



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Presidente Prudente

AMANDA CAROLINA GIMENES CARVALHO

**Análise do desenvolvimento de modelos mentais a partir da
contribuição de atividades investigativas**

**Ilha Solteira
2022**

AMANDA CAROLINA GIMENES CARVALHO

**Análise do desenvolvimento de modelos mentais a partir da
contribuição de atividades investigativas**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino e Processos Formativos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ensino e Processos Formativos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Presidente Prudente.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Bizarria Gibin

Ilha Solteira
2022

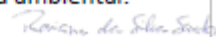
FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

C331a Carvalho, Amanda Carolina Gimenes.
Análise do desenvolvimento de modelos mentais a partir da contribuição de
atividades investigativas / Amanda Carolina Gimenes Carvalho. -- Ilha Solteira:
[s.n.], 2022
162 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Ensino e Processos
Formativos, 2022

Orientador: Gustavo Bizarria Gibin
Inclui bibliografia

1. Ensino de ciências. 2. Ensino por investigação. 3. Química ambiental.


Raiane da Silva Santos

Supervisora Técnica de Setor
Setor Técnico de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB5 - 9999

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Análise do desenvolvimento de modelos mentais a partir da contribuição de atividades investigativas

AUTORA: AMANDA CAROLINA GIMENES DE CARVALHO

ORIENTADOR: GUSTAVO BIZARRIA GIBIN

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em ENSINO E PROCESSOS FORMATIVOS, pela Comissão Examinadora:

A handwritten signature in blue ink, reading "Gustavo Bizarría Gibin", is positioned above the name of the professor.

Prof. Dr. GUSTAVO BIZARRIA GIBIN (Participação Virtual)
Departamento de Química e Bioquímica / UNESP/Câmpus de Presidente Prudente

Prof. Dr. ETTORE PAREDES ANTUNES (Participação Virtual)
Ensino de Ciências e Matemática / Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. JACKSON GOIS DA SILVA (Participação Virtual)
Departamento de Educação / UNESP/Câmpus de São José do Rio Preto

Ilha Solteira, 24 de janeiro de 2022

A minha família que são os responsáveis por tudo o que sou e pelo apoio
que sempre me deram em todos os momentos da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tudo que tem feito por mim, pela luz, pela ajuda, por estar sempre comigo, por ouvir minhas orações, pela força que tem me motivado a continuar e nunca ter me deixado sozinha.

Ao Prof. Dr. Gustavo por toda a paciência, companheirismo, compreensão, orientações, discussões e encaminhamentos, os quais foram fundamentais para a construção deste trabalho e de meu aperfeiçoamento acadêmico e profissional.

Aos meus pais, José e Luciana, por todo incentivo, apoio e escuta. Às minhas irmãs, Beatriz e Isabelly, pelo ombro amigo nos momentos de crise, pelo incentivo, pela escuta, pela amizade e carinho. Ao meu esposo e amigo, Ariel, por estar vivendo lado a lado comigo este momento e durante todo este trajeto ter segurado minha mão e vivido esta fase comigo. Sem vocês, minha amada família, nada disso seria possível. Vocês foram essenciais para mais este objetivo alcançado.

À minha companheira de pós-graduação, Taís, por sempre ouvir meus desabafos, compartilhar angústias e sempre estar disponível para me ajudar.

Ao GPMEC (Grupo de Pesquisa em Metodologias em Ensino de Ciências) pelas discussões enriquecedoras e contribuições para o aperfeiçoamento deste trabalho.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” e ao Programa de Pós-graduação em Ensino e Processos Formativos por essa excelente oportunidade de realização do Mestrado.

RESUMO

O Ensino de Química no Brasil vem enfrentando diversos desafios ao longo dos anos, o que, em parte, justifica-se devido às metodologias de ensino e de aprendizagem adotadas, as quais são baseadas no ensino tradicional. Diante disso, este estudo, o qual consiste em uma pesquisa qualitativa, apresenta uma metodologia embasada na abordagem investigativa com o intuito de identificar o aprendizado dos alunos sob a luz da análise dos modelos mentais construídos durante o desenvolvimento das atividades. Para isso, desenvolveu-se um minicurso com a proposta de atividades de investigação, as quais foram analisadas em consonância as ideias de Johnson-Laird segundo a Teoria dos Modelos Mentais. O minicurso foi realizado nas aulas de uma disciplina eletiva ministrada pela pesquisadora com alunos do Ensino Médio de uma escola da rede pública estadual em uma cidade do interior do Estado de São Paulo. Assim, considerando o objetivo da disciplina eletiva em subsidiar os alunos cognitivamente para avaliações externas como o ENEM, desenvolveu-se uma sequência didática envolvendo atividades de investigação em aulas teóricas abrangendo conceitos químicos estudados em uma das temáticas mais recorrentes no ENEM: a Química Ambiental. O minicurso teve como objetivo fornecer embasamento teórico para os alunos realizarem as atividades propostas, e, em decorrência da pandemia provocada pela COVID-19 e a necessidade de isolamento social, as aulas presenciais foram suspensas, o que acarretou a realização das práticas no formato *online*. Os conteúdos consistiam no estudo do efeito estufa, chuva ácida, inversão térmica, ilhas de calor, *smog* e camada de ozônio. Após os encontros, os alunos eram orientados a realizar as atividades, e partindo das problemáticas ambientais esperava-se que estes propusessem hipóteses que justificassem as causas para a situação problema e, posteriormente, apresentassem estratégias de solução. Foram realizados, sequencialmente, um Questionário Inicial com o objetivo de identificar os modelos mentais iniciais dos alunos, quatro atividades de investigação pelas quais pode-se investigar os modelos mentais dos alunos ao longo do desenvolvimento do minicurso e um Questionário Final ao término do minicurso para verificar os modelos mentais construídos e analisar suas estruturas e funcionalidades, considerando se houve evolução ou não em relação àqueles identificados previamente. Foram realizadas, ainda, entrevistas com alguns alunos para maior detalhamento de seus modelos mentais. A análise dos dados obtidos permitiu observar, para cada Atividade de Investigação, a estrutura dos modelos mentais dos alunos em relação às problemáticas ambientais, no que diz respeito aos *tokens* referentes aos conteúdos químicos inerentes à estas problemáticas. Assim, foi possível concluir que a maior parte dos modelos mentais dos alunos possuíam falhas nos *tokens* referentes às ligações químicas e geometria molecular, indicando dificuldade por parte dos alunos nestes conceitos. Ademais, pode-se observar uma participação protagonista dos alunos, o que culminou no aprimoramento dos modelos mentais iniciais de alguns alunos, indicando um aprendizado satisfatório. Neste sentido, este trabalho apresenta-se como uma promissora metodologia para embasar os processos de ensino e de aprendizagem, fundamentados na abordagem investigativa na área do Ensino de Química e Ciências, promovendo, assim, uma melhoria no processo de construção do conhecimento e saber científico.

Palavras- chave: ensino de ciências; ensino por investigação; química ambiental.

ABSTRACT

The teaching of chemistry in Brazil has faced several challenges over the years, which is partly justified by the teaching and learning methodologies adopted, which are based on traditional teaching. Therefore, this study, which consists of qualitative research, presents a methodology based on the investigative approach in order to identify student learning in light of the analysis of mental models constructed during the development of activities. For this, a short course was developed with the proposal of investigative activities, which were analyzed in line with the ideas of Johnson-Laird according to the Mental Models theory. The short course was held in the classes of an elective subject taught by the researcher with high school students from a public high school in a city in the interior of São Paulo State. Thus, considering the goal of the elective subject in subsidizing students cognitively for external assessments such as ENEM, a didactic sequence was developed involving investigative activities in theoretical classes covering chemical concepts studied in one of the most recurrent themes in ENEM: Environmental Chemistry. The short course aimed to provide a theoretical foundation for students to perform the proposed activities, and, due to the pandemic caused by COVID-19 and the need for social isolation, the face-to-face classes were suspended, which led to the realization of the practices in online format. The subjects consisted of the study of the greenhouse effect, acid rain, thermal inversion, heat islands, smog, and the ozone layer. After the meetings, the students were guided to perform the activities, and based on the environmental problems, they were expected to propose hypotheses that would justify the causes of the problem situation and, subsequently, present solution strategies. Sequentially, an Initial Questionnaire was carried out with the objective of identifying the students' initial mental models, four investigative activities through which the students' mental models could be investigated along the development of the short course, and a Final Questionnaire at the end of the short course to verify the mental models built and analyze their structures and functionalities, considering whether there was evolution or not in relation to those previously identified. Interviews were also conducted with some students for further detailing of their mental models. The analysis of the data obtained allowed us to observe, for each Investigative Activity, the structure of the students' mental models in relation to environmental problems, in what concerns the tokens related to the chemical contents inherent to these problems. Thus, it was possible to conclude that most of the students' mental models had gaps in the tokens related to chemical bonding and molecular geometry, indicating students' difficulty with these concepts. Moreover, a protagonist participation of students could be observed, which culminated in the improvement of the initial mental models of some students, indicating a satisfactory learning experience. In this sense, this work presents itself as a promising methodology to support the teaching and learning processes, based on the investigative approach in the area of teaching chemistry and science, thus promoting an improvement in the process of building knowledge and scientific knowledge.

Keywords: science teaching; inquiry teaching; environmental chemistry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Diagrama referente às descrições espaciais mencionadas por Mani e Johnson-Laird (1982) na realização de experimento referente às representações mentais	39
Figura 2 - Relação entre os níveis de conhecimento do Ensino de Química	43
Figura 3 - Problemática referente à Atividade de Investigação 1	56
Figura 4 - Problemática referente à Atividade de Investigação 2	58
Figura 5 - Problemática referente à Atividade de Investigação 3	59
Figura 6 - Problemática referente à Atividade de Investigação 4	61
Figura 7 - Representações das principais etapas envolvidas no processo de acidificação dos oceanos e seu impacto nos corais	81
Figura 8 - Proposta de representação das reações químicas envolvidas no processo de acidificação dos oceanos e impacto aos corais realizada pela aluna Caty	83
Figura 9 - Representação correta das geometrias moleculares para os compostos envolvidos nos processos de acidificação dos oceanos e deterioração de corais	84
Figura 10 - Quadro a ser preenchido pelo(a) aluno(a) após a realização da Atividade de Investigação	86
Figura 11 - Proposta de representação das reações químicas envolvidas no processo de acidificação dos oceanos e impacto aos corais realizada pela aluna Dany	88
Figura 12 - Proposta de representação das reações químicas envolvidas no processo de acidificação dos oceanos e impacto aos corais realizada pela aluna Marge	88
Figura 13 - Proposta de representação das reações químicas envolvidas no processo de acidificação dos oceanos e impacto aos corais realizada pela aluna Olenna	91
Figura 14 - Proposta de explicação para o processo de acidificação dos oceanos e impacto aos corais realizada pelo aluno Jon	93
Figura 15 - Representação da estratégia de solução proposta pelo aluno Jon para minimizar a problemática de acidificação dos oceanos	94
Figura 16 - Representação proposta pela aluna Caty das reações químicas e dos compostos químicos envolvidos no processo de formação do smog em Londres, na Inglaterra em dezembro de 1952	97
Figura 17 - Representação proposta pela aluna Dany das reações químicas e dos compostos químicos envolvidos na problemática ambiental da Atividade de Investigação 2	98
Figura 18 - Representação proposta pela aluna Marge das reações químicas e dos compostos químicos envolvidos na problemática ambiental da Atividade de Investigação 2	99
Figura 19 - Representação proposta pela aluna Olenna das reações químicas e dos compostos químicos envolvidos na problemática ambiental da Atividade de Investigação 2	100
Figura 20 - Representação proposta pela aluna Caty para explicitar as reações químicas e os compostos envolvidos na problemática ambiental da Atividade de Investigação 3	103
Figura 21 - Representação proposta pela aluna Marge para explicitar as reações químicas e os compostos envolvidos na problemática ambiental da Atividade de Investigação 3	105

Figura 22 - Representação proposta pela aluna Olenna para explicitar a problemática ambiental da Atividade de Investigação 3	106
Figura 23 – Esquema apresentado pelo aluno Jon para representar uma estratégia de solução para a problemática da chuva ácida	108
Figura 24 – Esquema proposto pela aluna Caty para explicitar a ação dos HCFCs na camada de ozônio e seu impacto no efeito estufa	111
Figura 25 – Esquema proposto pela aluna Marge para explicitar a ação dos HCFCs na camada de ozônio e seu impacto no efeito estufa	112

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 - Cronograma de atividades do minicurso _____	53
Quadro 2 - <i>Tokens</i> a serem investigados nos modelos mentais dos alunos e a classificação do desempenho na realização das Atividades de Investigação _____	67
Quadro 3 - Respostas da aluna Caty às questões do Questionário Inicial _____	70
Quadro 4 - Respostas da aluna Dany às questões do Questionário Inicial _____	72
Quadro 5 - Respostas da aluna Marge às questões do Questionário Inicial _____	74
Quadro 6 - Respostas da aluna Olenna às questões do Questionário Inicial _____	76
Quadro 7 - Respostas do aluno Jon às questões do Questionário Inicial _____	79
Quadro 8 - Panorama geral do desempenho dos alunos na realização da Atividade de Investigação 1 a partir dos modelos mentais construídos e os tokens constituintes _____	82
Quadro 9 - Síntese do desempenho dos alunos na realização da Atividade de Investigação 2 a partir dos modelos mentais construídos e os tokens constituintes _____	96
Quadro 10 - Síntese do desempenho dos alunos na realização da Atividade de Investigação 3 a partir dos modelos mentais construídos e os tokens constituintes _____	102
Quadro 11 - Síntese do desempenho dos alunos na realização da Atividade de Investigação 4 a partir dos modelos mentais construídos e os tokens constituintes _____	109
Quadro 12 - Modelos mentais iniciais e finais da aluna Caty em relação aos fenômenos: chuva ácida, inversão térmica, smog, efeito estufa e uso de combustíveis fósseis _____	116
Quadro 13 - Modelos mentais iniciais e finais da aluna Caty em relação aos fenômenos: chuva ácida, inversão térmica, smog, efeito estufa e uso de combustíveis fósseis _____	119
Quadro 14 – Opiniões expressadas pelas alunas Caty, Dany e Olenna acerca das atividades de Investigação realizadas e do minicurso desenvolvidas _____	121
Quadro 15 – Erros e acertos dos alunos em função dos <i>tokens</i> nas Atividades de Investigação 1, 2 e 3 _____	125

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
CAPÍTULO 1 – O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO	18
1.1 O contexto histórico do surgimento e evolução do Ensino por Investigação	19
1.2 Diferentes concepções do Ensino por Investigação e características das atividades investigativas	25
1.3 O papel do professor na abordagem investigativa e o potencial do erro	29
CAPÍTULO 2 - OS MODELOS MENTAIS	31
2.1 A construção e desenvolvimento do raciocínio: a Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird	31
2.1.1 As representações proposicionais	32
2.1.2 Os modelos mentais	33
2.1.3 As imagens	36
2.2 As representações mentais na construção e desenvolvimento do raciocínio	37
2.3 O uso dos modelos mentais no Ensino de Ciências	42
CAPÍTULO 3 – OS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	49
3.1 Objetivos e questão de pesquisa	49
3.1.1 Questão de pesquisa	49
3.1.2 Objetivos geral e específicos	50
3.2 O cenário de desenvolvimento da pesquisa	50
3.2.1 Conhecendo a escola e os participantes da pesquisa	50
3.2.2 O minicurso proposto	51
3.3 Metodologia	52
3.3.1 Desenvolvimento do minicurso	52
3.4 Instrumentos de coleta de dados	61
3.4.1 Os questionários	63
3.4.2 As atividades de investigação	64
3.4.3 As entrevistas	65
3.5 Análise dos dados	65
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	69

4.1 O Questionário Inicial	69
4.1.1 <i>Os modelos mentais iniciais</i>	69
4.2 As atividades de investigação	80
4.2.1 <i>A Atividade de Investigação 1</i>	81
4.2.2 <i>A Atividade de Investigação 2</i>	95
4.2.3 <i>A Atividade de Investigação 3</i>	102
4.2.4 <i>A Atividade de Investigação 4</i>	109
4.3 O Questionário Final	114
4.3.1 <i>Os modelos mentais finais</i>	114
4.3.2 <i>As impressões e opiniões dos alunos em relação ao minicurso e às atividades de investigação</i>	121
4.4 As principais dificuldades apresentadas pelos alunos	124
CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	130
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	132
ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP	138
APÊNDICE A – TERMO DE ASSENTIMENTO	142
APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	145
APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO INICIAL	148
APÊNDICE D – ATIVIDADE DE INVESTIGAÇÃO 01	151
APÊNDICE E – ATIVIDADE DE INVESTIGAÇÃO 02	153
APÊNDICE F – ATIVIDADE DE INVESTIGAÇÃO 03	155
APÊNDICE G – ATIVIDADE DE INVESTIGAÇÃO 04	157
APÊNDICE H - QUESTIONÁRIO FINAL	159
APÊNDICE I – ROTEIRO DE ENTREVISTAS	162

INTRODUÇÃO

Nesta seção, serão apresentados alguns pontos pertinentes ao desenvolvimento do estudo, tais como, a motivação e a justificativa do tema escolhido e a relevância social do estudo. Ademais, serão apresentados os detalhes de cada um dos capítulos que compõem a estrutura do estudo aqui descrito.

• **Motivação e justificativa para a escolha do tema de pesquisa**

Ao pensar nas razões as quais me trouxeram até aqui é impossível não refletir sobre todo o percurso travado que sem dúvida foi crucial para fomentar a motivação e o interesse pela pós-graduação na área de Ensino de Ciências, bem como, influenciar na escolha do tema de pesquisa.

Meu contato com o ensino deu-se desde cedo, afinal, minha mãe é professora e foi minha professora de Língua Portuguesa e Inglesa durante todo o Ensino Fundamental II e Ensino Médio. Assim, desde sempre fui incentivada a me dedicar aos estudos e, principalmente, à leitura. Sempre fui uma leitora assídua, de modo que, quando podia escolher presentes entre brinquedos e livros, eram os livros a minha primeira – sem pestanejos – escolha. Desse modo, iniciei meus estudos na escola municipal da pequena cidade em que morava, onde aprendi a ler e escrever. Ao fim dos meus anos iniciais, que anteriormente eram chamados de Pré II e Pré III, ingressei na escola em que minha mãe lecionava, o SESI. Ali, estudei desde a antiga 1ª série do Ensino Fundamental até o 3º ano do Ensino Médio. Lembro-me com clareza que sempre gostei de ajudar meus colegas de turma a realizar as atividades, de modo que, meus professores me apelidaram de “professorinha”. Olhando hoje consigo enxergar que o dom da minha mãe talvez tenha geneticamente influenciado no meu desejo em ensinar e ajudar aos outros, embora, sempre que me questionavam o que eu queria ser quando crescesse sempre dizia – e jurava de pés juntos - o que eu não queria ser: professora. Acredito, hoje, que minha tamanha negação vinha diante da exaustiva carga horária de trabalho vivida pela minha mãe. Mal sabia eu que algumas coisas o destino se encarrega de fazer.

Assim, cheguei ao Ensino Médio. Desde então, sempre havia sido muito elogiada em minhas atividades de escrita, sempre estive imersa em leituras e outras coisas que envolviam a Língua Portuguesa. E, por outro lado, sempre tive dificuldade em Exatas, não conseguia realizar contas simples sem contar nos dedos

ou desenvolvê-las no papel. Matemática não era para mim. Porém, por ironia do destino ou não, na 1ª série do Ensino Médio, iniciei meus estudos em novas disciplinas, entre elas, a magnífica Química. E então, incentivada pela minha professora participei das Olimpíadas de Química da USP, dos anos de 2011 e 2012, onde consegui, em ambas, ser aprovada para a segunda fase. Posso dizer, portanto, que meu interesse por Química foi altamente influenciado pela aprovação nas Olimpíadas de Química. A partir disso, comecei a perceber que tinha facilidade em entender os conteúdos estudados em sala, e que era nessa área que eu gostaria de atuar. E, então chegaram os vestibulares. Eu continuava com a ideia de que não queria ser professora. Prestei os vestibulares em diversas universidades para Bacharel em Química, e com muita insistência dos meus pais, para o curso de Licenciatura em Química na UNESP de Presidente Prudente, próximo da cidade onde morava. O fato é que, não consegui ser aprovada na universidade que gostaria para cursar Bacharel em Química, porém, fui aprovada em Licenciatura em Química pela UNESP de Presidente Prudente.

Dei início, assim, à minha graduação pela UNESP de Presidente Prudente. Confesso que não foi um percurso fácil, as disciplinas mostraram-se altamente desafiadoras, a carga horária muito extensa, e em vários momentos pensei que ali não fosse meu lugar. Porém, com todo o apoio dos meus pais e das forças que fielmente acredito serem divinas, concluí essa etapa com muito orgulho. Na graduação, pude vivenciar momentos únicos, pude desenvolver minha resiliência, e entender que todas as dificuldades possuem um poder de nos proporcionar crescimento pessoal e profissional. Durante a universidade, tive a oportunidade de realizar Iniciação Científica na área de desenvolvimento de sensores químicos durante quase quatro anos, o que, sem dúvidas, contribuiu significativamente para meu aprendizado na área científica e acadêmica.

Após o término da graduação, decidi que ainda não estava pronta para ingressar na pós-graduação. E então, como já estava lecionando em uma escola particular, continuei ali. E algum tempo depois, ingressei no quadro de professores da rede pública estadual. Nesse momento, a partir de todas as vivências com os alunos e o contexto da sala de aula, pude perceber que o que eu sempre quis ser foi professora. E, então me ocorreu o desejo de me tornar professora do Ensino Superior. Um ano após minha colação de grau da graduação senti que era o momento de retornar à universidade. Assim, entrei em contato com o professor Dr.

Gustavo, que havia sido meu professor durante a graduação. Ele me apresentou sua área de pesquisa em atividades de investigação e modelos mentais, e decidi realizar o processo seletivo para o curso de Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino e Processos Formativos.

Após a aprovação no processo seletivo, em conversas com o professor Dr. Gustavo delimitamos o tema do trabalho a ser desenvolvido, bem como, a metodologia. Porém, fomos surpreendidos pela pandemia provocada pela COVID – 19 o que nos obrigou a revermos alguns pontos referentes à metodologia, uma vez que, as escolas estavam com suas aulas presenciais suspensas. Assim, optamos por estudar e investigar a contribuição do desenvolvimento de atividades investigativas em aulas teóricas para com os modelos mentais dos alunos. Para isso, realizamos um minicurso de modo remoto durante as aulas de uma disciplina Eletiva ministrada por mim, onde abordamos a temática de Química Ambiental e realizamos as atividades de investigação com os alunos. Para tanto, neste trabalho detalharemos a fundamentação teórica utilizada, analisaremos os resultados obtidos a partir das atividades de investigação, dos questionários, das entrevistas e das gravações dos encontros com os alunos. E, por fim, buscaremos refletir e interpretar tais resultados no que diz respeito ao desenvolvimento e evolução dos modelos mentais produzidos pelos alunos.

- **A relevância social do trabalho no cenário do ensino de Química no Brasil**

Não é de hoje que a situação do Ensino de Ciências no Brasil vem enfrentando desafios e encontra-se muito distante de promover um ensino de qualidade. Nesse sentido, diversos dados ilustram as estatísticas alarmantes do contexto no qual se insere o ensino de Ciências no Brasil.

O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) consiste em uma avaliação realizada pelos alunos pertencentes às séries do Ensino Médio e tem como objetivo avaliar o desempenho escolar dos estudantes da educação básica. De acordo com a Sinopse Estatística do ENEM de 2019 divulgado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Nacionais Anísio Teixeira (INEP), a média do desempenho dos candidatos nas questões referentes à Ciências da Natureza e suas Tecnologias foi de 477,8, o que confere um desempenho abaixo dos 500,0 pontos que caracteriza o nível regular de proficiência. Ademais, dos 3.710.433 participantes apenas 100

conseguiram classificar-se nas faixas de proficiência entre 800 e 900 pontos (INEP, 2019a).

O Programa de Avaliação Internacional de Estudantes, o PISA, é realizado a cada três anos pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e tem como objetivo promover um comparativo internacional do desempenho de estudantes de 15 anos. Embora a 7ª edição do PISA realizada no ano de 2018 tenha tido como domínio principal a Leitura, o que significa um maior número de questões dessa área do conhecimento, os alunos também foram avaliados na área cognitiva de Ciências. Segundo o relatório divulgado pelo INEP, a média de proficiência dos estudantes brasileiros em Ciências foi de 404 pontos, enquanto os demais países participantes obtiveram uma média de 489 pontos. Diante disso, o Brasil apresenta 85 pontos em defasagem ocupando o intervalo de 64-67 no ranking de todos os países participantes (INEP, 2019b). Ademais, ainda segundo o relatório, embora a média de proficiência do Brasil tenha aumentado de 401 pontos em 2015 para 404 pontos em 2018, ainda mostra-se largamente distante da média obtida por outros países como Estados Unidos, Canadá e Finlândia, que obtiveram, respectivamente, 502, 518 e 522 pontos em 2018, ficando, portanto, acima da média dos países participantes (INEP, 2019b).

A avaliação do PISA possui sete níveis de proficiência, sendo os Níveis 1a e 1b os mais fáceis e o Nível 6 o que contempla as atividades mais desafiadoras. Segundo a OCDE, é necessário que seja atingido pelo menos o Nível 2, uma vez que este é considerado o nível básico (OECD, 2019). O Brasil no Pisa 2018, entretanto, obteve em Ciências 45% dos estudantes no Nível 2 ou acima e 55% abaixo (INEP, 2019b).

É notório, portanto, a partir dos índices apresentados, a dificultosa e emergencial situação do ensino de Ciências no Brasil. Como apontado no texto elaborado pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) baseado Conferência Mundial sobre a Ciência e na Declaração sobre Ciência e a Utilização o Conhecimento Científico:

para que um país tenha a capacidade de atender às necessidades básicas de sua população, a educação em ciência e tecnologia é um imperativo estratégico. Como parte dessa educação, os estudantes devem aprender a solucionar problemas específicos e a tratar das necessidades da sociedade através do uso de conhecimentos e técnicas científicas e tecnológicas. (UNESCO, 2003, p. 50).

Ainda segundo o texto da UNESCO, os currículos de ciência e tecnologia devem incentivar uma abordagem que baseie-se na resolução de problemas (UNESCO, 2003). Nesse sentido, a pesquisa aqui descrita busca sugerir uma metodologia como proposta de investigação dos modelos mentais produzidos pelos alunos a partir do desenvolvimento de atividades investigativas inseridas na temática de Química Ambiental.

- **Apresentação da estrutura do trabalho**

A pesquisa a ser aqui descrita estrutura-se em sete capítulos os quais serão apresentados a seguir.

Na seção *Introdução*, foi apresentado de um modo geral quais foram os fatores que motivaram o desenvolvimento da pesquisa, bem como a trajetória pessoal vinculada a profissional da pesquisadora, que levaram a escolha do tema de pesquisa.

Na sequência, apresentou-se a relevância social da pesquisa baseando-se no cenário atual do Ensino de Ciências no Brasil, e ainda, os objetivos gerais e específicos do estudo.

No *Capítulo I – O Ensino por Investigação*, será discorrido acerca do contexto histórico do Ensino por Investigação destacando o contexto no qual se originou e ainda, como ocorreram as modificações ao longo dos anos. Será descrita uma reflexão acerca de algumas concepções filosóficas que o fundamentam a fim de destacar qual o significado produzido ao se utilizar tal metodologia de ensino. E, por fim, serão discutidas as diferentes abordagens, as características e os objetivos específicos de uma atividade de investigação.

No *Capítulo II – Os Modelos Mentais*, serão abordados os precursores contribuintes para a Teoria dos Modelos Mentais proposta pelo psicólogo Philip Johnson-Laird, bem como, os elementos fundamentais da teoria e o uso dos Modelos Mentais com referencial teórico no Ensino de Ciências.

No *Capítulo III – Os Procedimentos Metodológicos*, serão apresentadas a questão de pesquisa e a relevância social da pesquisa. Serão detalhados a escola e os participantes da pesquisa, bem como, as características do minicurso que foi proposto e desenvolvido. Ademais, o capítulo descreve os procedimentos

metodológicos, os quais incluem o desenvolvimento do minicurso, os instrumentos de coletas de dados utilizados e metodologia para análise dos dados.

No *Capítulo IV – Resultados e Discussão*, serão apresentados os resultados os quais foram obtidos a partir do Questionário Inicial, das Atividades de Investigação, do Questionário Final, e ainda, das entrevistas e encontros realizados com os alunos durante o desenvolvimento do minicurso. Ademais, serão detalhadas a discussão e as respectivas reflexões fundamentadas no referencial teórico da Teoria dos Modelos Mentais.

No *Capítulo V – Considerações Finais*, serão feitas as considerações e conclusões referentes ao estudo desenvolvido.

CAPÍTULO 1 – O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

Neste capítulo serão apresentados os percursos históricos do ensino por investigação, bem como, as diferentes concepções discutidas na literatura e as principais características, especificidades e objetivos das atividades desenvolvidas segundo a percepção dos principais autores desta abordagem. Por fim, serão discutidos o papel do professor e o potencial do durante o desenvolvimento dos processos de ensino e aprendizagem.

É importante diferenciar os termos abordagem e metodologia, uma vez que, *abordagem* diz respeito aos pressupostos de investigação e teóricos fundamentados por uma comunidade científica acerca de determinado objeto de estudo, isto é, consiste em uma ou mais concepções sobre tal objeto as quais são resultados de pesquisas científicas. Já a *metodologia* é caracterizada o que o professor de fato desenvolve em sala de aula, baseando-se nos fundamentos de determinada abordagem, e então, influenciada pelas crenças do professor, observações e experiências. A metodologia consiste, portanto, nas atividades e experiências selecionadas pelo professor com o intuito de promover e alcançar a aprendizagem e compreender todo o processo de ensino e de aprendizagem (BORGES, 2010).

Assim, em se tratando do Ensino por Investigação, como destacado por Sasseron (2015, p. 10), este

extravasa o âmbito de uma metodologia de ensino apropriada apenas a certos conteúdos e temas, podendo ser colocada em prática nas mais distintas aulas, sob as mais diversas formas e para os diferentes conteúdos [...]. Caracteriza-se por ser uma forma de trabalho que o professor utiliza na intenção de fazer com que a turma se engaje com as discussões e, ao mesmo tempo em que travam contato com fenômenos naturais, pela busca de resolução de um problema, exercitam práticas e raciocínios de comparação, análise e avaliação bastante utilizadas na prática científica. Tomando-o como associado ao trabalho do professor e não apenas a uma estratégia específica, o ensino por investigação configura-se como uma *abordagem didática*, podendo, portanto, estar vinculado a qualquer recurso de ensino desde que o processo de investigação seja colocado em prática e realizado pelos alunos a partir e por meio das orientações do professor (SASSERON, 2015, p. 10).

