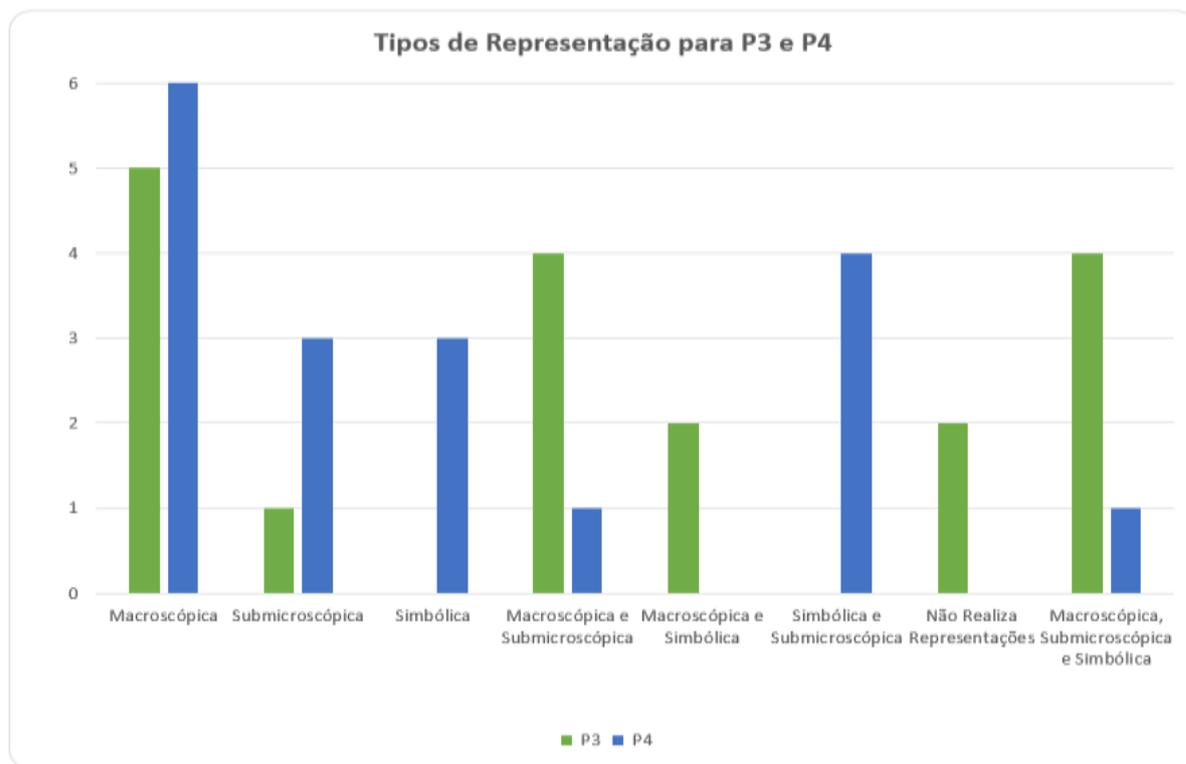
TIPOS DE REPRESENTAÇÕES	COMPONENTES DAS REPRESENTAÇÕES	EXEMPLOS DE RESPOSTAS
<p><b>Macroscópica, Submicroscópica e Simbólica</b></p>	<p>Aluno transita simultaneamente entre os três níveis do conhecimento químico, apresentando o desenho do comprimido, água, copo e bolhas; representando o submicro por círculos ou modelo traço bola e associando os átomos às letras que os distinguem.</p>	 <p><b>Aluno C3 em resposta à P4</b></p>
<p><b>Não realiza representações</b></p>	<p>Aluno não realiza nenhum tipo de representação. Resposta em branco.</p>	 <p><b>Aluno C5 em resposta à P3</b></p>

Fonte: Elaboração própria (2021)

Por meio do Gráfico 4 podemos observar os tipos de representações elaboradas pelos estudantes ao responder às perguntas P3 e P4. Percebemos que em resposta a P3, 15 alunos optaram por utilizar a representação macroscópica. Já em suas respostas para pergunta P4, o número daqueles que se apoiaram na representação macroscópica foi de oito alunos.

Desta forma, percebemos novamente a tendência de redução no número de alunos realizando a transição macro/submicro, partindo do macroscópico. Assim, temos em mãos mais um indício de que a SEI ministrada possivelmente colaborou para o desenvolvimento de habilidades em transitar pelo nível submicroscópico. Desta forma compreendemos que existe a possibilidade de ter se iniciado uma consolidação dos conceitos químicos em nível submicroscópico na cognição dos alunos, como se o submicroscópico estivesse se tornando algo já conhecido e acessível de forma mais facilitada na MLP dos estudantes (JHONSTONE, 2000; 2006).

Gráfico 4 – Tipos de representações elaboradas pelos estudantes para as perguntas P3 e P4



Fonte: Elaboração própria (2021)

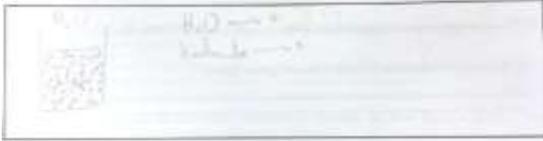
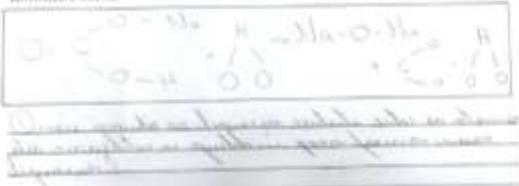
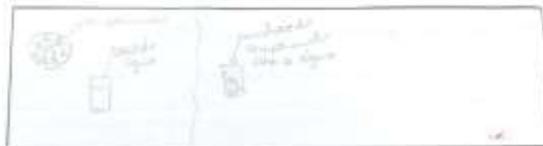
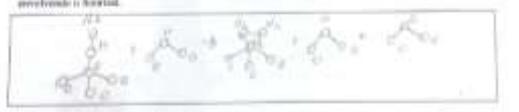
Outro aspecto também recorrente foi a maior utilização das representações simbólicas. Inicialmente apenas dois estudantes se apropriaram dos símbolos para responder ao questionamento, enquanto que ao final da SEI ministrada fizeram uso das representações simbólicas, ou seja, oito alunos. No que diz respeito às representações em resposta a P4, é relevante ressaltar que quatro alunos utilizaram os símbolos associados ao submicroscópico, indicando que caminharam no sentido de atribuir significado aos símbolos da química, buscando superar as dificuldades apontadas por Locatelli e Arroyo (2017).

Observamos ainda que a quantidade de alunos que utilizavam os três níveis representacionais simultaneamente em suas respostas era de quatro alunos em resposta a P3, e de apenas um aluno em resposta a P4. Olhando de maneira superficial, pode nos aparentar ser um retrocesso, porém ao se analisar o conteúdo das respostas dos estudantes, percebemos que eles optaram por transitar por dois ou por um único nível, e este novo transitar possibilitou uma ampliação na complexidade de suas compreensões e respostas.

O Quadro 19 apresenta a resposta do aluno D3, que inicialmente transita nos três níveis, porém, compreende de maneira incorreta que o contato do comprimido com a água resulta apenas na transformação física de dissolução. Quando responde à pergunta P4, o aluno realiza somente representações simbólicas, entretanto, consegue explicar os eventos

submicroscópicos de maneira mais adequada, relatando que ocorre uma TQ com quebra de ligações e formação de novas ligações entre os átomos.

Quadro 19 - Exemplos de utilização primária do nível Macroscópico e mudança para Submicro/Simbólico (Alunos C4 e C8). Utilização dos 3 níveis simultaneamente (Aluno D3)

	P3	P4
Aluno D3	 <p><b>Categoria:</b> Macroscópica, Simbólica e Submicroscópica</p>	<p>31) Explique por meio de um desenho e de texto o que acontece MICROSCOPICAMENTE na transformação envolvendo o Sulfato.</p>  <p><b>Categoria:</b> Simbólica</p>
Aluno C8	 <p><b>Categoria:</b> Macroscópica e Submicroscópica</p>	<p>31) Explique por meio de um desenho e de texto o que acontece MICROSCOPICAMENTE na transformação envolvendo o Sulfato.</p>  <p><b>Categoria:</b> Submicroscópica e Simbólica</p>
Aluno C4	 <p><b>Categoria:</b> Macroscópica e Simbólica</p>	<p>31) Explique por meio de um desenho e de texto o que acontece MICROSCOPICAMENTE na transformação envolvendo o Sulfato.</p>  <p><b>Categoria:</b> Submicroscópica e Simbólica</p>

Fonte: Elaboração própria (2021)

Entendemos que esta ocorrência na redução dos tipos representacionais dos estudantes para que pudessem focar em um único tipo representacional, trazendo maior complexidade de ideias conceituais em suas respostas, nos remete as ideias de Miller (1956), Jhonstone (2006) e Taber (2013) que nos orientam a trabalhar o conhecimento em química com os estudantes partindo de conceitos mais simples, que gradualmente podem ser complementados. Assim, os estudantes possivelmente evitaram uma sobrecarga da MT, ao optar por uma menor quantidade de representações, porém mais complexas, realizando um redução na formação de concepções alternativas.

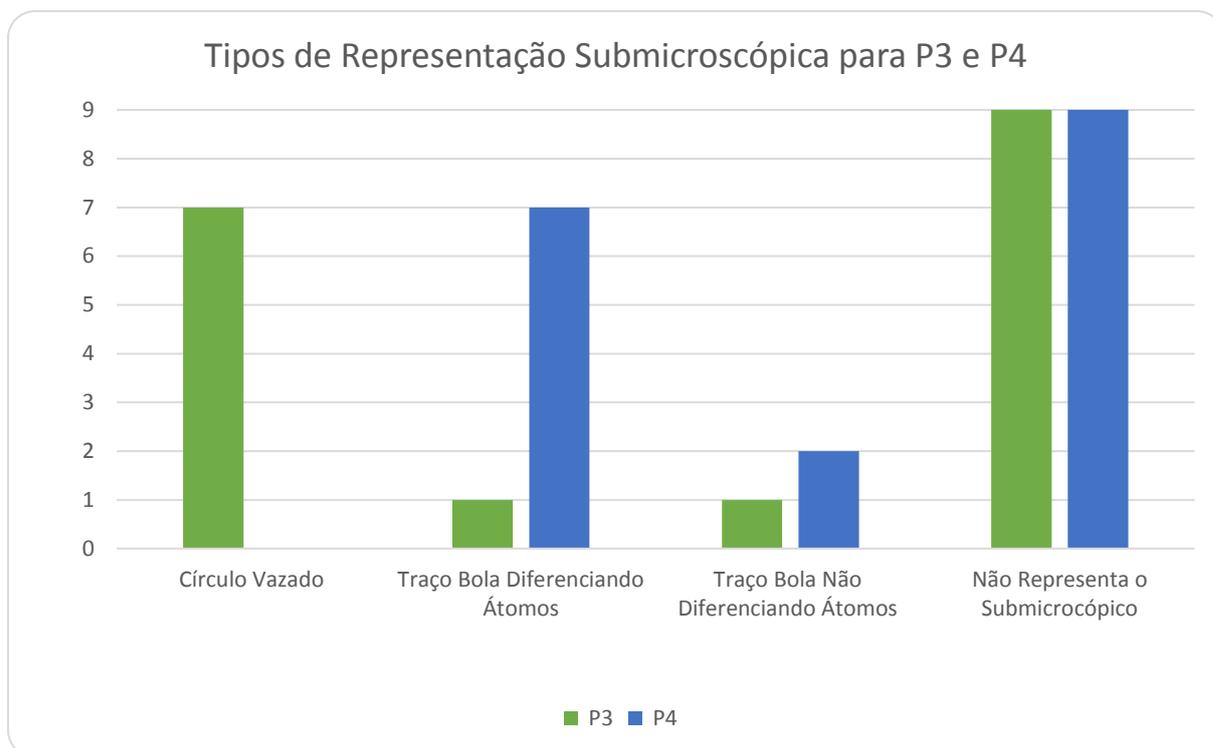
O Quadro 19 apresenta ainda as respostas do aluno C4, que demonstram como os estudantes passaram de uma representação macroscópica/simbólica, para uma representação submicroscópica/simbólica. Também são apresentadas as respostas do aluno C8, como exemplo de estudantes que saíram de uma representação macroscópica/submicroscópica para submicroscópica/simbólica.

É importante ressaltar que a reação química estudada em sala de aula, relacionada ao fenômeno de efervescência, foi  $\text{NaHCO}_{3(\text{aq})} + \text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_{7(\text{aq})} \rightarrow \text{NaH}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_{7(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + \text{CO}_{2(\text{g})}$ . Esta foi levada aos estudantes primeiramente no questionário prévio e posteriormente na aula 9 da SEI ministrada, por meio de uma breve revisão de todas as TQ e TF trabalhadas até então. Portanto, entendemos que esta TQ não foi foco principal da SEI, sendo apresentada de maneira sucinta, o que provavelmente ocasionou em algumas representações simbólicas diferentes daquelas disponibilizadas nos materiais didáticos e aulas da SEI ministrada.

Percebemos nas respostas de C4 e C8 que os estudantes buscaram elaborar hipóteses para representação submicroscópica das moléculas de bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ), de hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ), de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e de carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Na maioria das respostas, as hipóteses de representação do universo submicroscópico se encontram distantes do que é convencionado cientificamente, entretanto, o fato de que os estudantes se arriscaram em realizá-las, nos dão fortes indícios de que o receio que possuíam de representar o submicroscópico no início da SEI ministrada, foi sendo gradualmente superado no transcorrer das aulas.

Prosseguimos as análises realizando uma leitura mais aprofundada sobre as respostas dos estudantes, buscando analisar os tipos de representações submicroscópicas elaboradas em resposta às perguntas P3 e P4. Percebemos por meio do Gráfico 5 que foram recorrentes os mesmos tipos representacionais para o submicroscópico, do que aqueles que emergiram em resposta às perguntas P1 e P2, entretanto as ocorrências de cada representação foram muito diferentes.

Gráfico 5 - Representações submicroscópicas elaboradas em resposta às perguntas P3 e P4



Fonte: Elaboração própria (2021)

O Gráfico 5 nos apresenta duas informações de muita relevância. A primeira delas é que o número daqueles que não realizam representações do tipo submicroscópica para a problemática do comprimido efervescente, permaneceu o mesmo no início e ao fim da sequência de ensino, ou seja, 9 dos estudantes.

Este dado nos leva ao seguinte questionamento: Quando se tratando de transformações químicas e físicas associadas, as aulas realmente contribuíram para o desenvolvimento de compreensões relacionadas ao nível submicroscópico? As análises nos permitem inferir que o fato de as TF e TQ realizadas pelo comprimido efervescente em contato com a água não terem sido o foco principal da SEI, foi decisivo nas compreensões desenvolvidas e manifestadas pelos alunos para este problema específico. Teremos maiores evidências sobre como os alunos construíram compreensões relacionadas às TQ e TF no tópico 5.4 deste trabalho.

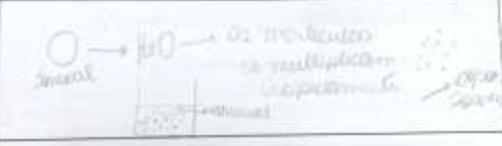
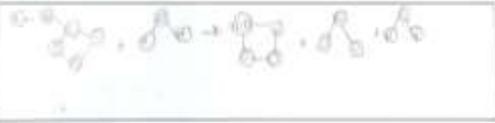
É importante destacar que grande parte dos que não apresentaram representações submicroscópicas para as transformações realizadas pelo antiácido, realizaram representações macroscópicas destacando a formação de gases, porém, não demonstrando que estes gases saem do copo com água, evidenciando dificuldades em reconhecer a formação de produtos gasosos invisíveis (ao abandonar o copo), neste caso o  $\text{CO}_2$ , em específico sua liberação do sistema reacional (béquer) para a atmosfera. Assim concordamos com Melo (2015) ao afirmar que a

invisibilidade dos gases causa dificuldades na construção de conceitos e por consequência nas representações que os estudantes realizam para reagentes e produtos gasosos.

Em contrapartida, observamos novamente que de maneira similar ao que ocorreu em resposta às perguntas P1 e P2, os estudantes abandonaram quase que em sua totalidade as representações do tipo círculo vazado e migraram para o tipo de representação traço bola com ou sem diferenciação dos átomos. Assim, reafirmamos que possivelmente o trabalho com diferentes modos em sala de aula, utilizando diversos materiais e métodos, dentre os quais destacamos os modelos bola vareta em três dimensões e os desenhos e símbolos elaborados no quadro por alunos e professora, podem ter contribuído para que os alunos desenvolvessem suas compreensões relacionadas ao nível submicroscópico da química (QUADROS, *et al.*, 2020).

No Quadro 20, podemos observar as repostas do aluno E1, como exemplo de estudantes que apresentaram dificuldades em representar o produto gasoso  $\text{CO}_2$  invisível fora do meio reacional, ou seja, na atmosfera, fora do copo com água. É interessante que em sua explicação escrita ele relata que ocorre liberação de gás, porém na representação por meio de desenho, apresenta o gás somente dentro do líquido. Temos também as representações do estudante C3 que consegue reconhecer o dióxido de carbono abandonando o sistema reacional e observamos ainda as respostas do aluno D5, que apresentou uma evolução no seu tipo de representação submicroscópica, saindo da representação em círculo, para a representação traço bola com distinção entre os átomos.