Neste sentido, neste capítulo serão retratados os aspectos acima elencados em relação à abordagem investigativa.

1.1 O contexto histórico do surgimento e evolução do Ensino por Investigação

Os princípios e fundamentos da abordagem investigativa no Ensino de Ciências se modificaram ao longo dos anos. Isso se dá, pois, desde a segunda metade do século XIX até os dias atuais, o Ensino de Ciências apresentou diferentes objetivos e perspectivas. Estes foram fundamentados em mudanças as quais ocorreram na sociedade em diversos momentos e influenciados por perspectivas políticas, históricas e filosóficas (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

Como destacado por Batista e Silva (2018), Zômpero e Laburú (2011) e Andrade (2011), o Ensino por Investigação surge em meados do século XX, com a nomenclatura *inquiry ou inquiry learning* defendida pelo filósofo e pedagogo John Dewey nos Estados Unidos. Dewey foi um pensador pragmatista que desenvolveu sua proposta investigativa com o intuito de favorecer a compreensão do processo de construção e justificativa de conceitos, distanciando-se de uma aprendizagem superficial (BATISTA; SILVA, 2018).

O pragmatismo tem sua origem decorrente do filósofo americano Charles Sanders Peirce, que embasado nos estudos de Kant, concentrou-se em diferenciar os termos: “pragmático” e “prático” (SANTOS, 2011). Neste sentido, Peirce considerava que ‘*praktish*’, isto é, o prático concerne em uma região do pensamento onde uma mente do tipo experimental, a qual pode ser definida como sendo aquela desenvolvida em laboratório, não é capaz de “*encontrar um terreno sólido sob seus pés*” enquanto que ‘*pragmatisch*’, que caracteriza o pragmático, expressa a relação a algum “*propósito humano definido*” (DEWEY, 2007, p. 2). Posterior a Pierce, Willian James deu continuidade aos trabalhos iniciados por Pierce, e em um ensaio escrito em 1908, James caracteriza o “prático” como sendo o “*distintamente correto, o individual, o particular e efetivo*” enquanto o “pragmata” “*consiste no abstrato, geral e inerte*” (DEWEY, 2007, p. 4–5). Neste contexto, Dewey integra o grupo dos pragmatistas, caracterizando-se como o melhor divulgador do movimento. Para Dewey, o pragmatismo, também conhecido como instrumentalismo,

consistia em uma extensão do empirismo histórico, porém sobre fenômenos consequentes e as possibilidades de ação, abrindo espaço para as ideias como bases para organizar observações e experiências futuras, e não apenas como forma de registro e relato de experiências passadas (SANTOS, 2011, p. 4)

Assim, o pragmatismo defendido por Dewey, tem seus fundamentos embasados na obra de Charles Darwin, *A Origem das Espécies*, publicada em 1859, que considera a mente humana em função do cérebro a qual nasce dentro da experiência e tem como função a reflexão. Diante disso, o pragmatismo, antagônico à filosofia tradicional, que considerava que as ideias eram inatas ou depositadas por força divina, esta considera que o método científico desenvolve-se a partir da elaboração de hipóteses as quais são passíveis de testes (SANTOS, 2011).

Neste sentido, o instrumentalismo sustenta que *“a ação deve ser inteligente e refletida, e que o pensamento deve ocupar uma posição central na vida”* (DEWEY, 2008, p. 4), o que caracteriza, portanto, um instrumento para resolver problemas à medida que eles surgem. Portanto, o pragmatismo parte do pressuposto de que certezas absolutas não existem e o conhecimento passa a ser uma oportunidade de pesquisa (SANTOS, 2011).

Assim, no modelo de ensino proposto por Dewey, o estudante está ativamente envolvido no processo de aprendizagem e o professor é um facilitador, de modo que, esta abordagem de ensino baseada, portanto, no método científico consiste na apresentação de um problema, formação de hipóteses, coleta de dados e formulação de uma conclusão. Para Dewey, *“os problemas a serem estudados deveriam estar relacionados com as experiências dos estudantes e com a capacidade intelectual deles; assim, os estudantes são aprendizes ativos na busca por respostas”* (BARROW, 2006, p. 2). Neste contexto, embasado nos fundamentos do instrumentalismo, Dewey considera a experiência como sendo uma fase da natureza onde ocorre a interação entre o ser humano e o ambiente, e a partir desta relação, ambos são modificados. De modo que,

a experiência não se limita ao ato no presente, mas também remonta ao que foi aprendido no passado e se reporta ao futuro para se aprimorar a inteligência quando existe algum problema. O ser humano sofre a experiência e reage ao mesmo tempo. É um ser vivo que está em seu ambiente, sente a repercussão, reage com a lógica e busca conseguir os meios para se adaptar (SANTOS, 2011, p. 6).

Considerando o contexto vivenciado nos Estados Unidos na primeira metade do século XX, o que caracteriza um cenário marcado por uma expressiva crise econômica em decorrência da queda da bolsa de Nova Iorque, as medidas governamentais adotadas buscavam conter o desemprego e a falência de empresas

(ANDRADE, 2011). Neste contexto, as ideias de Dewey surgem discutindo a educação escolar como um fator contribuinte para uma sociedade mais humanizada (BARROW, 2006). Assim, neste momento, a educação científica era voltada para os valores sociais da época, e, diante disso, o *inquiry* mostrava-se como uma possibilidade de promover o desenvolvimento de habilidades necessárias para a solução de problemas de relevância social (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

A partir dos anos 1960, com o lançamento do *Sputnik* pela Rússia, surgiu nos Estados Unidos um movimento educacional que tinha como objetivo formar alunos que pensassem como cientistas. Para atender tal perspectiva, era necessário que os estudantes se tornassem criativos na solução de problemas, e, dessa maneira seria possível para os Estados Unidos estabelecerem uma competição tecnológica e militar com os russos (BATISTA; SILVA, 2018). Essa concepção do Ensino de Ciências possui uma relação com as ideias de pensadores positivistas como Francis Bacon, René Descartes e Galileu Galilei (KASSEBOEHMER; HARTWIG; FERREIRA, 2015).

É neste contexto de transposição dos objetivos do Ensino de Ciências, no qual se objetivava formar cientistas em larga escala, que se predominava a abordagem denominada tradicional, distanciando-se dos princípios e fundamentos inerentes à abordagem sugerida por Dewey. Neste sentido, o ensino tradicional no Ensino de Ciências caracteriza-se como uma estratégia de ensino em que a prática pedagógica deve repetir os procedimentos empregados na ciência com o objetivo de que o aluno aprenda as etapas da metodologia científica (KASSEBOEHMER; HARTWIG; FERREIRA, 2015).

Assim, neste cenário,

a ciência se tornou importante para a segurança nacional e desenvolvimento econômico. O ensino de Ciências não era mais uma atividade comum. Para muitos, um programa de ensino forte em ciências era essencial para manter a segurança do país (DEBOER, 2006, p. 11) .

De acordo com Deboer (2006), inúmeras críticas surgiram a respeito do Ensino por Investigação com o intuito de se formar cientistas. Dentre outras causas, tais críticas fundamentaram-se no fato de que os cursos de Ciências deste período foram inacessíveis para vários estudantes devido à grande dificuldade conceitual e à sofisticação teórica destes. Ademais, tais cursos “*falharam em abordar o mundo*

social dos estudantes, seus interesses pessoais ou preocupações práticas” (DEBOER, 2006, p. 14). Diante deste cenário, como destacado por Zômpero e Laburú (2011) tanto no Brasil como nos demais países, ao final dos anos 1970, ganharam força as ideias construtivistas, em especial, o Movimento das Concepções Alternativas. Tal movimento tinha como objetivo identificar as ideias prévias dos alunos, ou seja, as concepções que estes traziam para a sala de aula em relação aos fenômenos naturais a serem estudados. Com isso, o objetivo do Ensino de Ciências, passa a promover a mudança nas concepções alternativas dos alunos para que estas se tornassem mais próximas e coerentes com as concepções científicas.

Ainda em 1970, com a preocupação em relação a situação ambiental, o Ensino de Ciências retoma o objetivo de promover uma educação que considerasse os aspectos sociais em relação ao desenvolvimento científico e tecnológico. Com isso, atividades de investigação eram propostas para orientar os estudantes a pesquisar os problemas sociais, como por exemplo, aquecimento global e poluição (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011). As atividades de investigação no Ensino de Ciências, portanto, relacionavam-se diretamente com os aspectos sociais, o que deu origem ao movimento denominado Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), o qual questionava a cultura tecnológica em decorrência das novas descobertas científicas no período da Segunda Guerra Mundial (ANDRADE, 2011).

Especialmente no Brasil, nas décadas anteriores, isto é, 1950 e 1960, algumas reformas curriculares no Ensino de Ciências ocorreram como reflexo da mudança promovida na educação científica dos demais países. Sendo assim, o objetivo central de tais reformas era instituir a investigação científica para o Ensino de Ciências, o que se deu a partir do Instituto Brasileiro de Educação, Ciências e Cultura (IBECC), criado em 1946 e com a tradução de materiais didáticos norte-americanos e ingleses produzidos na década de 1960 (ANDRADE, 2011). Ademais, como destacado por Batista e Silva (2018) e Andrade (2011), o IBECC promoveu o desenvolvimento do projeto “Iniciação Científica” com a produção de kits a serem utilizados no Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia) com as séries dos cursos primários e secundários.

Ao final da década de 1980, o documento *Science for All Americans* foi publicado nos Estados Unidos, trazendo uma visão mais ampla para a definição de Alfabetização Científica. Neste documento foram abordadas algumas

recomendações para as sequências didáticas no Ensino de Ciências, como por exemplo: iniciar com questões sobre a natureza, envolver os alunos ativamente, utilizar evidências, fornecer perspectivas históricas, utilizar expressões claras e objetivas e promover o trabalho em equipe. Ademais, as atividades investigativas não deveriam separar o conhecimento da descoberta e, ainda, distanciar-se da memorização de vocabulário técnico (BARROW, 2006). Além deste documento, outros foram publicados, como o *Atlas of Scientific Literacy* e o *National Science Education Standards*, os quais reconheceram o Ensino por Investigação como um fator importante no Ensino de Ciências (BARROW, 2006).

Na década de 1990, um segundo movimento de reformas curriculares ocorreu no Brasil e nos Estados Unidos. A partir de então, a Alfabetização Científica tornou-se o principal objetivo do Ensino de Ciências, “*a fim de que os alunos compreendessem o mundo sob a perspectiva da ciência e da tecnologia, bem como seus condicionantes sociais, políticos e econômicos*” (BATISTA; SILVA, 2018, p. 2).

A abordagem investigativa foi considerada nas instituições escolares brasileiras a partir de sua inserção nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) ao final dos anos 1990. Como apontado no documento,

em Ciências Naturais são procedimentos fundamentais aqueles que permitem a investigação, a comunicação e o debate de fatos e ideias. A observação, a experimentação, a comparação, o estabelecimento de relações entre fatos ou fenômenos e ideias, a leitura e a escrita de textos informativos, a organização de informações por meio de desenhos, tabelas, gráficos, esquemas e textos, a proposição de suposições, o confronto entre suposições e entre elas e os dados obtidos por investigação, a proposição e a solução de problemas, são diferentes procedimentos que possibilitam a aprendizagem (BRASIL, 1997, p. 29).

A abordagem investigativa mostra-se como fundamental integradora das práticas de ensino e de aprendizagem das instituições do Brasil. Assim, em meados de dezembro de 2017, foi aprovado pelo Conselho Nacional de Educação (CNE) a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a qual caracteriza-se como “*um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica*” (BRASIL, 2018, p. 9). De acordo com o documento, o Ensino de Ciências deve aproximar gradativamente os alunos aos principais processos, práticas e procedimentos da investigação científica. Para isso, faz-se necessário que os educandos sejam

progressivamente estimulados e apoiados no planejamento e na realização cooperativa de atividades investigativas, bem como no compartilhamento dos resultados dessas investigações. Isso não significa realizar atividades seguindo, necessariamente, um conjunto de etapas predefinidas, tampouco se restringir à mera manipulação de objetos ou realização de experimentos em laboratório. Ao contrário, pressupõe organizar as situações de aprendizagem partindo de questões que sejam desafiadoras e, reconhecendo a diversidade cultural, estimulem o interesse e a curiosidade científica dos alunos e possibilitem definir problemas, levantar, analisar e representar resultados; comunicar conclusões e propor intervenções (BRASIL, 2018, p. 320).

Ainda segundo a BNCC, a abordagem investigativa deve ser o cerne da formação dos alunos, de modo que esta esteja relacionada às situações didáticas planejadas em toda a educação básica. Neste sentido, o Currículo Paulista, o qual se fundamenta e organiza embasando-se na BNCC, considera como primordial o desenvolvimento do Ensino por Investigação, uma vez que, uma das competências da BNCC reiteradas pelo novo currículo de Estado de São Paulo, consiste em

exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas (SÃO PAULO, 2019, p. 29).

Portanto, o Ensino por Investigação, embora tenha tido seus objetivos e perspectivas modificados ao longo dos anos, atualmente é visto como um meio de favorecer

condições em sala de aula para os alunos: pensarem, levando em conta a estrutura do conhecimento; falarem, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos; lerem entendendo criticamente o conteúdo lido; escreverem, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas (CARVALHO, 2018, p. 2).

Diante do aqui exposto, a abordagem investigativa favorece ao estudante a oportunidade de protagonizar diretamente todo o percurso de construção de seu conhecimento, promovendo o aperfeiçoamento de capacidades como argumentação, reflexão e pensamento crítico. Ademais, como pode ser observado atualmente e em outros momentos do percurso histórico da abordagem investigativa, o aluno o qual está inserido nela tem a oportunidade de propor e testar hipóteses científicas contextualizadas com situações problemas de relevância social,

e, quando é confrontado com estas, de uma maneira que se sinta responsável pela sua resolução, possibilita o exercício prático da sua cidadania, ao passo em que se alfabetiza cientificamente.

Ademais, a Ciência ensinada e aprendida nas escolas aproxima-se do viver dos alunos, de seus cotidianos e contextos sociais, o que permite a visualização dos conceitos e distancia-se do perfil abstrato atribuído às disciplinas de Ciências, de modo que, sozinho, o aluno consiga obter uma resposta para o famoso questionamento que surge durante as aulas: *“por que eu preciso aprender isto?”*.

1.2 Diferentes concepções do Ensino por Investigação e características das atividades investigativas

A abordagem investigativa é apresentada na literatura sob a luz de diferentes concepções e interpretações. Zômpero e Laburú (2011) apresentam algumas destas diversificadas concepções segundo alguns autores. Como apresentado pelas autoras supracitadas, embora tenha-se uma gama de visões em relação a abordagem investigativa, todas admitem que uma atividade de investigação envolve algumas etapas necessárias como: um problema a ser analisado, emissão de hipóteses e planejamento de todo o processo investigativo a ser realizado sempre objetivando a obtenção de novas informações e interpretação destas para uma posterior comunicação e argumentação, as quais que podem ser realizadas por meio da oralidade ou da escrita. Estas etapas, portanto, foram consideradas durante todo o desenvolvimento das Atividades de Investigação realizadas no presente estudo.

Neste contexto, como destacado por Rodriguez e León (1995), todas as concepções defendem como ponto de partida um problema que deve interessar aos alunos, tanto intelectualmente como afetivamente. No entanto, ainda segundo os autores, há uma grande diferença quanto a natureza dos problemas a serem propostos. De modo que, alguns autores, como Olvera (1993, apud Rodriguez e León, 1995) defendem a proposição de problemas pelos próprios alunos enquanto outros, como Gil (1986, apud Rodriguez e León, 1995), acreditam que o problema deve ser proposto pelo professor. Assim, os autores concluem que, independentemente de o problema ser formulado pelo aluno ou pelo professor, é necessário que este deva interessar aos alunos, de modo que sintam-se motivados a resolvê-lo. Ainda em relação à natureza do problema, Carvalho (2013) pontua que

este deve seguir uma sequência de etapas visando dar oportunidade aos alunos de levantar e testar suas hipóteses, passar da ação manipulativa à intelectual estruturando seu pensamento e apresentando argumentações discutidas com seus colegas e com o professor (CARVALHO, 2013, p. 9).

Pérez e Castro (1996) também defendem que as atividades de investigação precisam compreender algumas características, tais como, apresentar situações problemas abertas com um nível de dificuldade que seja adequado aos alunos, favorecer a reflexão em relação a relevância das situações problemas, permitir a emissão de hipóteses como sendo uma etapa indispensável à investigação científica, favorecer a elaboração de um planejamento de atividade experimental; contemplar as implicações CTS (Ciência, Tecnologia e Social), proporcionar momentos de comunicação e debate, e, ainda, potencializar a dimensão coletiva do trabalho científico.

Azevedo (2004) defende que uma atividade investigativa, sem necessariamente ser desenvolvida no laboratório, é uma importante estratégia no Ensino de Ciências. A autora ainda destaca que uma atividade de investigação deve levar o aluno a refletir, discutir e não se limitar a manipulação de objetos e observação de fenômenos. Ademais, uma atividade de investigação deve fazer sentido para o aluno de modo que ele compreenda a razão pela qual está investigando determinado fenômeno. Assim, segundo a autora,

utilizar atividades investigativas como ponto de partida para desenvolver a compreensão de conceitos é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a perceber e a agir sobre o seu objeto de estudo, relacionando o objeto com acontecimentos e buscando as causas dessa relação, procurando, portanto, uma explicação causal para o resultado de suas ações e/ou interações (AZEVEDO, 2004, p. 22).

Carvalho (2013) também defende algumas etapas as quais devem compor uma sequência de ensino investigativa. A autora considera, portanto, que é importante que a atividade se inicie com um problema contextualizado, que pode caracterizar-se como experimental ou teórico e que esta promova condições para que o aluno pense e seja capaz de trabalhar com pontos significativos para o fenômeno científico do conteúdo que se está estudando. Ademais, após a resolução do problema é necessário que seja realizada uma sistematização do conhecimento, que pode ser praticado por meio da leitura de um texto escrito, o que promove a

comparação entre o que os alunos pensaram ao resolver o problema e contestar com o que é apresentado no texto. Por fim, a autora sugere a contextualização do conhecimento com o cotidiano dos alunos, uma vez que, a partir da contextualização os alunos compreenderão a relevância do conhecimento construído a partir do ponto de vista social.

Portanto, as atividades desenvolvidas segundo a abordagem investigativa devem engajar os alunos intelectualmente, favorecer a manipulação de ideias pelos estudantes, promovendo a participação intelectualmente ativa (WARTHA; LEMOS, 2016). Ademais, Wartha e Lemos (2016) também defendem que uma atividade investigativa deve partir de situações problemas que mobilizem a participação dos estudantes, despertando o interesse pela busca de novas informações, além de promover a construção de modelos capazes de explicar o fenômeno em estudo e a discussão dos resultados obtidos para elaboração de conclusões sobre o problema proposto. Os autores ainda destacam que na abordagem investigativa é fundamental que os alunos utilizem os conhecimentos já obtidos e busquem novos para solucionar o problema.

As atividades investigativas não precisam necessariamente envolver a realização de experimentos, como apontado por Zômpero e Laburú (2011). Neste sentido, Azevedo (2004) apresenta algumas das possibilidades para o desenvolvimento de atividades de investigação, como por exemplo: demonstrações investigativas, as quais baseiam-se na demonstração da apresentação de um problema ou um fenômeno ao qual será estudado e levam à investigação deste; laboratório aberto que busca a solução de uma questão a partir da realização de uma experiência; questões abertas que caracterizam a proposição aos alunos de fatos relacionados ao dia-a-dia onde a explicação está ligada a conceitos já discutidos anteriormente e os problemas abertos que caracterizam situações gerais apresentadas aos alunos onde são discutidas as condições de contorno e as possíveis soluções para a situação apresentada.

Assim, é evidente, portanto, que as atividades de investigação não se limitam apenas às práticas experimentais, mas também podem ser desenvolvidas em aulas teóricas. Neste sentido, assim como em aulas práticas, a utilização da abordagem investigativa em aulas teóricas tem como objetivo promover a aplicação de conceitos aprendidos previamente pelos alunos na resolução de um problema (KASSEBOEHMER; HARTWIG; FERREIRA, 2015). Diante disso, para que os

alunos consigam elaborar hipóteses na resolução do problema faz-se necessário que os conceitos científicos relacionados a ele sejam ser discutidos e aprendidos previamente. Assim,

o aluno dispõe em seu repertório de conhecimentos, esses conceitos científicos necessários, além de outros tantos conceitos, cabe a ele, durante a participação das atividades investigativas selecionar quais conceitos serão úteis para a resolução de problemas e organizá-los na constituição de uma afirmação (KASSEBOEHMER; HARTWIG; FERREIRA, 2015, p. 79).

A abordagem investigativa em aulas teóricas também apresenta algumas etapas essenciais. Assim, Kasseboehmer, Hartwig e Ferreira (2015) sugerem que ao propor um problema, este deve ser aberto para que se tenha mais de uma solução e que se reserve um tempo para socialização das sugestões e ideias dos estudantes, o que é fundamental para que estes organizem suas propostas e sejam capazes de explicá-las aos demais da turma. Ademais, os autores ainda evidenciam que o momento para se desenvolver um debate é essencial para que os alunos desenvolvam a habilidade de criticar a fala do outro a partir da verificação da coerência na ideia proposta pelo colega de sala, além de este momento propiciar que o aluno perceba algum conceito o qual não compreende bem e sinta-se mais aberto para perguntas e esclarecimento de dúvidas.

As atividades de investigação, portanto, mostram-se pertinentes tanto em aulas práticas como teóricas, uma vez que em ambas o aluno está inserido em todo o processo de aprendizagem e configura-se como o principal autor deste percurso de construção do conhecimento, sendo ele o responsável por escolher quais conceitos julga corretos para explicar ou solucionar o problema apresentado. Ademais, tal abordagem promove significado ao educando já que a problemática apresentada a ele se relaciona à sua vida social, motivando-o a solucioná-lo, pois é relevante a ele, o que contribui para que o conhecimento a ser construído resulte em uma aprendizagem duradoura e de qualidade. Assim, o educando aproxima-se da vivência da prática científica compreendendo-a como sendo um percurso dinâmico e passível de erros.

1.3 O papel do professor na abordagem investigativa e o potencial do erro

A abordagem investigativa distancia-se da abordagem tradicional, o que exige uma mudança na postura do aluno e no papel do professor. Azevedo (2004) destaca que nesta abordagem o aluno deixa de ser um simples observador e passa a ter uma postura de maior influência, o que necessita que este argumente, aja, interfira e questione, promovendo a construção de seu conhecimento. Para a autora, quando o aluno tem a oportunidade de expor suas ideias, elaborar hipóteses e defender suas perspectivas, surgem, então, novas ideias nas respostas, as quais são diferentes entre si. Assim, o professor deve passar de expositor para orientador de todo o processo de ensino, sendo, então, um questionador, que estimule as perguntas e proponha desafios.

É papel ainda do professor, inserido nesta abordagem, que desenvolva em seus alunos a aceitação ao erro. É evidente, pois, que em atividades de investigação partindo de problemas abertos, onde espera-se que os alunos proponham soluções e emitam hipóteses, que a oportunidade de errar torna-se maior do que em relação a abordagem tradicional (KASSEBOEHMER; HARTWIG; FERREIRA, 2015). Os erros, por sua vez, são passíveis de frustrações aos alunos, uma vez que, decorrente de ideais pedagógicos tradicionais, o erro é visto como algo ruim, onde aquele que erra não sabe. No entanto, o erro pode ser visto sob uma perspectiva de uma nova oportunidade de aprendizado.

Como apontado por Torre (2007), o erro compõe o currículo oculto,

nutrindo boa porção das ações, decisões e avaliações que ocorrem na educação. É a realidade mais contundente e menos estudada de quantas acontecem no ensino. Está em muitos pressupostos e em muitas rotinas do professor. É um mecanismo do pensamento que escapa ao (...) controle porque integra os valores culturais (TORRE, 2007, p. 9).

Bachelard (1996, p. 23,24) defende que na educação, em especial os professores de Ciências, não refletem acerca da psicologia do erro, e imaginam que a partir da repetição de ponto a ponto de uma tarefa ou demonstração “*é sempre possível reconstruir uma cultura falha*”. Diante disso, o autor apresenta a tarefa mais difícil a ser realizada: “*colocar a cultura científica em estado de mobilização permanente, substituir o saber fechado e estático por um conhecimento aberto e*

dinâmico, dialetizar todas as variáveis experimentais, oferecer enfim à razão razões para evoluir”.

O erro, portanto, constitui um estágio de aprendizagem intrínseco ao processo. E, o professor, como mediador deste processo, deve explorá-lo para identificar a lógica que permeia as concepções apresentadas pelo aluno. Diante disso, a abordagem investigativa considera como fator crucial e essencial todos os entraves, os obstáculos, as direções e os caminhos os quais constituem todo o processo de aprendizagem, de modo que, o resultado é uma mera consequência (GIBIN; SOUZA FILHO, 2016).

CAPÍTULO 2 - OS MODELOS MENTAIS

Neste capítulo serão apresentados os fundamentos os quais permeiam a construção e desenvolvimento do raciocínio humano sob a luz das ideias cognitivistas do psicólogo americano Johnson-Laird, que deu origem a Teoria dos Modelos Mentais. Posteriormente, será discutido seu uso no Ensino de Ciências, e, ainda, como é possível inferir e avaliar, a partir dela, a aprendizagem dos educandos.

2.1 A construção e desenvolvimento do raciocínio: a Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird

A mente humana e suas peculiaridades, tais como, o modo pelo qual o raciocínio se desenvolve e é construído, a formação dos pensamentos e as representações mentais, ainda é, atualmente, um misterioso enigma. Por que os pensamentos ocorrem um após o outro? O que ocorre quando uma sentença é compreendida? Como é possível fazer uma dedução válida sem necessariamente ter aprendido lógica? Por que não é possível acompanhar o processo de compreensão assim como se pode acompanhar a ação de amarrar um cadarço? Estas e outras questões e fenômenos são apresentadas como problemas para qualquer um que queira entender a psicologia humana, como apontado por Johnson-Laird (1983). Segundo o autor, as respostas e soluções para tais questões problemas baseiam-se na ideia de que o ser humano constrói modelos mentais do mundo, e, eles o fazem por meio de processos mentais implícitos.

A Teoria dos Modelos Mentais foi inicialmente sugerida durante a Segunda Guerra Mundial pelo psicólogo e fisiologista escocês Kenneth J. W. Craik (JOHNSON-LAIRD, 2004). De acordo com Craik, o pensamento é a manipulação de representações do mundo. Assim,

se o organismo carrega um “modelo em pequena escala” da realidade externa e de suas próprias ações no interior de sua cabeça, é possível experimentar várias alternativas, concluir qual é a melhor delas, reagir a situações futuras antes que elas surjam, utilizar o conhecimento de eventos passados ao lidar com o presente e o futuro, e em todos sentidos reagir de um modo mais completo, seguro e mais competente nas emergências que se depara (CRAIK, 1943, p. 61).

Como descrito por Johnson-Laird (2004), Craik teria desenvolvido suas ideias se não fosse um acidente que provocou seu falecimento aos 31 anos de idade. Assim, outros físicos, lógicos e filósofos foram os sucessores das ideias de Craik, o que levou ao desenvolvimento da Teoria dos Modelos Mentais em meados do século 20. No entanto, nenhum dos teóricos defensores dos modelos foi capaz de solucionar o quebra-cabeça de como os modelos fundamentam o raciocínio (JOHNSON-LAIRD, 2004).

Para Johnson-Laird (2008), assim como alguns animais e insetos, o ser humano é capaz de construir representações do mundo, as quais são análogas às daquelas do meio externo. Para o autor, os diferentes tipos de representações podem ser distinguíveis logicamente em alguns diferentes níveis de análises, e, além disso, são diferentes no que diz respeito às opções de codificações de informações. Assim, existem ao menos, três tipos de representações mentais: as representações proposicionais, os modelos mentais e as imagens. Tais representações podem se diferenciar não somente por suas propriedades intrínsecas, mas ainda, por suas estruturas, conteúdos e funcionalidades (JOHNSON-LAIRD, 1983).

2.1.1 As representações proposicionais

As representações proposicionais podem ser definidas, em consonância com as ideias de Johnson-Laird (1983), como uma cadeia de símbolos que correspondem a linguagem natural. De modo que, uma representação proposicional é uma representação mental de uma proposição que pode ser expressa verbalmente.

Neste sentido, entender uma proposição implica saber como seria o mundo para que ela fosse verdade. Isso ocorre, pois, uma proposição pode ser verdadeira ou falsa em relação ao que se refere, então, uma representação proposicional é a representação de uma função de estados de coisas que esta, por sua vez, é verdadeira. Assim, a maneira mais comum de se representar uma função é expressa-la por meio da linguagem, utilizando, portanto, um vocabulário, uma gramática e uma semântica (JOHNSON-LAIRD, 1983). Como ilustra Moreira (1996), a situação “o quadro está na parede” pode ser representada por meio de uma proposição, uma vez que, é verbalmente expressável.

As proposições representacionais, no entanto, podem se referir a palavras hipotéticas ou imaginárias. Isso se dá, pois, o ser humano não percebe o mundo externo diretamente, mas possui apenas uma representação interna dele, de modo que, a percepção é uma construção de um modelo do mundo externo. Como definido por Moreira (1996), é uma linguagem da mente que poderia ser denominada “mentalês”, uma vez que existe no mundo interno do indivíduo. Assim, *“representações proposicionais não são frases em uma certa língua. São entidades individuais e abstratas formuladas em linguagem própria da mente”* (MOREIRA, 1996, p. 2). Ademais, Johnson-Laird (1983) defende que as representações proposicionais são mapeadas pela linguagem mental e auxiliam na construção de modelos mentais a partir da linguagem, seja ela por meio de palavras reais ou imaginárias. Neste sentido, representações proposicionais são interpretadas de acordo com os modelos mentais.

2.1.2 Os modelos mentais

Os modelos mentais não possuem uma estrutura sintática escolhida de modo arbitrário, mas sim, uma que é análoga ao estado correspondente ao qual se refere no mundo externo, o que não impede, no entanto, que suas estruturas variem consideravelmente (JOHNSON-LAIRD, 1983).

Os modelos mentais são representações espaciais idênticas àquilo a que se refere, de modo que, os componentes de determinado meio e as relações entre eles, como por exemplo, *o piano está à frente do sofá* são representadas no modelo mental (JOHNSON-LAIRD, 2008). Assim, os modelos mentais

podem ser bi ou tridimensionais; eles podem ser dinâmicos e representar uma sequência de eventos; eles podem assumir um número maior de dimensões no caso de indivíduos talentosos. Uma vantagem de suas estruturas dimensionais é que eles podem ser construídos, e manipulados, de modo que podem ser controlados por variáveis dimensionais (JOHNSON-LAIRD, 1983, p. 156).