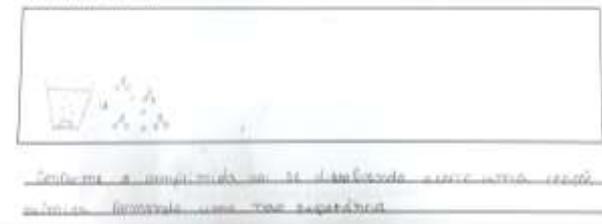
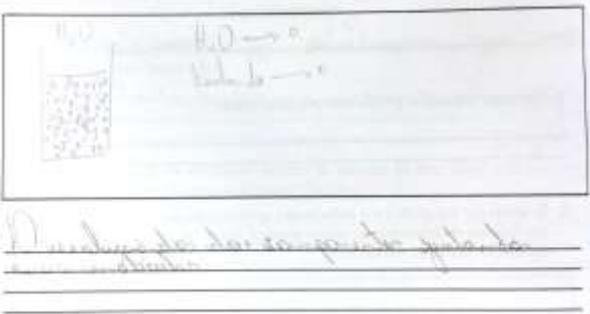
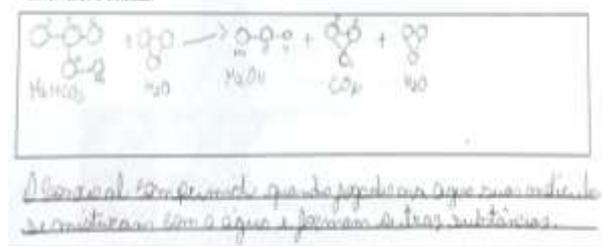
Quadro 20 - Exemplos de alunos que reconhecem e não reconhecem a formação de produtos gasosos (Alunos E1 e C3) e aluno que aprimorou a representação submicroscópica (Aluno D5)

	P3	P4
Aluno E1	 <p><i>...a formação de bolhas de gás em um líquido...</i></p> <p><b>Categoria:</b> Macroscópica</p>	<p>b) Explique por meio de um desenho e de texto o que acontece MICROSCOPICAMENTE na transformação envolvendo o Soroal.</p>  <p><i>...O Soroal dissolve o gás H<sub>2</sub>O... liberando o gás...</i></p> <p><b>Categoria:</b> Macroscópica e Simbólica</p>
Aluno C3	 <p><i>...uma vez que a água sublima para o ar...</i></p> <p><b>Categoria:</b> Macroscópica e Submicroscópica</p>	<p>b) Explique por meio de um desenho e de texto o que acontece MICROSCOPICAMENTE na transformação envolvendo o Soroal.</p>  <p><i>...a formação de gás CO<sub>2</sub> em solução aquosa... quando libera o gás...</i></p> <p><b>Categoria:</b> Macroscópica, Submicroscópica e Simbólica</p>
Aluno D5	 <p><i>...a multiplicação das moléculas de oxigênio...</i></p> <p><b>Categoria:</b> Macroscópica, Submicroscópica e Simbólica</p>	<p>b) Explique por meio de um desenho e de texto o que acontece MICROSCOPICAMENTE na transformação envolvendo o Soroal.</p>  <p><i>...a reação química que ocorre na água... liberando o gás...</i></p> <p><b>Categoria:</b> Simbólica e Submicroscópica</p>

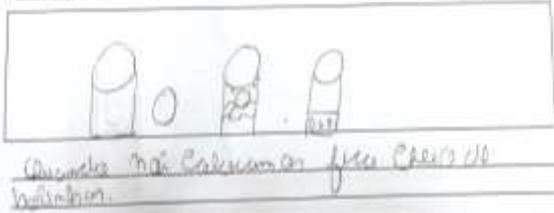
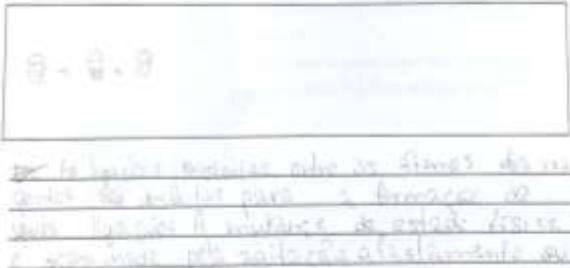
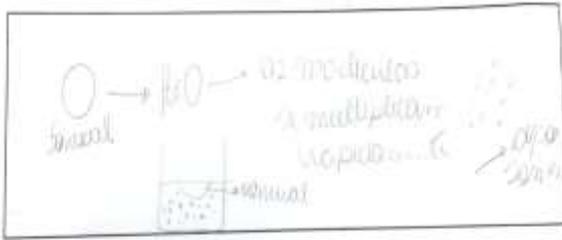
Fonte: Elaboração própria (2021)

Por fim nos dedicamos em analisar as principais compreensões apresentadas pelos estudantes em suas representações e respostas escritas para as perguntas P3 e P4. O material foi analisado por meio da análise de conteúdo de Bardin, (2016) resultando nas sete categorias emergentes para os tipos de compreensões construídas pelos estudantes, apresentadas e detalhadas no Quadro 21 a seguir.

Quadro 21 – Categorias emergentes de compreensões dos estudantes relacionadas às transformações realizadas pelo comprimido efervescente (Continua).

CATEGORIA	COMPREENSÕES ALCANÇADAS PELOS ESTUDANTES	EXEMPLOS
<b>Ocorre Fusão</b>	As substâncias se fundem tornando-se uma só. É possível que esta ideia seja proveniente do conceito de fusão nuclear, ou apenas uma concepção alternativa para fusão.	 <p style="text-align: center;"><b>Aluno C3 em resposta à P3</b></p>
<b>Dissolução + Transformação Química</b>	Entendem que o comprimido primeiramente dissolve para posteriormente realizar uma Transformação Química.	<p>b) Explique por meio de um desenho e de texto o que acontece MICROSCOPICAMENTE na transformação envolvendo o Serraval.</p>  <p style="text-align: center;"><b>Aluno C1 em resposta à P4</b></p>
<b>Dissolução</b>	Alunos apresentaram várias conceituações para dissolução. Sendo que algumas delas estão distantes e outras próximas da convenção científica.	 <p style="text-align: center;"><b>Aluno D3 em resposta à P3</b></p>
<b>Reação Química forma novas substâncias</b>	Alunos definem como sendo a formação de novas substâncias, na grande maioria das vezes apresentando suas fórmulas moleculares.	<p>b) Explique por meio de um desenho e de texto o que acontece MICROSCOPICAMENTE na transformação envolvendo o Serraval.</p>  <p style="text-align: center;"><b>Aluno C8 em resposta à P4</b></p>

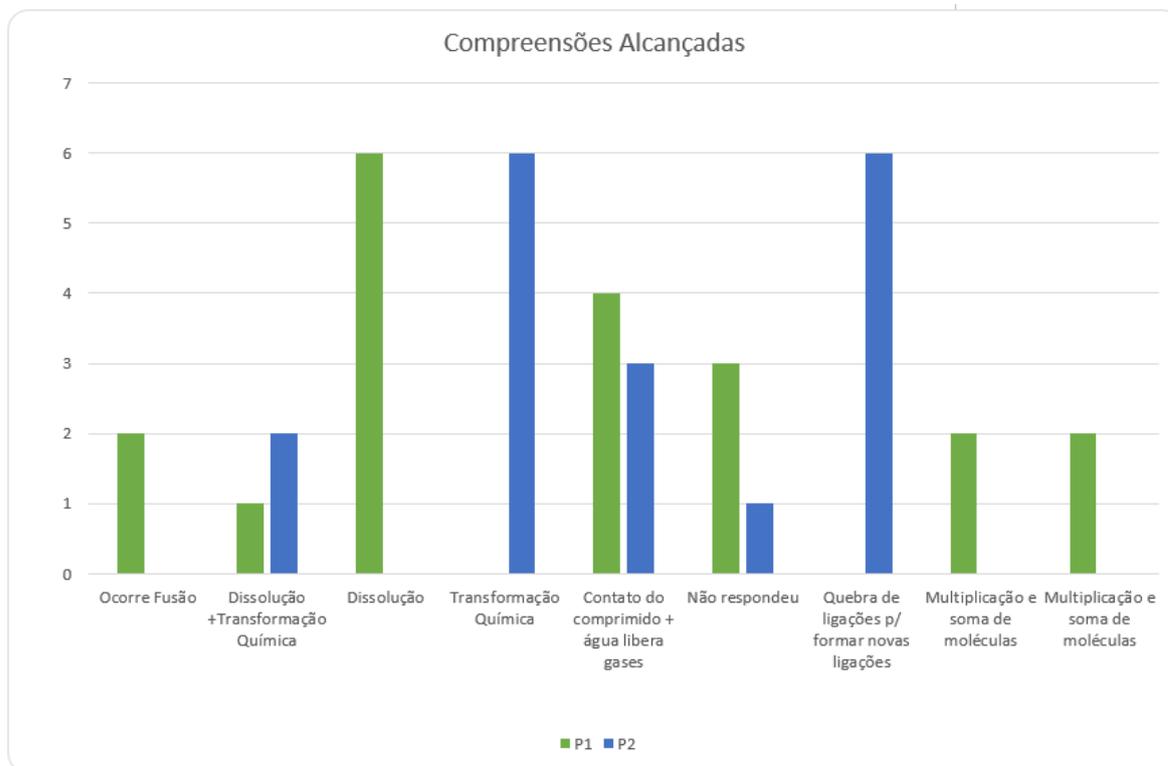
Quadro 21 – Categorias emergentes de compreensões dos estudantes relacionadas às transformações realizadas pelo comprimido efervescente (Conclusão).

CATEGORIA	COMPREENSÕES ALCANÇADAS PELOS ESTUDANTES	EXEMPLOS
<b>Sonrisal faz água borbulhar</b>	Realizam a descrição do fenômeno macroscópico, e identificam o “borbulhar” como sendo liberação de gases.	<p>b) Explique por meio de um desenho e de texto o que acontece MICROSCÓPICAMENTE na transformação envolvendo o Sonrisal.</p>  <p><b>Aluno E4 em resposta à P4</b></p>
<b>TQ ocorre pela quebra de ligações e formação de novas ligações</b>	O contato do comprimido com a água ocasiona a quebra de ligações entre os reagentes e a formação de novas ligações entre os átomos formando o produto.	<p>b) Explique por meio de um desenho e de texto o que acontece MICROSCÓPICAMENTE na transformação envolvendo o Sonrisal.</p>  <p><b>Aluno E5 em resposta à P4</b></p>
<b>Multiplicação e soma de moléculas</b>	Buscam entender o fenômeno em estudo em uma perspectiva matemática. Provavelmente a escolha de multiplicação e soma está associada à formação e liberação de CO <sub>2</sub>	 <p><b>Aluno D5 em resposta à P3</b></p>

Fonte: Elaboração própria (2021)

O Gráfico 6 mostra que inicialmente sete dos estudantes estão relacionando a efervescência à dissolução, em resposta à pergunta P3. Ao analisar em detalhes as respostas, notamos que as compreensões dos estudantes sobre o conceito de dissolução são: união com a água, formação de novas substâncias, fusão (duas coisas formando uma), separação de moléculas, juntar moléculas, espalhar e homogeneizar.

Gráfico 6 – Compreensões alcançadas pelos estudantes relacionadas as perguntas P3 e P4



Fonte: Elaboração própria (2021)

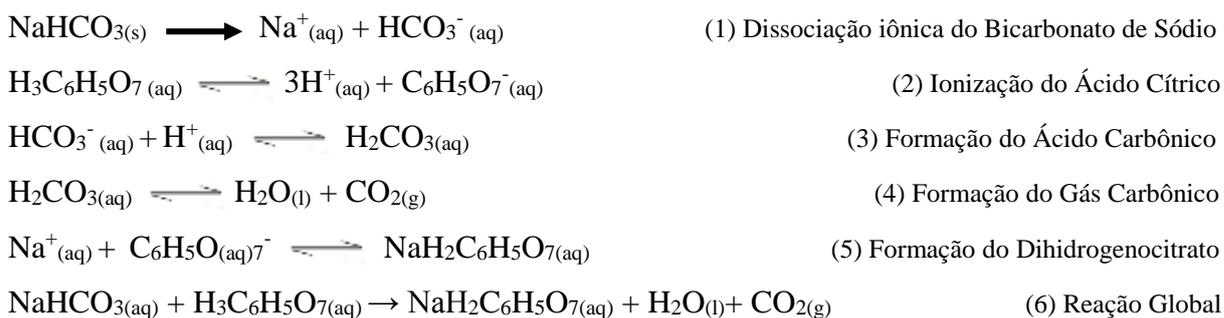
É importante ressaltar que muitos estudantes apresentaram um conceito de dissolução distante do que convencionado pela literatura, talvez o confundindo com a ideia de fusão devido à manifestação física de mudança do estado sólido do comprimido para um líquido homogêneo, ao entrar em contato com a água, enquanto outros alunos apresentaram ideias que remetem a dissolução como “separação de moléculas”.

Neste ponto entendemos ser importante estabelecer as definições científicas relacionadas à dissolução e dissociação, e se nestes casos ocorrem transformações do tipo física ou química. Segundo Oliveira, Schlünzen, e Schlünzen (2013), a dissolução ocorre no momento em que uma solução é formada, ou seja, quando um solvente, em nosso caso a água, é colocado em contato com um soluto sólido, neste caso o bicarbonato de sódio e o ácido cítrico, e estes se dispersam/dissolvem uniformemente pelo solvente. Em primeira análise temos um processo de TF envolvendo uma mudança do estado sólido para o líquido.

Porém, sabemos que o  $\text{NaHCO}_3$  é um sal iônico, e segundo a literatura, concordando com Oliveira, Schlünzen, e Schlünzen (2013), os sais iônicos ao entrarem em contato com o solvente água sofrem dissociação. Os íons positivos (cátions) do sal iônico se atraem pelos pólos negativos das moléculas de água, e íons negativos do sal (ânions) são atraídos pelos pólos positivos das moléculas de água, resultando no rompimento da ligação iônica existente entre os

átomos constituintes do sal, fazendo que por fim, os mesmos estejam presentes na água de forma livre, separados um do outro e em interação do tipo íon-dipolo com a água. O outro componente indispensável no antiácido é o ácido cítrico ( $\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ), que ao entrar em contato com a água sofre uma ionização formando três cátions  $\text{H}^+$  e o ânion  $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^-$ . Apresentamos na Figura 7 os processos físico-químicos realizados pelos principais constituintes do comprimido efervescente.

Figura 7 - Processos físico - químicos do comprimido efervescente



Fonte: Elaboração própria (2021)

Percebemos que a dinâmica do sistema em análise é complexa. Em um momento inicial, enquanto o sistema realiza de forma simultânea dissolução, dissociação e ionização e os produtos dos processos ainda são insuficientes, podem ser observadas no sistema apenas transformações do tipo físicas. Posteriormente, após atingir os coeficientes estequiométricos necessários, os produtos da dissociação e da ionização começam a interagir entre si para formar novas ligações químicas, resultando nos produtos de diversas TQ.

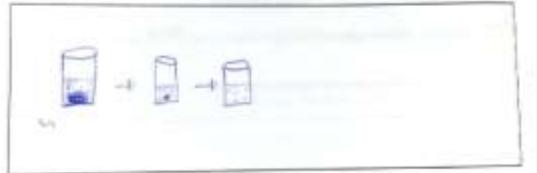
Assim entendemos o processo global como sendo de natureza físico química e ressaltamos o apontamento de Oliveira, Schlünzen, e Schlünzen (2013), (2013) ao indicar que de maneira geral, trabalhamos com processos tradicionalmente classificados tanto como químicos quanto como físicos, muitas vezes acontecendo conjuntamente.

Ao analisar as respostas a pergunta P4, percebemos que os estudantes realizaram progressos no sentido de compreenderem que ocorrem TQ quando o comprimido efervescente é lançado na água. Entretanto entendemos que é necessário dedicar mais atenção no estudo deste processo físico químico para tornar claro aos estudantes que é um processo que envolve os dois tipos de transformações, em quais momentos acontecem cada tipo e como se dá a formação de íons.

O Quadro 22 apresenta as respostas dos estudantes C1 e E2. O aluno C1 sai inicialmente de uma compreensão da dissolução como uma união de substâncias, para uma ideia final de processos físico químicos ocorrendo simultaneamente, sendo eles a dissolução e

a formação de novas substâncias. Já a resposta do aluno E2 nos apresenta um raciocínio inicial voltado para uma TQ que ocorre ocasionando a separação de moléculas a qual associamos a ideia de dissolução, enquanto que em sua resposta final há indícios de que o aluno compreende a ocorrência de TQ devido o rompimento e formação de novas ligações.

Quadro 22 - Alunos que apresentam ideias iniciais de dissolução e seus progressos em resposta às perguntas P3 e P4

	P3	P4
Aluno C1	 <p><b>Categoria:</b> Dissolução</p>	<p>b) Explique por meio de um desenho e de texto o que acontece MICROSCOPICAMENTE na transformação envolvendo o Soroal.</p>  <p><b>Categoria:</b> Dissolução + Transformação Química</p>
Aluno E2	 <p><b>Categoria:</b> Macroscópica, Submicroscópica e Simbólica</p>	<p>b) Explique por meio de um desenho e de texto o que acontece MICROSCOPICAMENTE na transformação envolvendo o Soroal.</p>  <p><b>Categoria:</b> Macroscópica, Submicroscópica e Simbólica</p>

Fonte: Elaboração própria (2021)

#### 4.4 Análise das representações elaboradas pelos estudantes para questões relacionadas às Transformações Químicas e Físicas que ocorrem no alto forno

Nos dedicamos ainda a investigação de como os estudantes foram capazes de construir compreensões acerca das Transformações dos Materiais que ocorrem no alto forno da mineração, para a transformação da hematita em ferro gusa. Para a análise de suas compreensões e representações, foram estudadas suas repostas às perguntas P5 e P6 apresentadas a seguir.

a) **P5:** Explique por meio de desenhos, o que você acredita que acontece

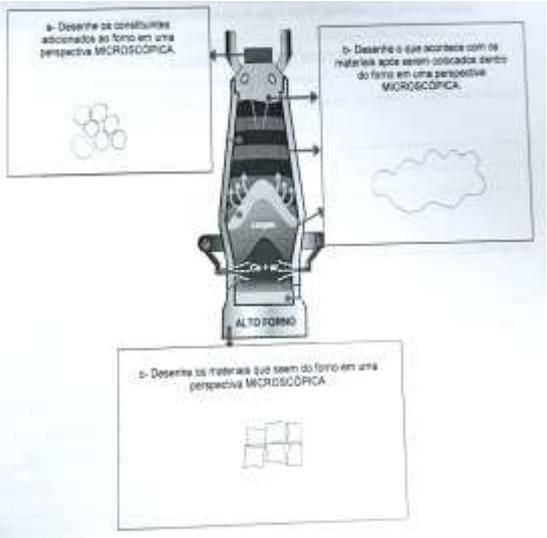
microscopicamente com os constituintes químicos da Hematita para que ela se transforme em Ferro Gusa. Explique por meio de um texto os desenhos elaborados;

- b) **P6:** Escreva as equações químicas referentes às REAÇÕES QUÍMICAS e desenhe o que ocorre MICROSCOPICAMENTE para que a Hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) se transforme em Ferro Gusa ( $\text{FeC}$ ).

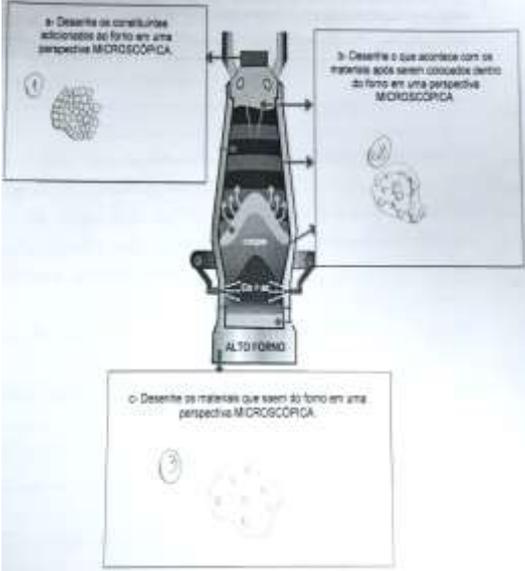
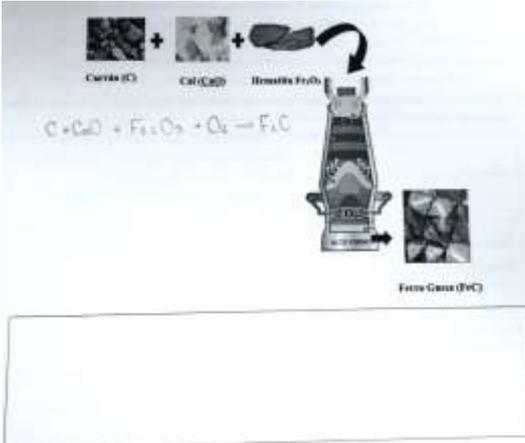
É importante ressaltar que a pergunta P5 foi apresentada aos estudantes na aula 6 da SEI ministrada, e a P6 no questionário pós, ao final das aulas. Desta forma, teremos uma perspectiva de como estavam organizadas as compreensões dos estudantes em um momento intermediário e posteriormente final da SEI ministrada. As respostas foram novamente sistematizadas em categorias emergentes por meio da análise de conteúdo de Bardin (2016), sendo inicialmente analisados os tipos de representações elaboradas pelos estudantes.