De acordo com a teoria proposta por Johnson-Laird (1983), os modelos mentais desempenham um papel central na representação de objetos, estados de coisas, sequências de eventos, do modo como o mundo é, além das ações sociais e psicológicas da vida diária. Ademais, eles são autossuficientes para fazer inferências e previsões, entender fenômenos, decidir qual ação tomar e controlar sua execução,

além de permitirem que a linguagem seja usada para criar representações que podem ser comparadas com aquelas que derivaram diretamente do conhecimento proveniente do mundo e relacionar palavras com o mundo por concepção ou percepção.

Para o autor, alguns princípios são intrínsecos aos modelos mentais podendo-se destacar: o *princípio da computabilidade*, que traduz a possibilidade de computar os itens necessários para a construção e interpretação dos modelos mentais; o *princípio do finitismo*, que implica em um tamanho finito do modelo mental não sendo capaz de representar um domínio infinito; e, o *princípio do construtivismo*, segundo o qual um modelo mental é construído a partir de *tokens*, que são organizados em uma estrutura particular para representar características daquilo que o modelo se refere no mundo externo (JOHNSON-LAIRD, 1983).

A maneira pela qual os modelos mentais representam o mundo externo está intimamente relacionada à visão e percepção própria e característica do sujeito que o vê. De modo que, como já mencionado previamente, o indivíduo não percebe o mundo diretamente, mas o experiencia a partir do seu modelo mental construído internamente. Neste sentido, cada indivíduo possui uma visão distinta do mundo externo a qual é dependente tanto de como o mundo é e de como o próprio indivíduo é. Assim, grande parte do conhecimento de mundo a ser obtido depende da habilidade do ser humano em construir modelos (JOHNSON-LAIRD, 1983).

Em consonância às ideias do autor supracitado, o processo de construção de um modelo mental inicia-se com a habilidade de percepção. Um modelo mental construído a partir de uma percepção visual corresponderá a uma entidade única que se refere a um único estado de coisas. Já um modelo mental construído baseando-se em um discurso poderá corresponder a inúmeros estados de coisas, uma vez que o discurso pode ser compatível ou indeterminado com diferentes estados de coisas. Assim, em suma, um modelo único deve ser construído, na prática, por um meio não determinístico o que envolve a construção de um modelo inicial com bases plausíveis, embora, algumas vezes com premissas arbitrárias. Na sequência, o modelo é revisado se, porventura, as premissas mostrem-se erradas. Assim, uma vez que o modelo pode ser revisado, pode acomodar novas afirmações, o que implica que os modelos mentais podem obter novas formas e serem utilizados para diversos propósitos, como, por exemplo, interpretar a linguagem e fazer inferências.

Os *tokens* que compõem a estrutura dos modelos mentais configuram características e informações daquilo que o modelo se refere. De modo que, dependendo do caso, tais *tokens* podem representar indivíduos, entidades, ou ainda, elementos que compõem aquilo ao qual o modelo se refere e, ainda, às relações entre estes elementos em um estado de coisas específico. Neste sentido, os modelos mentais possuem um conteúdo e uma forma que é característica de seu propósito, seja ele explicar, prever ou controlar (JOHNSON-LAIRD, 1983).

Como já mencionado previamente, a descrição de um estado de coisas único é representada por um modelo mental único, o que fundamenta o *princípio da economia* nos modelos. Deste princípio deriva, em partes, o *princípio de identidade estrutural*, pelo qual as estruturas dos modelos mentais são idênticas às estruturas dos estados de coisas a que representam (JOHNSON-LAIRD, 1983).

Portanto, os modelos mentais são construídos a partir de seus propósitos e usos, e, para isso, seus elementos constituintes, isto é, *tokens*, possuem propriedades e características que se encaixam na funcionalidade pela qual o modelo mental é construído. Diante disso, Johnson-Laird (1983) defende diversas tipologias de modelos mentais, a destacar, modelos físicos e conceituais. Os “*modelos físicos representam o mundo físico e modelos conceituais representam conceitos mais abstratos*” (JOHNSON-LAIRD, 1983, p. 422). Neste sentido, Norman (1983) contribui pontuando que os modelos conceituais são construídos para fornecer uma representação precisa, concisa e completa daquilo a que se refere, de modo que, são criados por professores, cientistas, *designers*, engenheiros etc. Assim, modelos conceituais são utilizados para facilitar o processo da compreensão de sistemas físicos e auxiliar no processo de construção dos modelos mentais.

Diante disso, os modelos mentais, sob a perspectiva de Norman (1983), não possuem a obrigação de serem corretos e coerentes cientificamente. Isso, pois, são incompletos, instáveis, não são bem delimitados, são não científicos, uma vez que, podem ser influenciados pelas crenças e superstições do sujeito que o cria. Ademais, os modelos mentais são parcimoniosos, isto é, são desenvolvidos para possuírem o mínimo de *tokens* em sua estrutura.

Modelos mentais, portanto, caracterizam a representação mental central no raciocínio humano. Eles são constituídos por elementos compactados em sua estrutura (*tokens*) que representam características e relações daquilo que se refere no mundo externo. Podem possuir diferentes tipologias (físicos ou conceituais), a

dependem da função pela qual foram construídos. São passíveis de revisão, reformulação e adição de novas informações. Os modelos mentais possuem relação direta às demais representações mentais (representações proposicionais e imagens), sendo, portanto, interdependentes.

2.1.3 As imagens

Como definido por Ludwig Boltzmann (1974) todas as ideias e conceitos são fotos internas, de modo que, ao se desenvolver uma teoria constrói-se uma imagem do mundo externo que existe internamente a qual deve ser um guia no pensamento e na experiência. Além disso, tal tarefa consiste no processo de pensar e realizar globalmente o que em pequena escala ocorre no interior da mente sempre que uma ideia é formada.

A definição de imagens quanto a representações mentais é alvo de discussão entre psicólogos cognitivistas. Isso, pois, alguns, os “*imagistas*” diferem de outros, os “*proposicionalistas*”. Os “*imagistas*” consideram quatro pontos em relação às imagens: os processos mentais subjacentes à uma imagem são semelhantes àqueles subjacentes à percepção de um objeto ou foto; uma imagem é uma representação coerente de uma cena ou de um objeto a partir de um ponto específico; uma imagem é suscetível a transformações mentais, tais como, expansões ou rotações, de modo que, uma pequena mudança na imagem interna corresponde a uma pequena mudança na visão do objeto; e, imagens representam objetos, uma vez que são analógicas estruturalmente aos objetos que representam. Os “*proposicionalistas*”, por sua vez, argumentam que os processos mentais que promovem uma cadeia de símbolos que correspondem a uma imagem são semelhantes àqueles que estão implícitos na percepção de um objeto e uma foto. Ainda, segundo essa escola de pensamento, o mesmo elemento ou parte de um objeto pode se referir a diferentes proposições que compõem a descrição do objeto, uma representação proposicional pode representar processos contínuos pela adição de pequenos elementos, além de serem verdadeiras ou falsas em relação ao objeto, de modo que, suas estruturas não são análogas às estruturas dos objetos que representam (JOHNSON-LAIRD, 1983).

Para Johnson-Laird (1983), no entanto, as imagens estão intimamente ligadas aos modelos mentais. Neste sentido, “*as imagens correspondem a visão dos*

modelos, como resultado tanto da imaginação ou da percepção, elas representam características perceptíveis dos objetos correspondentes no mundo real” (p. 157).

Portanto, as representações mentais na forma de imagens diferem dos modelos mentais e, ambos, não podem ser confundidos. Uma imagem visual representa como algo é visto de um ponto de vista específico e particular, o que pode ser chamado de representação egocêntrica. Assim, a mente é capaz de construir um modelo mental 3D de um objeto e, posteriormente, utilizá-lo para construir uma imagem 2D da aparência deste modelo mental a partir da visão de um ponto específico. Imagens, portanto, derivam de modelos (JOHNSON-LAIRD, 2008).

Assim, como apontado por Johnson-Laird (2008), as imagens visuais desempenharam um papel importante na ciência, na arte e na tecnologia. Como descrito por Einstein e Infeld (1938), conceitos físicos são criações livres da mente humana, e, embora aparentam ser, não são determinadas unicamente pelo mundo externo. Segundo os autores, as tentativas de compreender a realidade que levam à formação de teorias, assemelha-se a um homem tentando entender o mecanismo de funcionamento de um relógio fechado.

Ele vê o mostrador e os ponteiros se movendo, até ouve seu barulho, mas não tem como abri-lo. Se ele for engenhoso ele pode formar alguma imagem do mecanismo que seria responsável por todas as coisas que ele observa, mas ele nunca terá plena certeza de que a imagem dele é a única capaz de explicar suas observações. Ele nunca será capaz de comparar sua imagem com o mecanismo real e ele não pode, ainda, imaginar a possibilidade ou o mecanismo de tal comparação. (EINSTEIN; INFELD, 1938, p. 33)

Assim, a imagem a qual se referem os autores supracitados diz respeito, então, à visão do modelo mental outrora construído. É evidente, portanto, que as imagens são altamente específicas e diferenciam-se dos modelos mentais. E, embora, não sejam o cerne do desenvolvimento do raciocínio humano, desempenham um papel fundamental, permitindo a visualização do modelo mental construído.

2.2 As representações mentais na construção e desenvolvimento do raciocínio

A mente humana pode assumir três principais representações internas de algo do mundo externo, sendo, portanto, as representações proposicionais, os modelos mentais e as imagens. No entanto, tais representações diferenciam-se

entre si em muitos aspectos, a citar, estrutura, conteúdo, funcionalidade e especificidade. Os modelos mentais são altamente específicos, assim como as imagens, porém diferenciam-se entre si (JOHNSON-LAIRD, 1983). Não é possível, por exemplo, formar uma imagem de um *triângulo* em geral. Ao se ouvir e, automaticamente, interpretar-se a palavra *triângulo* a mente projeta um modelo mental que se refere, portanto, a qualquer triângulo, possuindo assim todas as características específicas do polígono em questão. Por outro lado, ao se referir a um triângulo em específico, como um triângulo isósceles, o modelo mental, previamente já construído, é aprimorado em razão desta nova informação, é reformulado, e, então, visto a partir de uma imagem bidimensional, enfatizando, portanto, as características específicas em relação a natureza dos ângulos que compõem o triângulo a ser representado.

Assim, embora os modelos mentais possam ser específicos, nada os impede de representar uma classe geral de entidades. “*A interpretação de um modelo depende de uma variedade de processos interpretativos, e eles podem tratar o modelo não mais do que uma amostra representativa de um conjunto maior*”(JOHNSON-LAIRD, 1983, p. 158–159). Neste sentido, a estrutura e o conteúdo dos modelos mentais são modificados à medida que se obtém novas informações e descrições daquilo que é representado. Para o autor supracitado, no entanto, como a linguagem é inerentemente vaga, os modelos mentais podem assumir algumas suposições arbitrárias, as quais não são necessárias nas construções das representações proposicionais.

Mani e Johnson-Laird (1982) investigaram hipóteses relacionadas aos níveis de representações mentais em alguns experimentos. Os autores, inicialmente, defendiam a ideia de que os indivíduos tendem a formar um modelo mental de descrições espaciais específicas, porém, não o fariam para descrições indeterminadas que seriam consistentes com mais de um *layout* espacial. Um dos experimentos, portanto, consistia em discriminar aos sujeitos uma série de descrições espaciais, como por exemplo: *a colher está à esquerda da faca; o prato está à direita da faca; o garfo está em frente a colher e o copo está em frente a faca*. Na sequência, era mostrado um diagrama pelo qual eles deveriam julgar em consistente ou inconsistente de acordo com as descrições. A Figura 1 ilustra um dos diagramas utilizados por Mani e Johnson-Laird na realização do experimento.

Figura 1- Diagrama referente às descrições espaciais mencionadas por Mani e Johnson-Laird (1982) na realização de experimento referente às representações mentais

colher	faca	prato
garfo	copo	

Fonte: Adaptado de Mani e Johnson-Laird (1982).

Posteriormente à esta tarefa, os sujeitos participantes da pesquisa foram submetidos a um teste de memória. Para isso, em cada uma das tentativas, eles deveriam classificar quatro alternativas em relação à suas semelhanças com a descrição inicial, sendo elas: a descrição original, uma descrição dedutível e duas com significados diferentes. A descrição dedutível (*o garfo está à esquerda do copo*) foi colocada no local da sentença original que relacionava a colher e a faca (*a colher está à esquerda da faca*). Como resultado, Mani e Johnson-Laird (1982) perceberam que os participantes foram capazes de lembrar as peculiaridades das descrições determinadas muito melhor do que as indeterminadas e, além disso, eles apresentaram uma tendência em se lembrar dos detalhes literais das descrições indeterminadas melhor do que aquelas de descrições determinadas.

A partir disso, então, é perceptível a existência dos dois tipos de representações mentais em uso: os modelos mentais e as representações proposicionais, uma vez que, os indivíduos tendem a construir um modelo mental de descrições específicas (determinadas), porém, abandonam esta representação em decorrência de uma proposição superficial assim que eles encontram algo indeterminado na descrição (JOHNSON-LAIRD, 1983). Conclui-se, portanto, que as representações proposicionais são capazes de lidar, com a mesma facilidade, tanto com relações espaciais indeterminadas como com as determinadas, assim como os modelos mentais podem lidar com maior praticidade com aquelas relações determinadas (JOHNSON-LAIRD, 1983).

Neste contexto, os modelos mentais mostram-se mais fáceis de serem recordados do que as proposições, talvez, por conta de serem mais estruturados, elaborados e exigirem um maior número de processos para construí-lo. No entanto, em consonância com os resultados obtidos por Mani e Johnson-Laird (1982), os modelos mentais codificam pouca ou nenhuma forma linguística a partir das sentenças das quais eles se baseiam, e, com isso, os indivíduos são propícios a confundirem as descrições dedutíveis com as originais. Assim, embora as

representações proposicionais sejam relativamente difíceis de serem lembradas, elas são capazes de codificar a forma linguística a partir de uma sentença, o que permite, então, que os indivíduos reconheçam melhor um conteúdo literal, indicando, portanto, uma distinção empírica entre estas duas representações mentais (JOHNSON-LAIRD, 1983).

As tentativas de compreensão do raciocínio humano e seu desenvolvimento baseavam-se nos princípios da lógica. No entanto, como apontado por Johnson-Laird (1983), conhecimentos de lógica são minimamente versados pelo ser humano. Assim, o autor fundamenta que em tarefas nas quais o indivíduo deve chegar a uma conclusão a partir de premissas, ele o faz sem necessariamente estar a par das regras de inferências intrínsecas à lógica. Isso é possível a partir, então, da construção de modelos mentais os quais são postos a prova e confrontados para a obtenção de uma solução verdadeira. A título de exemplificação, dadas as premissas:

Todo A é B

Todo B é C

Objetivando, portanto, encontrar uma solução válida *“tudo o que é necessário é a capacidade de construir modelos, pesquisar entidades neles e gerar descrições deles”* (JOHNSON-LAIRD, 1983, p. 133). Diante disso, o ser humano é capaz de construir finitos modelos a partir das premissas, formular conclusões baseadas neles e pesquisar por modelos de premissas que são contraexemplos para tais conclusões, assim, se a pesquisa for sistemática e exaustiva, a conclusão, portanto, é válida.

Sob a luz das ideias de Johnson-Laird (1983,2008), a compreensão do modo pelo qual o raciocínio ocorre e se desenvolve se dá a partir da Teoria dos Modelos Mentais. Assim, de acordo com os principais fundamentos intrínsecos à Teoria, o raciocínio é baseado em modelos mentais. Embora, os modelos se assemelhem com as imagens, estas são utilizadas para pensamentos que envolvam mudanças visuais, como por exemplo, a aparência de objetos. Neste sentido, a ação mental de rotacionar um objeto mentalmente, envolve a rotação de um modelo 3D, porém, isto dá de modo inconsciente. O que é perceptível ao indivíduo, isto é, conscientemente, é a rotação de uma imagem 2D em movimento. Assim, a evidência de modelos é, portanto, indireta e abstrata (JOHNSON-LAIRD, 2008).

Em suma, as representações mentais podem ser comparadas à linguagens de programação computacional (MOREIRA, 1996). Neste sentido,

o computador trabalha em um código binário, mas o programador não: ele usa linguagens de alto nível que lhe permitem pensar sobre o que o computador tem que fazer usando o código binário. As linguagens de programação de alto nível são traduzidas pelos computadores em códigos binários quando compiladas. Analogamente, as imagens e os modelos mentais poderiam ser traduzidos pela mente em algum código proposicional semelhante ao do código binário. A metáfora do computador, a mente como um sistema de cômputo, é um credo fundamental da psicologia cognitiva, mas isso não significa que a mente opere necessariamente em um código binário (MOREIRA, 1996, p. 3)

É possível concluir, portanto, que o raciocínio humano consiste na construção de modelos mentais, que são análogos ao fenômeno, ao evento, ao objeto ou a qualquer entidade do mundo externo a que se refira. Os modelos mentais representam possibilidades, isto é, aquilo que é possível de se raciocinar. É notório, ainda, que as outras representações mentais, as imagens e as representações proposicionais são subjacentes aos modelos mentais. Isso ocorre, pois, as representações internas que se desenvolvem na mente não são provenientes apenas percepções, mas ainda, de inferências a partir do discurso. Neste sentido, as representações proposicionais atuam no que diz respeito às representações a partir do discurso, ou seja, aquelas que envolvam uma linguagem, podendo ser a partir de descrições altamente específicas ou até mesmo indeterminadas. Assim, as representações proposicionais atuam como fonte de interpretação para construção do modelo mental, isto é, configura-se como um código próprio da mente (*"mentalês"*), pelo qual será entendido e resultará em uma representação tridimensional a qual configura o respectivo modelo mental. Tal processo se dá de modo inconsciente. Uma vez construído o modelo, é possível percebê-lo a partir de uma imagem deste, isto é, uma representação bidimensional, uma visão do modelo construído. Tais fundamentos e percepções caracterizam a ideia do desenvolvimento do raciocínio humano em consonância à Teoria dos Modelos Mentais, a qual sustenta a possibilidade de fazer inferências sem necessariamente conhecer as leis da lógica.

Aqui, portanto, é possível retomar às questões iniciais do Capítulo e observar possíveis soluções a elas. Todas, por sua vez, fundamentadas na Teoria dos Modelos Mentais, proposta por Johnson-Laird.

2.3 O uso dos modelos mentais no Ensino de Ciências

A identificação e investigação dos modelos mentais têm sido largamente utilizadas em cenários de ensino e de aprendizagem, em especial, no que diz respeito ao Ensino de Ciências. Isso ocorre, pois, baseando-se nos fundamentos da Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird (1983), o raciocínio humano concentra-se na construção de modelos mentais. Neste sentido, mostra-se pertinente considerar os modelos mentais construídos por educandos em um cenário escolar, uma vez que, ao identificar os modelos mentais destes, torna-se perceptível como determinado fenômeno é representado em seu mundo interno, isto é, sua mente. Ademais, a partir da investigação destes modelos mentais, é possível, ainda, identificar *tokens* que compõem a estrutura dos modelos e verificar se tais modelos se mostram coesos e minimamente icônicos com àqueles modelos conceituais utilizados no processo de ensino. Assim, a partir de tais avaliações julga-se se é pertinente a reformulação e revisão dos modelos, objetivando um aprimoramento e evolução destes. Neste sentido, se o processo de ensino instiga a formulação de modelos, revisão e aprimoramento, o educando está inserido em um processo de aprendizagem que favorecerá sua habilidade de construir modelos.

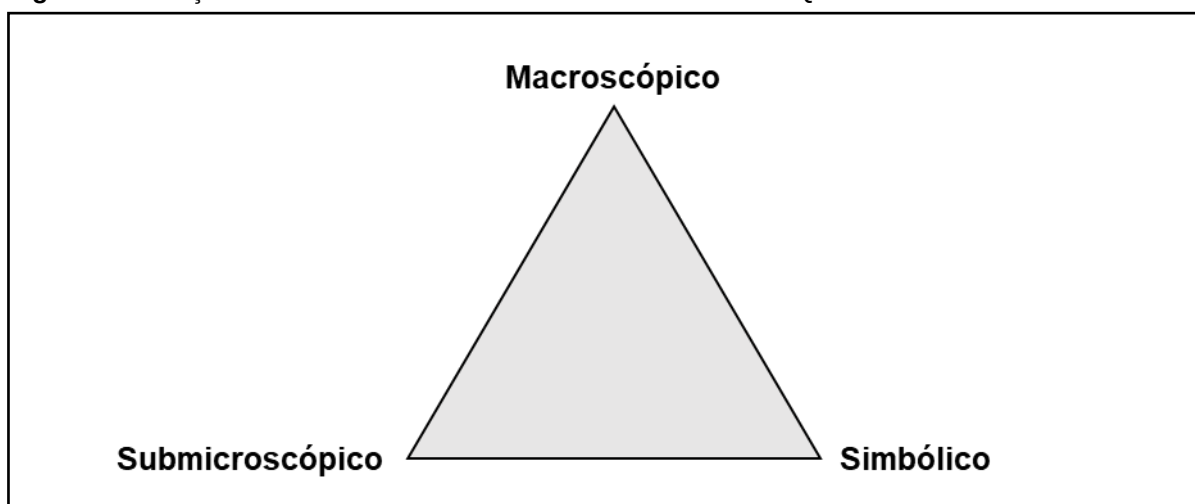
Assim, ao se inserir os alunos em atividades que permitam a construção de modelos, *“pode ocorrer uma sinergia entre o conhecimento conceitual e a modelagem, em que o conhecimento do estudante permite criar modelos e estes contribuem para o desenvolvimento e construção de novos conhecimentos”* (FERREIRA; JUSTI, 2008, p. 2). As autoras também defendem que durante toda a vivência deste processo, os alunos são capazes de perceber a complexidade e as limitações envolvidas no processo de construção do conhecimento, que por sua vez, apresenta-se como um cenário rico em dúvidas e incertezas, distanciando-se da exatidão e absolutismos que comumente são apresentados o conhecimento científico e escolar.

Além disso, durante a construção de um modelo mental, e ainda, sua revisão e aprimoramento, o educando é capaz de vivenciar os três níveis básicos do

contexto do ensino de química propostos por Johnstone (1993, 2000): o macroscópico, o submicroscópico e o simbólico ou representacional. De acordo com o autor, estes três níveis relacionam-se como vértices de um triângulo, como ilustrado na Figura 2. O nível macroscópico é tangível e diz respeito àquilo que pode ser visto, tocado e sentido, como por exemplo, os procedimentos feitos em laboratório. Já o submicroscópico consiste no nível onde estão inseridos os íons, os átomos, as moléculas e as demais estruturas. E, o nível representacional caracteriza-se pelos símbolos, fórmulas, equações, mols, gráficos etc. (JOHNSTONE, 1993). Portanto, para uma aprendizagem eficiente, é necessário que o educando seja capaz de reconhecer cada um destes três níveis e consiga manipulá-los, entendê-los e identificá-los, o que pode ser uma tarefa difícil, uma vez que, exceto o nível macroscópico, os demais mostram-se abstratos aos alunos.

Assim, atividades que favoreçam a construção de modelos mentais permitem que o educando relacione, principalmente, os níveis macro e submicroscópico, e, para isso, *“é preciso que o estudante tenha contato com um sistema ou que o sistema seja descrito verbalmente, para que, desse modo, ele possa elaborar um modelo mental, em nível submicroscópico”* (GIBIN, 2013, p. 35).

Figura 2 - Relação entre os níveis de conhecimento do Ensino de Química



Fonte: Adaptado de Johnstone (1993).

Nesta perspectiva, inúmeras investigações têm sido desenvolvidas no Ensino de Ciências ao longo dos anos e inseridas com o intuito de identificação e investigação dos modelos mentais dos educandos, baseando-se nas ideias e concepções da Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird (1983). Lagreca (1997)

investigou os tipos de representações mentais utilizadas por estudantes da disciplina de Física Geral na área de Mecânica Newtoniana. Além disso, buscou identificar os modelos mentais destes em relação a alguns conceitos físicos envolvidos. Para isso, os estudantes foram acompanhados por dois semestres letivos e submetidos a realização de questões problemas, tarefas instrucionais para inferência dos seus modelos mentais e entrevistas para obtenção de maiores informações em relação aos modelos mentais construídos. Como resultado, Lagreca (1997) observou que quanto mais “elaborado” o modelo mental construído pelo aluno, isto é, quanto maior o número de *tokens* inseridos na estrutura do modelo, mais facilitada era compreensão.

Borges (1997) desenvolveu um trabalho que consistiu na identificação dos modelos mentais construídos por estudantes e profissionais (eletricistas, professores de Física e engenheiros) relacionados ao conceito de magnetismo. Para isso, os sujeitos pesquisados trabalharam com diversas situações experimentais simples que envolveram eletricidade, magnetismo e eletroímãs, e, posteriormente, deveriam fazer previsões sobre os resultados e propor explicações para tais previsões. Em seguida, os participantes realizavam os experimentos e confrontava os resultados obtidos com suas previsões. Com os dados deste estudo, Borges (1997) pôde concluir que à medida que o indivíduo expande seu conhecimento em relação à determinado conceito ou fenômeno, seus modelos mentais tornam-se mais sofisticados. Assim, *“os resultados encontrados fornecem suporte para a ideia de que aprender ciências consiste em adquirir modelos mentais mais elaborados e consistentes acerca de certos aspectos do mundo”* (BORGES, 1997, p. 16).

A destacar um outro trabalho sob a concepção da Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird foi o realizado por Moreira e Pinto (2003). Neste estudo em questão, os autores buscaram identificar as dificuldades mais recorrentes dos alunos de uma disciplina de Física Geral no que dizia respeito à aprendizagem da Lei de Ampère. Para isso, aproximadamente 230 alunos dos cursos de Engenharia e Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) foram pesquisados durante dois semestres do ano letivo, onde foram submetidos a resolução de questões e problemas da área temática investigada. A partir dos resultados, os autores concluíram a partir das respostas dos alunos que estes resolvem os problemas mecanicamente, isto é, os alunos possuem grande dificuldade em construir modelos mentais consistentes e estruturados sobre a Lei de

Ampère. A partir de tal dado, os autores enfatizam que mudanças na metodologia de ensino são necessárias, de modo que, favoreçam, auxiliem e permitam a construção de modelos mentais satisfatórios.

Freitas Filho et al. (2009) investigaram os modelos mentais construídos por estudantes do Ensino Médio durante a abordagem da temática Química dos Alimentos. Para isso, desenvolveu-se uma sequência didática envolvendo encontros de estudo e planejamento das atividades, visita *in lócus*, elaboração e desenvolvimento de questionário, realização de experimentos, pesquisas relacionadas ao conteúdo de Química dos Alimentos e apresentação dos dados à comunidade escolar. Assim, a metodologia desenvolvida baseou-se na investigação das respostas dos alunos às questões envolvendo a temática estudada. A partir dos dados obtidos, os autores puderam inferir que grande parte dos alunos utilizaram modelos mentais intimamente ligados às representações proposicionais, isto é, fundamentados em expressões verbais com símbolos da linguagem, o que se pode justificar pela metodologia adotada que se baseou em uma exposição oral dos conteúdos estudados. Aqui, é notório, portanto, que a capacidade do indivíduo em construir modelos mentais altamente estruturados, ricos e sofisticados está diretamente relacionado a característica do contato do indivíduo com o mundo. Assim, a interpolação entre o contato do aluno com a temática, com o fenômeno, com o evento, com a situação a ser estudada baseia-se na estratégia a ser utilizada pelo professor, que é, então, o mediador entre as possibilidades favoráveis para o aluno e a construção do modelo mental por ele.

Gibin e Ferreira (2010) investigaram alguns modelos mentais construídos pelos estudantes do curso de Química da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Para este estudo, os alunos participantes realizaram um teste escrito com questões objetivas contendo alternativas com figuras que representavam conceitos químicos, de modo que, os alunos deveriam estabelecer uma relação correta entre a imagem e o fenômeno em questão. A partir das respostas dos alunos, os autores puderam identificar os modelos mentais referentes aos conceitos químicos envolvidos, e partir disso, concluir que os estudantes do curso de Química mostraram possuir dificuldades em alguns conceitos químicos importantes. Ademais, os autores ainda destacam que os modelos mentais construídos pelos graduandos participantes apresentaram problemas e muitas vezes aproximaram-se dos modelos mentais de alunos do Ensino Médio, o que indicam que as metodologias utilizadas,

mais uma vez, tornam-se necessárias de melhorias, visando o uso de experimentos, animações e vídeos que representem o nível submicroscópico (GIBIN; FERREIRA, 2010).

Um outro estudo realizado por Gibin e Ferreira (2012), baseou-se na investigação dos modelos mentais de alunos da 1ª série do Ensino Médio sobre o conceito de misturas heterogêneas. Assim, os alunos foram organizados em grupos e orientados a elaborar uma animação para representar este fenômeno no nível submicroscópico. Como resultados, os modelos observados possuíam a representação de duas fases, indicando uma mistura heterogênea. No entanto, os modelos construídos pelos alunos distinguiram-se quanto às suas estruturas, de modo que alguns modelos se mostraram simplistas, enquanto outros possuíam mais elementos constituintes, e, portanto, mais complexos.

Fidelis et al (2016) realizaram um estudo com o intuito de avaliar os modelos mentais de estudantes do Ensino Médio relacionados à temática do efeito estufa. Para isso, os autores contaram com o uso simulações computacionais para auxiliar no desenvolvimento dos modelos mentais. A partir dos resultados, foi possível observar discrepância entre as representações das turmas analisadas, de modo que, algumas apresentaram maiores índices de representações adequadas. Ademais, o erro mais comum observado pelos pesquisadores nos modelos expressados pelos alunos foi referente ao conceito de ligação química, de modo que, a grande maioria dos alunos não representaram diferenciações entre ligações simples e duplas.

Piva e colaboradores (2019), investigaram o desenvolvimento dos modelos mentais dos alunos a partir do uso de modelos físicos alternativos sobre o conceito de atomística. Para isso, foram desenvolvidos modelos físicos com materiais de baixo custo, como massa de *biscuit*, isopor e arames, e posteriormente, utilizados nas aulas de Química em uma escola de educação básica. A partir das respostas dos alunos em questionários, que se basearam em soluções escritas, desenhos e modelos físicos, os autores puderam identificar os modelos mentais dos alunos, previamente ao desenvolvimento da metodologia, e, posterior a ela. Como resultados, os autores observaram que as atividades favoreceram a evolução dos modelos mentais construídos pelos alunos, diminuindo concepções errôneas e simplistas em relação à temática estudada. Neste trabalho, os autores analisaram os modelos mentais iniciais dos alunos referentes aos conceitos de ligação química e

geometria molecular. De modo que, em relação ao conceito de ligação química o modelo mental apresentado pela maioria dos alunos foi limitado, inadequado e extremamente simplificado. Em relação ao conceito de geometria molecular, a grande maioria declarou não saber o que era geometria molecular, e ainda, uma parcela significativa apresentou um modelo mental também demasiado simplista.