As categorias emergentes para os tipos de representações elaboradas pelos estudantes relacionadas aos processos que ocorrem no alto-forno foram as mesmas que ocorreram em resposta às perguntas P3 e P4. O Quadro 23 retoma quais são as categorias e apresenta uma breve descrição sobre as possibilidades de conteúdo das respostas em cada uma delas.

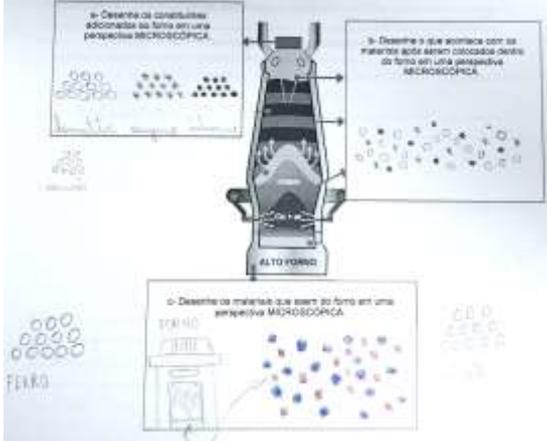
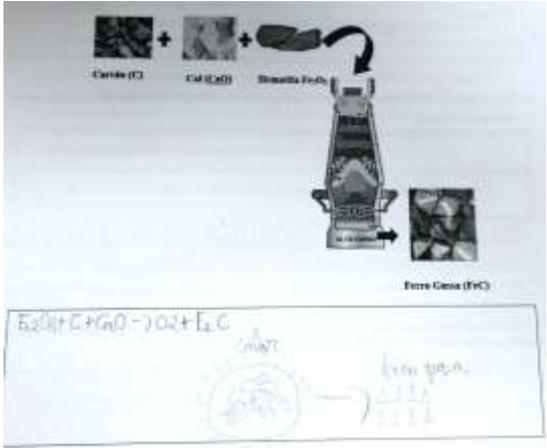
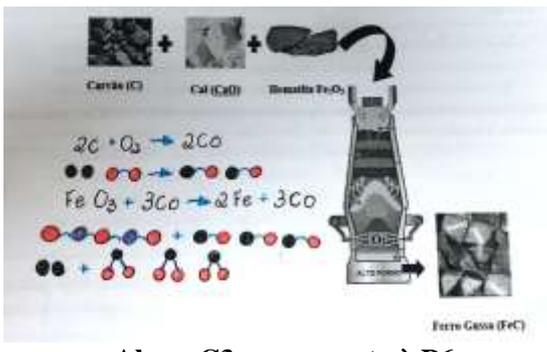
Quadro 23 - Categorias emergentes para os tipos de representações elaboradas pelos estudantes às perguntas P5 e P6 (Continua).

TIPOS DE REPRESENTAÇÕES	COMPONENTES DAS REPRESENTAÇÕES	EXEMPLOS DE RESPOSTAS
<p><b>Macroscópica</b></p>	<p>Aluno representa apenas o nível visível apresentando os minerais explorados ou a barra de ferro</p>	 <p><b>Aluno E1 em resposta à P5</b></p>

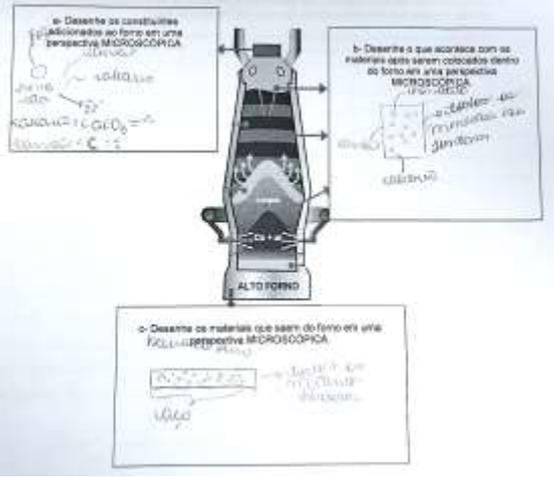
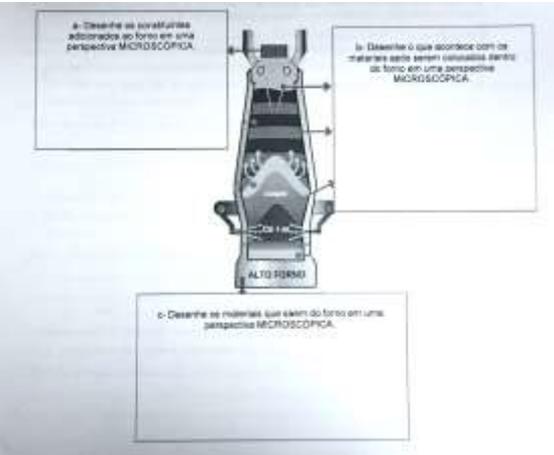
Quadro 23 - Categorias emergentes para os tipos de representações elaboradas pelos estudantes às perguntas P5 e P6 (Continua).

TIPOS DE REPRESENTAÇÕES	COMPONENTES DAS REPRESENTAÇÕES	EXEMPLOS DE RESPOSTAS
<p><b>Submicroscópica</b></p>	<p>Aluno representa o nível submicroscópico por meio de círculos ou do modelo Traço Bola.</p>	 <p><b>Aluno E2 em resposta à P5</b></p>
<p><b>Simbólica</b></p>	<p>Aluno representa apenas o nível Simbólico, utilizando letras para se referir aos átomos.</p>	 <p><b>Aluno D2 em resposta à P6</b></p>

Quadro 23 - Categorias emergentes para os tipos de representações elaboradas pelos estudantes às perguntas P5 e P6 (Continua).

TIPOS DE REPRESENTAÇÕES	COMPONENTES DAS REPRESENTAÇÕES	EXEMPLOS DE RESPOSTAS
<p><b>Macroscópica e Submicroscópica</b></p>	<p>Aluno transita entre os níveis Macroscópico e Submicroscópico simultaneamente em sua representação, podendo apresentar o desenho do alto-forno, dos minerais, da barra de ferro gusa e as partículas submicroscópicas em forma de círculos, figuras geométricas ou traço bola.</p>	 <p><b>Aluno D3 em resposta à P5</b></p>
<p><b>Macroscópica e Simbólica</b></p>	<p>Aluno transita entre os níveis Macroscópico e Simbólico simultaneamente em sua representação, podendo apresentar o desenho dos minerais, da barra de ferro gusa e os símbolos referentes aos átomos.</p>	 <p><b>Aluno C5 em resposta à P6</b></p>
<p><b>Simbólica e Submicroscópica</b></p>	<p>Aluno transita entre os níveis Simbólico e Submicroscópico simultaneamente em sua representação, apresentando círculos ou modelo traço bola associados as letras que distinguem os átomos.</p>	 <p><b>Aluno C3 em resposta à P6</b></p>

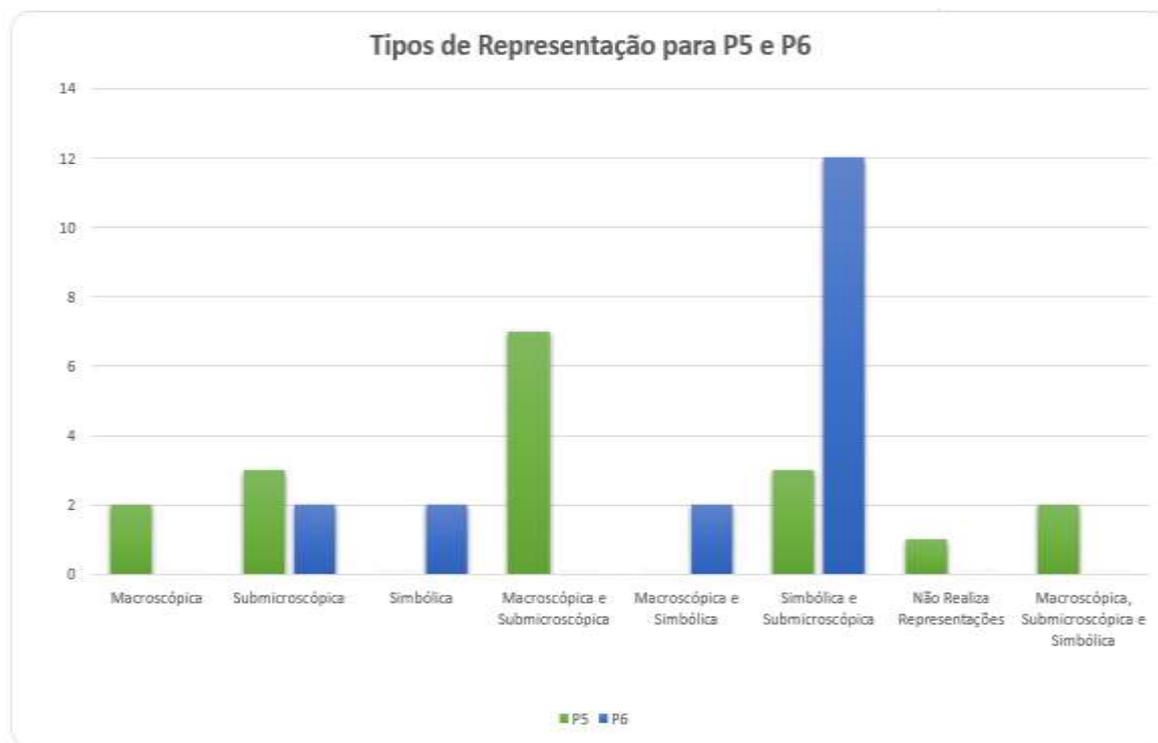
Quadro 23 - Categorias emergentes para os tipos de representações elaboradas pelos estudantes às perguntas P5 e P6 (Conclusão).

TIPOS DE REPRESENTAÇÕES	COMPONENTES DAS REPRESENTAÇÕES	EXEMPLOS DE RESPOSTAS
<p><b>Macroscópica, Submicroscópica e Simbólica</b></p>	<p>Aluno transita simultaneamente entre os três níveis do conhecimento químico e pode apresentar</p>	 <p><b>Aluno D5 em resposta à P5</b></p>
<p><b>Não realiza representações</b></p>	<p>Aluno não realiza nenhum tipo de representação. Resposta em branco.</p>	 <p><b>Aluno C8 em resposta à P5</b></p>

Fonte: Elaboração própria (2021)

Por meio do Gráfico 7 percebemos que em resposta a P5, 11 alunos, somando as categorias: macroscópica; macroscópica e submicroscópica; e macroscópica, simbólica e submicroscópica, utilizam de alguma maneira a representação macroscópica. Já em resposta a P6, o número de estudantes que se apoia no macroscópico reduz para dois alunos. É possível observar ainda que em resposta a P6, 12 estudantes se apropriaram da representação tipo simbólica/submicroscópica, além de somarmos um total de 16 alunos utilizando de alguma forma as representações por símbolos.

Gráfico 7 – Tipos de representações elaboradas pelos estudantes para as perguntas P5 e P6



Fonte: Elaboração própria (2021)

Confirmamos, portanto, que o trabalho com modelos possibilitou aos estudantes construir uma melhor compreensão sobre os símbolos da química e a maneira como estes representam o universo submicroscópico invisível. Notamos, como será possível visualizar nos exemplos presentes no quadro 23, que na maioria das respostas à P6 os estudantes equacionam as TQ relacionando o submicroscópico com o simbólico e correlacionando as estequiometrias com as quantidades de átomos de cada elemento que compõe as moléculas e também com a quantidade de moléculas participantes da TQ. Em alguns momentos os alunos demonstram dificuldades em representar as relações estequiométricas, mas é notável que houve uma grande evolução na compreensão destas.

O Quadro 24 apresenta exemplos de respostas dos estudantes C7 e D5 que mudaram seu tipo de representação de macroscópica/submicroscópica para submicroscópica/simbólica respeitando as relações estequiométricas, bem como as respostas dos alunos C3 e E5, que utilizam a representação por meio de símbolos, porém demonstram enfrentar dificuldades na construção das relações estequiométricas.

Quadro 24 – Transição de Representação Macro/Simbólico para Submicro/Simbólico e representações simbólicas com dificuldades estequiométricas (Continua).

	P3	P4
Aluno C7	<p><b>Categoria:</b> Macroscópica e Submicroscópica</p>	<p><b>Categoria:</b> Simbólica e Submicroscópica</p>
Aluno D5	<p><b>Categoria:</b> Macroscópica, Simbólica e Submicroscópica</p>	<p><b>Categoria:</b> Simbólica e Submicroscópica</p>

Quadro 24 – Transição de Representação Macro/Simbólico para Submicro/Simbólico e representações simbólicas com dificuldades estequiométricas (Conclusão).

	P3	P4
Aluno C3	<p><b>Categoria:</b> Simbólica e Submicroscópica</p>	<p><b>Categoria:</b> Simbólica e Submicroscópica</p>
Aluno E1	<p><b>Categoria:</b> Macroscópica</p>	<p><b>Categoria:</b> Simbólica e Submicroscópica</p>

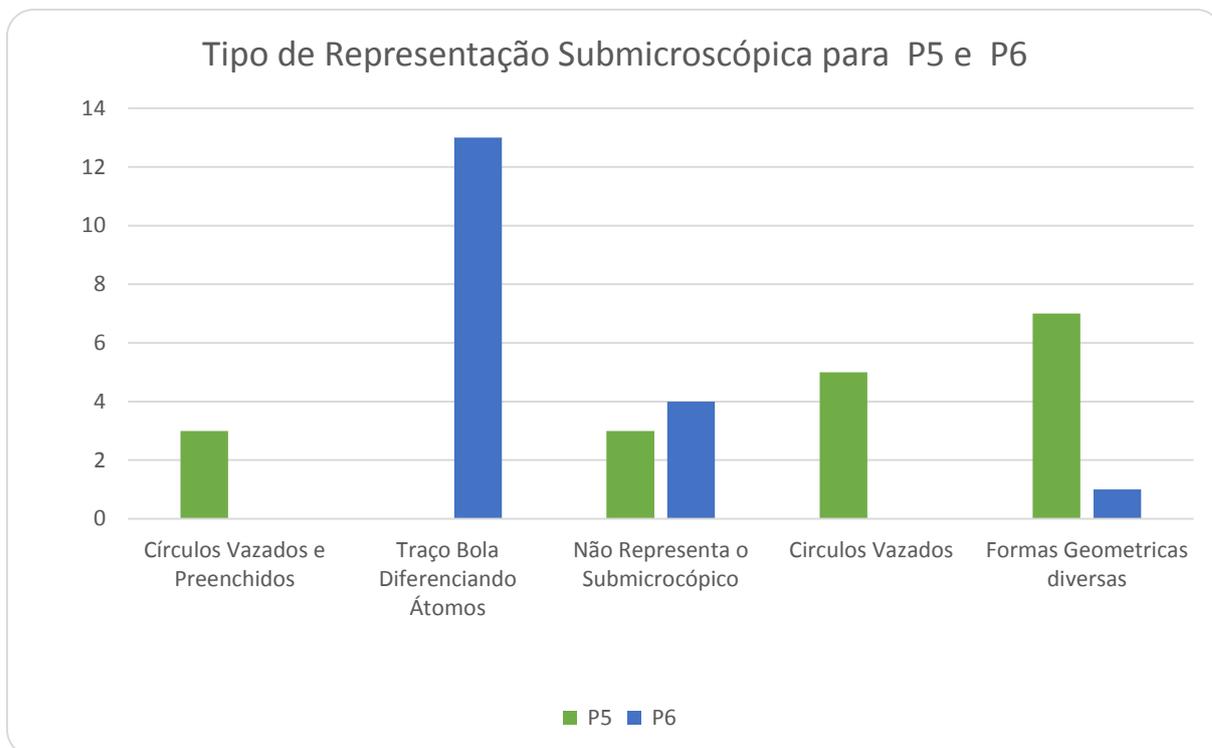
Fonte: Elaboração própria (2021)

Ressaltamos ainda que a diminuição na utilização de representações macroscópicas pode ter ocorrido pelos estudantes não sentirem uma necessidade tão intensa como no início da SEI de se apoiarem nestas para explicação de suas compreensões, bem como pelo fato de a própria questão já trazer representações macroscópicas impressas, que possivelmente foram consideradas facilitadores suficientes pelos estudantes para desenvolver seus raciocínios.

No que diz respeito à análise dos tipos de representações submicroscópicas,

percebemos que, nas aulas iniciais da SEI, a grande maioria dos alunos demonstrou não possuir conhecimentos relacionados às diversas possibilidades para representação do universo submicroscópico, partindo sempre da utilização do círculo e de outras figuras geométricas para representar partículas conforme pode ser evidenciado pelo Gráfico 8.