Rodrigues e Gibin (2020) desenvolveram um estudo com o objetivo de identificar e avaliar os modelos mentais dos alunos no que diz respeito às transformações eletroquímicas na pilha de Daniell. Os sujeitos participantes da pesquisa foram alunos do Ensino Médio de uma escola da rede pública estadual. Os autores desenvolveram um minicurso que consistiu na elaboração de animações do tipo *Stop Motion*, realização de experimentos, questionários e produção de relatórios pelos alunos. A partir de uma análise qualitativa dos dados, os autores observaram que grande parte dos alunos apresentaram uma concepção superficial do funcionamento do nível submicroscópico dos processos eletroquímicos, indicando as dificuldades na compreensão de tais processos, como a transferência de elétrons e etapas intermediárias das reações químicas envolvidas.

Mateus e Ferreira (2021) buscaram, também, investigar os modelos mentais construídos por estudantes do curso de Licenciatura em Química sobre conceito de Equilíbrio Químico. O intuito do trabalho era buscar evidências do processo de aprendizagem de tal conceito. Para isso, os autores valeram-se de três instrumentos para coleta de dados, sendo eles, um questionário, uma animação e uma entrevista semiestruturada. Utilizando-se a Teoria da Aprendizagem Significativa em conjunto com a Teoria dos Modelos Mentais, os autores puderam concluir que o processo de construção de um modelo mental que se aproxime ao modelo científico e que, portanto, indique de fato uma aprendizagem significativa por parte do educando, implica no conhecimento do aluno do conceito de reação química (subsunçor) e, ainda, da consideração das concepções prévias destes estudantes por parte dos professores nos processos de ensino e de aprendizagem.

Piva et al. (2021) desenvolveram um estudo dos modelos mentais dos alunos da 3ª série do Ensino Médio no que diz respeito a concepção de elementos químicos, fazendo uso de aplicativos de simulação virtual e realidade aumentada. Por meio das atividades realizadas, os autores observaram que os alunos apresentaram evoluções em seus modelos mentais, uma vez que, previamente ao desenvolvimento das atividades, grande parte dos alunos apresentaram modelos

mentais muito simplificados. Ao final das atividades, no entanto, os modelos mentais mostraram-se mais sofisticados, ricos em *tokens* e mais próximos dos modelos científicos.

Assim, o uso da Teoria dos Modelos Mentais como referencial teórico para o ensino, em especial o Ensino de Ciências, tem mostrado ser pertinente para investigação da aprendizagem dos educandos.

CAPÍTULO 3 – OS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo serão abordados os procedimentos metodológicos realizados no desenvolver da pesquisa. Assim, serão destacados os objetivos e a questão de pesquisa que delimitaram a metodologia empregada. Ademais, serão descritos o cenário e contexto nos quais os dados foram coletados, os participantes da pesquisa, as atividades de investigação desenvolvidas a partir da proposta de um minicurso e os demais instrumentos utilizados na obtenção dos dados, tais como, os questionários e as entrevistas. Por fim, será apresentada a metodologia empregada na análise dos dados obtidos.

3.1 Objetivos e questão de pesquisa

A seguir serão apresentados a questão de pesquisa, os objetivos gerais e específicos que nortearam o estudo desenvolvido.

3.1.1 Questão de pesquisa

No atual cenário no qual o ensino de Ciências no Brasil tem-se desenvolvido é notório que os ambientes formais de ensino, isto é, as escolas brasileiras vêm enfrentando grandes desafios. Isso se dá, em partes, devido a estrutura das instituições de ensino, bem como, as metodologias de ensino e de aprendizagem que são desenvolvidas, que em sua grande maioria não promovem uma aprendizagem que favoreça um ensino que agregue significado ao educando. Assim, por consequência, a grande parte dos alunos brasileiros – e, aqui considera-se os estudantes das redes públicas e privadas do Brasil – apresentam altos níveis de dificuldades e defasagens.

Considerando, portanto, o cenário da educação brasileira, especialmente no que diz respeito ao Ensino de Ciências, a pesquisa desenvolvida busca sugerir uma metodologia de ensino e de aprendizagem que favoreça uma aprendizagem duradoura aos estudantes, e para tanto, analisa os modelos mentais dos alunos, isto é, a capacidade do educando em estabelecer uma relação entre as estruturas do mundo externo e suas estruturas internas a partir do desenvolvimento de atividades investigativas. Assim, procurou-se com o estudo encontrar respostas às questões: *como são os modelos mentais dos alunos sobre conceitos químicos, em especial,*

àqueles relacionados à Química Ambiental? E quais são as modificações nos modelos mentais após o desenvolvimento de atividades de investigação?

3.1.2 Objetivos geral e específicos

Considerando as questões de pesquisa, tem-se que o estudo tem como objetivo geral analisar os modelos mentais dos estudantes ao realizarem atividades investigativas com conteúdos relacionados a temática de Química Ambiental.

Os objetivos específicos da pesquisa em questão consistem, a partir da análise *tokens* presentes nas estruturas dos modelos mentais construídos pelos alunos, investigar o aprendizado dos alunos no que diz respeito às ligações químicas, à geometria molecular, reações químicas e outros conceitos abrangidos no estudo de Química Ambiental.

3.2 O cenário de desenvolvimento da pesquisa

Antes da aplicação e desenvolvimento da pesquisa o projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) após a autorização da supervisora de ensino da Diretoria de Ensino à qual pertence a escola onde o estudo foi realizado. Posterior à aprovação pelo CEP, sob o parecer consubstanciado emitido (Anexo A) e número de Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) 38722720.7.0000.5402, os alunos participantes foram orientados a assinarem o Termo de Assentimento após a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) pelos pais e/ou responsáveis legais. O Termo de Assentimento e TCLE constam no Apêndice 01 e 02, respectivamente.

O estudo foi realizado durante o quarto bimestre do ano letivo de 2020, momento no qual as escolas encontravam-se fechadas para aulas presenciais em decorrência do contexto de pandemia provocado pela COVID-19. Assim, todas as atividades abaixo detalhadas deram-se de modo remoto fazendo uso de plataformas digitais como *Google Meet*, *Google Classroom* e *WhatsApp*.

3.2.1 Conhecendo a escola e os participantes da pesquisa

A pesquisa foi realizada em uma escola pública da rede estadual de ensino, localizada no interior do estado de São Paulo. A escola em questão é uma escola de médio porte com aproximadamente 600 alunos regulares pertencentes aos anos finais do Ensino Fundamental, às séries do Ensino Médio, bem como, às séries da

modalidade Educação para Jovens e Adultos (EJA). Ademais, a escola abriga crianças e jovens pertencentes a periferia local.

A pesquisa foi realizada com alunos regularmente matriculados nas séries do Ensino Médio (EM), do período matutino, pertencentes ao grupo de uma disciplina eletiva ministrada pela professora/pesquisadora. A disciplina em questão faz parte do programa de oficinas curriculares, o Inova, implantado pelo governo estadual no início do ano de 2020. Especialmente nestas disciplinas, os alunos têm autonomia de escolherem àquela que mais se aproxima de seus objetivos e expectativas pessoais para o futuro, de modo que, a disciplina tem como finalidade auxiliar os estudantes na busca pela realização do seu projeto de vida.

A Eletiva na qual a pesquisa foi desenvolvida era intitulada “*Só pros fortes: desvendando o ENEM*”, e foi programada visando aprimorar o preparo dos alunos do Ensino Médio para provas externas como vestibulares e ENEM. Assim, o grupo de alunos participantes contemplava 30 alunos que eram pertencentes à disciplina eletiva e, ainda, foram abertas 10 vagas para alguns alunos também do Ensino Médio regular que não pertenciam a disciplina, mas que demonstraram interesse em participar da pesquisa.

No entanto, nem todos os alunos matriculados na eletiva participaram de modo satisfatório do minicurso e das atividades realizadas, o que se justifica considerando, portanto, o cenário de suspensão das aulas presenciais. Assim, considerou-se como critério de inclusão no grupo de estudantes a ser investigado, aqueles os quais realizaram a maior parte das atividades propostas e participaram da maioria dos encontros realizados. Neste sentido, no estudo desenvolvido o grupo de sujeitos foi composto por cinco alunos, sendo estes, Caty, Dani e Marge, alunas da 3ª série do EM a aluna Olenna pertencente à 2ª série do EM e o aluno Jon da 1ª série do EM. É importante salientar que os nomes aqui citados são fictícios, com o intuito de preservar a identidade dos alunos participantes.

3.2.2 O minicurso proposto

Considerando o objetivo da disciplina Eletiva em auxiliar os alunos no preparo para provas externas como vestibulares e ENEM, a pesquisadora propôs um minicurso que atendia à essa proposta. Para isso, foi escolhida a temática de Química Ambiental para desenvolver o minicurso, uma vez que é um dos temas mais recorrentes nestas avaliações nas questões de Ciências da Natureza. Assim, o

intuito do minicurso era apresentar alguns dos conteúdos desta temática, como, por exemplo, combustíveis fósseis, gases causadores do efeito estufa, chuva ácida, inversão térmica, *smog* e efeito estufa, para posterior realização das atividades de investigação.

O cenário de pandemia da COVID-19 implicou no enfrentamento de inúmeras dificuldades, como por exemplo, o de acesso à internet pelos alunos, o afastamento por um período muito longo das aulas presenciais, e ainda, a crise econômica agravada que obrigou os alunos a procurarem meios financeiros de ajudarem suas famílias, o que acarretou uma evasão na escola pelos estudantes largamente aumentada, o que justifica a baixa quantidade de participação dos alunos na pesquisa desenvolvida.

3.3 Metodologia

A seguir será descrito o desenvolvimento do minicurso de Química Ambiental proposto.

3.3.1 Desenvolvimento do minicurso

O minicurso proposto, intitulado *Química Ambiental*, foi desenvolvido durante as aulas da disciplina eletiva ministradas pela pesquisadora. A disciplina possuía duas horas/aulas semanais de 45 minutos cada, o que totalizou, portanto, 90 minutos semanais. Desse modo a carga horária do minicurso foi distribuída em um encontro *online* com os alunos e a realização de uma atividade investigativa (ou questionário) por semana.

Durante os encontros, a pesquisadora/professora discutia com os alunos os conteúdos teóricos que envolvem a temática de Química Ambiental e orientava-os para a realização dos questionários e atividades de investigação. Além disso, as discussões acerca das respostas obtidas pelos alunos na realização das investigações ocorriam também nos encontros *online*. Ademais, a entrega dos questionários e atividades de investigação dava-se por meio da plataforma *Google Classroom* e pelo aplicativo de mensagens instantâneas *WhatsApp*.

O minicurso foi realizado em sete encontros, com o desenvolvimento de dois questionários e quatro atividades de investigação. O Quadro 1 apresenta o cronograma de atividades desenvolvidas no minicurso.

Quadro 1 - Cronograma de atividades do minicurso

Encontros	Atividades
1	Apresentação do minicurso com acolhimento e orientações para realização do Questionário Inicial.
2	Introdução à Química Ambiental e apresentações de questões do ENEM referentes aos conteúdos de Química Ambiental.
3	Discussão com aula teórica dialogada referente ao tema efeito estufa e orientações para a Atividade de Investigação 1.
4	Discussão com aula teórica dialogada referente aos temas inversão térmica, ilhas de calor e <i>smog</i> . Orientações para a Atividade de Investigação 2.
5	Discussão com aula teórica dialogada para compreender a intensificação da chuva ácida. Orientações para a Atividade de Investigação 3.
6	Discussão com aula teórica dialogada referente ao estudo das reações químicas da camada de ozônio. Orientações para a Atividade de Investigação 4.
7	Momento para discussão sobre as hipóteses e as soluções elaboradas pelos alunos nas atividades de investigação. Orientações para a realização do Questionário Final e encerramento do minicurso.

Fonte: Autoria própria

Os encontros serão detalhados a seguir.

- **Encontro 1:** *Apresentação do minicurso e investigação dos modelos mentais dos alunos.*

Neste primeiro encontro, foi realizada, inicialmente, uma apresentação do minicurso, indicando o tema a ser estudado, o objetivo do minicurso, o cronograma de atividades, e ainda, uma breve definição de Química Ambiental.

Considerando o baixo engajamento dos alunos nas aulas remotas, em decorrência da suspensão das aulas presenciais, posterior à apresentação do minicurso, foi realizado um momento de acolhimento dos alunos. Assim, os alunos foram convidados a refletirem sobre o significado da escola e sua importância para futuras conquistas e realizações pessoais. Ademais, os alunos foram incentivados a encararem o erro como parte do processo de evolução tanto pessoal como profissional, a desenvolverem o pensamento de crescimento, criando afeição por desafios, além de encararem os medos e limitações com coragem e resiliência. O intuito dessa reflexão era favorecer o sentimento de pertencimento e de coletividade, com o objetivo de minimizar os efeitos do distanciamento social e o baixo engajamento apresentado por grande parte dos alunos.

Ao fim do primeiro encontro, a professora/pesquisadora apresentou o Questionário Inicial (Apêndice 03) que teve por objetivo investigar as motivações dos alunos em relação à escola e compreender os modelos mentais iniciais dos alunos neste primeiro momento. Ademais, a pesquisadora orientou que o questionário deveria ser realizado individualmente e sem consulta em fontes externas, como livros, *internet*, colegas de sala e ajuda dos pais, por exemplo.

- **Encontro 2:** *Introdução ao tema e à metodologia investigativa*

O segundo encontro com os alunos teve como objetivo apresentar a temática Química Ambiental aos alunos. Para isso, foi discutido brevemente a história da Química Ambiental, salientando sua origem e principais preocupações, tais como, alterações químicas que ocorrem na natureza de modo natural ou pela ação humana, e ainda, mecanismos de soluções para controle dos danos causados por ações antropogênicas no meio ambiente. Posteriormente, foram destacados alguns dos eventos e relatórios internacionais que promoveram debates sobre a questão do meio ambiente ao longo dos anos, tais como, a Conferência de Estocolmo (1972), Conferência de Tbilisi promovida pela Unesco (1977), Relatório de Brundland (1987), Reunião em Toronto (1988), Conferência de Genebra (1990), Eco-92 (1992) e Protocolo de Kyoto (1997) (NOWACKI; RANGEL, 2014).

Na sequência foram apresentados alguns dos conteúdos que são estudados na área de Química Ambiental, como por exemplo, o efeito estufa, chuva ácida, camada de ozônio, inversão térmica, tratamento de águas e biocombustíveis, sendo que esses dois últimos não foram aprofundados no desenvolvimento do minicurso. Com o intuito de sumarizar os conteúdos presentes na Química Ambiental foi apresentado aos alunos um mapa mental contendo a maioria dos assuntos trabalhados nesta temática.

Ademais, com o objetivo de demonstrar aos alunos a recorrência dos conteúdos de Química Ambiental nas provas do ENEM, algumas questões foram discutidas com os alunos, de modo que, foi feita uma leitura em conjunto do enunciado da questão, e em seguida, a pesquisadora propôs aos alunos que eles destacassem o problema apresentado na questão. Após isso, foi proposto que os estudantes evidenciassem as principais causas deste problema e, por fim, elaborassem possíveis soluções. O intuito deste exercício foi familiarizar os alunos

com a metodologia investigativa pela qual seriam realizadas as atividades do minicurso.

- **Encontro 3:** *Estudo do ar atmosférico, combustíveis fósseis e efeito estufa (Atividade de Investigação 1)*

O terceiro encontro teve como finalidade promover uma aula teórica e dialogada envolvendo os assuntos básicos da Química Ambiental, tais como: composição do ar atmosférico, combustíveis fósseis e gases estufa. Assim, iniciou-se a aula com o levantamento de alguns questionamentos acerca do ar atmosférico: *O que é o ar atmosférico? Qual a sua composição?* Após o levantamento das ideias prévias dos alunos, a professora/pesquisadora apresentou a definição do conceito da atmosfera terrestre, sua principal função e principais gases presentes. Na sequência, foi discutido sobre as camadas que compõem a atmosfera (troposfera, estratosfera, mesosfera, termosfera e exosfera) e suas principais características, além da localização da camada de ozônio.

Em seguida, com o intuito de investigar e promover a capacidade dos alunos em relacionar o nível submicroscópico com o macroscópico, a pesquisadora questionou aos alunos quanto ao comportamento dos gases na atmosfera. E, então, para demonstrar esse comportamento dos gases apresentou uma simulação onde foi possível observar as moléculas dos principais gases componentes da atmosfera. Posteriormente, foram levantados os conhecimentos prévios dos alunos a partir do questionamento da professora sobre *o que são combustíveis fósseis*. Na sequência, foi apresentada a definição de combustíveis fósseis, bem como, os três tipos mais comuns: petróleo, gás natural e carvão mineral. Posteriormente, os alunos foram convidados a refletirem sobre a relação entre o ar atmosférico e os combustíveis fósseis, e, assim, a pesquisadora mobilizou uma discussão sobre a poluição causada pelo uso destes combustíveis, bem como, algumas das consequências, como por exemplo, intensificação do efeito estufa e da chuva ácida, acidificação dos oceanos e formação de neblinas, como o *smog*.

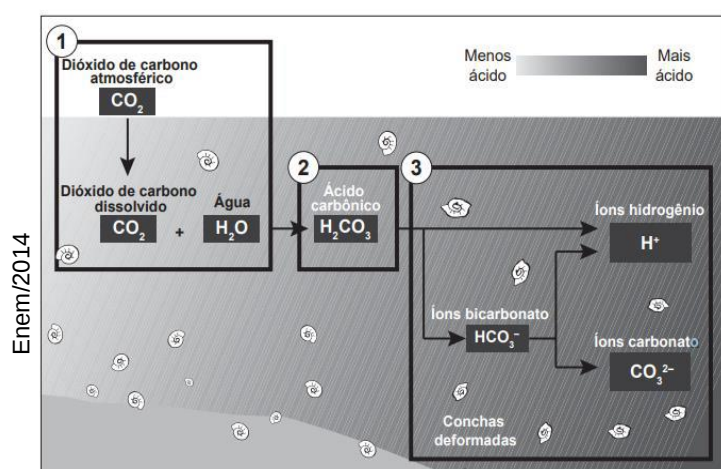
Na segunda parte do encontro, foi discutido o efeito estufa, e, para isso, a pesquisadora detalhou o fenômeno destacando que este é um processo natural importante para a vida na Terra, mas, quando intensificado pela ação humana, a partir do uso de combustíveis fósseis, provoca consequências danosas. Neste momento, a pesquisadora fez uso de imagens e simulações, bem como, apresentou as respectivas moléculas e geometrias dos gases estufas responsáveis pelo

fenômeno em estudo. Ao fim da aula teórica, a pesquisadora apresentou gráficos das evidências das consequências da alta intensificação do efeito estufa, como por exemplo, os gráficos indicando o aumento dos níveis dos mares e da temperatura global ao longo dos anos. Ademais, destacou algumas das consequências, como derretimento das geleiras, *smog* e aquecimento e acidificação dos oceanos, alguns dos quais, foram aprofundados ao longo das atividades desenvolvidas no minicurso.

Após o estudo da intensificação do efeito estufa e suas consequências, a pesquisadora aprofundou o estudo acerca do processo de acidificação dos oceanos, fenômeno provocado devido à alta concentração de gás carbônico (CO_2) liberado na atmosfera e dissolvido pelas águas dos mares. Assim, a pesquisadora retomou com os alunos a definição de escala de pH e, ainda, o cálculo do pH de soluções. Em seguida, a partir de uma simulação demonstrou a dissolução das moléculas de CO_2 pelos oceanos, e, então, com o uso de equações químicas discutiu como ocorre o processo de acidificação do meio marinho e destacando a influência deste fenômeno na vida de corais e pequenos crustáceos. Foram apresentados alguns vídeos com animações para exemplificar o fenômeno estudado.

A aula teórica dialogada desenvolvida durante o terceiro encontro forneceu embasamento teórico para que os alunos fossem capazes de realizar a Atividade de Investigação 1 (Apêndice 04). Por fim, a professora/pesquisadora orientou aos alunos para a realização da atividade investigativa. A Figura 3 ilustra a problemática proposta na Atividade de Investigação 1.

Figura 3 - Problemática referente à Atividade de Investigação 1



(Enem/2014 – Adaptado) Parte do gás carbônico da atmosfera é absorvido pela água do mar. O esquema ao lado representa reações químicas que ocorrem naturalmente, em equilíbrio, no sistema ambiental marinho. O excesso de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera pode afetar os recifes de corais.

Disponível em: <http://news.bbc.co.uk>. Acesso em: 20 maio 2014 (adaptado).

Fonte: Elaborado pela autora a partir da adaptação de uma questão do ENEM (2014).

- **Encontro 4:** *Estudo da intensificação do fenômeno de inversão térmica (Atividade de Investigação 2)*

Havia sido acordado entre a pesquisadora e os alunos, *a priori*, que ao início de cada encontro após a realização da atividade de investigação destinar-se-ia um tempo para a discussão das hipóteses elaboradas pelos alunos. Assim, iniciou-se o quarto encontro realizando as discussões referentes às hipóteses elaboradas pelos alunos na Atividade de Investigação 1, e ao fim, a professora apresentou o que seria considerado correto cientificamente como resolução desta atividade investigativa.

No entanto, durante a discussão, os alunos preferiram que as demais discussões acontecessem após a realização de todas as atividades de investigação, ou seja, no último encontro, o que lhes proporcionaria maior tempo para realização.

Assim, após a discussão com os alunos referentes a Atividade de Investigação 1, deu-se início ao estudo do fenômeno de inversão térmica, e, para isso, a professora apontou alguns questionamentos como: *Você já ouviu falar em inversão térmica?* e *O que você acha que é inversão térmica?* Na sequência, foi apresentada uma imagem ilustrando o fenômeno em questão, bem como, a sua definição. Em seguida, foram discutidas as causas de ocorrência da inversão térmica, entendendo, portanto, que é um fenômeno que ocorre naturalmente em dias de inverno e períodos de seca, porém, é intensificado pela emissão desenfreada de poluentes na atmosfera. Foram apreciados alguns vídeos contendo animações para exemplificar o fenômeno estudado.

Após a discussão acerca do modo como é intensificada a inversão térmica, a professora explicou a respeito das consequências, como por exemplo, a formação de ilhas de calor e *smog* fotoquímico. A discussão foi aprofundada quanto a formação do *smog* fotoquímico, e foi apresentado aos alunos um trecho da série inglesa *The Crown* que ilustra o nevoeiro ocorrido em Londres, no dia cinco de dezembro de 1952, que ocasionou centenas de mortes além de inúmeras doenças pulmonares crônicas. Posteriormente, os alunos foram orientados para a realização da Atividade de Investigação 2 (Apêndice 05). A Figura 4 apresenta a problemática proposta na Atividade de Investigação 2.

Figura 4 - Problemática referente à Atividade de Investigação 2



(Photo by Keystone/Getty Images)

“No dia 5 de dezembro de 1952, o céu amanheceu claro e límpido em Londres. Com uma frente fria invernal que predominava há semanas na capital, encher de carvão as lareiras de casas, comércios e empresas se tornou um hábito comum para aguentar o vento fustigante.

Ao longo do dia, porém, uma neblina surgiu detrás do Big Ben e foi aos poucos se instalando por toda a parte. Ninguém se surpreendeu, afinal já era algo muito comum no cotidiano londrino. No entanto, com as toneladas de fuligem lançadas no ar por toda a cidade, a névoa ganhou um doentio tom marrom-amarelado. [...]

Em 9 de dezembro de 1952, o secretário-geral divulgou que 4 mil pessoas tinham morrido de asfixia. Mais tarde, o número chegou na casa de 12 mil mortes por bronquite aguda. Contudo, os efeitos nocivos da poluição atmosférica foram mais duradouros e causou doenças pulmonares crônicas em cerca de 100 mil habitantes. Esse foi o pior nevoeiro da história do país” (ARAUJO, J.C. Megacurioso).

Fonte: Elaborado pela autora a partir da adaptação de uma reportagem da Revista Megacurioso.

• **Encontro 5:** *Entendendo a intensificação da chuva ácida (Atividade de Investigação 3)*

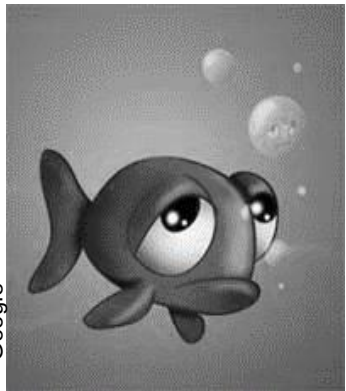
Os questionamentos do início do encontro foram baseados nas questões para debates ou novas investigações sugeridas por Kasseboehmer e colaboradores (2015, p. 191): “O pH da chuva pode variar de uma região urbana para uma região rural?” e “Existe algum tipo de partícula que pode alterar o pH das nuvens?” Após os alunos apresentarem suas ideias, a professora exemplificou a natureza química das chuvas, o que levou os alunos a concluírem, portanto, que as chuvas apresentam naturalmente um caráter ácido, apresentando um pH que varia de 5,6 a 7,0. Na sequência, a professora explicou sobre a interferência da emissão de gases poluentes no pH da chuva, indicando que as chuvas em regiões muito poluídas podem obter valores de pH de até 2,0. Para que os alunos entendessem a relevância desse valor, a professora apresentou uma imagem de uma escala de pH que relaciona o valor do pH com materiais comuns ao dia a dia dos alunos, sendo

assim, as chuvas que possuem sua acidez intensificada possuem pH próximo aos valores de pH do ácido estomacal e do limão.

Posteriormente, a professora apresentou aos alunos os gases que são responsáveis por intensificar a chuva ácida e suas respectivas estruturas moleculares. Na sequência, foram estudadas as reações químicas de síntese dos ácidos a partir dos gases poluentes emitidos. Foram apresentadas, ainda, as principais consequências das chuvas ácidas tais como alteração do pH do solo, degradação de peças de mármore, aumento da acidez dos oceanos, mortes de peixes e a possibilidade de os gases poluentes serem transportados para outras regiões.

Ao fim do terceiro encontro a pesquisadora apresentou a Atividade de Investigação 3 (Apêndice 06) e orientou aos alunos para a realização. A Figura 5 apresenta a problemática proposta na Atividade de Investigação 3.

Figura 5 - Problemática referente à Atividade de Investigação 3

	“[...] Os lagos saudáveis em toda a Escandinávia, aqueles dos cartões postais, teriam um pH em torno de 7,0. Em muitos deles, esse valor baixou para 5,0. A acidez matou algas, plânctons e insetos. Sem esta vida microscópica, as águas adquiriram uma transparência não natural. Depois, à medida que o pH baixava, desapareceram peixes, em especial salmões e trutas. Enfim, os pássaros, sem ter o que comer, também sumiram. Na primeira Conferência Mundial do Meio Ambiente, realizada em Estocolmo, em 1972 [...], os suecos deram o alerta. Se a guerra química do homem contra a natureza continuasse, em cinquenta anos, calcularam eles, metade dos lagos de seu país estariam mortos. Por ironia da sorte – ou mais exatamente devido ao complexo mecanismo do clima do planeta -, suecos e noruegueses estavam arcando com um desastre armado a bons mil quilômetros de distância, na nevoenta e industrializada Inglaterra. [...]” (Superinteressante)
---	--

Fonte: Elaborado pela autora a partir da adaptação de uma reportagem da Revista Superinteressante.

- **Encontro 6:** *Discutindo a problemática e as soluções sobre o buraco na camada de ozônio (Atividade de Investigação 4).*

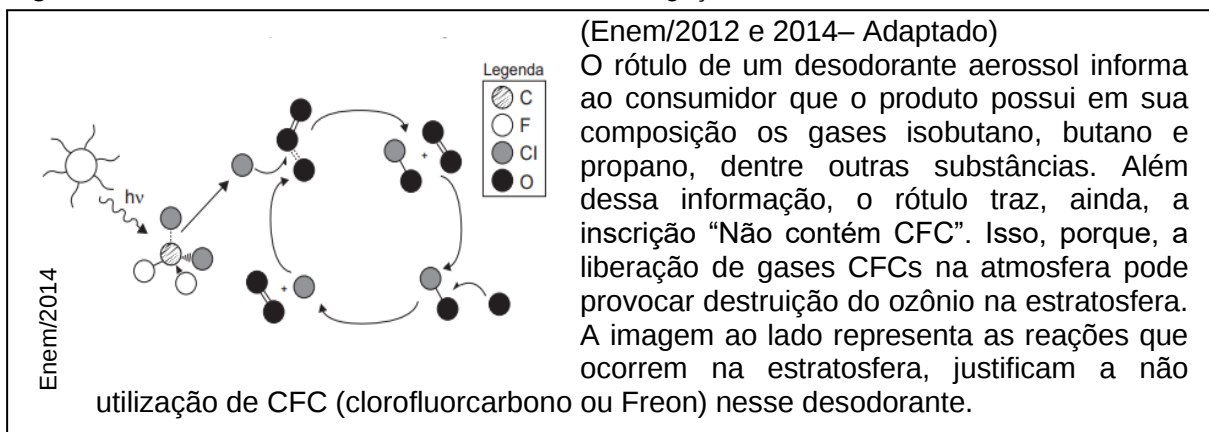
O sexto encontro foi iniciado com alguns questionamentos apontados aos alunos pela professora/pesquisadora, tais como: *O que você entende por camada de ozônio? Onde está localizada a camada de ozônio? Qual a composição da camada de ozônio? Qual a função da camada de ozônio?* Após os alunos discutirem e

apresentarem suas ideias, a professora apresentou a composição da camada de ozônio, bem como sua localização na atmosfera e características. Em seguida, a professora apresentou uma imagem explicitando a maneira como as moléculas do gás ozônio (O_3) se concentram ao redor da Terra. Foi detalhado aos alunos o processo de absorção da radiação ultravioleta pela camada de ozônio, destacando os três diferentes tipos de radiação (UVA, UVB e UVC) e seus respectivos graus de danos. A professora apresentou, ainda, uma simulação ilustrando a absorção dos raios UVA, UVB e UVC pela camada de ozônio. Posteriormente, foram discutidas as reações químicas de formação e consumo do gás ozônio, de modo que favorecesse a compreensão dos alunos quanto ao equilíbrio químico presente nas reações proporcionando a manutenção do ozônio presente na camada.

Após essa discussão, a professora questionou os alunos quanto a problemática do chamado buraco na camada de ozônio. Para isso, apresentou uma sequência de imagens que mostram o avanço da diminuição da concentração de ozônio na camada ao longo dos anos atingindo o seu ápice no ano de 2000. E, que desde então, tem mostrado uma regressão em seu tamanho. Para compreender a justificativa do surgimento, evolução e diminuição do buraco na camada de ozônio, a professora discutiu a ação dos gases que interferem nas reações de produção e consumo de O_3 , reduzindo a concentração do ozônio estratosférico. Dentre estes compostos, destacou-se o uso dos clorofluorcarbonetos (CFCs) presentes, anteriormente, em *sprays* propelentes, solventes eletrônicos, embalagens plásticas, chips de computadores e aparelhos de refrigeração (NOWACKI; RANGEL, 2014). Na sequência, a professora discutiu com os alunos acerca do Protocolo de Montreal (1987) onde 24 países concordaram em diminuir pela metade a produção de CFCs até o ano de 1999 (NOWACKI; RANGEL, 2014). Por fim, foram apresentados alguns substituintes para os CFCs como os hidrofluorcarbonetos (HFCs). Ao fim da aula teórica dialogada até aqui desenvolvida, a professora procurou enfatizar aos alunos que embora o problema da camada de ozônio tenha se minimizado, ainda serão necessários vários anos para que a concentração de ozônio retorne a níveis adequados, e não existam mais buracos na camada.

Por fim, a professora orientou os alunos para a realização da Atividade de Investigação 4 (Apêndice 07). A Figura 6 ilustra a problemática ambiental proposta na Atividade de Investigação 4.

Figura 6 - Problemática referente à Atividade de Investigação 4



Fonte: Elaborado pela autora a partir da adaptação de questões do ENEM (2012 e 2014).

- **Encontro 7:** *Discussão das hipóteses elaboradas e encerramento do minicurso*

O sétimo encontro foi destinado para a realização das discussões dos alunos a respeito das hipóteses por eles elaboradas nas Atividades de Investigações 2, 3 e 4 realizadas. Assim, a professora conduzia as discussões por meio de questionamentos como por exemplo: *Qual era o problema apresentado nesta atividade? Como vocês explicariam a razão para a ocorrência deste problema? Quais foram as hipóteses que vocês elaboraram? e Quais foram as soluções que vocês encontraram?* Após os alunos apresentarem suas hipóteses e soluções, a professora apresentou o seguinte questionamento: *Dentre todas as soluções que vocês apresentaram para o problema, qual seria a solução que vocês considerariam como a mais adequada? Por quê?* E, então, os alunos chegaram a uma solução em comum.

Por fim, a pesquisadora orientou aos alunos para a realização do Questionário Final (Apêndice H) que tinha como objetivo avaliar a opinião dos alunos em relação ao minicurso e as atividades de investigação desenvolvidas, e ainda, investigar os modelos mentais dos alunos após a realização das atividades.

3.4 Instrumentos de coleta de dados

A pesquisa desenvolvida e, portanto, aqui descrita, caracteriza-se como qualitativa, uma vez que, apresenta dados descritivos sobre pessoas e seus

processos interativos e busca compreender os fenômenos a partir da perspectiva dos sujeitos participantes. Ademais, possui como preocupação prioritária o processo pelo qual se desenvolve o estudo e não apenas com o resultado obtido, objetivando o entendimento do fenômeno investigado como um todo inserido na sua complexidade (GODOY, 1995).

Assim, no desenvolvimento de uma pesquisa desta natureza, faz-se necessário ponderar a maneira mais adequada pela qual os dados serão obtidos, de modo que, a metodologia adotada seja capaz de fornecer todas as informações necessárias para a posterior formulação de hipóteses e inferências acerca dos resultados obtidos. Desse modo, portanto, os instrumentos de coleta de dados devem ser pertinentes aos objetivos da pesquisa.

Considerando os objetivos da pesquisa em avaliar e identificar os modelos mentais dos alunos a partir do desenvolvimento de atividades de investigação, julgou-se que um dos instrumentos para coletas de dados configuraria nas próprias atividades de investigação realizadas pelos alunos. Uma vez que, investigar processos mentais indiretamente, de acordo com Moreira e Lagreca (1998) apud Schultz e Schultz (1995), se dá a partir daquilo que a pessoa externaliza verbalmente, simbolicamente ou pictoricamente. Assim, grande parte das pesquisas sobre modelos mentais na área de Ensino de Ciências têm analisado qualitativamente protocolos verbais e documentos produzidos pelos sujeitos pesquisados em entrevistas ou tarefas instrucionais, tais como, desenhos, esquemas, soluções de problemas e mapas conceituais (MOREIRA; LAGRECA, 1998).

Diante disso, a partir das hipóteses e estratégias elaboradas pelos alunos para as questões problemas nas atividades de investigação propostas, procurou-se identificar elementos (*tokens*) que compusessem os modelos mentais produzidos pelos alunos.

Ademais, dois questionários foram realizados, sendo um no início e outro ao final do minicurso, o que permitiu a avaliar a contribuição da metodologia desenvolvida para a modificações modelos mentais dos alunos, no que diz em uma maior riqueza de *tokens*. Além das atividades de investigação e os questionários, foram realizadas, ainda, entrevistas com alguns alunos e suas respectivas gravações em vídeo.

Gravações em vídeos, segundo Carvalho (2004), têm se mostrado muito produtivas em pesquisas que buscam compreender como os alunos constroem os conhecimentos científicos durante as aulas. Neste sentido, os encontros realizados com os alunos foram gravados, e tais gravações contribuíram com informações as quais mostraram-se relevantes, como, por exemplo, as discussões desenvolvidas acerca das hipóteses e estratégias elaboradas pelos alunos nas atividades investigativas. Assim, as gravações foram transcritas com o intuito de investigar detalhes e interpretar a fala e ações dos alunos, e para tanto, todas as transcrições aqui apresentadas, tanto referentes aos encontros quanto às entrevistas, são totalmente fiéis às falas as quais correspondem sem correções.

Nos itens seguintes serão detalhados os questionários, as atividades de investigação e as entrevistas.

3.4.1 Os questionários

Segundo Ribeiro (2008), o questionário enquanto técnica de coleta de dados apresenta pontos muito positivos, como por exemplo, o tempo livre para que se possa pensar sobre as respostas, além de defender o uso de questões objetivas por serem de fácil pontuação. Assim, nos questionários utilizados foram apresentadas questões objetivas e questões abertas, onde estas últimas permitem uma maior liberdade de escrita, já que o respondente utiliza sua linguagem própria e livre de influências pré-estabelecidas pelo pesquisador (GALDINO; DINIZ; RIBEIRO, 2011).

Neste sentido, os alunos participantes foram submetidos a dois questionários em momentos diferentes. O Questionário Inicial (Apêndice C) teve como objetivo observar a motivação dos alunos em relação à escola, suas expectativas acerca do minicurso e investigar os modelos mentais prévios dos alunos, e, para isso, como já mencionado, foi proposto antes do início do estudo dos conteúdos do minicurso. Assim, o questionário em questão foi dividido em duas partes, sendo que a Parte 1 continha questões do tipo fechadas referentes à motivação dos estudantes, enquanto a Parte 2 foi composta por questões abertas e fechadas envolvendo conteúdos pertencentes à área de Química Ambiental, tais como, efeito estufa, chuva ácida, inversão térmica, entre outros.

Já o segundo questionário, Questionário Final (Apêndice H), foi realizado ao final da pesquisa, e tinha como intuito levantar as opiniões e impressões dos alunos em relação ao minicurso e às atividades de investigação, além de investigar os

modelos mentais neste momento. Desse modo, o questionário continha questões abertas e fechadas referentes aos conteúdos estudados e às impressões dos alunos participantes.

3.4.2 As atividades de investigação

As atividades de investigação foram planejadas e propostas a partir dos objetivos do minicurso e da pesquisa. Para isso, considerando que o minicurso tinha como proposta auxiliar os alunos no preparo para provas externas, alguns dos problemas a serem investigados pelos alunos foram baseados em questões do ENEM. Assim, o problema era apresentado aos alunos a partir de uma adaptação do enunciado de questões de avaliações do ENEM ou pequenos textos que traziam a problemática ambiental estudada e discutida no encontro com os alunos. Na sequência, esperava-se que os alunos elaborassem explicações ou hipóteses que justificassem as causas para a problemática ambiental em questão. Para auxiliá-los algumas pistas foram fornecidas para que os alunos retomassem ou relembassem os conceitos que fundamentavam a questão problema. Por fim, na última etapa das atividades de investigação os alunos deveriam elaborar estratégias que julgassem eficientes para solucionar o problema, e ainda, explicar o raciocínio empregado na estratégia desenvolvida. Ademais, sempre ao final da atividade de investigação o estudante poderia manifestar sua satisfação em realizar a atividade e, ainda, indicar as fontes de informações utilizadas na elaboração das hipóteses.

Como descrito, os alunos não tiveram a oportunidade de elaborar os problemas a serem investigados, isto, no entanto, pode ser justificado considerando o contexto dos alunos participantes, haja vista que a pesquisa desenvolvida foi o primeiro contato dos alunos com o método investigativo após longos anos de estudos seguindo uma abordagem tradicional. Assim, segundo Rodriguez e León (1995), independente da natureza da formulação do problema a ser investigado, isto é, ser elaborado pelo professor ou pelos alunos, é imprescindível que estes sintam-se interessados e motivados a resolvê-lo, o que de fato, julgou-se pertinente com a proposta das atividades uma vez que os alunos apresentavam grande interesse nesse preparo para provas do ENEM.

3.4.3 As entrevistas

Segundo Gibin (2013) os modelos mentais dos alunos podem ser expressos de diversas maneiras, como por exemplo, verbalmente ou por meio elaboração de desenhos e símbolos. Diante disso, julga-se importante utilizar entrevistas para auxiliar no estudo desses modelos. Assim, após o encerramento do minicurso e a análise das atividades de investigação e questionários, alguns alunos foram convidados a participar das entrevistas, sendo estes, a aluna Caty, a aluna Olenna e o aluno Jon, os quais foram selecionados a partir do desempenho nas atividades. Neste sentido, a aluna Caty apresentou desempenho satisfatório em todas as atividades e um desempenho total, a aluna Olenna desempenho satisfatório na maioria das atividades, e o aluno Jon desempenho parcial em quase todas as atividades, sendo algumas, desempenho insatisfatório.

As entrevistas foram conduzidas segundo os critérios propostos por Duarte (2004), como por exemplo, possuir objetivos claros para a realização, elaboração de um roteiro e critérios bem definidos para escolha específica do sujeito a ser entrevistado. Desse modo, as entrevistas foram realizadas de maneira semiestruturada fazendo uso de um roteiro previamente elaborado (Apêndice I) com o intuito de observar com maior profundidade os modelos mentais produzidos pelos alunos classificados em cada uma das categorias de desempenho na realização das atividades de investigação.

3.5 Análise dos dados

Para a análise e compreensão dos dados obtidos com o desenvolvimento da pesquisa foi adotado como referencial teórico a Teoria dos Modelos Mentais proposta por Johnson-Laird (1983). Para isso, foram analisadas as respostas apresentadas pelas alunas Caty, Marge, Dany, Olenna e pelo aluno Jon no Questionário Inicial para identificação dos modelos mentais previamente ao desenvolvimento do minicurso e das atividades de investigação. Neste sentido, a partir da análise destes modelos mentais iniciais dos alunos foi possível inferir o nível de conhecimento que cada aluno possuía em relação aos fenômenos ambientais abordados, bem como, aos conceitos químicos que os fundamentam.

Posterior a análise dos modelos mentais iniciais, as atividades de investigação foram realizadas com o intuito de colaborar para a evolução dos modelos mentais dos alunos, e para isso, alguns *tokens* eram necessários nas

estruturas dos modelos mentais. De modo que, quanto maior a quantidade de *tokens*, mais o modelo mental pode ser considerado completo e correto em relação ao fenômeno ao qual se refere, indicando, portanto, que o aluno conseguiu compreender o fenômeno em questão, tanto no seu sentido conceitual, como no que diz respeito aos conhecimentos químicos envolvidos. Assim, o desempenho dos alunos em cada uma das atividades foi classificado em função da quantidade de *tokens* que puderam ser identificados nos modelos mentais construídos, o que pode ser analisado a partir das hipóteses apresentadas para explicitar a problemática ambiental envolvida, e ainda, por meio das estratégias de solução para resolver tal problemática. O Quadro 2 apresenta os *tokens* os quais foram considerados na análise das atividades de investigação 1, 2 e 3 e os respectivos níveis de desempenho.

Quadro 2 - *Tokens* a serem investigados nos modelos mentais dos alunos e a classificação do desempenho na realização das atividades de investigação

Tokens para as Atividades 1, 2 e 3	Desempenho			
	Insatisfatório	Parcial	Satisfatório	Total
(1) Composto químico poluente	O estudante não apresentou nenhum dos <i>tokens</i> necessários	O estudante apresentou ao menos um dos <i>tokens</i> necessários. Ou ainda dois dos <i>tokens</i> , porém com falhas significativas	O estudante apresentou dois ou três dos <i>tokens</i> tendo necessariamente o (1) e o (2). Ou ainda, todos os demais <i>tokens</i> , porém com falhas significativas.	O estudante apresentou todos os <i>tokens</i> sem falhas.
(2) Reações químicas envolvidas na causa da problemática e na solução				
(3) Ligações químicas das substâncias químicas				
(4) Geometria molecular das substâncias				
Tokens para a Atividade 4	Insatisfatório	Parcial	Satisfatório	Total
(1) Compostos químicos envolvidos na depleção da camada de ozônio	O estudante não apresentou nenhum dos <i>tokens</i> necessários	O estudante apresentou ao menos um dos <i>tokens</i> necessários. Ou ainda, dois <i>tokens</i> , porém com falhas significativas.	O estudante apresentou dois dos <i>tokens</i> necessários, sem falhas. Ou até mesmo os três <i>tokens</i> , porém com falhas consideráveis.	O estudante apresentou todos os <i>tokens</i> , sem falhas.
(2) Reações químicas envolvidas na causa da problemática e na solução				
(3) Compostos químicos substituintes				

Fonte: Autoria própria

Assim, o desempenho dos alunos foi classificado em quatro categorias (*desempenho insatisfatório*, *desempenho parcial*, *desempenho satisfatório* e *desempenho total*) de acordo com os modelos mentais construídos. Deste modo, os alunos os quais obtiveram *desempenho insatisfatório*, ao apresentarem suas hipóteses e estratégias de solução, não conseguiram demonstrar conhecimento ou compreensão tanto da problemática quanto dos conceitos químicos a partir do modelo mental construído. Os alunos que obtiveram *desempenho parcial*, foram

aqueles que ao levantarem as hipóteses para explicitar a causa da problemática ambiental e, ainda, proporem estratégias de soluções, não apresentaram coerência científica de modo que as hipóteses e/ou as estratégias não eram suficientes para compreender e solucionar o problema de modo aprofundado e satisfatório. Já os alunos que tiveram *desempenho satisfatório* foram aqueles os quais que tanto as hipóteses apresentadas para compreender a causa da problemática ambiental, como as estratégias de solução eram suficientes para compreender e solucionar o problema, mas apresentaram alguns erros conceituais, como por exemplo, incoerência nas reações químicas e geometrias moleculares incorretas, baixa compreensão quanto a natureza química dos compostos envolvidos na questão problema, entre outros. Por fim, aqueles alunos que obtiveram *desempenho total* apresentaram de modo correto as hipóteses e as soluções para o problema da atividade de investigação, mostrando alto domínio quanto as reações químicas envolvidas, a natureza química dos compostos, geometrias moleculares, entre outros *tokens* que compuseram os modelos mentais expressados, indicando modelos mentais mais completos e rebuscados em relação àqueles produzidos pelos alunos pertencentes às categorias de desempenho parcial e desempenho satisfatório.

No Questionário Final algumas questões do Questionário Inicial foram retomadas com a finalidade de favorecer uma comparação entre os modelos mentais iniciais apresentados pelos alunos e observar se houve o aprimoramento dos mesmos a partir da adição de tokens em suas estruturas. Ademais, a partir do Questionário Inicial pode-se observar as impressões dos alunos em relação ao minicurso e atividades realizados.

Por fim, a partir da análise dos *tokens* observados nos modelos mentais dos alunos construídos após a realização do minicurso, dos questionários e das Atividades de Investigação, foram inferidas e, posteriormente, discutidas as principais dificuldades apresentadas pelos alunos.

CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos no desenvolvimento da pesquisa seguidos das respectivas análises e discussões. Assim, serão analisados os dados referentes às respostas dos alunos participantes no Questionário Inicial, objetivando identificar os modelos mentais iniciais e, ainda, as expectativas em relação ao minicurso desenvolvido. Na sequência, serão analisadas as atividades de investigação no que diz respeito às hipóteses e estratégias propostas pelos alunos, e, a partir disso serão identificados os *tokens* constituintes dos modelos mentais dos alunos construídos em cada uma das atividades. Posteriormente, a partir dos modelos mentais construídos serão apresentados os desempenhos dos alunos, sendo eles, insatisfatório, parcial, satisfatório ou total. Em seguida, serão discutidos os dados obtidos a partir do Questionário Final e, então, identificados os modelos mentais construídos ao final da sequência didática desenvolvida, onde serão confrontados com os modelos construídos inicialmente. Ademais, serão discutidas as impressões e opiniões dos alunos em relação as atividades e ao minicurso realizados e as principais dificuldades apresentadas pelos alunos.

4.1 O Questionário Inicial

Serão apresentados os modelos mentais iniciais dos alunos identificados a partir do Questionário Inicial, seguidos de suas respectivas análises e discussões

4.1.1 Os modelos mentais iniciais

O Questionário Inicial era composto por questões abertas e fechadas e a pesquisadora orientou aos alunos quanto aos procedimentos a serem adotados para a realização do Questionário, sendo estes: não realizar pesquisas em fontes externas, como *internet* e livros e responder às questões individualmente. No entanto, por se tratar de uma atividade que foi proposta em um contexto remoto, grande parte dos alunos buscaram informações em *sites* de buscas na *internet*. A partir deste comportamento, pode-se concluir que, diante das questões apresentadas e dos conteúdos inerentes a elas, a maioria dos alunos participantes não possuía modelos mentais suficientemente bem estruturados para auxiliá-los obtenção das respostas.

- A aluna Caty

No Quadro 3, a seguir, são apresentadas as respostas da aluna Caty para as questões do Questionário Inicial.

Quadro 3 - Respostas da aluna Caty às questões do Questionário Inicial

Questões	Respostas
(1) Registre abaixo o que você entende por Química Ambiental.	<i>"Química Ambiental é todos os processos químicos que ocorrem na natureza, seja eles bons ou ruins. Um dos acontecimentos que se encaixa no lado ruim, é o derramamento de petróleo em rios e oceanos, que prejudica as espécies que lá vivem e prejudica as trocas gasosas presente no ambiente, esses casos são do Navio Exxon Valdez e Golfo do México e acho que se encaixa no contexto".</i>
(2) Qual a relação entre efeito estufa e meio ambiente?	<i>Alternativa A: "O efeito estufa é um fenômeno natural, porém a ação humana intensifica esse fenômeno, o que prejudica o meio ambiente".</i>
(3) O que vem a sua mente quando se fala em "ilhas de calor"?	<i>"Acho que é a elevação e a diminuição dos níveis de calor".</i>
(4) A imagem mostra as torres de Shangai, na China, cobertas pela neblina provocada por um fenômeno chamado smog. Assinale a alternativa correta em relação ao fenômeno smog.	<i>Alternativa C: "O smog é o acúmulo da poluição do ar decorrente da liberação de um volume elevado de gases tóxicos, o que resulta em uma grande neblina de fumaça tóxica".</i>
(5) Você acha que a disciplina de Química é importante para entender e solucionar problemas ambientais?	<i>Alternativa B: "Sim, a Química auxilia a compreender os problemas ambientais e ajuda a encontrar soluções".</i>
(6) O que é para você "chuva ácida"?	<i>"É um tipo de chuva que contém um teor mais ácido devido ao processo no meio ambiental, como por exemplo as queimadas na amazônia que pode causar essa chuva".</i>
(7) Em relação a imagem acima, assinale a alternativa correta.	<i>Alternativa C: Na imagem apresentada acima, a região destacada em azul diz respeito ao aumento no nível dos mares e oceanos ao longo dos anos.</i>
(8) Escreva abaixo o que você entende por biocombustíveis.	<i>"Acho que são combustíveis biodegradáveis, renováveis".</i>
(9) Pensando na problemática ambiental em relação ao uso de combustíveis fósseis quais soluções você entende que	<i>"Diminuir o uso de combustíveis fósseis, optando por álcool (biocombustível) ao invés de gasolina, optar por fontes de energia renováveis diminui o efeito estufa".</i>

poderiam amenizar os efeitos para o meio ambiente e a vida na Terra?	
--	--

Fonte: Autoria própria

Na Questão 1, que consistia na definição de Química Ambiental, a aluna apresentou uma definição e um exemplo de desastre ambiental, o que segundo o seu entendimento é caracterizado como um processo químico ambiental prejudicial. Aqui, embora a aluna possa ter pesquisado em fontes externas informações para auxiliá-la na definição de Química Ambiental, ela foi capaz de articular estas informações com aquelas já previamente obtidas.

Na Questão 2 relacionada ao efeito estufa, a aluna identificou a alternativa correta, indicando saber a relação entre efeito estufa e a ação humana. Já na Questão 3 que abrangia o fenômeno de ilhas de calor, a aluna sugere que ilhas de calor podem ser consideradas como aumento ou diminuição de calor, sem necessariamente relacionar estas mudanças com fatores antropogênicos, como a poluição. Assim, pode-se inferir que o modelo mental da aluna em relação a este fenômeno não se mostra correto em sua totalidade, uma vez que a resposta em relação às ilhas de calor é incorreta.

Nas próximas questões, a Questão 4 e a Questão 5, a aluna identificou as alternativas corretas, mostrando saber o conceito do fenômeno *smog* e, ainda, das potencialidades da Química na solução de problemas ambientais.

Já na Questão 6, a aluna relaciona chuva ácida às queimadas na Amazônia, considerando ser uma “*chuva com um teor mais ácido*”. A partir desta resposta, é possível identificar que o modelo mental da aluna referente ao fenômeno da chuva ácida é falho no que diz respeito aos aspectos químicos intrínsecos ao processo de formação da chuva ácida, tais como, os compostos químicos e as reações envolvidas. No entanto, a aluna exemplifica uma ação, como as queimadas, que pode contribuir para a intensificação da chuva ácida. Aqui, infere-se que embora a aluna não tenha demonstrado saber quais os compostos químicos envolvidos nas reações da chuva ácida, ela pode ter obtido as informações a partir de buscas na *internet*, como o exemplo citado, e, partir destas desenvolveu sua resposta.

Na Questão 7, a aluna não identificou a alternativa correta, mostrando, portanto, não relacionar a imagem apresentada com o fenômeno ocorrido na camada de ozônio, bem como, de sua recuperação ao longo dos anos, o que

permitiu identificar que o modelo mental inicial com relação a este fenômeno consideravelmente falho.

Na Questão 8, quando questionada sobre o entendimento dela em relação aos bicomcombustíveis, a aluna apresentou uma resposta simples e não aprofundada, não apresentando, por exemplo, as fontes de obtenção destes combustíveis.

Na última questão, a Questão 9, as soluções apresentadas como possibilidades de amenização dos efeitos causados pelo uso de combustíveis fósseis, a aluna sugeriu o uso de biocombustíveis, exemplificando o etanol, indicando conhecer a natureza destes combustíveis, sem, no entanto, citar os processos e fontes de obtenção. A aluna, ainda, sugere o uso de energias renováveis, embora não as tenha exemplificado.

Em relação aos modelos mentais iniciais da aluna Caty, pode-se inferir que estes são ligeiramente mais complexos e rebuscados em relação aos modelos identificados para os demais alunos participantes, como serão detalhados nos tópicos a seguir, uma vez que, ela foi capaz de citar exemplos e relacioná-los com os fenômenos ambientais abordados nas questões.

- *A aluna Dany*

As respostas propostas pela aluna Dany são apresentadas no Quadro 4 a seguir.

Quadro 4 - Respostas da aluna Dany às questões do Questionário Inicial

Questões	Respostas
(1) Registre abaixo o que você entende por Química Ambiental.	<i>"É a ciência que estuda o meio ambiente e os fatores vantajosos e desvantajosos"</i>
(2) Qual a relação entre efeito estufa e meio ambiente?	<i>Alternativa A: "O efeito estufa é um fenômeno natural, porém a ação humana intensifica esse fenômeno, o que prejudica o meio ambiente".</i>
(3) O que vem a sua mente quando se fala em "ilhas de calor"?	<i>"Zonas quentes de calor"</i>
(4) A imagem mostra as torres de Shanghai, na China, cobertas pela neblina provocada por um fenômeno chamado smog. Assinale a alternativa correta em relação ao fenômeno	<i>Alternativa C: "O smog é o acúmulo da poluição do ar decorrente da liberação de um volume elevado de gases tóxicos, o que resulta em uma grande neblina de fumaça tóxica".</i>

<i>smog.</i>	
(5) Você acha que a disciplina de Química é importante para entender e solucionar problemas ambientais?	<i>Alternativa B: "Sim, a Química auxilia a compreender os problemas ambientais e ajuda a encontrar soluções".</i>
(6) O que é para você "chuva ácida"?	<i>"Chuva liberada devido ao alto número de poluição de um determinado lugar e é uma chuva corrosiva que danifica automóveis em geral"</i>
(7) Em relação a imagem acima, assinale a alternativa correta.	<i>Alternativa B: "A região em azul na imagem diz respeito à extensão do buraco existente na camada de ozônio e suas modificações ao longo dos anos".</i>
(8) Escreva abaixo o que você entende por biocombustíveis.	<i>"Combustíveis bons para o meio ambiente"</i>
(9) Pensando na problemática ambiental em relação ao uso de combustíveis fósseis quais soluções você entende que poderiam amenizar os efeitos para o meio ambiente e a vida na Terra?	<i>"Não sei responder"</i>

Fonte: Autoria própria

Na Questão 1, a resposta apresentada pela aluna mostrou-se incompleta uma vez que ao citar que a Química Ambiental estuda o meio ambiente e os “*fatores vantajosos e desvantajosos*” a aluna não discute quais seriam tais fatores. Diante disso, o modelo mental inicial em relação à Química Ambiental não apresenta *tokens* suficientes que sugiram um conhecimento pertinente ao tema, os quais representariam as características da Química Ambiental, como por exemplo, classificando-a como uma ciência que estuda a ocorrência de processos e fenômenos naturais e a interferência humana nestes, bem como, suas consequências.

Já na Questão 2, que consistia em uma questão objetiva que se referia ao efeito estufa, a aluna foi capaz de identificar a alternativa correta dentre as demais, o que sugere que, por meio do estímulo da percepção, o modelo mental previamente construído em situações anteriores sobre o conceito de efeito estufa mostrou-se suficiente para que a aluna conseguisse identificar a relação entre este fenômeno e a ação humana.

Na Questão 3, a resposta da aluna apresentou-se superficial, indicando conhecimentos básicos em relação ao conteúdo químico referente ao fenômeno de ilhas de calor.

A Questão 4 também consistia em uma questão fechada abrangendo o fenômeno *smog*, e, a aluna identificou a alternativa correta. O mesmo ocorre na Questão 5, onde a aluna também identificou a alternativa correta, mostrando entender que a Química é eficiente para solucionar problemas ambientais. Julga-se, portanto, que a aluna apresenta maior facilidade em questões objetivas.

Já na Questão 6 que envolvia conhecimentos relacionados à chuva ácida, a resposta apresentada pela aluna consistiu apenas na definição do conceito de chuva ácida sem apresentar a explicação das reações e compostos químicos envolvidos neste processo. Diante disso, o modelo mental inicial da aluna não abrangia os aspectos químicos envolvidos na diminuição do pH das chuvas.

Na Questão 8, a aluna novamente apresenta uma definição simplista sobre biocombustíveis, indicando que seus conhecimentos em relação a esta temática não compreendem, novamente, os conceitos químicos. A aluna não soube responder à Questão 9 na qual esperava-se que a aluna apresentasse algumas sugestões para minimizar os efeitos do uso de combustíveis fósseis.

Diante disso, pode-se concluir que, a partir das respostas apresentadas pela aluna Dany, os modelos mentais iniciais da aluna em relação aos conteúdos químicos intrínsecos aos fenômenos efeito estufa, ilhas de calor, *smog*, chuva ácida e, ainda, biocombustíveis mostram-se simplistas em relação a estes fenômenos e ainda, aos respectivos conteúdos químicos.

- *A aluna Marge*

O Quadro 5, a seguir, apresenta as respostas propostas pela aluna Marge às questões do Questionário Inicial.

Quadro 5 - Respostas da aluna Marge às questões do Questionário Inicial

Questões	Respostas
(1) Registre abaixo o que você entende por Química Ambiental.	<i>"A Química Ambiental estuda os processos químicos que acontecem na natureza, sejam eles naturais ou causados pelo homem e que comprometem não só a saúde humana, mas de todo planeta".</i>
(2) Qual a relação entre efeito estufa e meio ambiente?	<i>Alternativa A: "O efeito estufa é um fenômeno natural, porém a ação humana intensifica esse fenômeno, o que prejudica o meio ambiente".</i>
(3) O que vem a sua mente quando se fala em "ilhas de calor"?	<i>"Não sei responder"</i>
(4) A imagem mostra as torres de	<i>Alternativa C: "O smog é o acúmulo da poluição do ar decorrente da liberação de um volume elevado de</i>

Shangai, na China, cobertas pela neblina provocada por um fenômeno chamado <i>smog</i> . Assinale a alternativa correta em relação ao fenômeno <i>smog</i> .	<i>gases tóxicos, o que resulta em uma grande neblina de fumaça tóxica".</i>
(5) Você acha que a disciplina de Química é importante para entender e solucionar problemas ambientais?	<i>Alternativa B: "Sim, a Química auxilia a compreender os problemas ambientais e ajuda a encontrar soluções".</i>
(6) O que é para você "chuva ácida"?	<i>Não respondeu</i>
(7) Em relação a imagem acima, assinale a alternativa correta.	<i>Alternativa B: "A região em azul na imagem diz respeito à extensão do buraco existente na camada de ozônio e suas modificações ao longo dos anos".</i>
(8) Escreva abaixo o que você entende por biocombustíveis.	<i>É o combustível de origem biológica não fóssil, produzido a partir de processos sob a biomassa".</i>
(9) Pensando na problemática ambiental em relação ao uso de combustíveis fósseis quais soluções você entende que poderiam amenizar os efeitos para o meio ambiente e a vida na Terra?	<i>Não respondeu</i>

Fonte: Autoria própria

As questões abertas desta etapa do Questionário Inicial (Questão 1, Questão 3, Questão 6 e Questão 8) as quais envolviam conhecimentos relacionados, respectivamente, à definição de Química Ambiental, ilhas de calor e chuva ácida mostraram-se desafiadoras a aluna. Isto, pois, as respostas apresentadas foram retiradas integralmente de sites de busca da *internet*. Além disso, a aluna não respondeu duas destas questões, a Questão 3 e a Questão 6. Diante deste cenário, pode-se concluir que os modelos mentais prévios da aluna referentes a estes conteúdos abordados nas questões - efeito estufa, ilhas de calor, chuva ácida e biocombustíveis -, são demasiados simplistas, sugerindo pouco conhecimento da aluna sobre estes fenômenos. A aluna não respondeu à Questão 9 que consistia na sugestão de soluções para minimizar as consequências do uso de combustíveis fósseis.