Gráfico 8 - Representações submicroscópicas elaboradas em resposta às perguntas P5 e P6



Fonte: Elaboração própria (2021)

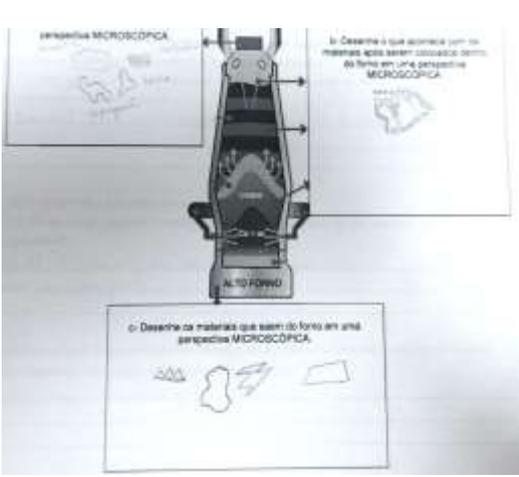
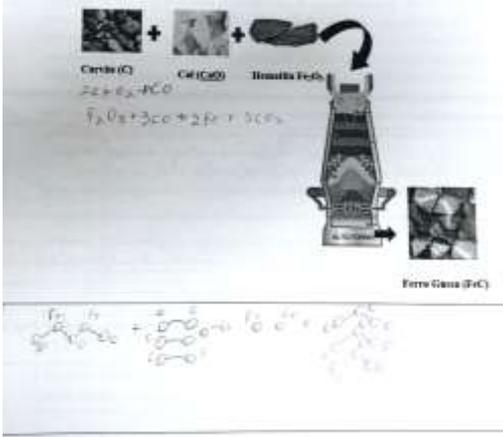
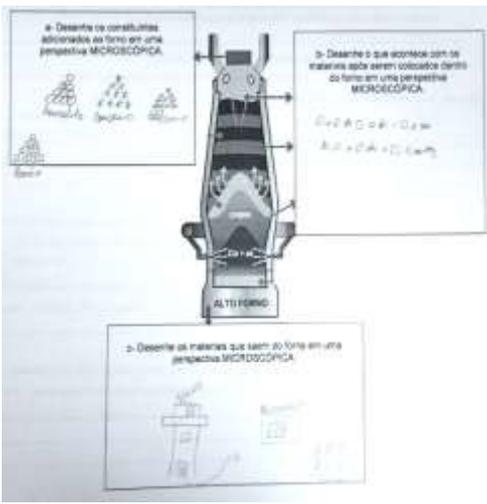
Percebemos que em resposta à P5, oito estudantes utilizaram a representação do tipo círculo em suas respostas; e que outros sete optaram pela utilização de figuras geométricas diversas. Assim, somamos um total de 15 estudantes realizando representações de moléculas por meio de formas geométricas que possuem significações reduzidas associadas à conceitos químicos.

Já ao final da SEI apenas um estudante optou por realizar representações utilizando figuras geométricas. Assim, percebemos que os estudantes substituíram a representação de partículas por meio de figuras geométricas pela representação do tipo traço bola, uma das formas representacionais do universo submicroscópico trabalhada em sala de aula por meio de modelos em três dimensões manipuláveis. Portanto, entendemos que além de possibilitar aos estudantes tecer melhores relações submicroscópicas/simbólicas, os modelos também contribuíram para que as compreensões e a comunicação do conhecimento em química dos estudantes se tornassem mais complexos.

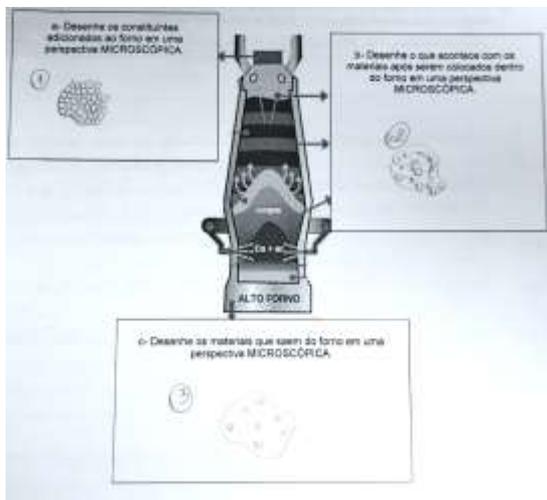
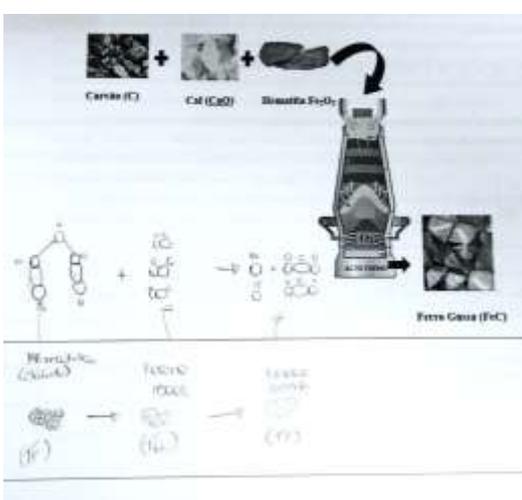
A partir do momento em que os alunos passaram por um processo de letramento em

um modelo de representação do universo submicroscópico diferenciado do que possuíam no momento introdutório da SEI ministrada, observou-se uma evolução gradual em suas formas representacionais, ou seja, tomaram conhecimento de tais representações, iniciaram o processo de compreendê-las e começaram a utiliza-las para comunicar seu conhecimento em química conforme pode ser observado nos exemplos presentes no Quadro 25.

Quadro 25 – Transição de representações de Figuras Geométricas ou Círculo Vazado para Traço Bola (Continua).

	P3	P4
Aluno C4	 <p><b>Categoria:</b> Círculo Vazado</p>	 <p><b>Categoria:</b> Círculo Vazado</p>
Aluno D4	 <p><b>Categoria:</b> Figuras Geométricas</p>	 <p><b>Categoria:</b> Figuras Geométricas</p>

Quadro 25 – Transição de representações de Figuras Geométricas ou Círculo Vazado para Traço Bola (Conclusão).

	P3	P4
Aluno E2	 <p><b>Categoria:</b> Círculo Vazado</p>	 <p><b>Categoria:</b> Traço Bola</p>

Fonte: Elaboração própria (2021)

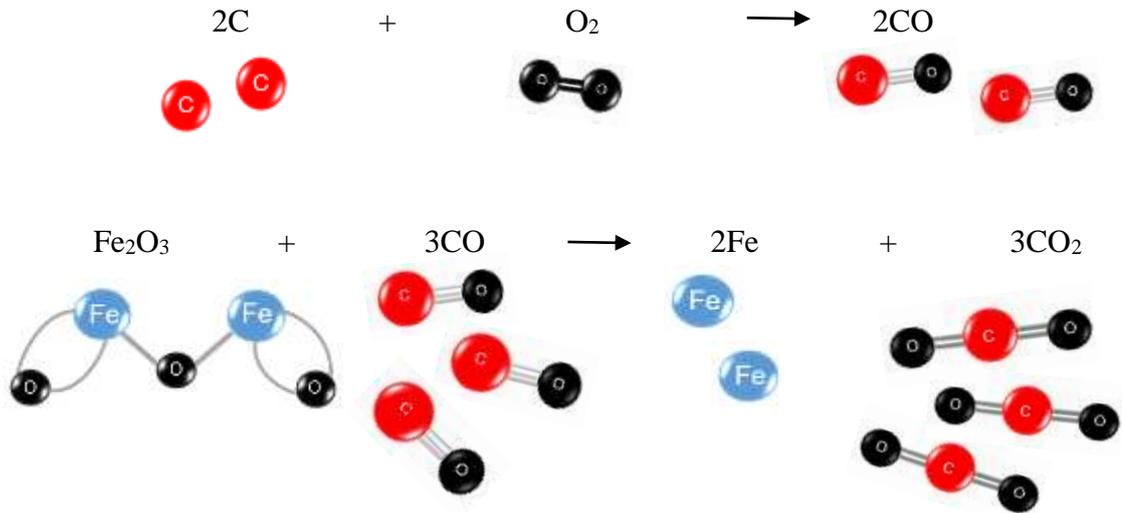
Assim, concordamos com Quadros et al. (2020), ao afirmar que precisamos ensinar os estudantes como interpretar as imagens, gráficos, esquemas, fotos, modelos e todos os meios pelo qual a química enquanto ciência se comunica, pois estes não são autoexplicativos. Apenas quando nossos alunos criarem sentido sobre estas formas diversificadas de comunicação da ciência, é que se tornarão capazes de utilizá-las para se comunicar, e este processo faz parte da alfabetização científica.

Fica evidente nas respostas dos estudantes o reconhecimento das ligações químicas existentes entre os átomos que constituem as moléculas. Demonstrar este tipo de compreensão é impossibilitado em representações de partículas por meio apenas de círculos, e é favorecido pela representação traço bola. Os traços conectados aos círculos (bolas), evidenciam que o estudante nota a existência de ligações entre cada átomo, e que estas ligações entre átomos possibilitam a formação de moléculas. Portanto, consideramos importante que os estudantes passem a realizar representações mais complexas à medida que desenvolvam seu conhecimento em química, pois os diferentes tipos representacionais do submicroscópico possibilitam uma melhor compreensão e comunicação do conhecimento relacionado aos diversos fenômenos físico químicos.

Por fim, no que diz respeito às representações submicroscópicas, ressaltamos que, apesar de a maioria dos estudantes reconhecerem as ligações químicas realizadas pelos átomos em suas representações, muitas destas ainda estão distantes daquela apresentada em sala de

aula, pois alguns alunos apresentam ligações simples onde deveriam constar ligações duplas. Apresentamos abaixo, na Figura 8, uma representação simbólica/submicroscópica com as ligações químicas dispostas da maneira que foram estudadas juntamente com os alunos.

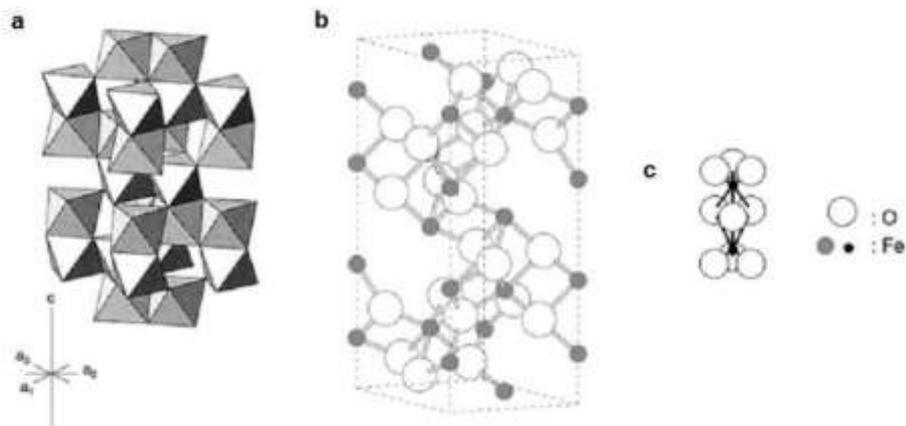
Figura 8 - Representação Simbólica/Submicroscópica para as TQ que ocorrem no alto-forno estudadas na SEI



Fonte: Elaboração própria (2021)

É importante ressaltar que em sala de aula foi realizada uma simplificação do modelo estrutural da hematita, visando facilitar a compreensão dos estudantes, tendo em vista a complexidade e quantidade de informações já trabalhadas na SEI. A hematita é um óxido de ferro que possui uma célula unitária hexagonal com seis unidades de  $Fe_2O_3$  conforme pode ser visto na Figura 9.

Figura 9 –Estrutura cristalina da hematita

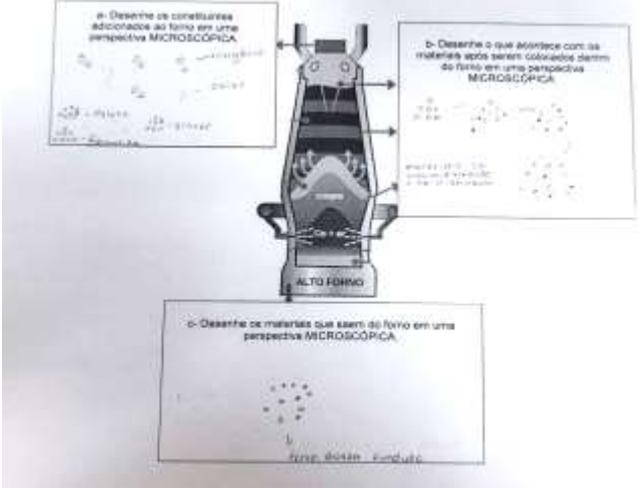
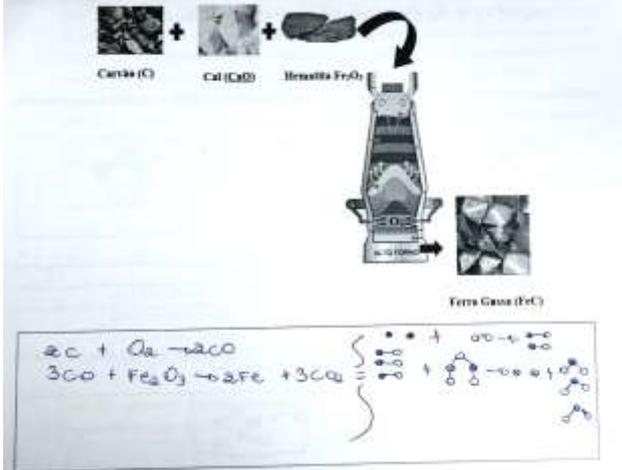


- a) Arranjo de octaedros b) Modelo de traço bola com célula unitária compartilhada c) Tripletos de  $O_3 - Fe - O_3 - Fe - O_3$

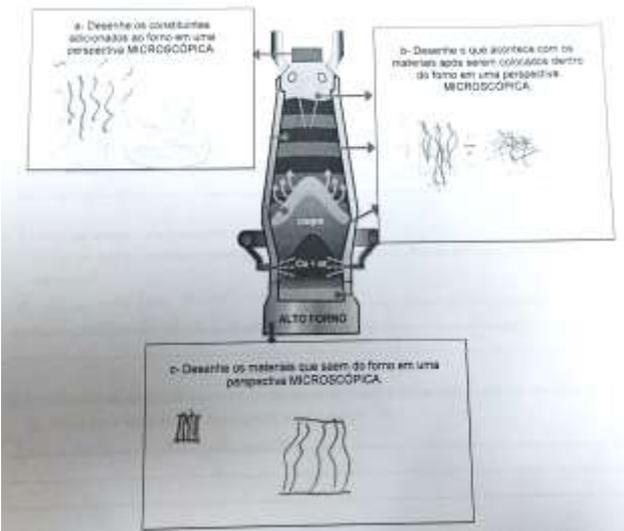
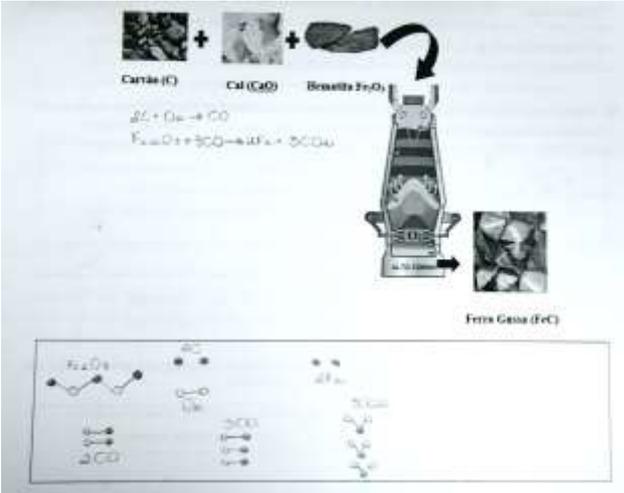
Fonte: Silva (2013, p.4)

Por fim, buscamos analisar quais foram as principais compreensões relacionadas às TQ que ocorrem no alto forno, construídas e comunicadas pelos estudantes em suas respostas as perguntas P5 e P6 e o Quadro 26 apresenta as oito categorias emergentes da análise e exemplos de respostas que se enquadram em cada categoria.

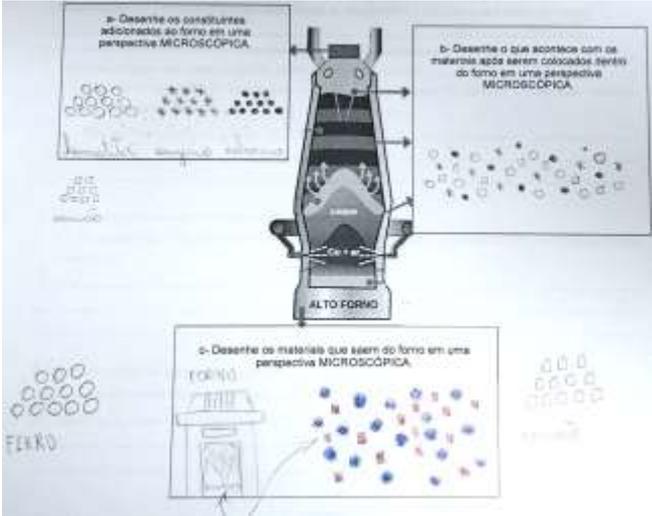
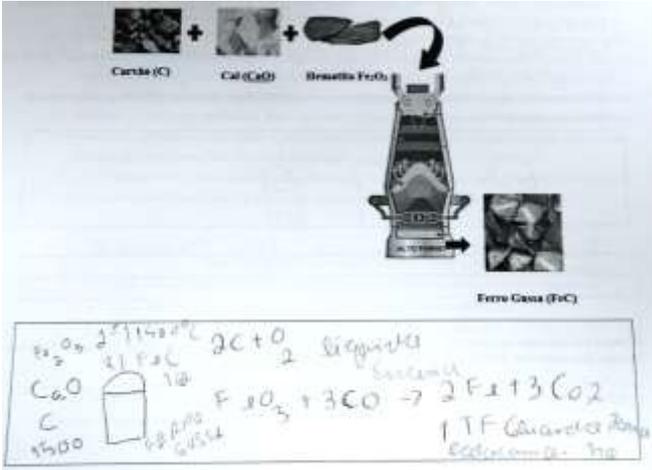
Quadro 26 - Categorias emergentes para compreensões alcançadas pelos estudantes sobre as transformações realizadas no alto-forno (Continua).

CATEGORIA	COMPREENSÕES ALCANÇADAS PELOS ESTUDANTES	EXEMPLOS
<p><b>Minerais se movimentam, se misturam e se juntam (TF)</b></p>	<p>Apresentam a ideia de que o aquecimento provoca uma movimentação e/ou na fusão das partículas</p>	 <p><b>Aluno C1 em resposta à P5</b></p>
<p><b>Constrói equações com dificuldades na estequiometria e/ou nas duplas ligações (TQ)</b></p>	<p>Aluno apresenta dificuldades em construir as equações respeitando os coeficientes estequiométricos ou apresenta a estrutura da hematita sem as duplas ligações</p>	 <p><b>Aluno D1 em resposta à P6</b></p>

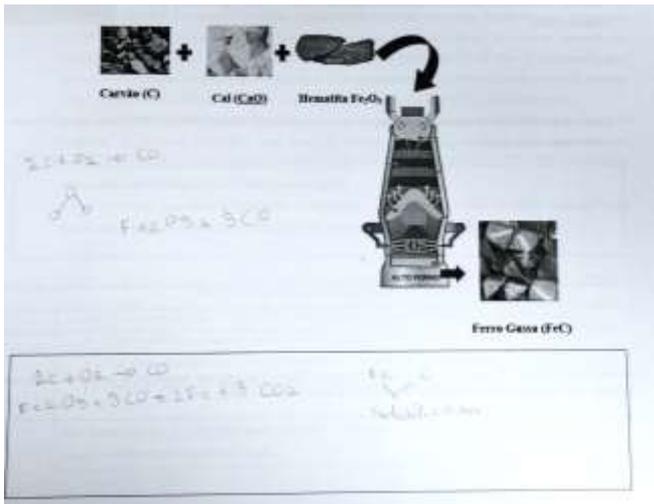
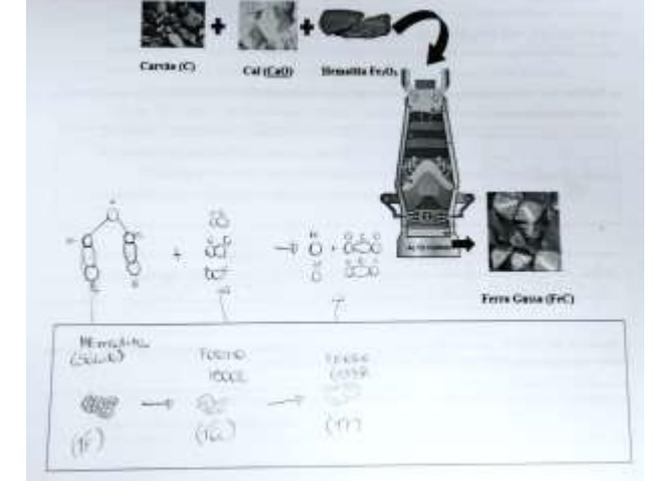
Quadro 26 - Categorias emergentes para compreensões alcançadas pelos estudantes sobre as transformações realizadas no alto-forno (Continua).