Já nas questões fechadas, as quais apresentavam sugestões de alternativas, sendo, portanto, a Questão 2, a Questão 4, a Questão 5 e a Questão 7, e que envolviam conceitos relacionados, respectivamente, ao efeito estufa, ao *smog*, aos usos da Química na solução de problemáticas ambientais e camada de ozônio, a

aluna foi capaz de identificar nas quatro questões a alternativa correta. Neste paradoxo, pode-se inferir que, diante das questões dissertativas, os modelos mentais já construídos previamente não se mostraram suficientes à aluna para que ela discorresse e discutisse sobre os fenômenos abordados, o que não ocorre nas questões objetivas, uma vez que, mediante as alternativas, a aluna é capaz de eliminar àquelas incorretas, embora não seja capaz de descrever os fenômenos partindo destes modelos mentais.

Assim, os modelos mentais iniciais da aluna Marge mostraram-se simplistas o que impossibilitou uma escrita e uma discussão coesas e claras dos fenômenos ambientais abordados os respectivos conceitos químicos investigados.

- *A aluna Olenna*

As respostas sugeridas pela aluna Olenna do Questionário Inicial são apresentadas no Quadro 6 a seguir.

Quadro 6 - Respostas da aluna Olenna às questões do Questionário Inicial

Questões	Respostas
(1) Registre abaixo o que você entende por Química Ambiental.	<i>"Química ambiental está relacionada a mudanças que ocorrem por conta de fenômenos da natureza e transformações realizadas pelo homem".</i>
(2) Qual a relação entre efeito estufa e meio ambiente?	<i>Alternativa A: "O efeito estufa é um fenômeno natural, porém a ação humana intensifica esse fenômeno, o que prejudica o meio ambiente".</i>
(3) O que vem a sua mente quando se fala em "ilhas de calor"?	<i>"Eu imagino que sejam "ondas" de calor".</i>
(4) A imagem mostra as torres de Shangai, na China, cobertas pela neblina provocada por um fenômeno chamado <i>smog</i> . Assinale a alternativa correta em relação ao fenômeno <i>smog</i> .	<i>Alternativa C: "O smog é o acúmulo da poluição do ar decorrente da liberação de um volume elevado de gases tóxicos, o que resulta em uma grande neblina de fumaça tóxica".</i>
(5) Você acha que a disciplina de Química é importante para entender e solucionar problemas ambientais?	<i>Alternativa B: "Sim, a Química auxilia a compreender os problemas ambientais e ajuda a encontrar soluções".</i>

(6) O que é para você "chuva ácida"?	<i>"Para mim chuva ácida é uma chuva com uma acidez elevada ocasionada pela poluição"</i>
(7) Em relação a imagem acima, assinale a alternativa correta.	<i>Alternativa E: Não sei responder</i>
(8) Escreva abaixo o que você entende por biocombustíveis.	<i>"Biocombustível é feito de biomassa. O etanol é um exemplo de biocombustível"</i>
(9) Pensando na problemática ambiental em relação ao uso de combustíveis fósseis quais soluções você entende que poderiam amenizar os efeitos para o meio ambiente e a vida na Terra?	<i>"A emissão dos combustíveis fósseis contribui para o aumento do efeito estufa. A substituição total dos combustíveis fósseis pelo biocombustível seria um ótimo jeito de amenizar"</i>

Fonte: Autoria própria

Na Questão 1, a aluna Olenna apresentou uma resposta completa para a definição de Química Ambiental, considerando, portanto, que nesta ciência encontra-se tanto os fenômenos naturais, como as modificações provocadas pela ação antropogênica.

Nas questões objetivas, a Questão 2, a Questão 4, a Questão 5 e a Questão 7, a aluna identificou as alternativas corretas para três destas questões, indicando conhecer, respectivamente, sobre os fenômenos efeito estufa e *smog* e, ainda, as potencialidades da Química na solução de problemas ambientais. Já na Questão 7, a aluna assinalou alternativa "e" considerando, portanto, não saber responder a relação entre a imagem e o fenômeno ambiental representado, que neste caso referia-se à concentração de ozônio na camada ao longo dos anos.

Nas demais questões abertas, a Questão 3, a Questão 6, a Questão 8 e a Questão 9, a aluna propôs boas respostas, sem, no entanto, como as demais alunas, aprofundar-se nos conceitos químicos envolvidos. Na Questão 3, por exemplo, a aluna classifica e define ilhas de calor como sendo "*ondas de calor*", sem explorar as causas e os processos químicos. Já na Questão 6, ela considera que a chuva ácida possui elevada acidez e é causada pela poluição, sem considerar as reações químicas e os compostos que provocam o aumento de acidez. Nas duas últimas questões, a aluna mostrou conhecer o que são biocombustíveis e sua forma

de obtenção, bem como, seus usos para amenização dos efeitos causados pelos combustíveis fósseis. A aluna, no entanto, utilizou termos equivocados, como “emissão dos combustíveis fósseis”, para, provavelmente, se referir à emissão de gases a partir da queima dos combustíveis fósseis.

Diante do exposto, os modelos mentais iniciais da aluna identificados a partir de suas respostas, assemelham-se aos modelos da aluna Caty, a julgar pelas exemplificações propostas aos fenômenos abordados, causas e soluções. Os modelos assemelham-se até mesmo na dificuldade em relacionar a imagem com o buraco da camada de ozônio (Questão 7). No entanto, assim como as demais alunas, Dany, Marge e Caty, a aluna Olenna não apresentou, a partir dos seus modelos mentais identificados, compreender quais os compostos químicos envolvidos, as reações químicas e processos químicos inerentes aos fenômenos ambientais abordados.

- *O aluno Jon*

As respostas propostas pelo aluno Jon estão descritas no Quadro 7 a seguir.

Quadro 7 - Respostas do aluno Jon às questões do Questionário Inicial

Questões	Respostas
(1) Registre abaixo o que você entende por Química Ambiental.	<i>"Lugar de estudos que tem o objetivo ensinar os processos químicos que ocorrem na natureza".</i>
(2) Qual a relação entre efeito estufa e meio ambiente?	<i>Alternativa A: "O efeito estufa é um fenômeno natural, porém a ação humana intensifica esse fenômeno, o que prejudica o meio ambiente".</i>
(3) O que vem a sua mente quando se fala em "ilhas de calor"?	<i>"É o nome que se dá a um fenômeno climático que ocorre principalmente nas cidades com elevados graus de urbanização".</i>
(4) A imagem mostra as torres de Shangai, na China, cobertas pela neblina provocada por um fenômeno chamado smog. Assinale a alternativa correta em relação ao fenômeno smog.	<i>Alternativa C: "O smog é o acúmulo da poluição do ar decorrente da liberação de um volume elevado de gases tóxicos, o que resulta em uma grande neblina de fumaça tóxica".</i>
(5) Você acha que a disciplina de Química é importante para entender e solucionar problemas ambientais?	<i>Alternativa B: "Sim, a Química auxilia a compreender os problemas ambientais e ajuda a encontrar soluções".</i>
(6) O que é para você "chuva ácida"?	<i>"É um fenômeno que ocorre quando óxidos de enxofre e de nitrogênio lançados na atmosfera pela poluição reagem com a água das chuvas e geram óxidos".</i>
(7) Em relação a imagem acima, assinale a alternativa correta.	<i>Alternativa B: "A região em azul na imagem diz respeito à extensão do buraco existente na camada de ozônio e suas modificações ao longo dos anos"</i>
(8) Escreva abaixo o que você entende por biocombustíveis.	<i>"São derivados de biomassa renovável que podem substituir, parcial ou totalmente combustíveis derivados de petróleo e gás natural em motores a combustão ou em outro tipo de geração de energia".</i>
(9) Pensando na problemática ambiental em relação ao uso de combustíveis fósseis quais soluções você entende que poderiam amenizar os efeitos para o meio ambiente e a vida na Terra?	<i>"Procurar sempre separar o lixo destinado recicláveis corretamente. Diminuir o consumo de água sempre que possível. Usar o transporte público e evitar o carro para pequenos deslocamentos"</i>

Fonte: Autoria própria

Na Questão 1, o aluno Jon considera a Química Ambiental como responsável pelo estudo dos processos químicos que ocorrem na natureza. Neste aspecto, o aluno não associou a interferência da ação antropogênica nestes processos químicos, como por exemplo, desastres ambientais, mudanças climáticas, intensificação da chuva ácida etc.

As Questões 2, 4, 5 e 7 eram questões objetivas, o aluno identificou as alternativas corretas em todas as quatro questões. Diante disso, pode-se inferir que os modelos mentais iniciais referentes aos fenômenos abordados nas questões – sendo estes, respectivamente, efeito estufa, *smog* e concentração de ozônio na estratosfera (camada de ozônio) - possuíam *tokens* em suas estruturas que permitiram ao aluno a averiguação das alternativas corretas, explicitando que o mesmo reconhece a relação entre o efeito estufa e a ação antropogênica, causa e efeito da formação de *smog* e identificação da modificação do buraco na camada de ozônio ao longo dos anos.

As respostas das questões dissertativas que abrangiam, respectivamente, o fenômeno de formação das ilhas de calor, chuva ácida e biocombustíveis, sendo elas, a Questão 3, a Questão 6 e a Questão 8, foram integralmente retiradas de *sites* de busca na *internet*. Diante disso, julga-se que se o aluno sentiu necessidade em realizar as pesquisas, seus modelos mentais, outrora construídos referentes às temáticas abordadas, não eram consideravelmente completos para que o aluno conseguisse discursá-las autonomamente.

Por fim, na Questão 9 o aluno sugeriu algumas ações para minimizar os efeitos do uso de combustíveis fósseis, como por exemplo, priorizar o transporte público. No entanto, o aluno preconiza a separação do lixo e diminuição do consumo de água, sem se atentar que a Questão se referia necessariamente aos impactos da utilização dos combustíveis fósseis.

Diante do aqui exposto e a partir das respostas do aluno Jon, pode-se concluir que os modelos mentais deste aluno se mostram falhos no que se refere às temáticas as quais foram aludidas nas questões.

4.2 As atividades de investigação

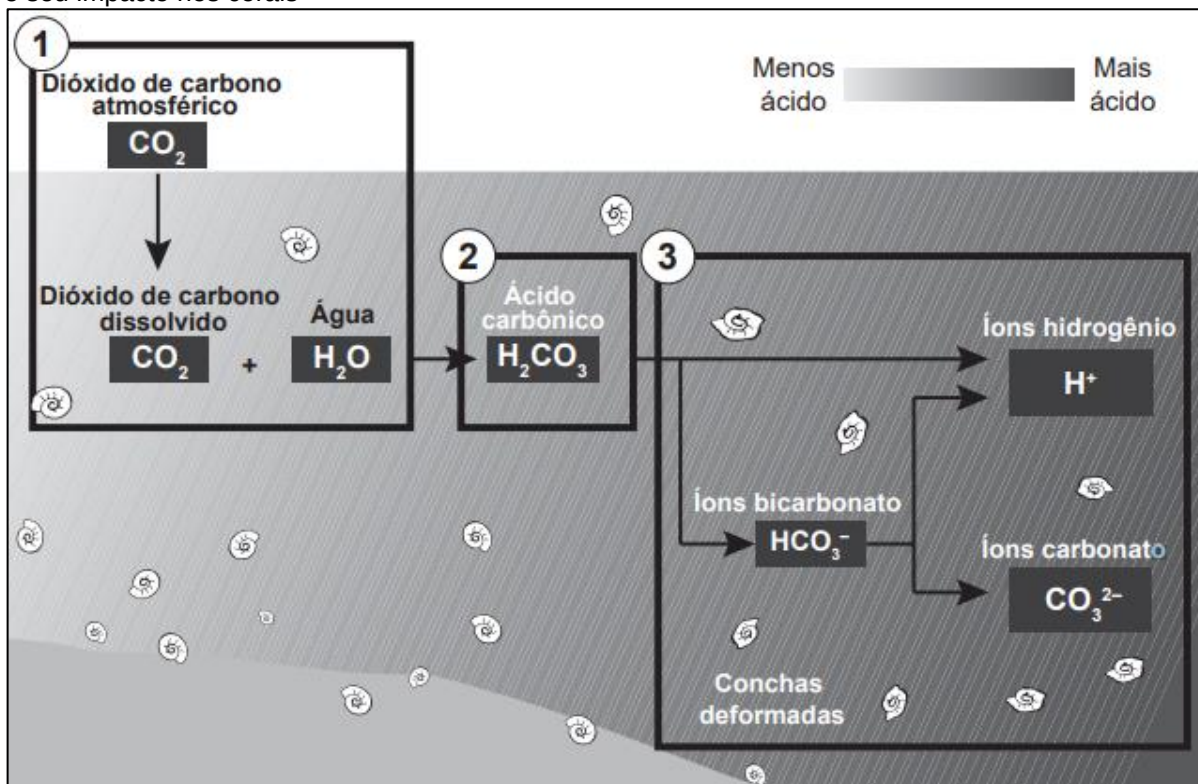
As atividades de investigação serão analisadas individualmente considerando as propostas de explicações para as causas de cada problemática ambiental

apresentada, bem como, as estratégias de soluções. Assim, mediante as respostas dos alunos serão identificados e discutidos os modelos mentais construídos.

4.2.1 A Atividade de Investigação 1

A Atividade de Investigação 1 tinha como situação problema uma questão do ENEM adaptada. Esta questão consistia no processo de dissolução do gás carbônico (CO_2) em excesso nas águas dos mares e oceanos, ocasionando um desequilíbrio no meio aquático promovendo, dentre outros impactos, a diminuição da população dos corais e conchas. Assim, na primeira parte da atividade, utilizando as informações discutidas na aula do minicurso e outras derivadas de pesquisas, se caso necessário, os alunos deveriam elaborar uma explicação para o fenômeno de acidificação dos oceanos e explicar a razão pela qual este fenômeno afeta os recifes de corais. Para isso, esperava-se que os alunos representassem o comportamento dos compostos químicos no fenômeno em questão e as reações químicas envolvidas através de desenhos. Para auxiliá-los, a atividade possuía uma imagem (Figura 7) com as principais etapas deste processo, e, ainda, os compostos químicos envolvidos.

Figura 7 - Representações das principais etapas envolvidas no processo de acidificação dos oceanos e seu impacto nos corais



Fonte: Elaborado pela autora a partir da adaptação do ENEM (2014).

Assim, nesta atividade foram investigados os modelos mentais dos alunos a partir das respostas apresentadas nesta primeira etapa. Nos próximos tópicos serão analisadas com profundidade as respostas individuais dos alunos participantes, e, posteriormente, discutidos os modelos mentais identificados e a relação entre eles e as propostas de solução à problemática ambiental abordada. Ademais, as análises serão aprofundadas com os dados obtidos por meio das entrevistas e das discussões realizadas nos encontros do minicurso. O Quadro 8 sintetiza os *tokens* que puderam ser identificados nos modelos mentais construídos e analisados pelos alunos participantes, bem como, o desempenho individual.

Quadro 8 - Panorama geral do desempenho dos alunos na realização da Atividade de Investigação 1 a partir dos modelos mentais construídos e os tokens constituintes

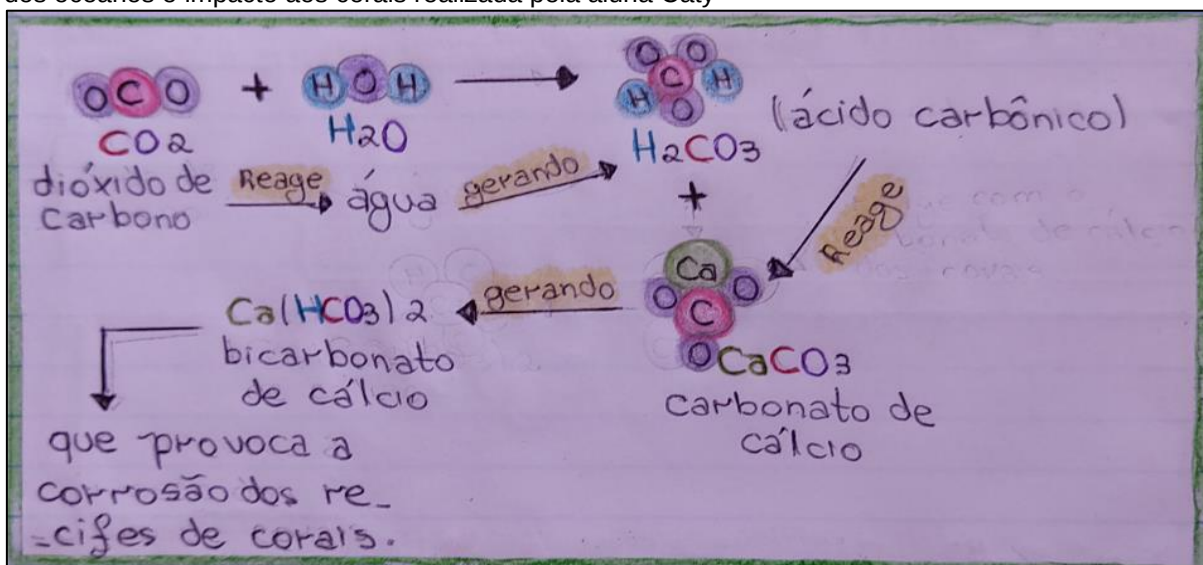
Estudante	Desempenho e características do modelo mental construído
Caty	• Possui os <i>tokens</i>: (1) composto químico poluente; (2) reações químicas envolvidas; (3) ligações químicas e (4) geometria molecular; • Os <i>tokens</i> (3) e (4) apresentam algumas falhas; • Apesar das falhas no <i>tokens</i>, o modelo mental mostrou-se completo o suficiente para que a aluna compreendesse o fenômeno, discursasse sobre ele, e ainda, apresentasse estratégias de solução plausíveis; • Diante disso, obteve um desempenho satisfatório.
Dany e Marge	• Os modelos mentais construídos pelas alunas apresentaram o token (1) composto químico poluente e não apresentaram os demais <i>tokens</i> necessários para realização da atividade; • Assim, os modelos mentais não foram suficientes para que as alunas elaborassem suas hipóteses e estratégias de modo autônomo e independente; • As alunas obtiveram um desempenho insatisfatório.
Olenna	• No modelo construído pela aluna pode-se identificar os <i>tokens</i>: (1) composto químico poluente; (2) reações químicas envolvidas; (3) ligações químicas e (4) geometria molecular; • Os <i>tokens</i> (2), (3) e (4) apresentaram algumas falhas; • A aluna não mostrou compreender o impacto da problemática ambiental nos recifes de corais, uma vez que, não abrangeu a composição química dos corais em suas hipóteses e estratégias; • Assim, obteve um desempenho satisfatório.
Jon	• O modelo mental apresentou o <i>token</i> (1) composto químico poluente, com algumas falhas, porém não possuía os demais <i>tokens</i>; • O modelo construído mostrou-se incompleto e simplista; • O aluno apresentou uma boa estratégia de solução, porém, o modelo não foi suficiente para auxiliá-lo na elaboração e discussão; • Diante disso, o aluno obteve um desempenho insatisfatório

Fonte: Autoria própria

- *Análise da Atividade de Investigação 1 realizada pela aluna Caty*

A Figura 8 ilustra o esquema proposto pela aluna Caty para a primeira etapa da Atividade de Investigação 1.

Figura 8 - Proposta de representação das reações químicas envolvidas no processo de acidificação dos oceanos e impacto aos corais realizada pela aluna Caty



Fonte: Elaborado pela aluna Caty participante do estudo.

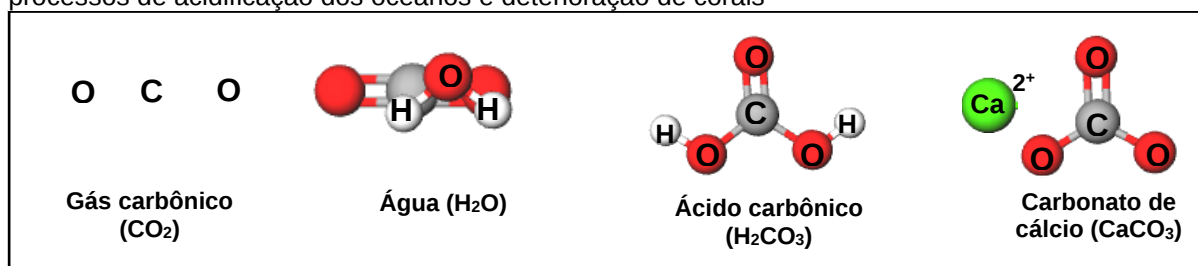
A partir do esquema, a aluna Caty representou a reação que ocorre entre o dióxido de carbono (CO_2), e as moléculas de água, o que permite inferir que o modelo mental construído e representado por Caty possui os *tokens* (1) e (2), que se referem, respectivamente, ao composto químico poluente e às reações envolvidas.

Ademais, a aluna representou os átomos que compõem as moléculas dos compostos envolvidos no processo de acidificação mais próximos uns dos outros, indicando, assim, reconhecer a existência de ligações químicas entre eles. Diante disso, o modelo mental identificado para a aluna Caty possui em sua estrutura o *token* (3) correspondente às ligações químicas. Apesar disso, não foram representadas a natureza das ligações (simples ou duplas) entre os átomos. Neste sentido, como apontado por Fernandez e Marcondes (2006), um dos principais problemas dos alunos em relação ao conceito de ligação química, consiste, necessariamente, na representação das ligações, o que pode ser justificado pelo fato de nos textos e nas representações em sala de aula, os átomos e moléculas serem representados de muitas maneiras distintas, como por exemplo, círculos, bolas separadas ou juntas, e, quando estes modelos não estão acompanhados por explicações podem confundir os estudantes. É importante salientar que este mesmo

comportamento foi observado pelos demais alunos e nas outras atividades de investigação.

Ademais, no que diz respeito à geometria molecular dos compostos, a aluna Caty representou-as aproximando-se das corretas, a observar, a representação da molécula do gás carbônico (CO_2) em geometria linear e da molécula de água (H_2O), em geometria angular. No entanto, os ângulos entre os átomos da molécula de água característicos da geometria angular não estão corretamente representados. Nos demais compostos, ácido carbônico (H_2CO_3) e carbonato de cálcio (CaCO_3), as geometrias moleculares representadas não se assemelham as corretas para estes compostos. A Figura 9 ilustra as geometrias moleculares corretas para cada um dos compostos envolvidos.

Figura 9 - Representação correta das geometrias moleculares para os compostos envolvidos nos processos de acidificação dos oceanos e deterioração de corais



Fonte: Autoria própria

N

a representação da molécula de H_2CO_3 proposta pela aluna Caty, um dos átomos de hidrogênio está ligado ao átomo de carbono, indicando, portanto, uma possível confusão da aluna em relação a organização dos átomos e do modo como ligam-se entre si na molécula. Já na molécula de CaCO_3 , a aluna representou uma ligação entre o cátion bivalente de cálcio (Ca^{2+}) e o átomo de carbono (C), o que não ocorre neste composto. Assim, é possível observar que a aluna apresentou problemas quanto a representação das geometrias moleculares, o que pode ser justificado pelo fato de a maioria das concepções alternativas dos estudantes, em relação à geometria molecular, serem provenientes da dificuldade de visualização tridimensional e da falta de pré-requisitos para esse conhecimento (FERNANDEZ; MARCONDES, 2006). A mesma dificuldade foi observada para os demais alunos tanto nesta atividade, como nas demais.

Diante disso, pode-se depreender que o modelo mental da aluna referente a temática estudada possui o *token* (4) correspondente às ligações químicas entre os átomos que compõem as substâncias envolvidas, e, no entanto, possui falhas no que diz respeito à disposição destes átomos nas moléculas, indicando que o *token* pertencente à geometria molecular apresenta-se incompleto.

Ademais, a aluna não apresentou maiores informações, nesta primeira etapa, justificando a razão pela qual o bicarbonato de cálcio formado ($[\text{CaH}(\text{CO}_3)_2]$) é o responsável pelo impacto nos corais. No entanto, na segunda etapa da atividade, para propor uma estratégia de solução para a problemática ambiental abordada, a aluna sugeriu que

deve-se começar pelo que causa a acidificação: a poluição. Se a contribuição for boa para que a emissão de gases poluentes diminua, não vai haver danos aos organismos formados por carbonato de cálcio. Mas, ao se deparar com o problema, acho que a adição de substância alcalina, pode ser eficiente, visando o equilíbrio do PH (sic) da água que se encontra ácida.

Assim, a partir da resposta, pode-se compreender que a aluna conhece a composição das estruturas dos corais, isto é, CaCO_3 . E, além disso, reconhece a causa pela qual os oceanos e mares apresentam alterações nos níveis de acidez. Diante disso, a aluna propõe a diminuição da “*emissão de gases poluentes*”, o que se pode aludir à emissão, neste caso, de CO_2 , para evitar esta problemática. Ademais, a aluna sugere o uso de substâncias alcalinas para provocar o “*equilíbrio do pH da água que se encontra ácida*”. Aqui, como observado e mencionado anteriormente, a aluna relaciona neutralização ao equilíbrio de pH, sem necessariamente aprofundar-se de fato nos conceitos intrínsecos ao equilíbrio ácido-base.

Quando questionada quanto ao raciocínio empregado na resolução e proposta de solução, a aluna escreveu: “*Se a água está ácida, compostos alcalinos pode (sic) fazer uma reação e assim equilibra-lá (sic)*”. Em relação a quais seriam estes compostos alcalinos, a aluna, durante a entrevista não os especificou.

Pesquisadora: Eu vi que na Atividade de Investigação 1 você colocou sobre a adição de substâncias alcalinas na água para neutralizar o pH. Você chegou a pesquisar o que seriam essas substâncias alcalinas ou só colocou de modo geral?

Caty: Não, eu coloquei de modo geral. Tanto que na aula que a gente fez a menina falou uma das substâncias, mas eu, não... eu falei geral mesmo....

A partir das respostas propostas, é possível identificar a estrutura e composição do modelo mental construído pela aluna Caty. Assim, o modelo possui *tokens* no que diz respeito ao composto químico poluente, às reações químicas envolvidas, ao conceito de ligações químicas, a saber pela representação dos átomos das moléculas dos compostos químicos envolvidos no processo de acidificação dos oceanos. Ademais, o modelo, ainda, apresenta o *token* relacionado à geometria molecular destes compostos. A partir da proposta de solução apresentada pela aluna e da entrevista, é possível inferir que o modelo mental, embora com algumas falhas, é completo o suficiente para que a aluna compreenda o fenômeno, discursse sobre ele, e ainda, apresente estratégias de solução plausíveis.

Ao identificar e investigar o modelo mental construído pelos alunos, é importante considerar quais foram as fontes utilizadas para obtenção de informações, seja a aula desenvolvida no Encontro 3 do minicurso, *sites* de busca, livros didáticos e/ou ajuda de terceiros. Para isso, ao final de cada atividade de investigação o(a) aluno(a) deveria preencher um quadro considerando este objetivo (Figura 10).

Figura 10 - Quadro a ser preenchido pelo(a) aluno(a) após a realização da atividade de investigação

Em uma escala de 0 – 10 qual a sua satisfação em participar desta investigação? _____	
<i>Qual(is) dos itens abaixo você utilizou para elaborar suas estratégias?</i> ☐ usei informações da internet. ☐ usei os conceitos aprendidos em aula. ☐ usei conceitos que já havia aprendido em outras disciplinas. ☐ Usei livro didático ou caderno do aluno. ☐ chutei ☐ outro _____	<i>Você pediu ajuda para elaborar sua estratégia?</i> ☐ não pedi. ☐ não pedi, mas tive vontade. ☐ pedi para meus colegas. ☐ pedi para alguém que mora comigo. ☐ outro _____

Fonte: Autoria própria

Assim, a aluna afirmou ter usado informações da *internet*, e utilizado de conceitos aprendidos na aula e em outras disciplinas e que não pediu ajuda de outras pessoas, mas teve vontade. Durante a entrevista, ainda, a aluna descreveu o modo pelo qual realizava as atividades.

Pesquisadora: [...] Como você descreveria a maneira como você realizava as atividades de investigação? Então, basicamente é: como que você fazia as atividades de investigação?

Caty: Então, eu utilizava bastante é... anotações que eu já tinha de outras aulas de química e geografia né? Porque os assuntos do minicurso foi basicamente esse: biologia, química e geografia. E também usei bastante a internet pra algumas coisas que eu não tinha muito conhecimento. Mas eu usei mais as anotações mesmo que eu tinha bastante coisa anotada.

Professora: Tá, beleza. E aí a gente já vai pra 2 que eu acho que acaba englobando um pouquinho da sua resposta da 1. Então, pra você responder às atividades você pesquisava e respondia ou primeiro você lia a atividade, organizava seus pensamentos, né, as suas ideias, né, a partir das aulas que a gente teve ou até mesmo outras aulas, como você colocou, e aí tentava chegar em uma conclusão?

Caty: Bom, então, primeiro eu organizava as ideias né? Tipo, eu fiz aqueles esqueminhas né? Com as... com a matéria mesmo, com o problema que você passava, e a partir dele depois de tentar elaborar como eu ia fazer, como eu ia começar a atividade eu pesquisava caso eu ficasse com dúvida em algo. Mas caso contrário eu usava as gravações dos slides que você fez, um pouco, e mais as anotações mesmo.

[...] Pra explicar eu sempre usava a partir de quando aquilo surgia, do porquê né? O que na maioria das vezes, em quase todas as atividades era por causa da poluição né? Em quase todas foi exatamente isso é... emissão de gases poluentes e outras coisas. Pra estratégia eu usava mais a internet mesmo, porque às vezes vai tratar de um pouco mais de coisa do que eu já sabia [...], mas todas essas estratégias de resolução do problema eu utilizava mais a internet para buscar mais informações.

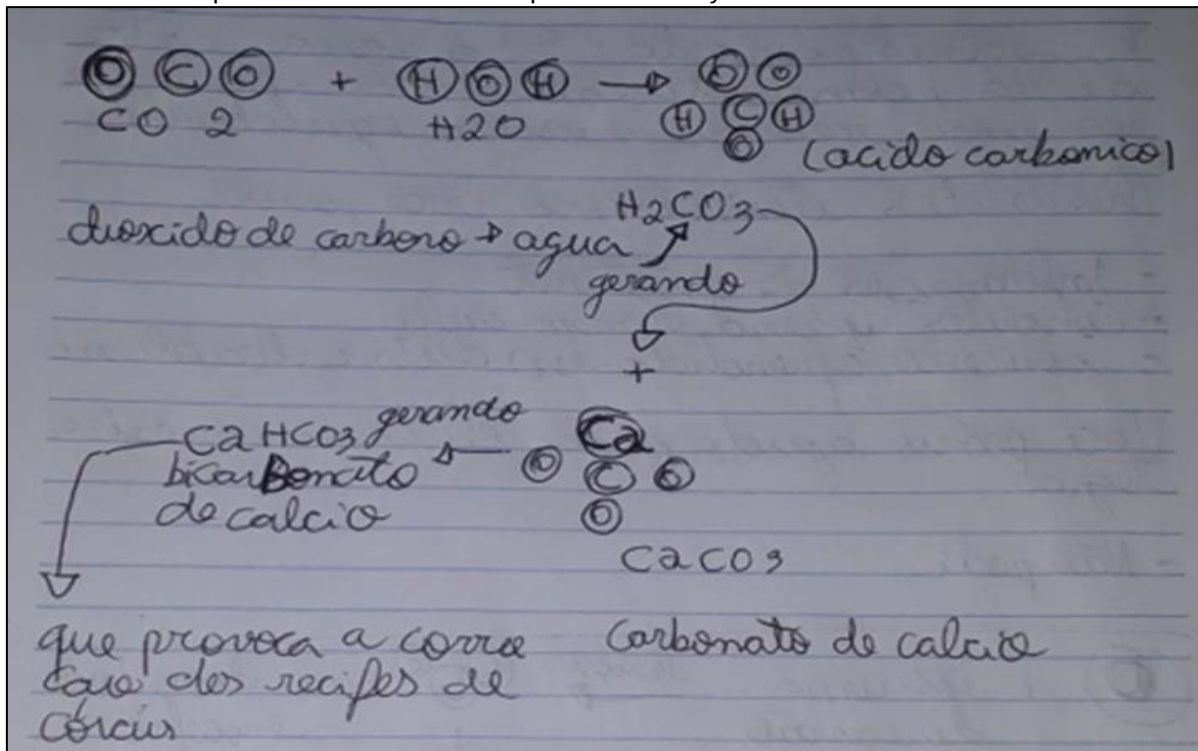
Assim, mesmo que a aluna tenha buscado informações em *sites da internet*, a mesma, de modo autônomo e individualizado, foi capaz relacionar tais informações com as oriundas previamente de outras disciplinas e com aquelas obtidas durante o Encontro 1 do minicurso, e, a partir desta relação, revisar seu modelo mental e propor uma explicação coerente ao fenômeno estudado propondo uma possível solução. Diante disso, o modelo mental construído pela aluna demonstrou dispor de todos os *tokens* necessários para a composição de um modelo mental completo, isto é, o que diz respeito ao composto poluente, às reações químicas, e ainda, às ligações químicas e à geometria molecular, sendo que estes dois últimos apresentaram ligeiras falhas. Diante disso, a aluna obteve desempenho satisfatório durante a realização da atividade.

- *Análise da Atividade de Investigação 1 realizada pelas alunas Dany e Marge*

Na Parte 1 da atividade, as alunas fizeram uso de um esquema (Figuras 11 e 12) para explicitar as reações químicas envolvidas no fenômeno de acidificação dos oceanos e o impacto nos corais. É possível observar semelhanças entre os esquemas propostos pelas alunas, indicando que a atividade não foi realizada

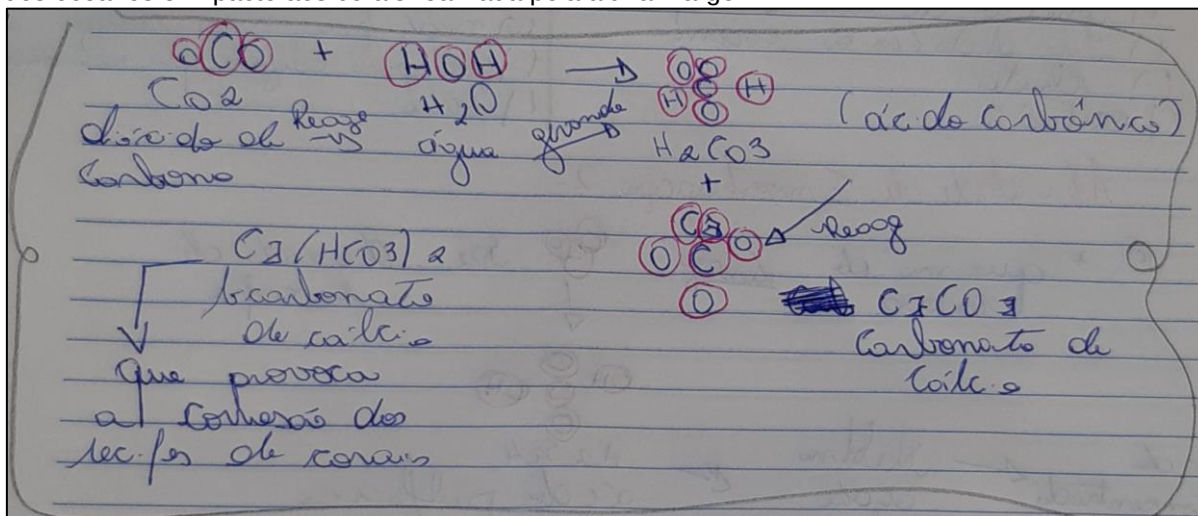
individualmente como foi orientado pela pesquisadora. O mesmo fato se estende ao restante das etapas da atividade de investigação, e, por esta razão, preferiu-se discutir tais dados concomitantemente.

Figura 11 - Proposta de representação das reações químicas envolvidas no processo de acidificação dos oceanos e impacto aos corais realizada pela aluna Dany



Fonte: Elaborado pela aluna Dany participante do estudo.

Figura 12 - Proposta de representação das reações químicas envolvidas no processo de acidificação dos oceanos e impacto aos corais realizada pela aluna Marge



Fonte: Elaborado pela aluna Marge participante do estudo.

Como pode ser observado, as alunas consideraram o composto químico poluente como sendo o CO_2 . No entanto, não representaram corretamente as ligações químicas, bem como, as geometrias moleculares dos compostos químicos envolvidos. Diante disso, os modelos mentais construídos pelas alunas apresentam falhas nestes *tokens*. Ademais, as alunas não discorreram sobre os processos representados ou adicionaram informações sobre a natureza química destes compostos. Ainda, não justificaram a razão pela qual a formação do bicarbonato de cálcio (CaHCO_3) é responsável pela diminuição das populações de corais e outros crustáceos, como as conchas.

Portanto, pode-se concluir que os modelos mentais construídos tanto pela aluna Dany, como pela aluna Marge não possuíam *tokens* necessários para que conseguissem elaborar uma resposta completa considerando a geometria molecular dos compostos, as reações químicas envolvidas e, ainda, a natureza química das substâncias. Ademais, as alunas não realizaram a atividade de modo autônomo e independente, o que indica, portanto, fragilidades nos modelos mentais destas alunas no que se refere aos conceitos químicos inerentes à temática de acidificação dos oceanos e seus impactos para o meio aquático. Além disso, durante a entrevista, quando questionada a aluna Dany não soube explicar o raciocínio utilizado para a elaboração do esquema.

Sequencialmente, na segunda parte da Atividade de Investigação 1, como estratégia de solução para a problemática, Dany escreveu:

Deve-se começar pelo que causa a acidificação: a poluição. Se a contribuição for boa para que a emissão de gases poluentes diminuiss (sic) não vai haver danos aos organismos formados por carbonato de cálcio. Mas ao se deparar com o problema acho que a adição (sic) de substancias (sic) alcalinas pode ser eficiente, usando o equilíbrio (sic) do PH da agua que se encontra acida.

Já Marge, apresentou apenas o trecho: *“Deve-se começar pelo que causa a acdficação (sic): a poluição. Se a contribuição for boa para que a emissão de gases poluentes diminua.* Assim, é notório que Marge apresentou parte da resposta completa proposta por Dany, e, portanto, o trecho de Marge não se mostra como uma solução para a problemática. Diante deste cenário, as alunas Dany e Marge não tiveram nesta etapa do estudo uma revisão de seus modelos mentais prévios, bem como, uma evolução deles. Isso, pois, as respostas aqui propostas pelas alunas aparentam terem sido plagiadas da aluna Caty. Esse comportamento

justifica-se pelo fato de os modelos mentais das alunas Dany e Marge não apresentarem *tokens* em suas estruturas, serem demasiados simplistas e não terem sofrido revisões e modificações após o desenvolvimento dos Encontros 1, 2 e 3.

Na questão para explicação do raciocínio utilizado pelas alunas na proposta de solução da problemática ambiental, as alunas escreveram: “*Se a agua (sic) esta (sic) acida (sic), composta (sic) alcalina (sic) pode fazer uma reação e assim equilibrala (sic)*” (Dany); “*Se a água está ácida, composto (sic) alcalinos pode fazer uma reação e assim equilibrará (sic)*” (Marge). É possível perceber, portanto, que os trechos acima citados são semelhantes ao escrito pela aluna Caty.

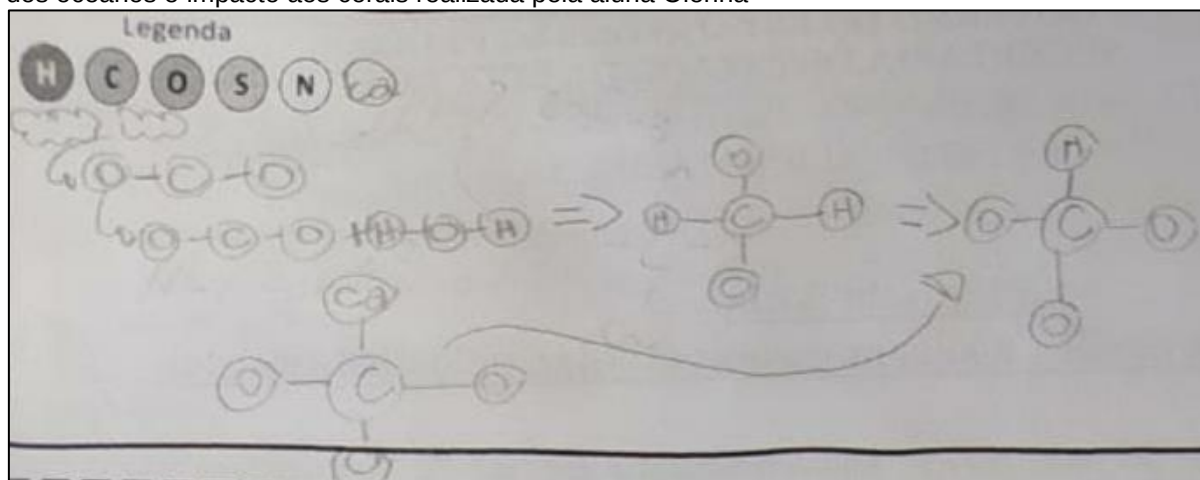
Ademais, a aluna Dany afirmou ter utilizado informações da *internet*, relembrou os conceitos aprendidos na aula e, ainda, conceitos aprendidos em outras disciplinas. A aluna afirmou, também, não ter pedido ajuda para os pais ou colegas, enquanto a aluna Marge não realizou o preenchimento deste quadro. No entanto, ao analisar a atividade realizada pela aluna Caty é notório a semelhança das respostas propostas pelas alunas, a perceber, ainda, que as respostas de Dany e Marge se mostraram incompletas quando comparadas com as da aluna Caty.

Portanto, a partir dos modelos mentais os quais puderam ser identificados, isto é, a partir das hipóteses para justificar o fenômeno e as estratégias de soluções, as quais basearam-se nas respostas da aluna Caty, as alunas Dany e Marge obtiveram um desempenho considerado insatisfatório, uma vez que, os *tokens* os quais puderam ser percebidos nas estruturas dos modelos mentais não eram completos, isto é, os modelos mentais das alunas não apresentaram os *tokens* referentes às ligações químicas, geometria molecular e reações químicas envolvidas. Ou, embora os possuísem apresentaram-se significativamente falhos e incompletos.

- *Análise da Atividade de Investigação 1 realizada pela aluna Olenna*

A resposta proposta pela aluna Olenna para explicar o fenômeno abordado na Atividade de Investigação 1 está ilustrado na Figura 13. Ainda nesta primeira etapa da atividade a aluna escreveu “*O gás poluente CO_2 é absorvido pelo oceano e reage com a água (H_2O) formando ácido carbônico (H_2CO_3) que se decompõe em carbonato e íon hidrogênio. Com isso o pH da água reduz e os corais são autamente (sic) afetados*”.

Figura 13 - Proposta de representação das reações químicas envolvidas no processo de acidificação dos oceanos e impacto aos corais realizada pela aluna Olenna



Fonte: Elaborado pela aluna Olenna participante do estudo.

Assim, a partir do esquema proposto pela aluna e o trecho descrito, pode-se identificar o modelo mental construído, bem como, sua estrutura e composição (*tokens*), potencialidades e fragilidades. Neste sentido, necessariamente a partir do esquema, pode-se inferir que o modelo possui os *tokens*: (1) que se refere ao composto químico poluente CO₂ e (3) que compreende o conceito de ligações químicas, uma vez que, os átomos que compõem as moléculas representadas estão ligados entre si. Este, *token*, no entanto, apresenta falhas. Isto pode ser observado pela não distinção, na representação da aluna, entre ligações simples e duplas. Ademais, a partir do esquema proposto pela aluna, o modelo mental construído apresentou, ainda, o *token* (2) referente às reações químicas envolvidas. No que diz respeito ao *token* (4) que corresponde à geometria molecular dos compostos, a aluna apresentou as mesmas falhas observadas na representação proposta pela aluna Caty, isso porque, os ângulos característicos para as geometrias linear (CO₂) e a angular (H₂O) foram representados de maneira semelhante. Na estrutura do ácido carbônico (H₂CO₃), resultante da reação entre o CO₂ e H₂O, a aluna representou apenas dois dos três átomos de oxigênio e ao representar o CaCO₃ a aluna indicou uma ligação entre o átomo de carbono e o átomo de cálcio. Assim, pode-se concluir que o modelo mental construído apresenta algumas falhas nos *tokens* (2), (3) e (4).

No que diz respeito ao impacto desta problemática nas populações de corais, a aluna apresentou uma justificativa superficial, apenas sugerindo que “o pH da

água reduz e os corais são altamente afetados” sem aprofundar-se nos conceitos químicos envolvidos e na justificativa deste fenômeno. Isso, pode ser justificado, então, devido ao fato de o *token* (4) correspondente às reações químicas envolvidas nos processos inerentes à problemática ambiental apresentar falhas.

As dificuldades relacionadas à compreensão das reações químicas podem estar relacionadas à grande generalização e extensão desse conceito, de modo que, os estudantes dificilmente reconhecem similaridades entre fenômenos que tem aspectos perceptivos diferenciados, o que dificulta o reconhecimento do papel dos reagentes e produtos não tão perceptíveis como o caso dos gases (MORTIMER; MIRANDA, 1995), o que se aplica no contexto desta e das demais atividades de investigação, e portanto, justifica as dificuldades apresentadas tanto pela aluna Olenna como pelos demais alunos.

Na segunda etapa da atividade, como estratégia de solução a problemática ambiental, Olenna sugeriu *“a adição de substâncias alcalinas nas águas dos oceanos para equilibrar o PH (sic) como pedra calcária esmagada”*. E, ao explicitar o raciocínio empregado a aluna descreveu: *“não sabia nenhuma estratégia, fiz uma pesquisa e cheguei a (sic) conclusão de que substâncias alcalinas são capazes de equilibrar o PH (sic) da água”*. A partir do exposto, portanto, pode-se confirmar a presença do *token* (4) que diz respeito as reações químicas envolvidas, uma vez que, a aluna mostra saber que a reação entre um ácido e uma base é capaz de ajustar o pH do meio. No entanto, a aluna não apresentou a escrita da equação química. Diante disso, a aluna obteve um desempenho satisfatório na realização da atividade.

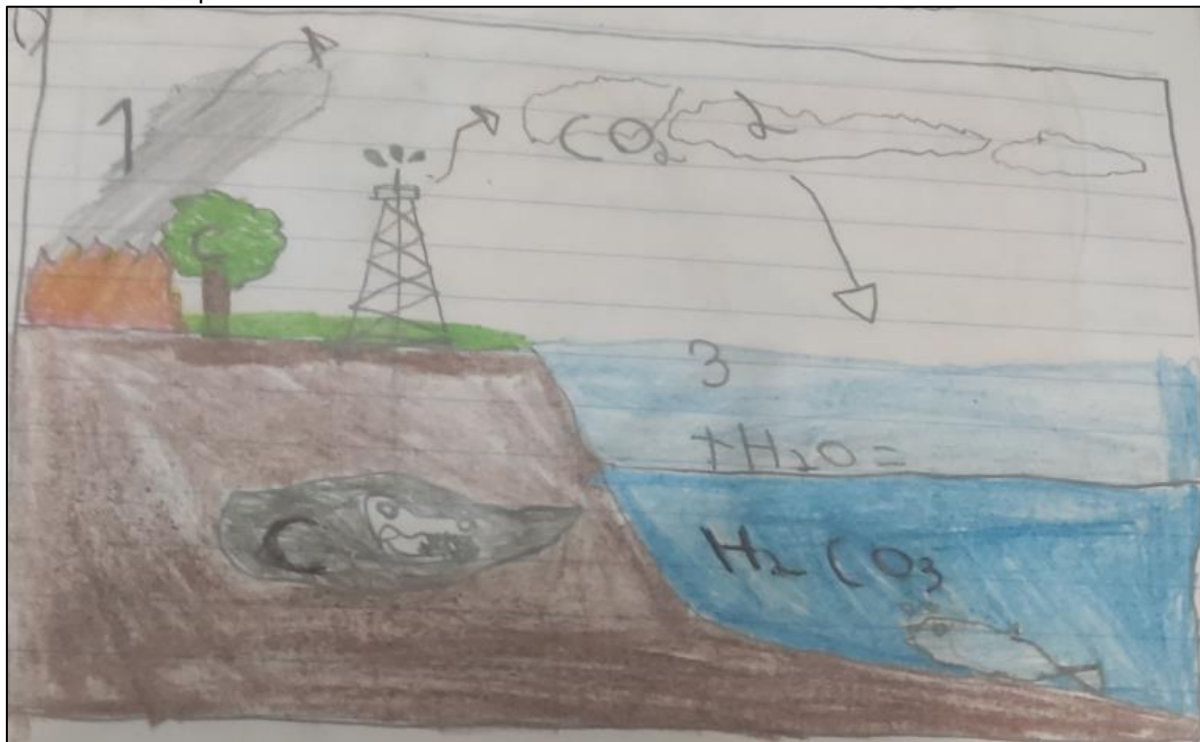
Como meios para realizar a atividade a aluna afirmou usar os conceitos aprendidos em aula e ainda, ter se informado na *internet*. Ademais, a aluna pediu ajuda para a professora, que a orientou como a atividade deveria ser realizada, sem sugerir ou indicar respostas.

- *Análise da Atividade de Investigação 1 realizada pelo aluno Jon*

Para explicitar o processo de acidificação dos oceanos e seu impacto nos corais, o aluno Jon elaborou um desenho (Figura 14). Os números representados no desenho indicam, respectivamente, *“1- Desmatamento e uso de combustíveis fósseis (sic) lançam carbono na atmosfera; 2- Onde ele permanece em forma de gás*

carbônico, absorvendo calor do sol; 3- Parte desse gás carbônico reage com a água do mar formando ácido carbônico.”

Figura 14 - Proposta de explicação para o processo de acidificação dos oceanos e impacto aos corais realizada pelo aluno Jon



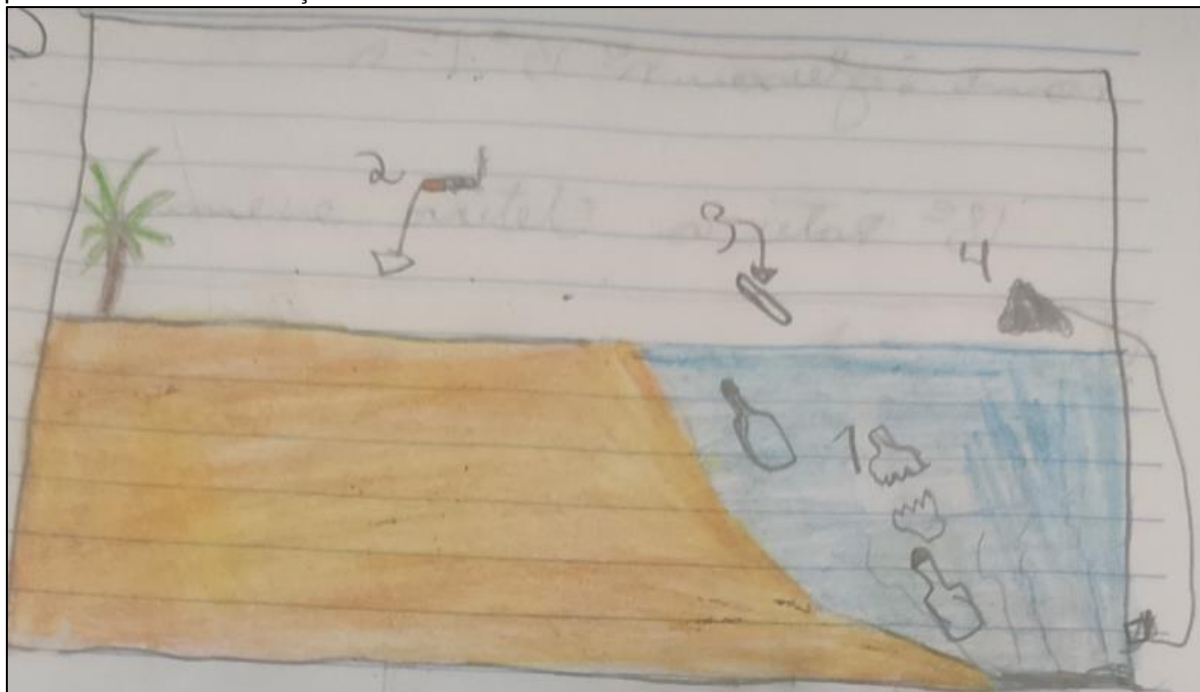
Fonte: Elaborado pelo aluno Jon participante do estudo.

A partir da ilustração produzida pelo aluno Jon, e consequentemente do modelo mental construído por ele, é possível identificar o *token* (1) que diz respeito ao composto químico poluente CO_2 . Além disso, é perceptível que ele não relacionou os prejuízos do aumento do pH do meio aquático aos recifes de corais. Ademais, o aluno ainda não representou as ligações entre os átomos constituintes das moléculas representadas (CO_2 , H_2O e H_2CO_3), uma vez que, as representou fazendo uso das fórmulas moleculares e não estruturais como sugerido na proposta da atividade. Diante disso, pode-se inferir que o modelo mental em questão analisado não possuía os *tokens* (2), (3) e (4) que se referem, respectivamente, às reações químicas envolvidas, aos conceitos de ligações químicas e à geometria molecular. Ou, por outro lado, que o aluno não se atentou às orientações para realização da atividade.

Na segunda etapa da atividade, como proposta de solução para a questão problema, o aluno Jon produziu um desenho (Figura 15). Os números indicados na

ilustração referem-se, respectivamente, às ações “1 - evitar jogar garrafas de plástico nas praias; 2 - não jogue bituca de cigarro; 3 - não usar canudos descartáveis; 4- usar ferro para ‘fertilizar’ os oceanos”.

Figura 15 - Representação da estratégia de solução proposta pelo aluno Jon para minimizar a problemática de acidificação dos oceanos



Fonte: Elaborado pelo aluno Jon participante do estudo.

É possível perceber que o aluno Jon sugere como estratégia de solução para a problemática não descartar lixo em locais inadequados, como praias, por exemplo. No entanto, na primeira etapa da atividade o aluno considerou como a causa do fenômeno a emissão de CO₂ pelo uso de combustíveis fósseis. Diante disso, depreende-se que o modelo mental construído pelo aluno apresenta falhas em sua estrutura indicando, agora, que os *tokens* (1), (2), (3), e (4) não estão bem definidos e necessitariam de revisões. Ou, ainda, que o modelo mental construído pelo aluno Jon não apresenta tais *tokens*.

O aluno sugere, ainda, como outra possível solução a adição de materiais compostos de ferro com o intuito de “fertilizar os oceanos”. Este processo consiste na adição de compostos férricos, como o sulfato de ferro (FeSO₄), com o intuito de aumentar a biomassa fitoplanctônica para redução do CO₂ atmosférico (CAMPOS; JARDIM, 2003). Para explicitar o raciocínio empregado o aluno apontou que “as *partículas (sic) do metal estimulariam o crescimento dos planctons (sic), que são*

capazes de absorver o CO₂. Ao morrer, os placton (sic) levariam o gas (sic) carbônico (sic) para o fundo do mar, criando um deposito (sic) de CO₂”. Assim, embora a estratégia de solução para a problemática seja uma boa aposta, o aluno apenas reproduziu as informações retiradas da *internet* e não as discutiu ou compartilhou com a turma nos momentos de discussão. Ademais, durante a entrevista o aluno apenas comentou esta proposta de solução, sem detalhá-la.

Diante do exposto, pode-se concluir que o modelo mental construído pelo aluno Jon referente à problemática de acidificação dos oceanos e os conceitos químicos se mostra incompleto e simplista. Mediante isso, o aluno apresentou uma boa estratégia de solução, porém, sem necessariamente elaborá-la ou discuti-la a partir das informações obtidas da *internet* e associá-las àquelas que já tinham sido obtidas, o que promoveria, assim, uma evolução do seu modelo mental. Portanto, em decorrência das falhas dos *tokens* identificados no modelo mental construído pelo aluno Jon, o desempenho obtido na realização da atividade pode ser considerado como insatisfatório.

O desempenho insatisfatório do aluno Jon no que diz respeito aos conceitos químicos abordados nesta atividade pode ser justificado pelo fato de o aluno não ter tido contato com a disciplina de Química como as demais estudantes, pois, o aluno pertencia à 1ª série do Ensino Médio, enquanto as alunas eram da 2ª e 3ª séries. Ademais, a suspensão das aulas presenciais pode ter acentuado mais significativamente esta defasagem observada para o aluno Jon.

4.2.2 A Atividade de Investigação 2

A Atividade de Investigação 2 envolvia a temática do *smog fotoquímico*. Sendo assim, a situação problema foi proposta por meio de um trecho retirado de uma reportagem que retratava o nevoeiro ocorrido em dezembro de 1952 em Londres, na Inglaterra. Este foi o maior nevoeiro ocasionado em decorrência de poluição da queima de carvão já ocorrido no país, o que provocou a morte de milhares de pessoas por asfixia e outras doenças respiratórias, como bronquite aguda. Assim, a partir da leitura do trecho, os alunos deveriam elaborar uma hipótese que explicasse a ocorrência do fenômeno retratado e, ainda, apresentar as reações envolvidas fazendo uso de desenhos das moléculas dos compostos

químicos. Na sequência, esperava-se que os alunos apresentassem estratégias de solução para a problemática ambiental.

As atividades realizadas pelos alunos foram analisadas individualmente, assim como na Atividade de Investigação 1. O Quadro 9 apresenta uma síntese dos modelos mentais construídos pelos alunos que puderam ser identificados durante o desenvolvimento e realização da Atividade de Investigação 2. Os tópicos posteriores detalham as hipóteses e estratégias apresentadas pelos alunos.

Quadro 9 - Síntese do desempenho dos alunos na realização da Atividade de Investigação 2 a partir dos modelos mentais construídos e os tokens constituintes

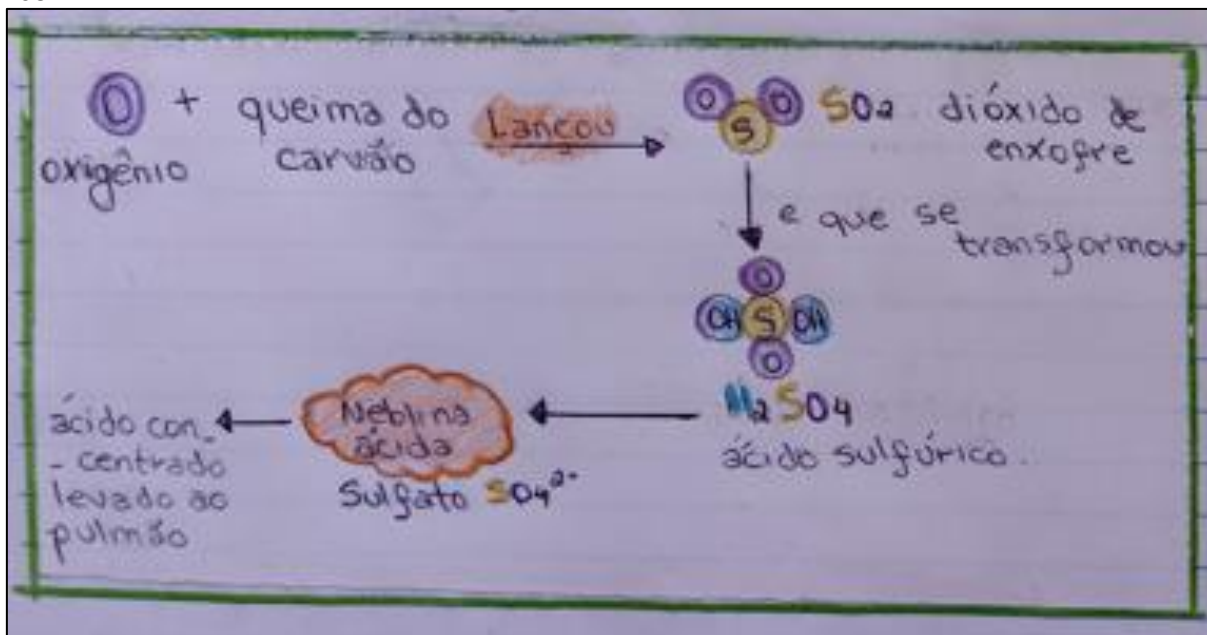
Estudante	Desempenho e características do modelo mental construído
Caty	• Possui os <i>tokens</i> (1), (2), (3) e (4); • O <i>token</i> (2) não se mostra estritamente completo, porém não prejudica significativamente o modelo mental identificado; • O <i>token</i> (3) não é completo, uma vez que a aluna não diferencia as ligações simples, duplas e coordenadas; • A aluna apresentou uma boa estratégia de solução, e ainda, discursou sobre ela durante a discussão e a entrevista; • A aluna obteve desempenho satisfatório na realização da atividade.
Dany e Marge	• As alunas não realizaram a atividade de modo individualizado e independente; • Não puderam ser identificados <i>tokens</i> nos modelos mentais construídos pelas alunas; • As alunas obtiveram desempenho insatisfatório
Olenna	• Não possui o <i>token</i> (1); • Foi identificado o <i>token</i> (2), para um contexto de formação do <i>smog</i> fotoquímico, embora não caracterize o contexto da problemática ambiental abordada na atividade; • Possui os <i>tokens</i> (3) e (4) com algumas falhas; • A aluna apresentou uma boa estratégia para solucionar a problemática no contexto atual, e ainda, mostrou-se capaz de socializá-la com a turma; • A aluna obteve desempenho satisfatório.
Jon	• Possui apenas o <i>token</i> (1); • O aluno apresenta uma proposta para prevenção da ocorrência do <i>smog</i>; • O aluno obteve desempenho parcial.