CATEGORIA	COMPREENSÕES ALCANÇADAS PELOS ESTUDANTES	EXEMPLOS
<p><b>Não é possível criar hipóteses sobre as compreensões do aluno</b></p>	<p>Respostas com formas abstratas sem explicações explícitas por parte dos estudantes</p>	 <p><b>Aluno C2 em resposta à P5</b></p>
<p><b>Escreve as representações submicroscópicas dos reagentes e produtos, porém não as equaciona (TQ)</b></p>	<p>Faz desenhos do tipo traço bola para representar as moléculas, porém não coloca estas representações de maneira equacionada</p>	 <p><b>Aluno C6 em resposta à P6</b></p>

Quadro 26 - Categorias emergentes para compreensões alcançadas pelos estudantes sobre as transformações realizadas no alto-forno (Continua).

CATEGORIA	COMPREENSÕES ALCANÇADAS PELOS ESTUDANTES	EXEMPLOS
<p><b>Indica mudança na cor e nas formas geométricas finais (TQ)</b></p>	<p>Indica uma possível compreensão de que houve a ocorrência de TQ por meio da mudança de coloração e/ou forma geométrica do produto final do forno</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Aluno D3 em resposta à P5</b></p>
<p><b>Dificuldade em representar as duas reações estudadas do sistema (TQ)</b></p>	<p>Aluno apresenta apenas uma reação ou duas reações incompletas</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Aluno E4 em resposta à P6</b></p>

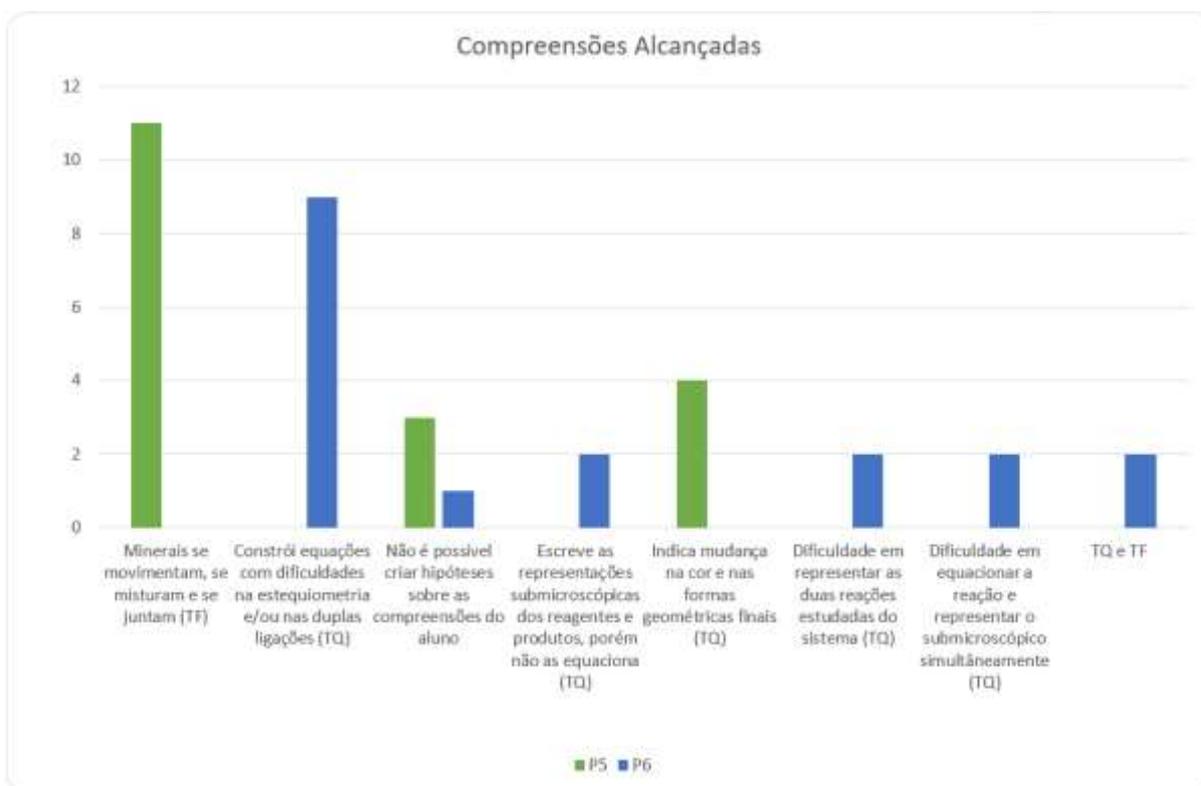
Quadro 26 - Categorias emergentes para compreensões alcançadas pelos estudantes sobre as transformações realizadas no alto-forno (Conclusão).

CATEGORIA	COMPREENSÕES ALCANÇADAS PELOS ESTUDANTES	EXEMPLOS
<p><b>Dificuldade em equacionar a reação e representar o submicroscópico simultaneamente (TQ)</b></p>	<p>Aluno apresenta a representação simbólica da reação química corretamente mas demonstra dificuldade em representar o submicroscópico</p>	 <p><b>Aluno E5 em resposta à P6</b></p>
<p><b>TQ e TF</b></p>	<p>Aluno reconhece que no sistema estudado há ocorrências de transformações químicas e físicas</p>	 <p><b>Aluno E2 em resposta à P6</b></p>

Fonte: Elaboração própria (2021)

Por meio do Gráfico 9 percebemos que em resposta à P5, no momento intermediário da SEI ministrada, 11 estudantes apresentavam ideias que relacionavam os processos ocorridos no alto forno como sendo apenas TF, demonstrando em suas representações a movimentação e o rearranjo dos constituintes de cada material colocado no alto forno.

Gráfico 9 – Compreensões alcançadas em resposta às perguntas P5 e P6



Fonte: Elaboração própria (2021)

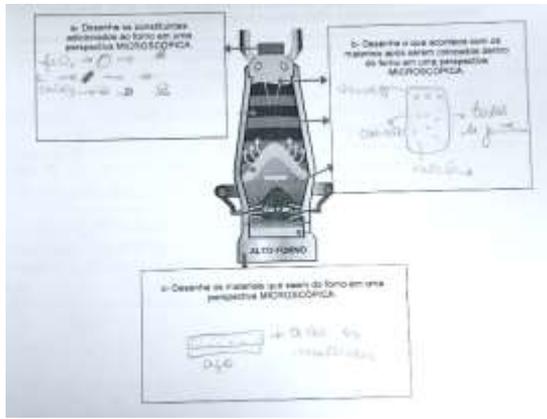
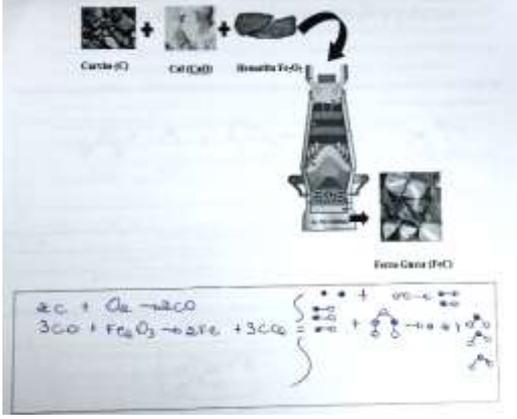
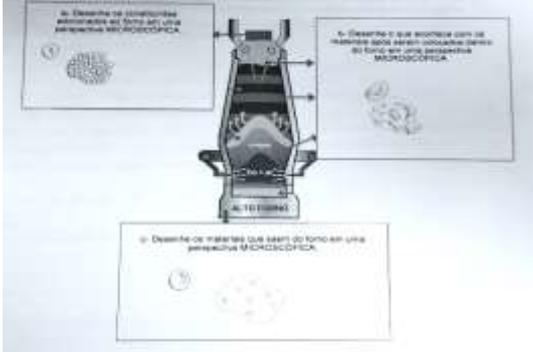
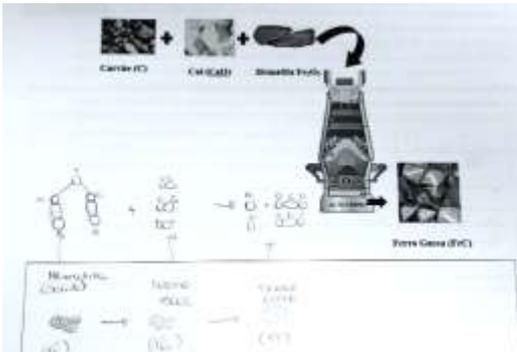
Já em resposta à pergunta P6, notamos que 17 estudantes reconhecem a ocorrência de TQ, o que é um grande progresso, pois os estudantes saíram de uma condição na qual acreditavam que ocorriam apenas TF no sistema. Desta maneira entendemos que um dos principais focos deste trabalho foi alcançado ao conduzir os estudantes ao reconhecimento, estudo e compreensão das TQ que ocorrem no alto forno para beneficiamento do ferro.

Entretanto é importante ressaltar que os processos que ocorrem no alto forno são na realidade de natureza físico-química, ou seja, ocorrem TF e TQ dentro de um mesmo sistema. Inicialmente a temperatura do forno se eleva, levando os materiais adicionados ao forno à uma mudança de fase, da sólida para líquida, e apenas após atingir uma temperatura ideal são iniciadas as TQ. Percebemos que em resposta a P6, apenas dois estudantes apresentaram a ideia de ocorrência dos dois tipos de transformações em um mesmo sistema, portanto, entendemos que para os estudantes, esta concepção da natureza físico química dos processos ainda é um desafio a ser superado por meio de novas atividades.

O Quadro 27 apresenta as respostas do aluno D1, para exemplificar as respostas dos estudantes que saíram de ideias de TF para ideias de TQ. Também são apresentadas as respostas do aluno E2, que em resposta à P5 apresenta a ideia de TF e ao final da SEI compreende que

ocorrem TQ e TF no mesmo sistema observado.

Quadro 27 – Transição de ideias de TF para TQ e de TF para TQ e TF

	P5	P6
Aluno D1	 <p><b>Categoria:</b> Minerais se movimentam, se misturam e se juntam (TF)</p>	 <p><b>Categoria:</b> Constrói equações com dificuldades na estequiometria e/ou nas duplas ligações (TQ)</p>
Aluno E2	 <p><b>Categoria:</b> Minerais se movimentam, se misturam e se juntam (TF)</p>	 <p><b>Categoria:</b> TQ e TF</p>

Fonte: Elaboração própria (2021)

#### 4.5 Análise das compreensões relacionadas ao contexto alcançadas pelos estudantes

Por fim, buscamos investigar quais compreensões relacionadas ao contexto da mineração do ferro, os estudantes foram capazes de construir ao participarem da SEI ministrada. Para tal, analisamos primeiramente suas respostas a duas perguntas presentes no questionário prévio, denominadas aqui como P7 e P8 dispostas abaixo e posteriormente estudamos as cartas elaboradas pelos alunos ao final da SEI ministrada:

- a) **P7:** Em que situações do dia a dia você usa estes materiais (Materiais explorados na Mineração)?
- b) **P8:** Como é realizada a extração mineral do ferro? Que consequências esta pode ocasionar em nosso cotidiano?

A atividade de escrita da carta solicitava a cada estudante que escrevesse um texto destinado ao prefeito da cidade fictícia Miranópolis, que é uma pequena cidade montanhosa rica em fauna e flora localizada no estado de Minas Gerais, e que possui sua base econômica na atividade de pesca. Por meio da carta, os estudantes foram convidados a manifestar suas opiniões sobre a instalação da empresa Ferro Forte, que buscava trabalhar com a extração de ferro na cidade.

As respostas às perguntas e o conteúdo das cartas foram investigados por meio da análise de conteúdo de Bardin (2016), resultando em quatro categorias e dez subcategorias emergentes apresentadas no Quadro 28. As categorias nos permitem ter uma perspectiva de quais eram os conhecimentos que os estudantes demonstraram possuir no momento inicial da SEI, e qual desenvolvimento conseguiram alcançar no momento final das aulas. É importante ressaltar que os estudantes podem ter manifestado mais de uma categoria em suas respostas, ou seja, as categorias elaboradas não são excludentes.

Quadro 28 – Contextualizações desenvolvidas pelos estudantes para o tema mineração

Categorias	Subcategorias para as Contextualizações expressas pelos estudantes	Número de alunos que se enquadram nas subcategorias	
		P7 e P8 (Início da SEI)	CARTAS (Fim da SEI)
<b>Relação da mineração com a produção de objetos</b> (Tecnologia e Sociedade)	Minérios são utilizados para fabricar talheres, panelas, utensílios de cozinha e carros	7	2
	Minérios são utilizados para fabricar joias.	7	--
<b>Relação da mineração com questões ambientais</b> (Meio Ambiente)	Extração mineral é prejudicial ao meio ambiente, pois é uma atividade poluente devido substâncias tóxicas de grande risco ambiental.	7	14
	Mineração deixa espaço visual feio devido o desmatamento.	--	4
	Mortandade e contaminação de animais e destruição da biodiversidade.	--	7
	A favor da instalação da mineradora, porém com medidas preventivas para redução de impactos.	--	2
	Investir primeiro em segurança e monitoramento das minas já existentes.	--	1
<b>Relação da mineração com impacto econômico e social</b> (Sociedade)	A atividade mineradora é importante para a economia, infraestrutura, desenvolvimento social e geração de empregos na microrregião da empresa e no país.	--	10
<b>Condições para instalação da mineradora</b> (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente)	Reciclagem de ferro é boa alternativa para suprir a demanda pelo metal.	--	2
	Investir em ecoturismo para suprir necessidades econômicas ao invés de estabelecer a mineradora	--	1

Fonte: Elaboração própria (2021)

Por meio da categoria “Relação da mineração com a produção de objetos” percebemos que no momento inicial da SEI, os alunos focaram suas percepções em uma utilização cotidiana mais evidente dos materiais metálicos, como o uso de joias e utensílios de cozinha, destacando que a mineração é a responsável por fornecer matéria prima necessária para a fabricação destes produtos. Analisando um episódio da roda de conversa, que ocorreu na aula após o questionário prévio, apresentado no Quadro 29, é possível perceber que havia uma dificuldade por parte dos estudantes em identificar a aplicabilidade dos minérios explorados na vida cotidiana e de sua

importância para o desenvolvimento socioeconômico.

Quadro 29 – Episódio de aula da roda de conversa

TURNO	TEMPO	DISCURSO VERBAL
1 – Roda de conversa da turma D	16 min e 51 seg até 18 min e 45 seg	<p><b>Professora:</b> A extração mineral feita lá em Brumadinho, vocês acham que ela é realmente necessária? Dá pra viver sem o que eles pegam lá? Vocês sabem o que é coletado lá?</p> <p><b>Aluna 1:</b> Sei lá, ferro</p> <p><b>Professora:</b> Ferro? É isso mesmo! Era coletado ferro. Alguém escolheu imagem de objeto? Ninguém escolheu imagem de objeto né? No que o ferro é transformado? Vocês sabem? Ou ele é usado do jeito que ele é pego lá na mina?</p> <p><b>Aluno 2:</b> O ferro é derretido igual na minha imagem para formar outras coisas.</p> <p><b>Professor:</b> O ferro é derretido igual na sua imagem para formar outras coisas. Meninos! Eu tô sem voz, não me faz gritar não. Em que outras coisas o ferro é transformado? Vocês têm alguma ideia? Alguma hipótese?</p> <p><b>Aluno 3:</b> garfo</p> <p><b>Aluna 4:</b> colherzinha</p> <p><b>Risadas e conversas inaudíveis. Alunos demonstram insegurança para falar das aplicações do minério.</b></p> <p><b>Aluna 5:</b> panela</p> <p><b>Vários alunos:</b> na barra, barra</p> <p><b>Aluna 6:</b> mas a barra de ferro se transforma em outras coisas né!</p> <p><b>Professora:</b> e onde que usa barra de ferro?</p> <p><b>Aluna 7:</b> corrimão de escada</p> <p><b>Professora:</b> Corrimão de escada, e onde mais?</p> <p><b>Aluna 5:</b> Fazer laje, é... aquela coisa lá, é esqueci</p> <p><b>Professora:</b> alguém consegue ajudar ela?</p> <p><b>Aluna estagiária que acompanhava a aula:</b> fundação</p>

Fonte: Elaboração própria (2021)

O diálogo entre professores e alunos evidencia a dificuldade inicial de reconhecimento das aplicações do minério de ferro no cotidiano, e o receio de expor ideias quando abordado este assunto. Entendemos que possivelmente tal dificuldade existiu, pelo fato de os estudantes terem pouca vivência com reflexões em seu processo educacional, que abordassem a constituição dos materiais, ou seja, o conhecimento científico em química relacionado a estes, e os benefícios e malefícios que seus processos de extração e beneficiamento podem acarretar na vida em sociedade.

Ressaltamos a importância da prática docente que busca realizar a contextualização, levando em consideração perspectivas sociais com aspectos políticos, econômicos e ambientais, sempre fundamentado em conhecimentos das ciências e tecnologia, conforme relatado por Silva e Marcondes (2010). A contextualização nesta perspectiva pode tornar possível aos estudantes tecer relações entre o conhecimento científico estudado e seu atuar como cidadão crítico.

Apenas as informações vinculadas pela mídia não propiciaram aos estudantes se questionar sobre: de que e como as coisas são feitas, quais impactos os processos ocasionam e quais são as suas aplicabilidades, apresentando apenas os desastres ambientais ocorridos sem a veiculação de ideias ou de uma abordagem que levasse a reflexão sobre o problema em estudo.

Em contrapartida, percebemos que ao final da SEI, esta perspectiva mais simples sobre a importância da mineração na vida cotidiana foi reduzida, pois apenas dois estudantes a manifestaram na escrita da carta. Notamos por meio da categoria “Relação da mineração com impacto econômico e social” que os estudantes desenvolveram ideias mais complexas ressaltando que a atividade mineradora é importante para a economia, infraestrutura, desenvolvimento social e geração de empregos na microrregião da empresa e no país.

A ocorrência desta nova perspectiva nos permite inferir que a SEI ministrada colaborou para que 10 estudantes entendessem que a mineração também possui seus impactos positivos sobre a economia e geração de empregos, enquanto no início da SEI, nenhum estudante manifestou esta compreensão. No Quadro 30 são apresentados exemplos de respostas dos alunos as perguntas P7 e P8 e suas respectivas cartas, onde é possível verificar o progresso nos argumentos dos alunos relacionados à aplicabilidade dos minérios na vida socioeconômica.

O aluno C5 apresenta uma compreensão inicial que relaciona a aplicabilidade dos minérios explorados para utilização na fabricação de utensílios de cozinha, joias e para obtenção do carvão utilizado no churrasco. Já ao final da SEI, o estudante relata que “o minério de ferro é importantíssimo para o desenvolvimento tecnológico e social do país”. O aluno D5 possui compreensões iniciais bem sucintas, relatando a utilização de minérios apenas para produção do carvão utilizado nos churrascos, enquanto ao final das aulas demonstra um grande progresso, declarando que sabe “bem que o ferro é muito importante para economia tanto local e de outras cidades (...) precisamos do ferro para materiais muito necessários, tanto materiais para casa quanto materiais de utilidade”.



Quadro 30 – Exemplos de respostas e cartas com progressos na compreensão da importância do minério para o desenvolvimento socioeconômico (Conclusão)

**Resposta do aluno D5 as perguntas P7 e P8**

8. Em quais situações do dia a dia você utiliza estes materiais?  
no trabalho para fazer estruturas

9. Como é realizada a extração mineral do ferro? Que consequências esta pode ocasionar em nosso cotidiano?  
nas minas, utilizando-se de explosivos. Não há, o solo que não contém nutrientes

**Categoria:** - Relação da mineração com questões ambientais

**Carta do aluno D5**

Para o futuro,  
Então, pensando em uma cidade que tenha uma boa infraestrutura e uma boa qualidade de vida, acho que a mineração de ferro é muito importante para a economia local e para a geração de empregos. Também acho que a mineração de ferro é muito importante para a produção de aço, que é usado em muitas coisas, como carros, máquinas e estruturas de aço. Mas como moramos em um lugar de belas paisagens e que várias pessoas vão trabalhar, acho que a mineração de ferro pode causar alguns problemas ambientais, como a contaminação do solo e da água, e a geração de resíduos sólidos e líquidos. Então, acho que a mineração de ferro deve ser feita de forma responsável, com medidas para evitar a contaminação do meio ambiente e a geração de resíduos.

**Categorias:** - Relação da mineração com impacto econômico e social  
- Relação da mineração com questões ambientais

Nos exemplos elencados no Quadro 30 percebemos ainda, por meio da categoria “Relação da mineração com questões ambientais”, a preocupação dos estudantes com o fato de a mineração ser uma atividade potencialmente prejudicial ao meio ambiente, envolvendo sérios riscos ambientais. É importante destacar que no momento inicial das aulas, não há registro por parte dos alunos sobre o que especificamente proporciona os riscos ambientais, pois foram apresentadas apenas justificativas amplas argumentando, na maioria dos casos, que se trata de uma atividade poluente. Em contrapartida ao final da SEI, temos uma mudança de panorama envolvendo dois aspectos, são eles: a quantidade de alunos que reconhecem os possíveis riscos ambientais e o aumento na complexidade das compreensões relacionadas aos riscos.

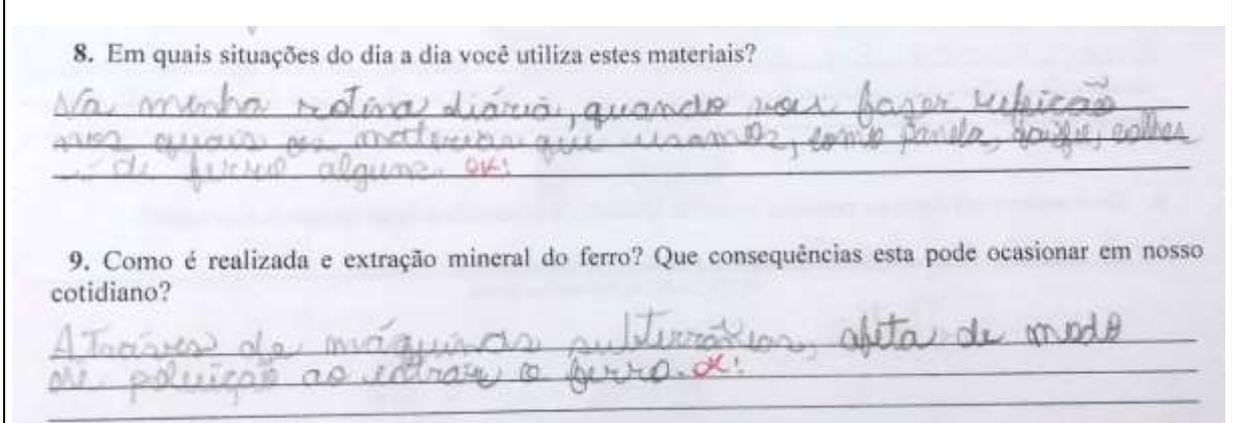
Corroborando com as ideias apresentadas, o Quadro 28 nos permite observar que o número de alunos que reconhecem a existência de riscos ambientais, registrados na subcategoria “*Extração mineral é prejudicial ao meio ambiente, pois é uma atividade poluente devido substâncias tóxicas de grande risco ambiental*” dobra ao final da sequência de aulas, saindo de sete e chegando a 14 do total de estudantes que participaram deste trabalho.

Além de um maior número de estudantes reconhecendo a existência dos riscos ambientais, a complexidade das compreensões relacionadas aos impactos ambientais apresentadas por alguns deles aumentou, de forma que ao final da SEI emergiram ideias que originaram as subcategorias “*Mineração deixa o espaço visual feio devido desmatamento*” e “*Mortandade, contaminação de animais e destruição da biodiversidade*”. No Quadro 31 são apresentados exemplos de respostas e cartas dos estudantes onde é possível observar o progresso nas compreensões sobre impactos ambientais ocasionados pela atividade mineração.

O aluno C2 parte da ideia inicial de que a extração do ferro causa poluição, sem especificar os impactos desta poluição, enquanto ao final das aulas especifica que esta atividade de exploração pode degradar a fauna e flora local, prejudicando a atividade pesqueira que é fonte de renda para muitos moradores. O aluno C6 relata no início das aulas que algo tóxico é originado na lavagem dos minérios prejudicando o lençol freático, já no fim das aulas destaca problemas específicos de desmatamento e destruição de fauna e flora pela mineração.

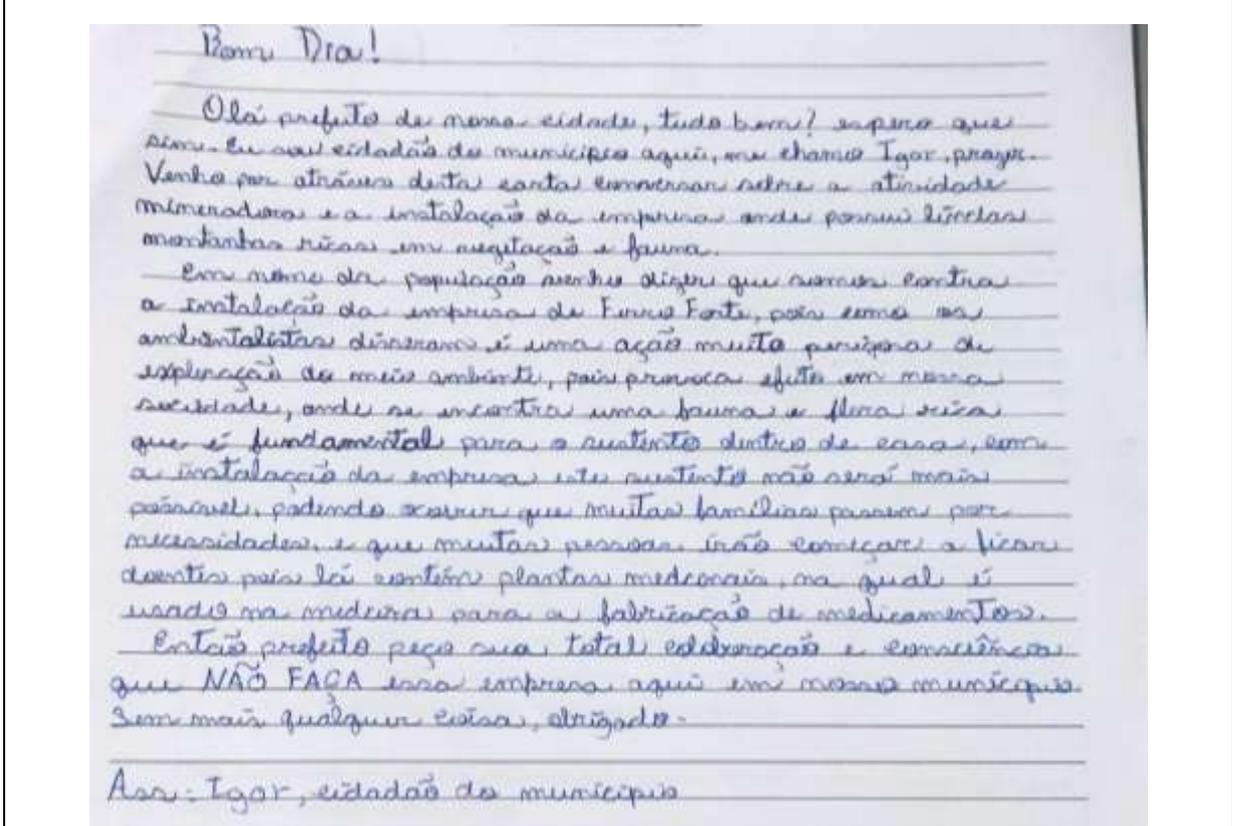
Quadro 31 – Exemplos de respostas e cartas com progressos na compreensão dos impactos ambientais ocasionados pela mineração (Continua)

**Resposta do aluno C2 as perguntas P7 e P8**



- Categorias:** - Relação da mineração com a produção de objetos
- Relação da mineração com questões ambientais
- Subcategoria:** - Extração mineral é prejudicial ao meio ambiente, pois é uma atividade poluente de grande risco ambiental.

**Carta do aluno C2**



- Categoria:** - Relação da mineração com questões ambientais
- Subcategoria:** Mortandade e contaminação de animais e destruição da biodiversidade.

Quadro 31 – Exemplos de respostas e cartas com progressos na compreensão dos impactos ambientais ocasionados pela mineração (Conclusão)

<b>Resposta do aluno C6 as perguntas P7 e P8</b>
<p><b>8. Em quais situações do dia a dia você utiliza estes materiais?</b></p> <p><u>Autômatas, peneiras, edificações, eletrodomésticos</u> <i>OK!</i></p> <hr/> <p><b>9. Como é realizada a extração mineral do ferro? Que consequências esta pode ocasionar em nosso cotidiano?</b></p> <p><u>Os mineiros usam a água nas peneiras para separarem a terra e outras pedrinhas das minérios, com isso a água escorrida para o solo podem estar contaminadas com algo tóxico e prejudicarem o lençol freático.</u> <i>OK!</i></p>
<p><b>Categorias:</b> - Relação da mineração com a produção de objetos            - Relação da mineração com questões ambientais  <b>Subcategoria:</b> Extração mineral é prejudicial ao meio ambiente, pois é uma atividade poluente devido substâncias tóxicas de grande risco ambiental.</p>
<b>Carta do aluno C6</b>
<p style="text-align: center;"><u>Escreva sua carta aqui</u></p> <p><u>Município, 22 de outubro de 2019.</u></p> <p><u>Senhor prefeito,</u></p> <p><u>Viendo por meio desta carta informar meu descontentamento com a possibilidade de o município de construção da mineradora Ferro Forte. Temos uma cidade muito rica ambientalmente, e não acho que vale a pena arriscar perder isso apenas por um possível impulso econômico tecnológico e social.</u></p> <p><u>Os rios podem ser contaminados passando os peixes morrerem e assim prejudicando os moradores que vivem da pesca. O desmatamento da vegetação no momento para a construção pode gerar um desequilíbrio na vida cotidiana tanto dos animais quanto dos humanos.</u></p> <p><u>Peço então que não autorize as atividades da empresa pelo bem da sua população.</u></p>
<p><b>Categorias:</b> - Relação da mineração com questões ambientais  <b>Subcategorias:</b> - Mineração deixa espaço visual feio devido o desmatamento            - Mortandade e contaminação de animais e destruição da biodiversidade.</p>

Fonte: Elaboração própria (2021)

As respostas nos permitem concluir que a SEI ministrada proporcionou aos estudantes uma melhora na conscientização sobre os possíveis impactos negativos da mineração, bem como sobre a forma como estes podem vir a ocorrer. Destacamos como sendo cruciais para o desenvolvimento desta conscientização, as primeiras aulas da SEI onde foram realizados o questionário prévio e a roda de conversa, que possibilitaram aos estudantes uma reflexão inicial sobre o tema.

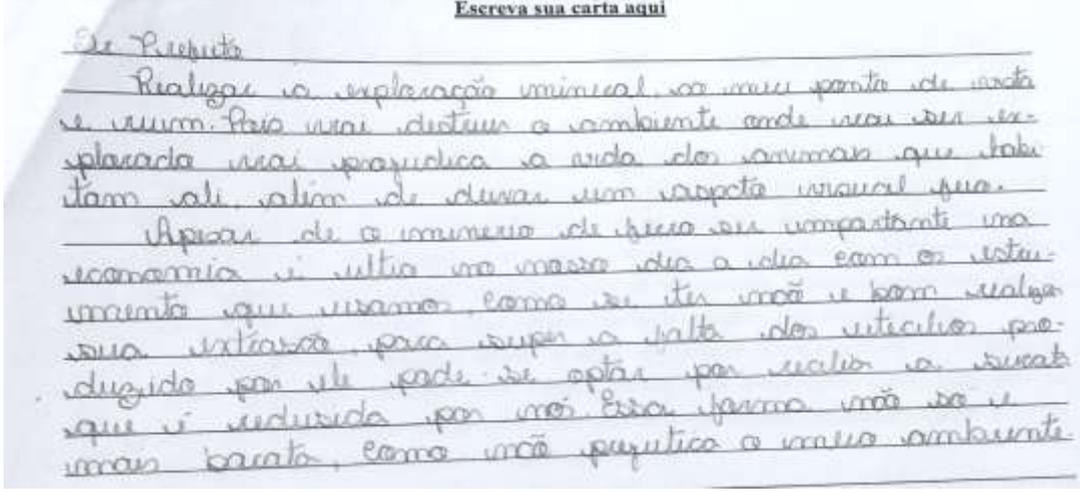
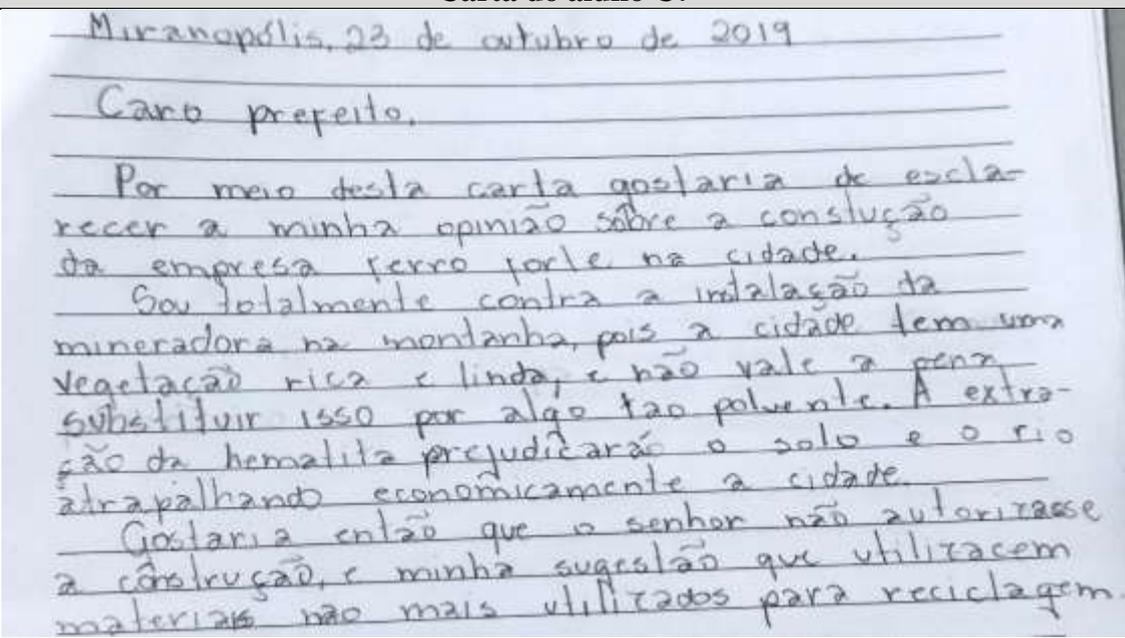
Posteriormente as aulas subsequentes de pesquisa e apresentação da pesquisa, os motivaram a reconhecer a proximidade do problema relacionado a mineração no contexto da microrregião onde residem, bem como a reconhecer como a atividade mineradora pode beneficiar e/ou prejudicar os moradores e meio ambiente da microrregião.

Entendemos ainda que as aulas realizadas após a apresentação da pesquisa, onde foi iniciado um estudo sobre a extração e beneficiamento do ferro, foram importantes para um estudo de possíveis impactos de larga escala, por apresentarem precedentes históricos de acidentes ambientais, bem como estudar a importância da exploração do recurso mineral hematita.

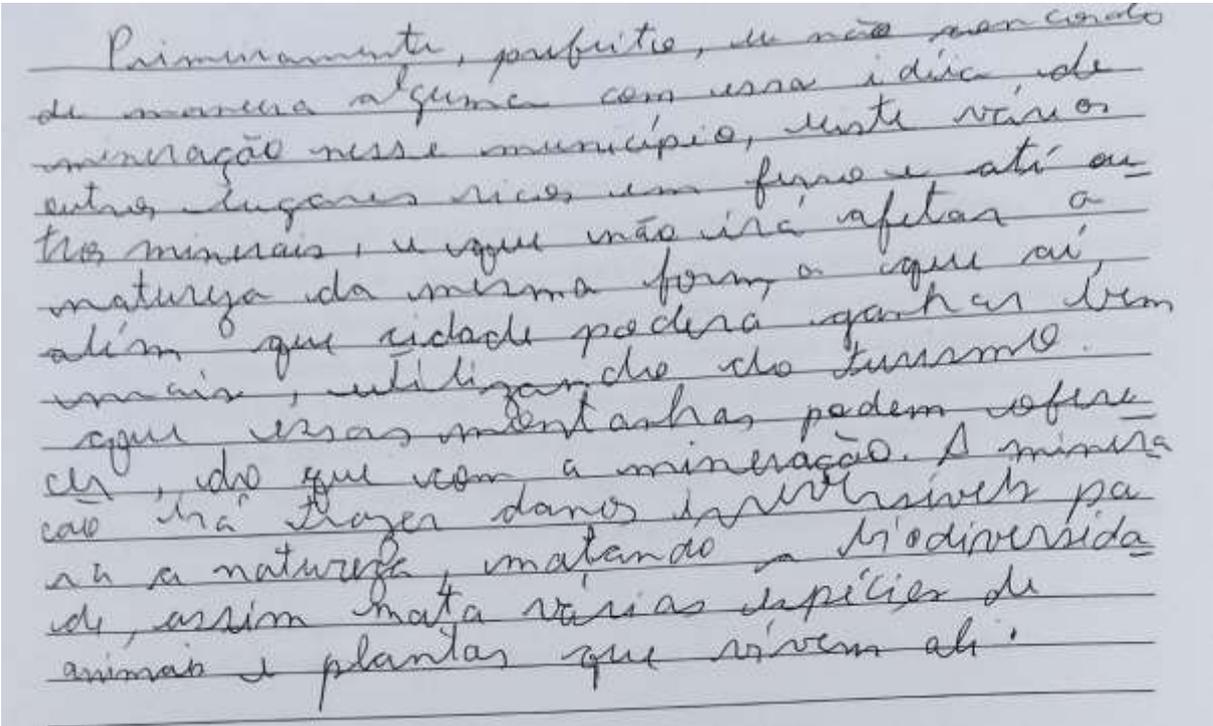
É importante destacar que 16 estudantes, foram contra a instalação da mineradora na cidade, porém, a maioria destes alunos explicitou compreender a relevância da mineração para o desenvolvimento científico, tecnológico e social como demonstrado pelas cartas dos alunos C5 e D5 no Quadro 30 e nos exemplos de cartas que serão apresentadas no Quadro 32 a seguir.

Alguns alunos que rejeitaram a mineradora sugeriram caminhos para suprir a demanda de minério necessário para o desenvolvimento científico e tecnológico, e a demanda de desenvolvimento social. É possível ver estes caminhos alternativos por meio das subcategorias *“Reciclagem de ferro é boa alternativa para suprir a demanda pelo metal”* manifestada pelos alunos C3 e C7, e *“Investir em ecoturismo para suprir necessidades econômicas ao invés de estabelecer a mineradora”* manifestada pelo aluno E3. As cartas dos estudantes que apresentaram estas possibilidades podem ser lidas no Quadro 32.

Quadro 32 – Cartas com reconhecimento da importância da atividade mineradora para o desenvolvimento científico, tecnológico e social e caminhos alternativos (Continua).

<b>Carta do aluno C3</b>	
<u>Escreva sua carta aqui</u>	
 <p>De Prefeito Realize a exploração mineral em meu ponto de vista e assim pois não destrua o ambiente onde mora sua exploração não prejudica a vida dos animais que habi- tam ali, além de deixar um impacto mineral que. Apesar de o minério de ferro ser importante para a economia, o sulfato de cobre é usado com os vestiu- mentos que usamos, como as das mãos e bem realça sua extração para suprir a falta dos minérios pro- duzido por ele pode ser usado para reciclar a sucata que é reutilizada por nós. Essa forma não só é mais barata, como não polui o meio ambiente.</p>	
<p><b>Categorias:</b> - Relação da mineração com a produção de objetos - Relação da mineração com impacto econômico e social - Relação da mineração com questões ambientais</p>	<p><b>Subcategoria:</b> - Extração mineral é prejudicial ao meio ambiente, pois é uma atividade poluente de grande risco ambiental - Alternativas a continuação da mineração ou instalação de nova mineradora <b>Subcategoria:</b> - Reciclagem de ferro é boa alternativa para suprir a demanda pelo metal</p>
<b>Carta do aluno C7</b>	
 <p>Miranópolis, 23 de outubro de 2019 Caro prefeito, Por meio desta carta gostaria de escla- recer a minha opinião sobre a construção da empresa ferro forte, na cidade. Sou totalmente contra a instalação da mineradora na montanha, pois a cidade tem uma vegetação rica e linda, e não vale a pena substituir isso por algo tão poluente. A extra- ção da hematita prejudicará o solo e o rio atrapalhando economicamente a cidade. Gostaria então que o senhor não autorizasse a construção, e minha sugestão que utilizarem materiais não mais utilizados para reciclagem.</p>	
<p><b>Categoria:</b> - Relação da mineração com questões ambientais</p>	<p><b>Subcategoria:</b> Mortandade e contaminação de animais e destruição da biodiversidade. - Alternativas a continuação da mineração ou instalação de nova mineradora <b>Subcategoria:</b> - Reciclagem de ferro é boa alternativa para suprir a demanda pelo metal</p>

Quadro 32 – Cartas com reconhecimento da importância da atividade mineradora para o desenvolvimento científico, tecnológico e social e caminhos alternativos (Conclusão).

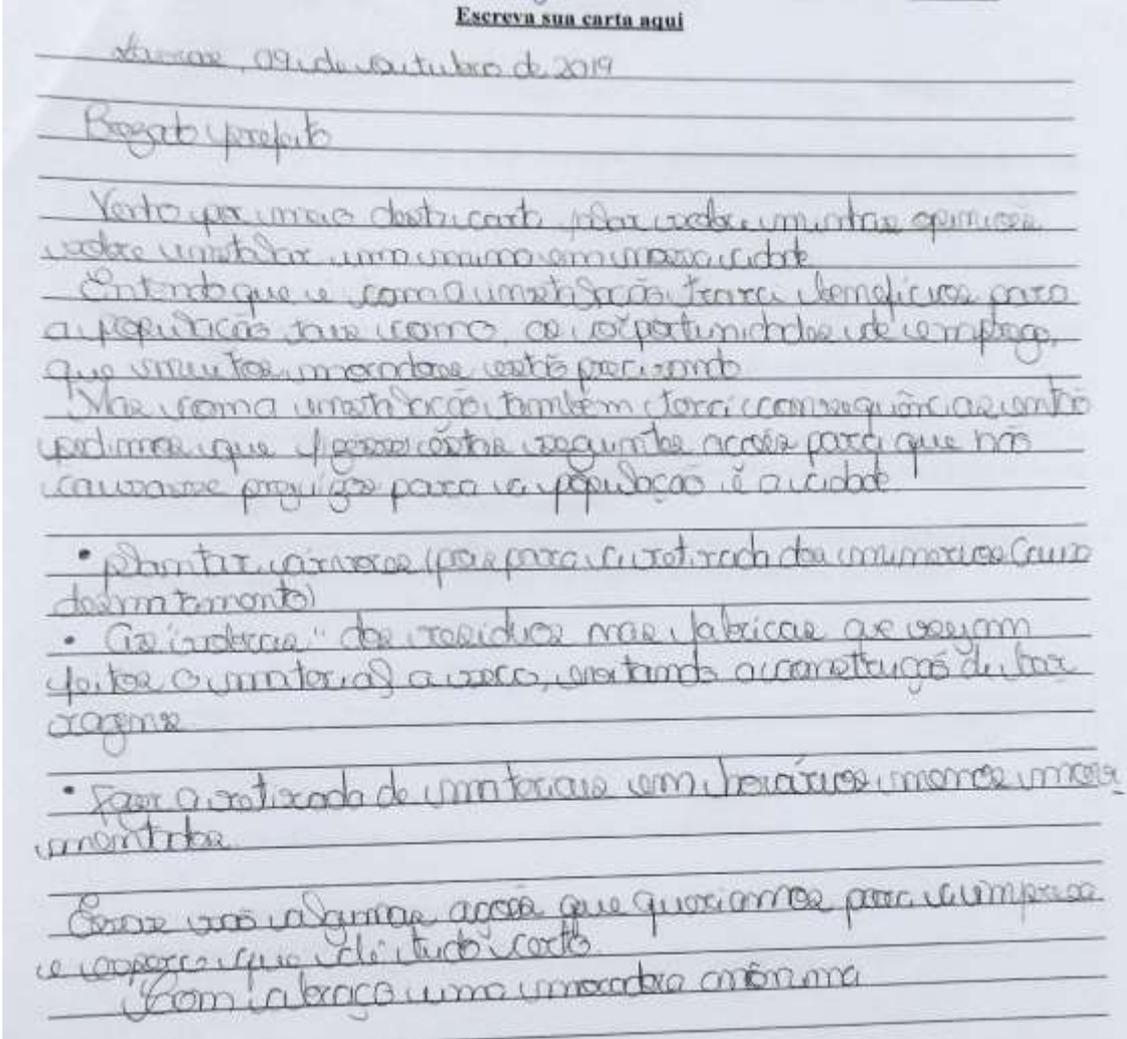
Carta do aluno E3
 <p>Primariamente, prefiro, de não mencionar de maneira alguma com essa ideia de mineração nesse município, neste visor outros lugares ricos em ferro e até a natureza da mesma forma que ai, além que cidade poderia ganhar bem mais, utilizando do turismo que essas montanhas podem oferecer, do que com a mineração. A mineração irá trazer danos irreversíveis para a natureza, matando a biodiversidade, assim mata várias espécies de animais e plantas que vivem ali.</p>
<p><b>Categorias:</b> - Relação da mineração com questões ambientais  <b>Subcategoria:</b> Mortandade e contaminação de animais e destruição da biodiversidade            - Alternativas a continuação da mineração ou instalação de nova mineradora  <b>Subcategoria:</b> Investir em ecoturismo para suprir necessidades econômicas ao invés de estabelecer a mineradora</p>

Fonte: Elaboração própria (2021)

Notamos ainda que dois estudantes foram a favor da instalação da mineradora, sendo que estes ressaltaram a relevância que a empresa possui para o desenvolvimento social da cidade devido à geração de empregos, e também o fato de que os minérios extraídos geram matéria prima para o desenvolvimento científico, tecnológico e de infraestrutura. Entretanto deixam bem claro que é necessário que haja uma rigorosa fiscalização ambiental, que é importante realizar a extração que gera resíduos secos, ou seja, sem barragens, e que é necessário realizar ações de compensação ambiental como replantio de árvores. No Quadro 33 é apresentado como exemplo a carta do aluno E1, que justifica sua aceitabilidade devido a geração de empregos e condiciona a instalação da mineradora à implantação de medidas de preservação ambientais como o plantio de árvores, além de requerer que os rejeitos da mineração do ferro sejam tratados a seco.

Quadro 33 – Carta de aluno favorável à implementação da mineradora

**Carta do aluno E1**



Escreva sua carta aqui

Blumenau, 09 de outubro de 2019

Prezados senhores,

Venho por meio desta carta, falar sobre um tema que me interessa bastante, um assunto em uma cidade.

Entendo que se trata de uma ótima oportunidade e benefícios para a população, pois como as oportunidades de emprego, que muitas vezes, muitas vezes, vêm com o desenvolvimento.

Mas, como uma atividade, também, trata-se de um assunto que me preocupa, que a população precisa saber que não causamos prejuízo para a população e a cidade.

- plantar árvores (para para a redução das temperaturas durante o verão)
- "Coleta seletiva" dos resíduos nas fábricas que usam muito o material a ser usado, assim como a coleta dos resíduos.
- fazer o controle de um terreno com árvores, mesmo um terreno.

Com um valor que não é muito grande, mas que ajuda a melhorar a qualidade de vida e a saúde da população.

Com a ajuda de uma comunidade ambiental.

**Categorias:** - Relação da mineração com impacto econômico e social  
 - Relação da mineração com questões ambientais  
**Subcategoria:** - Extração mineral é prejudicial ao meio ambiente, pois é uma atividade poluente devido substâncias tóxicas de grande risco ambiental.  
 - A favor da instalação da mineradora, porém com medidas preventivas para redução de impactos.

Fonte: Elaboração própria (2021)

Por fim, julgamos necessário apresentar que identificamos nas cartas de dois alunos o não cumprimento da proposta da atividade ou uma ausência de progresso em relação às respostas dadas pelos estudantes no início da SEI. No Quadro 34 são apresentadas as respostas e cartas dos alunos E4 e C8. O aluno E4 foge totalmente da proposta escrevendo uma carta com pedidos de natal, demonstrando desinteresse pela atividade final, enquanto que o aluno C8 não apresenta progressos em suas compreensões ao final da SEI.

Quadro 34 – Exemplos de respostas e cartas de alunos que não apresentaram progresso em suas compreensões (Continua)

**Resposta do aluno E4 as perguntas P7 e P8**

8. Em quais situações do dia a dia você utiliza estes materiais?

Antes e depois da festa para de fazer o jogo de  
Calce.

9. Como é realizada a extração mineral do ferro? Que consequências esta pode ocasionar em nosso cotidiano?

Das minas, com a poluição na natureza

**Não se enquadra em nenhuma categoria**

**Carta do aluno E4**

Querido

PREFEITO

Gostaria que o Senhor POSSA Calcear  
mais luzes de natal na Praça e Calcear  
Um telão no dia da nossa nova Para  
Ver as festas, Como esta acabando, Esta  
chegando um ano novo, O dia  
de natal, é um natal de Paz e de  
amor, e de Esperança. É um novo e  
um dia de celebração com a nova gente vai  
chegar. Eu gostaria que o Senhor POSSA  
me dar uma abate-la Nova Para  
trabalhar as aulas de todas as Escolas  
Municipais e Estaduais. Espero que  
o Senhor possa ajudar na melhoria  
das aulas, para que gente pode viver  
melhor. Eu desejo Feliz Natal, É um  
ano novo cheio de Paz, Saúde e amor.

**Não se enquadra em nenhuma categoria**

Quadro 34 – Exemplos de respostas e cartas de alunos que não apresentaram progresso em suas compreensões (Conclusão)

<b>Resposta do aluno C8 as perguntas P7 e P8</b>	
<p>8. Em quais situações do dia a dia você utiliza estes materiais?</p> <p><i>na cozinha no hora do almoço em portico em tudo. OK!</i></p>	
<p>9. Como é realizada a extração mineral do ferro? Que consequências esta pode ocasionar em nosso cotidiano?</p> <p><i>As empresas utilizam o ferro com auxílio de máquinas próprias para extração e durante o ferro. Essas atividades prejudicam a natureza. OK!</i></p>	
<p><b>Categorias:</b> - Relação da mineração com a produção de objetos                  - Relação da mineração com questões ambientais  <b>Subcategoria:</b> Extração mineral é prejudicial ao meio ambiente, pois é uma atividade poluente devido substancias tóxicas de grande risco ambiental.</p>	
<b>Carta do aluno C8</b>	
<p><u>Escreva sua carta aqui</u></p>	
<p><i>Caro prefeito, a ideia de instalar uma mina é boa pra nossa linda cidade, mas pense se não tem consequências que essa extração vai fazer em nossas rias e em nossos montanhos. Essa atividade vai acabar com nossas rias com tanta detritos que serão retirados pela empresa Ferro Forte. Porque, nossas rias são belas e podemos aproveitá-las e nossos montanhos são altos e ricas de vida. Se não decidir implantar essa mineradora em nossa cidade vai ser parte de uma riqueza sua destruído. Não temo que preservar a beleza de nossa cidade para nossas futuras gerações. Mas a decisão é sua fique que achar melhor.</i></p>	
<p><b>Categorias:</b> - Relação da mineração com a produção de objetos                  - Relação da mineração com questões ambientais  <b>Subcategoria:</b> Extração mineral é prejudicial ao meio ambiente, pois é uma atividade poluente devido substancias tóxicas de grande risco ambiental.</p>	

Fonte: Elaboração própria (2021)

Apesar desta pequena parcela de estudantes não ter obtido bons resultados no que tange as contextualizações, acreditamos que a análise das respostas as perguntas P7 e P8 deixam evidente que inicialmente a maioria dos estudantes enfatizaram os prejuízos ambientais

relacionados à mineração, negligenciando os benefícios que os materiais explorados oportunizam. Já ao final da SEI, os alunos manifestam maior compreensão e habilidade para dialogar sobre os impactos positivos oriundos da extração mineral, bem como de reconhecer de maneira mais aprimorada seus possíveis impactos negativos.

Portanto, compreendemos que as aulas desenvolvidas junto aos estudantes propiciaram um ambiente investigativo e livre de aprendizagem, norteado pela análise crítica de fatos e informações relevantes relacionadas à mineração, sempre concedendo a cada estudante oportunidade de expressar suas opiniões e compreensões alcançadas. Assim, nos aproximamos da perspectiva que entende a contextualização como um meio pelo qual proporcionamos ao estudante realizar uma transformação da realidade social, por buscarmos, por meio das atividades propostas, inserir a prática social no ensino de química (SILVA; MARCONDES, 2010; 2014).

Compreendemos ainda que alcançamos o objetivo de proporcionar aos estudantes uma contextualização significativa e não reducionista conforme relatada por Lufti (1992) e Chassot (2001), pois o problema de estudo foi tratado como ponto de partida para a investigação dos conceitos de química, sendo retomado constantemente no decorrer das aulas. Assim, percebemos que ele foi trabalhado de forma ampla e considerado como de igual importância frente aos conhecimentos científicos em química.

Entendemos também que não desvalorizamos os conhecimentos em química, e nos dedicamos em explorar diversas TQ e TF dos materiais. Reconhecemos que ficamos desejosos de abordar as TQ de forma mais aprofundada explorando algumas de suas particularidades, e portanto, sugerimos algumas ampliações e aprimoramentos nas aulas. Entretanto reafirmamos nossa alegria com os progressos e resultados já obtidos neste trabalho, que nos fazem crer que caminhamos no sentido de alcançar um equilíbrio entre conhecimento químico e contextualização.

## 5 CONCLUSÕES

Buscamos com este trabalho investigar como estudantes do 2º ano do Ensino Médio se apropriaram dos níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico e quais relações com o contexto foram capazes de realizar durante uma SEI com o tema mineração, conforme registrado em nosso objetivo geral.

Iniciamos realizando uma análise reflexiva sobre as SEI proposta e ministrada, concluindo que para alunos e professores o transitar simultaneamente entre os três níveis do conhecimento químico é trabalhoso, exige muito da cognição e pode gerar confusões nas conceituações e compreensões construídas se trabalhado de maneira não planejada. Notamos que existe uma tendência natural e produtiva em priorizar a representação em dois níveis, e que esta permite um aprofundamento e melhoria na complexidade de ideias. Desta forma, sugerimos para trabalhos futuros que os três níveis do conhecimento químico sejam desenvolvidos em sala de aula de forma que se realize uma imersão gradual em cada nível representacional. Portanto, sugerimos algumas ampliações e aprofundamentos nas aulas da SEI ministrada visando suprir esta demanda de imersão gradual.

Posteriormente, nos dedicamos a estudar as representações elaboradas pelos estudantes em diferentes momentos pedagógicos da SEI, e percebemos que as atividades desenvolvidas por meio destas, possibilitaram aos estudantes o desenvolvimento de uma melhor compreensão da química em seus três níveis, macroscópico, submicroscópico e simbólico, de forma que se sentissem confortáveis para arriscar hipóteses representacionais, principalmente para os níveis submicroscópico e simbólico, que inicialmente eram pouco explorados por eles. Assim, percebemos que ocorreu uma iniciação do desenvolvimento da habilidade de pensar e explicar a química em seus três níveis e a superação do receio de entender e representar principalmente o nível submicroscópico, invisível.

Ao analisar as representações elaboradas pelos estudantes em diferentes momentos da SEI ministrada, entendemos que o desenvolvimento de atividades de ensino e aprendizagem utilizando os três níveis do conhecimento químico, foram benéficas no sentido de aprimorar as perspectivas que os estudantes possuíam sobre o universo submicroscópico. É visível nas representações que a maioria dos alunos saíram de um modelo representacional de partículas por meio de figuras geométricas, para a representação de moléculas em mais detalhes, com seus átomos, ligações químicas e indicando a quebra de ligações e a formação de novas ligações quando ocorre TQ. Ressaltamos que os alunos apresentaram necessidade de manipular os modelos, assim, é preciso ir além de apenas apresentar os modelos aos estudantes e motivá-los

a manipulá-los e a realizar desenhos e representações de suas concepções. A manipulação, construção e reconstrução de modelos é extremamente proveitosa para elaboração de novos conhecimentos e para desenvolver o transitar nos três níveis do conhecimento químico.

Notamos também que a SEI contribuiu para que os estudantes atribuíssem sentido aos símbolos utilizados na química, principalmente às letras que representam os átomos, aos traços que representam ligações, aos coeficientes que representam os números de átomos e de moléculas e a construção simbólica de reações químicas. Entretanto, notamos que mais ações pedagógicas que abordem a química em seus três níveis são necessárias, para que estas compreensões sejam aprimoradas de forma que ocorra cada vez mais a superação nas dificuldades apresentadas pelos alunos em suas representações.

Desta maneira, os resultados alcançados demonstram a essencialidade de que se trabalhe com os estudantes a química em seus três níveis de conhecimento para que desenvolvam melhores e mais complexas compreensões acerca dos fenômenos físico-químicos presentes na vida diária. Entendemos que esta maneira de ensino e aprendizagem que leva em consideração as diferentes formas de compreensão, comunicação e estruturação de saberes desta ciência, precisa ter sua abordagem iniciada o quanto antes no processo de ensino e aprendizagem do aluno.

O ideal seria que no Ensino Fundamental 2 ou mesmo nas séries iniciais já se possibilitasse aos estudantes momentos pedagógicos que os direcionem a pensar na existência de um universo submicroscópico por meio de uma imersão gradual e planejada, respeitando os limites de desenvolvimento cognitivo. Desta forma, acreditamos que o choque em se descobrir no 1º ano do Ensino Médio ou no final do Ensino Fundamental 2 que existe um universo submicroscópico seria reduzido, e a superação de muitos desafios de ensino e aprendizagem em química caminhariam em direção a superação.

Por fim analisamos as relações com o contexto alcançadas pelos estudantes por meio da participação nas aulas da SEI mineração e concluímos que houve um grande progresso nas compreensões manifestadas pelos estudantes. Por meio das análises percebemos que inicialmente os alunos abordavam a temática da exploração mineral apontando com mais ênfase os prejuízos ambientais que esta atividade pode acarretar e demonstravam uma compreensão mais simples tanto sobre os impactos ambientais como sobre a aplicabilidade dos minerais explorados e a importância da mineração para o desenvolvimento da ciência, de tecnologias e da sociedade. Já ao final da SEI verificamos uma mudança nas perspectivas dos estudantes, onde uma grande porcentagem passou a reconhecer a importância da mineração para o desenvolvimento social e econômico, além de delimitarem com mais precisão quais são os

possíveis impactos ambientais e proporem estratégias para suprir demandas.

Compreendemos então que a pesquisa aqui realizada alcançou suas proposições iniciais de trabalhar o ensino de química de forma a equilibrar contextualização significativa e conhecimento científico, pois, os estudantes foram capazes de desenvolver seus conhecimentos em química aprimorando suas compreensões relacionadas às transformações dos materiais levando em consideração os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico da química; além de demonstrarem um bom desenvolvimento de suas compreensões contextuais relacionadas ao tema mineração.

Finalizo com o coração grato, pois a participação no programa de mestrado em ensino de ciências e educação matemática da UFLA, me proporcionou um amadurecimento pessoal e profissional. Sempre me considerei uma pessoa responsável, mas o novo contexto de estar estudando e trabalhando concomitantemente, apesar de cansativo, possibilitou o desenvolvimento de minhas habilidades organizacionais, e confirmou minha vocação como professora de química e ciências. Mesmo trabalhando e estudando, por algumas vezes em três turnos, a satisfação de ver o projeto sendo realizado e de vivenciar os estudantes manifestando construções de novas ideias foi gratificante.

Aprendi ainda que o professor é um eterno aprendiz. Sempre haverá novos conhecimentos em química e no ensino de química para nos aperfeiçoarmos e crescermos profissionalmente. Estas novas ideias construídas terão impacto em nossa prática docente.

Pessoalmente esta pesquisa possuía dois desafios cruciais. O primeiro deles era colocar em prática uma SEI que abordasse de maneira equilibrada os conhecimentos químicos e a contextualização, pois em algumas de minhas práticas anteriores, percebi que um era valorizado em detrimento do outro, e estou muito satisfeita por acreditar que este equilíbrio foi alcançado.

O segundo desafio foi tratar o conhecimento em química levando em consideração os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico. Este desafio foi mais intenso, pois vivenciei que o sujeito que se propõe a levar os três níveis em consideração em sua prática docente, precisa estar disposto a realizar um intenso exercício mental para alinhar as ideias macro, submicro e simbólica, sempre estando de acordo com a convenção científica. Acertei em diversos aspectos e em alguns, equívocos conceituais foram cometidos. Mas como aprendemos, precisamos valorizar os erros no sentido de incentivar os aprendizados por meio da superação destes. Seguirei levando a perspectiva dos três níveis do conhecimento químico em minhas aulas, pois entendi seus benefícios enquanto professora, pesquisadora e para a aprendizagem dos alunos.

Para trabalhos futuros poderíamos reaplicar a SEI com as alterações efetuadas no

produto educacional e também elaborar novas SEIs considerando outras temáticas, conceitos químicos e os três níveis do conhecimento químico.

## REFERÊNCIAS

- BADDELAY, A. Working memory: looking back and looking forward. **NATURE REVIEWS | NEUROSCIENCE**, v. 4, p. 829-839, Outubro 2003. ISSN doi:10.1038/nrn1201.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Educação é a base**. 1. ed. Brasília : [s.n.], 2017.
- BRASÍLIA : MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, S. D. E. B. **Orientações curriculares para o ensino médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: [s.n.], v. 2, 2006.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo. Edições 70. 2016.
- CARVALHO, A. M. P. Uma metodologia para estudar os processos de ensino e aprendizagem em sala de aula. (In) **A Pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil e suas Metodologias**. Ijuí: Unijuí, p. 13-48, 2006.
- CARVALHO, A. M. P. (Org.). **O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: CENCAGE Learning, 2013.
- CHASSOT, A. **Alfabetização Científica: Questões e Desafios para a Educação**. 2ªed, Ijuí: Editora Unijuí, 2001. (Coleção Educação em Química).
- CRUZ, S. M. S. C. S. **Aprendizagem centrada em eventos: uma experiência com enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade no Ensino Fundamental**. Tese de Doutorado em Educação – Centro de Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- DELIZOICOV, D. **Conhecimento, Tensões e Transições**. Tese de Doutorado em Educação - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 50 ed. Rio de Janeiro. Paz e Terra, 2011.
- GABEL, D. L. Use of the Particle Nature of Matter in Developing Conceptual Understanding. **Journal of Chemical Education**, Indiana, v. 70, n. 3, p. 193-194, Março 1993. ISSN IN 47405.
- HASLER, B. S.; KERSTEN, B.; SWELLER, S. J. Learner Control, Cognitive Load and Instructional Animation. **Applied Cognitive Psychology**, v. 21, p. 713-729, 2007. ISSN DOI: 10.1002/acp.1345.
- JOHNSTONE, A. H. Chemical Education Research: Where from Here? **University Chemistry Education**, v. 1, n. 4, 2000.
- JOHNSTONE, A. H. Chemical education research in Glasgow in perspective. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 7, n. 2, p. 49-66, Janeiro 2006.

LOCATELLI, S. W.; ARROIO, A. **Dificuldades Na Transição Entre Os Níveis Simbólico E Submicro - Repensar O Macro Pode Auxiliar A Compreender Reações Químicas?** X Congreso Internacional Sobre Investigación En Didáctica De Las Ciencias. Sevilla: [s.n.]. 2017. p. 4239 - 4244.

LOPES, A. R. C. Reações Químicas: Fenômeno, Transformação e Representação. **Química Nova na Escola**. n.2, p.7-9, 1995.

LUFTI, M. **Os Ferrados e Cromados: Produção Social e Apropriação Privada do Conhecimento Químico**. Ijuí: UNIJUÍ, 1992.

MACHADO, A. H. Pensando e Falando Sobre Fenômenos Químicos. **Química Nova na Escola**. n. 12, p. 38-42, 2000.

MARQUES, H. S. **Aspectos qualitativos nas transformações químicas: um olhar sobre as dificuldades de aprendizagem de alunos do ensino médio na perspectiva bachelardiana**. 2017. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.

MARTORANO, S. A. A.; CARMO, M. P. Investigando as Ideias dos Alunos do Ensino Médio sobre a Matéria. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 237-244, Dezembro 2013. ISSN DOI: 10.5433/1679-0375.2013v34n2p237.

MELO, M. S. de. **A Transição Entre os Níveis – Macroscópico, Submicroscópico e Representacional – uma Proposta Metodológica**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

MILLER, G.A. The magical number seven plus or minus two: some limits to our capacity for processing information. **Psychological Review**, **63**, 81-97, 1956.

MINAS GERAIS. **Proposta Curricular: Conteúdo Básico Comum**. [S.l.]: [s.n.], 2007.

MIRANDA, A. C. G.; PAZINATO, M. S.; BRAIBANTE, M. E. F. Temas geradores através de uma abordagem temática freireana: contribuições para o ensino de ciências. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 7, n. 3, p. 72-92, Setembro / Dezembro 2017. ISSN ISSN 2238-2380.

MORTIMER, E. F.; MIRANDA, L. C. Transformações: Concepções de Estudantes sobre reações Químicas. **Química Nova na Escola**. n.2, p. 23-24, 1995.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

NERY, A. L. P. N.; LIEGEL, R. M.; FERNANDEZ, C. Um Olhar Crítico Sobre o Uso de Algoritmos no Ensino de Química no Ensino Médio: A Compreensão das Transformações e Representações das Equações Químicas. **Enseñanza de las Ciencias**. v. 6, n. 3, p. 587- 600, 2007.

NERY, A. L. P.; LIEGEL, M.; FERNANDES, C. Reações Envolvendo Íons em Solução Aquosa: Uma Abordagem Problematizadora Para a Previsão e Equacionamento de Alguns

Tipos de Reações Inorgânicas. **Química Nova na Escola**. n.23, maio 2006.

OLIVEIRA, O. M. M. F.; SCHLÜNZEN, J. K.; SCHLÜNZEN, E. T. M. (Orgs.). et al. **Coleção temas de formação: Química**. São Paulo: Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista: Núcleo de Educação a Distância, 2013. 779 p. 2 tomos. ISBN 978-85-7983-503-2. v. 3.

POZO, J. I. et al. **Procesos Cognitivos de la Ciencia: Las Ideas de Los Adolescentes Sobre La Química**. Madrid: CIDE, 1991.

QUADROS, A. L. et al. **Representações Multimodais no Ensino de Ciências: compartilhando experiências**. 1. ed. Curitiba : Editora CRV, v. 1, 2020.

QUEIROGA, J. S.; SILVA, P. A. R. Ensino de Química: Aproximação Construtivista à Educação a Distância. **Revista Interdisciplinar de Tecnologias e Educação** , v. 6, n. 1, 2020.

RIBEIRO, D. M. et al. Pesquisando com professores: a centralidade do diário de campo e da restituição em uma pesquisa-intervenção. **Revista de Psicologia**, Fortaleza , v. 7, n. 1, p. 81-93, janeiro/junho 2016. ISSN 2179-1740.

ROSA, M. I. F. P. S.; SCHNETZLER, R. P. Sobre a importância do Conceito Transformação Química no Processo de Aquisição do Conhecimento Químico. **Química Nova na Escola**. n. 8, p.31 – 35, 1998.

SANTOS, M.S. **Reflexões e Práticas de uma professora bem sucedida**. 2010. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de São João Del Rei

SANTOS, W. L. P. Educação Científica Humanística em Uma Perspectiva Freireana: Resgatando a Função do ensino de CTS. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.1, n.1, p. 109-131, 2008.

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**, v. 8, n. 3, p. 41-60, Setembro 2017. ISSN DOI: 10.26843/rencima.v8i3.1239.

SILVA, E.L.D.; MARCONDES, M.E.R. **Visões de contextualização de professores de química na elaboração de seus próprios materiais didáticos**. Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciência, Belo Horizonte, 12, n. 1, 2010. p. 101-118.

SILVA, E. L.; MARCONDES, M. E. R. **Contextualização no Ensino de Ciências: Significados e Epistemologia**. Capítulo 1, 2014.

SILVA, F. B. F. **Estudo da Influência dos Parâmetros de Síntese na Preparação de Nano Partículas de Óxidos Magnéticos de Ferro por Rota Solvométrica**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, 2013.

SILVA, S. C. **Uso de Estratégias Lúdicas em Uma Sequência de Ensino Investigativa**

**para Abordagem do Tema Eletroquímica.** Trabalho para Conclusão do Curso de Química Licenciatura Plena, Universidade Federal de Lavras, 2018.

SHORE, B. M.; DOVER, A. C. Metacognition Intelligence and Giftedness. In: REIS, S. M. **Definitions and Conceptions of Giftedness.** Thousand Oaks : Corwin Press, 2004. Cap. 4, p. 39-46.

SOUZA, K. A. F. D.; CARDOSO, A. A.; A formação em Química discutida com base nos modelos proposto por estudantes de pós-graduação para o fenômeno de dissolução. **Química Nova.** v. 32, n. 1, p. 237-243, 2009.

SOLINO, A.P.; GEHLEN, S.T. Abordagem Temática Freireana e o Ensino de Ciências por Investigação: Possíveis Relações Epistemológicas e Pedagógicas. **Investigações em Ensino de Ciências** – v. 19, p. 141-162, 2014.

TABER, K. S. Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. **Chemistry Education Research and Practice,** Cambridge, UK, v. 14, p. 156-168, 2013. ISSN DOI: 10.1039/c3rp00012e.

VEZÚ C. O.; CINIRO M. M. Utilização e avaliação de recursos digitais na elaboração conceitual sobre solubilidade de sais. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina,** v. 38, n. 1, p. 31-42, jan./jun. 2017.

VRIES, M. G.; ARROIO, A. Construindo Atividades de Modelagem Sobre a Estrutura da Matéria em Sala de Aula: Uma Análise Sobre Suportes Necessarios. **Anais X Congresso Internacional Sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias,** Sevilla, p. 4421-4426, Stembro 2017

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. DE B. Os Níveis de Representação no Ensino de Química e as Categorias da Semiótica de Peirce. **Investigações em Ensino de Ciências** – v.16, p. 275-290, 2011

WITKIN, H.A. et al. Field-dependent and field-independent cognitive styles and their educational implications, **Review of Educational Research,** n.47, p.1-64, 1977.

**Apêndice A – Imagens para a roda de conversa****Imagem 1****Imagem 2****Imagem 3****Imagem 4****Imagem 5****Imagem 6**

1 Disponível em: < <http://bvpengenharia.com.br/plus/modulos/noticias/ler.php?cdnoticia=23> > Acesso em 14 abr. 2020

2 Disponível em: < <http://maranhaohoje.com/empresarios-e-politicos-buscam-saida-para-o-setor-de-ferro-gusa/> > Acesso em 14 abr. 2020.

3 Disponível em: < <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/aco.htm> > Acesso em 14/abr. 2020 >

4 Disponível em: < <https://www.casadicas.com.br/construcao/qual-o-preco-de-ferro-38-14-516-e-outras-barras-de-ferro.html> > Acesso em 14 abr. 2020 >

5 Disponível em: < <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/aco.htm> > Acesso em 14 abr. 2020.

6 Disponível em: < <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/aco.htm> > Acesso em 14 abr. 2020.



**Imagem 7**



**Imagem 8**



**Imagem 9**



**Imagem 10**



**Imagem 11**



**Imagem 12**

7 Disponível em:< <https://economia.ig.com.br/empresas/industria/arcelormittalbrasil/2014-10-15/o-aco-esta-em-todo-lugar.html> > Acesso em 14 abr. 2020.

8 Disponível em:< <http://www.atontecnologia.com.br/industria-a-importancia-do-aco/> > Acesso em 14 abr. 2020.

9 Disponível em:< <https://jornal.usp.br/universidade/acoes-para-comunidade/solucoes-tecnicas-podem-ajudar-a-encontrar-desaparecidos-de-brumadinho>>. Acessado em 14 abr. 2020.

10 Disponível em:< <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2019-02/atos-lembram-um-mes-do-rompimento-da-barragem-da-vale-em-brumadinho> > Acesso em 14 abr. 2020.

11 Disponível em:< [https://viafanzine.jor.br/site\\_vf/pag/1/minas\\_ambiente.htm](https://viafanzine.jor.br/site_vf/pag/1/minas_ambiente.htm) > Acesso em 14 abr.2020.

12 Disponível em:< <https://noticias.r7.com/minas-gerais/fotos/imagens-aereas-mostram-antes-e-depois-da-tragedia-de-brumadinho-28012019#!/foto/1> > Acesso em 14 abr. 2020.

**Imagem 13****Imagem 14****Imagem 15****Imagem 16**

13 Disponível em:< <https://www.metrojornal.com.br/foco/2019/01/31/brumadinho-antes-e-depois-fotos.html><http://revistaincendio.com.br/o-bravo-trabalho-dos-bombeiros-em-brumadinho/> > Acesso em 14 abr.2020.

14 Disponível em:< <https://www.istoedinheiro.com.br/blogs-e-colunas/post/20151109/caso-samarco-desmoronamento-responsabilidade-social-corporativa/7737> > Acesso em 14 abr. 2020.

15 Disponível em:< <http://www.24brasil.com/geral/quatro-abalos-foram-registrados-antes-da-tragedia-em-mariana/1284-noticias>< acessado em / >. Acesso em 14 abr. 2020.

16 Disponível em:< <https://www.faco.com.br/ferro-aco-construcao-civil/> > Acesso em 14 abr. 2020.