Fonte: Autoria Própria

• *Análise da Atividade de Investigação 2 realizada pela aluna Caty*

Na Etapa 1 da atividade, a aluna Caty apresentou um esquema representando o processo de formação do *smog* (Figura 16).

Figura 16 - Representação proposta pela aluna Caty das reações químicas e dos compostos químicos envolvidos no processo de formação do smog em Londres, na Inglaterra em dezembro de 1952



Fonte: Elaborado pela aluna Caty participante do estudo.

A partir do esquema, é possível identificar o *token* (1) que corresponde ao composto químico poluente, que neste caso, diz respeito ao carvão utilizado como fonte de combustível nas fábricas. Ademais, a aluna representou corretamente as reações químicas envolvidas, sem, no entanto, justificar como o óxido de enxofre (SO₂) “se transformou” em ácido sulfúrico (H₂SO₄). Deste modo, embora o modelo mental da aluna apresente o *token* (2), este não se mostra totalmente completo. Em relação aos *tokens* (3) e (4) é possível identificá-los a partir da representação das moléculas com os seus átomos próximos uns dos outros e da posição correta deles, indicando, portanto, que a aluna compreende os conceitos de ligação química e geometria molecular, sendo a angular para a molécula de SO₂ e tetraédrica para o H₂SO₄. No entanto, a aluna não representa as diferenciações das ligações simples, duplas e coordenadas envolvidas nos compostos químicos envolvidos.

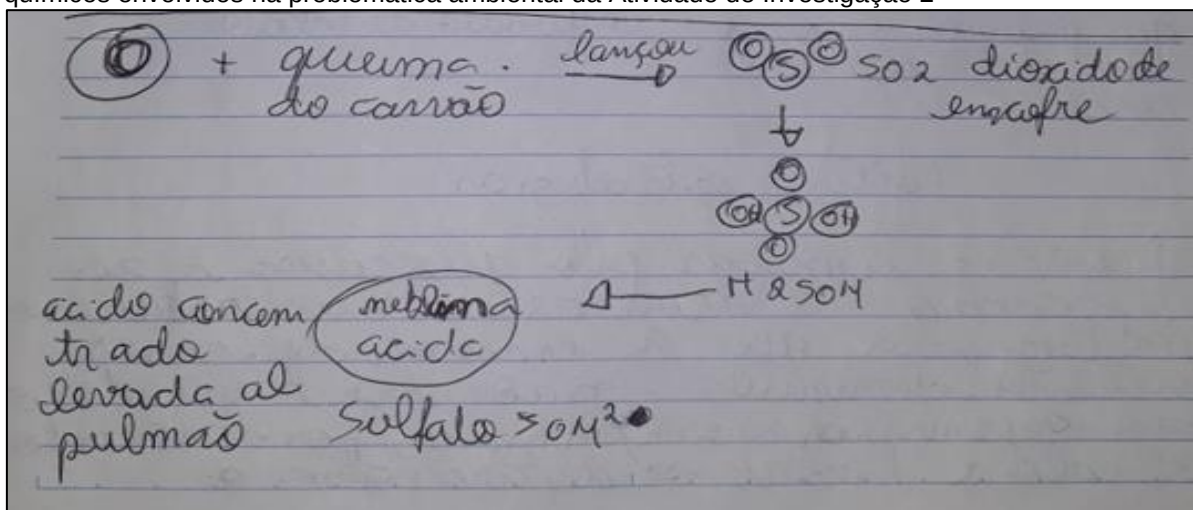
Na segunda etapa, a aluna apresentou como proposta de solução “para a limpeza do ar, a consciência coletiva deve ser essencial, incentivar a abolição de carvão usando lenha seca e usando uma lareira fechada para não ter contato direto com a fumaça”. Durante a discussão no Encontro 7, a aluna explicou que as lareiras fechadas possuem “um vidro que impede a passagem do que é queimado dentro para fora”.

Assim, é possível inferir que a aluna compreendeu o fenômeno estudado, bem como, os conceitos químicos inerentes a ele, a partir da identificação dos *tokens* constituintes do modelo mental construído, o que justifica a proposta plausível de solução apresentada pela aluna. Embora a aluna tenha apresentado uma ligeira falha no *token* (2) e no *token* (3). No entanto, tais falhas não implicam consequências significativas no que diz respeito à funcionalidade de seu modelo mental e seu processo de aprendizagem, a aluna obteve desempenho satisfatório na atividade em questão.

- *Análise da Atividade de Investigação 2 realizada pelas alunas Dany e Marge*

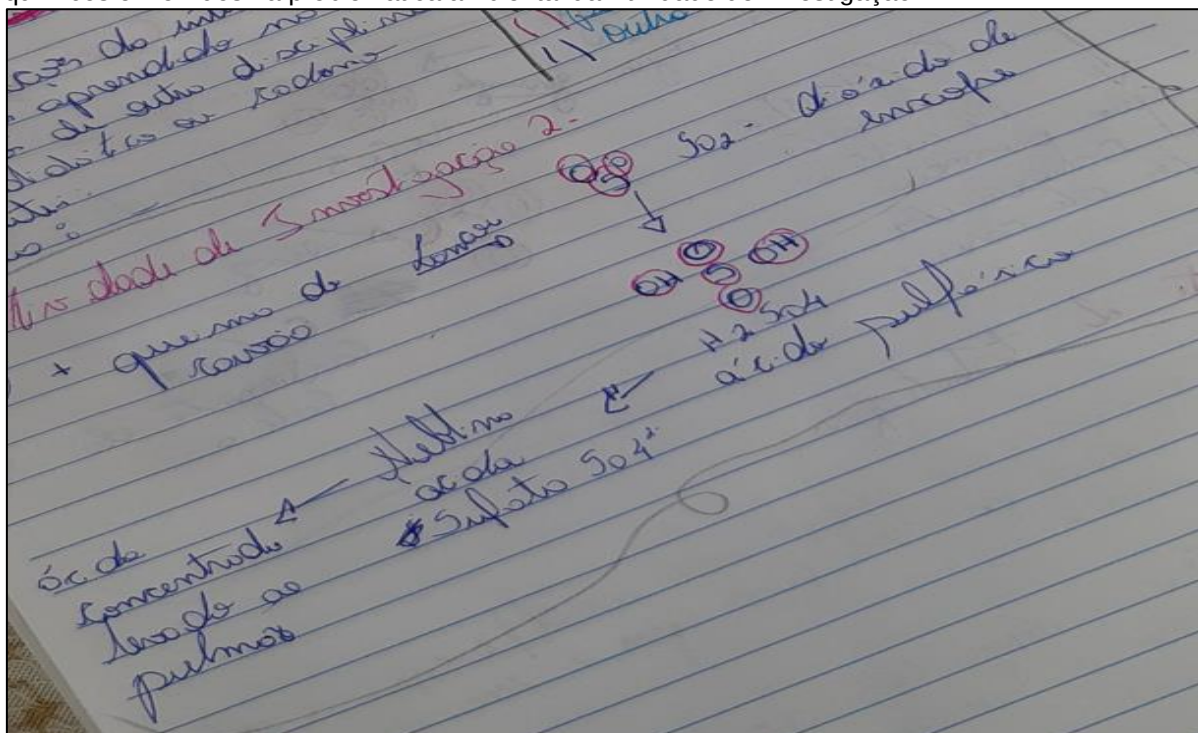
As atividades das alunas Dany e Marge foram analisadas concomitantemente pois, assim como na Atividade de Investigação 1, as alunas embasaram-se nas respostas propostas pela aluna Caty, uma vez que, as respostas apresentadas pelas alunas em questão (Figuras 17 e 18), mostram-se incompletas em relação àquelas propostas por Caty. Este comportamento pode-se justificar pelo contexto no qual foram desenvolvidos o minicurso e a Atividade de Investigação, o que pode ter prejudicado o envolvimento das alunas, bem como, a quantidade de tarefas as quais os alunos da turma vinham se queixando em relação a todas as disciplinas realizadas durante o ensino remoto. Ademais, devido ao longo período distante das aulas presenciais os alunos como um todo mostraram ter dificuldades em organização e empenho para realização das atividades e obrigações acadêmicas.

Figura 17 - Representação proposta pela aluna Dany das reações químicas e dos compostos químicos envolvidos na problemática ambiental da Atividade de Investigação 2



Fonte: Elaborado pela aluna Dany participante do estudo.

Figura 18 - Representação proposta pela aluna Marge das reações químicas e dos compostos químicos envolvidos na problemática ambiental da Atividade de Investigação 2



Fonte: Elaborado pela aluna Marge participante do estudo.

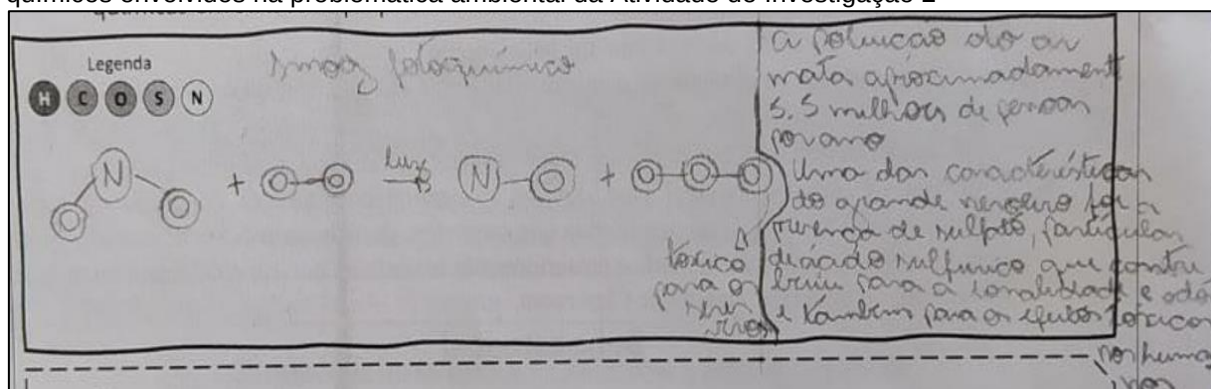
Na segunda etapa da atividade, a aluna Dany apresentou um trecho da resposta outrora sugerida pela aluna Caty: "*Para a limpeza do ar a consciência (sic) coletiva deve ser essencial, incentivar a eboição (sic) do uso de carvão usando uma laleira (sic) fechada*". Já Marge, não apresentou estratégia de solução para a problemática.

Diante disso, pode-se inferir que os modelos mentais das alunas não apresentaram os *tokens* necessários, considerando, portanto, a necessidade em buscarem auxílio e embasamento nas respostas da colega de sala. Ademais, durante a discussão com a turma, as alunas optaram por não expor suas respostas. Por essa razão, as alunas obtiveram desempenho insatisfatório.

- *Análise da Atividade de Investigação 2 realizada pela aluna Olenna*

A aluna Olenna na primeira etapa da Atividade de Investigação apresentou como hipótese para a ocorrência de *smog* um esquema que apresenta a reação envolvida (Figura 19). A partir do esquema, é possível perceber que a aluna considerou a formação do *smog* fotoquímico a partir da formação de óxidos nitrogenados, como o dióxido de nitrogênio (NO_2), gerados devido a presença de compostos que possuem nitrogênio em combustíveis fósseis.

Figura 19 - Representação proposta pela aluna Olenna das reações químicas e dos compostos químicos envolvidos na problemática ambiental da Atividade de Investigação 2



Fonte: Elaborado pela aluna Olenna participante do estudo.

Ainda a partir do esquema, a aluna escreveu que o nevoeiro ocorrido em Londres se deu devido a presença de sulfato originando o ácido sulfúrico (H_2SO_4), o que contradiz com a reação química apresentada. Neste sentido, o *token* (1) referente ao composto químico poluente não fica evidente na estrutura do modelo mental construído pela aluna. Já em relação ao *token* (2) que se refere à reação química envolvida, embora a aluna tenha se contradito em relação à substância precursora da formação do *smog* em Londres, ela apresentou a reação correta no que diz respeito ao *smog* fotoquímico. Em relação aos *tokens* (3) e (4), os quais referem-se, respectivamente, às ligações químicas e à geometria molecular, é possível inferir que a aluna possui ambos os *tokens* na estrutura do seu modelo mental, porém apresenta algumas falhas, uma vez que, não diferencia na representação ligações simples e duplas, e ainda, apresenta uma geometria linear para o ozônio (O_3), onde o correto seria a geometria angular.

Como estratégia de solução, na segunda etapa da atividade, a aluna escreveu, que

a estratégia mais óbvia é a preservação das florestas e criação/expansão de áreas verdes nas áreas urbanas, além de também diminuir de alguma forma a emissão de gases poluentes. 'Tinta que come smog' (essa tinta purifica o ar). Em pesquisa, obtive uma solução que já foi colocada em prática. O dióxido de titânio passou a ser usado em materiais de construções (incluindo tijolos e tintas). O dióxido de titânio reage com óxidos de nitrogênio (compostos voláteis que são fundamentais na produção da poluição atmosférica). Um hospital no México foi envolto em uma superfície porosa pintada.

De acordo com Obata, Magalhães e Zenquin (2012) o óxido de titânio (TiO_2) é um fotocatalisador que pode ser usado em superfícies com o intuito de decompor a

poluição atmosférica. Isso ocorre, pois, o TiO_2 interage com a água presente na atmosfera e cria uma superfície hidrofílica, o que atrai gotas de águas para a superfície e promove um processo de lavagem das reações químicas, tornando-a autolimpante e favorecendo a conversão de materiais poluentes como os óxidos de nitrogênio em compostos menos agressivos (OBATA; MAGALHÃES; ZEQUIN, 2012).

Neste sentido, a sugestão para solução da problemática apresentada pela aluna mostra-se como uma opção plausível. Durante a discussão, no Encontro 7, e na entrevista, a aluna mostrou compreender o processo, ainda que não de modo aprofundado no que diz respeito às reações químicas envolvidas.

Diante do exposto, a aluna apresentou três dos quatro *tokens* necessários para considerar um modelo mental completo em relação à problemática ambiental abordada, porém com algumas falhas, especialmente nos *tokens* (3) e (4), o que justifica um desempenho satisfatório na realização da atividade.

- *Análise da Atividade de Investigação 2 realizada pelo aluno Jon*

Ao realizar a atividade, o aluno Jon, diferentemente das demais alunas participantes, ele não apresentou um esquema para representar os compostos químicos e as reações inerentes ao fenômeno abordado na atividade em questão. Ao invés disso, o aluno afirmou: *"Não consegui pensar em nada sobre o desenho nem achei na internet"*. Neste sentido, então, o aluno não elaborou uma hipótese que explicasse a formação do nevoeiro ocorrido em Londres.

Na segunda etapa, o aluno sugeriu uma estratégia de prevenção para a problemática ambiental, e para isso, escreveu: *"Para prevenir acidentes como esse desastre, deveriam diminuir a poluição que as usinas fazem, a poluição com os carros, queima de carvão"*. Na sequência, o aluno explica seu raciocínio dizendo que *"se não tivesse tanta fumaça, quando o nevoeiro chegasse não iria causar problemas mas quando o nevoeiro chegou ele se juntou com a fumaça e quando as pessoas inalaram o ar prejudicava os pulmões pois o ar estava contaminado"*.

Diante do exposto pelo aluno, no modelo mental construído pelo aluno pode-se identificar o *token* (1) referente ao composto químico poluente e responsável pela formação do *smog*. No entanto, não puderam ser identificados os *tokens* (2), (3) e (4), que correspondem, respectivamente, às reações químicas, às ligações químicas e à geometria molecular dos compostos químicos envolvidos nas reações que

promovem a ocorrência do problema ambiental *smog*, em especial, no contexto de Londres, em dezembro de 1952. Neste sentido, portanto, o aluno obteve um desempenho parcial na realização da Atividade de Investigação 2.

4.2.3 A Atividade de Investigação 3

A Atividade de Investigação 3 trazia como problemática ambiental a intensificação da acidez das chuvas em decorrência da poluição atmosférica, o que foi ilustrado por episódios de alta acidez dos lagos escandinavos em meados dos anos 1972. Os alunos deveriam a partir da leitura de um trecho da reportagem publicada pela revista *Superinteressante*, identificar o fenômeno retratado, bem como, apresentar hipóteses para explicá-lo e, ainda, estratégias para solucionar tal problemática. As respostas apresentadas pelos alunos estão detalhadas nos tópicos a seguir, e, a partir destas foram analisados os modelos mentais construídos pelos alunos. O Quadro 10 apresenta uma síntese dos *tokens* que puderam ser observados nos modelos mentais construídos pelos alunos e os respectivos desempenhos na realização da atividade.

Quadro 10 - Síntese do desempenho dos alunos na realização da Atividade de Investigação 3 a partir dos modelos mentais construídos e os tokens constituintes

Estudante	Desempenho e características do modelo mental construído
Caty	• Possui os <i>tokens</i> (1), (2), (3) e (4), sendo possível observar falhas nos <i>tokens</i> (2) e (3); • O <i>token</i> (2) não se mostra completo, uma vez que a aluna não representa a formação do ácido sulfúrico (H_2SO_4); • O <i>token</i> (3) apresenta falhas, uma vez que, a aluna não diferencia ligações simples e duplas; • A aluna representou as geometrias moleculares corretamente, indicando a presença do <i>token</i> (4); • A aluna apresenta como solução o uso de combustíveis renováveis sem, no entanto, exemplificar quais; • A aluna obteve desempenho satisfatório na realização da atividade.
Dany	• Não puderam ser identificados <i>tokens</i> no modelo mental construído pela aluna; • A aluna obteve desempenho insatisfatório.
Marge	• Não puderam ser identificados <i>tokens</i> no modelo mental construído pela aluna; • A aluna obteve desempenho insatisfatório.

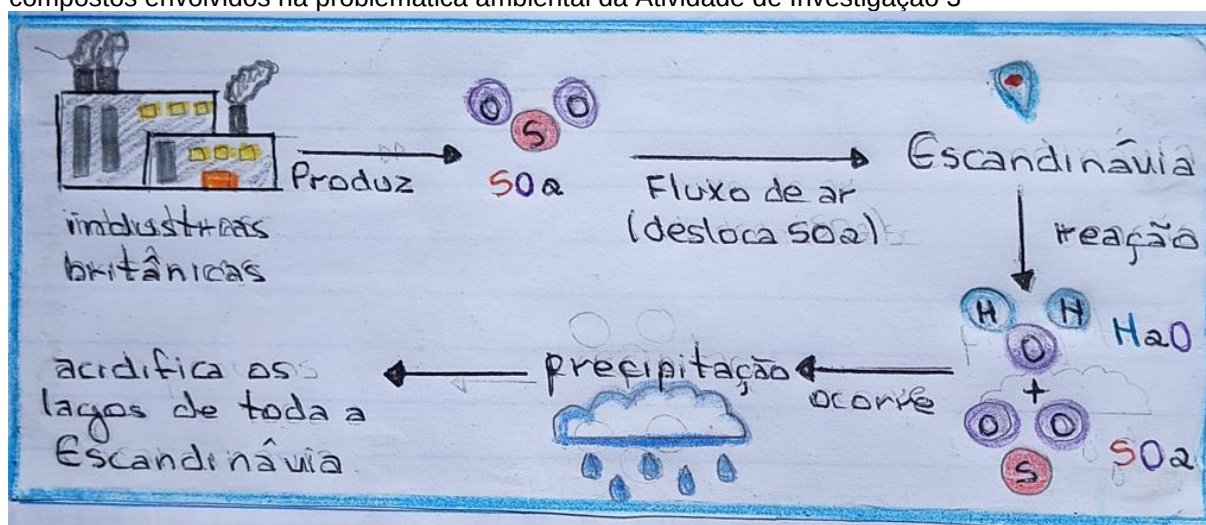
Olenna	• O modelo construído possui o <i>token</i> (1); • Não foi possível identificar o <i>token</i> (2); • Possui os <i>tokens</i> (3) e (4) com algumas falhas; • A aluna sugere como estratégia de solução o uso de biocombustíveis, sem exemplificá-los; • A aluna obteve desempenho parcial na atividade.
Jon	• Possui apenas os <i>tokens</i> (1) e (2); • O aluno apresenta uma proposta para solucionar o problema superficial e sem detalhamentos; • O aluno obteve desempenho parcial.

Fonte: Autoria Própria

• *Análise da Atividade de Investigação 3 realizada pela aluna Caty*

Na Parte 1 da Atividade de Investigação, a aluna Caty representou o processo de formação da chuva ácida por meio de um esquema (Figura 20).

Figura 20 - Representação proposta pela aluna Caty para explicitar as reações químicas e os compostos envolvidos na problemática ambiental da Atividade de Investigação 3



Fonte: Elaborado pela aluna Caty participante do estudo.

A partir do esquema proposto pela aluna, é possível inferir que o modelo mental construído possui o *token* (1) referente ao composto químico poluente, que na problemática em questão são os óxidos de enxofre liberados a partir da queima de combustíveis fósseis. Assim, a aluna indica-o como sendo o óxido de enxofre (SO_2), que por ser um gás, pode ser levado a regiões distantes daquela na qual foi liberado e, então, reage com as moléculas de águas presentes no ar atmosférico.

Ademais, no que diz respeito ao *token* (2) referente às reações químicas envolvidas, a aluna representa de modo incompleto a equação química que representa a reação de formação do H_2SO_4 , que é o composto responsável pela

precipitação mais ácida, provocando consequências como acidez dos lagos e mares, levando a mortes de peixes e algas. Assim, o modelo mental possui o *token* em questão, porém com falhas. Em relação aos *tokens* (3) e (4), que correspondem, respectivamente, à representação das ligações químicas envolvidas nos compostos e às geometrias moleculares, é possível observar que a aluna compreende que os átomos das substâncias representadas (SO_2 e H_2O) estão ligados entre si, porém não diferencia a natureza das ligações covalentes (simples, duplas e coordenadas). Em relação às geometrias, a aluna as representa de forma correta, isto é, geometria angular para ambos os compostos.

Como estratégia de solução, a aluna sugere que *“o uso de recursos renováveis deve ser colocado em prática, visto que o ecossistema pode ser degradado. Além disso, esses recursos são ilimitados e não irá faltar na natureza”*. No entanto, a aluna não especifica quais recursos renováveis mostrar-se-iam como promissores na substituição dos combustíveis derivados do petróleo. Assim, considerando os *tokens* identificados no modelo mental construído pela aluna, e ainda, o não detalhamento da estratégia de solução apontada, a aluna obteve um desempenho classificado como satisfatório na atividade em questão, uma vez que, apresentou todos os *tokens*, porém, estes possuíam falhas significativas.

- *Análise da Atividade de Investigação 3 realizada pela aluna Dany*

Como hipótese para explicitar as causas responsáveis pela alteração do nível de acidez da chuva, a aluna sugeriu que

"Os gases lançados pelas indústrias são os maiores causadores do efeito estufa. São muito artificiais e vários contêm flúor, substância capaz de destruir a camada de gás ozônio que protege o planeta dos efeitos nocivos dos raios solares. Para os seres humanos dióxido de nitrogênio pode provocar bronquite, asma e enfisema pulmonar".

Neste sentido, é possível observar que o modelo mental construído pela aluna não possui o *token* (1) que se refere ao composto químico poluente, uma vez que a aluna não apresentou uma explicação plausível para o processo de intensificação da acidez das chuvas decorrente da emissão de óxidos de enxofre. Ademais, a aluna não representou as reações químicas envolvidas, bem como, as ligações químicas e as geometrias moleculares das substâncias. Assim, pode-se inferir que a aluna não possui, respectivamente, os *tokens* (2), (3) e (4) na estrutura do seu modelo mental.

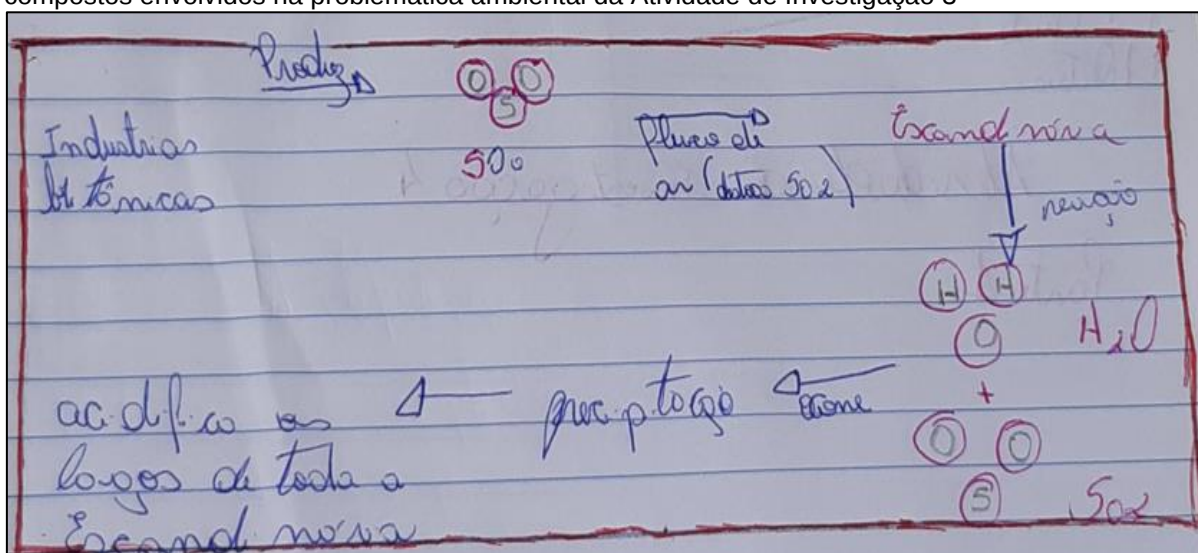
No segundo momento da atividade, a aluna apresentou como estratégia de solução a redução da “poluição do ar de indústrias ou fábricas usando transporte público para viajar, aumentando a eficiência de equipamentos para consumir menos energia e optando pelo gás natural”. Assim, a estratégia de solução não se mostra em sua totalidade correta a considerar a não relação entre a poluição do ar causada por indústrias e a preferência por transportes públicos, embora, de fato, o uso de transportes públicos favoreça a diminuição de automóveis a base de combustíveis fósseis, e consequentemente, a emissão de gases poluentes.

Portanto, a aluna obteve um desempenho insatisfatório na atividade de investigação em questão considerando que a partir da análise do modelo mental construído não foi possível identificar de nenhum dos *tokens* necessários para um modelo mental completo e correto em relação aos processos químicos envolvidos na formação das chuvas ácidas.

- *Análise da Atividade de Investigação 3 realizada pela aluna Marge*

A aluna Marge apresentou como hipótese para a ocorrência de chuvas ácidas o esquema o qual está representado na Figura 21.

Figura 21 - Representação proposta pela aluna Marge para explicitar as reações químicas e os compostos envolvidos na problemática ambiental da Atividade de Investigação 3



Fonte: Elaborado pela aluna Marge participante do estudo.

Assim como nas atividades anteriores, é possível observar a semelhança com o esquema apresentado pela aluna Caty. O mesmo comportamento se repete para a estratégia de solução apresentada por Marge na segunda etapa da atividade, na

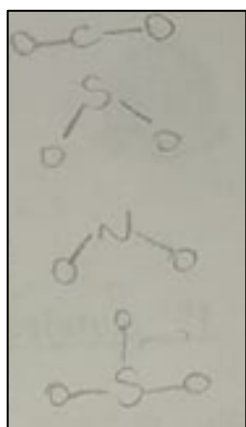
qual a aluna apresenta um trecho do que a aluna Caty escreveu, indicando, portanto, que Marge transcreveu parte das respostas apresentadas por Caty.

Assim, neste contexto, é possível inferir que o modelo mental da aluna Marge em relação ao fenômeno das chuvas ácidas não se mostrou completo e suficiente para que a aluna elaborasse suas estratégias e hipóteses, o que se justifica pela ausência dos *tokens* (1), (2), (3), e (4), que dizem respeito, respectivamente, ao composto químico poluente, às reações químicas, às ligações e geometrias das substâncias envolvidas. Portanto, na atividade de investigação em questão a aluna apresentou um desempenho insatisfatório.

- *Análise da Atividade de Investigação 3 realizada pela aluna Olenna*

A aluna Olenna apresentou como hipótese para justificar a ocorrência de chuvas ácidas a emissão de gases poluentes como o dióxido de carbono (CO_2), o dióxido de enxofre (SO_2), dióxido de nitrogênio (NO_2) e o trióxido de enxofre (SO_3) como pode ser observado na Figura 22.

Figura 22 - Representação proposta pela aluna Olenna para explicitar a problemática ambiental da Atividade de Investigação 3



Por consequência da poluição gerada por indústrias (sic) e até pelo próprio homem, faz com que gases (CO_2 , SO_2 , NO_2 , SO_3) (sic), reajam e seja transformada em chuva ácida. Essa chuva entrará em contato com o solo lagos, rios e mares e trará danos. A chuva ácida é capaz de baixar o PH (sic) da água e fazer com que a vida aquática sofra. E foi isso o que aconteceu na Escandinávia.

Fonte: Elaborado pela aluna Olenna participante do estudo.

Assim, é possível identificar a partir do modelo mental apresentado pela aluna a presença do *token* (1) que corresponde ao composto químico poluente. No que diz respeito às reações químicas envolvidas, a aluna não as representou limitando-se somente a afirmar que os gases poluentes reagem e transformam-se em chuva ácida. Neste sentido, a aluna não possui o *token* (2) em seu modelo mental, uma vez que, não discutiu ou escreveu as reações envolvidas. A partir das representações dos compostos, a aluna apresentou as fórmulas estruturais dos

gases poluentes e não representou os compostos envolvidos nas reações, os quais seriam, neste caso, a água (H_2O), o ácido nítrico (HNO_3) e/ou o ácido sulfúrico (H_2SO_4). No entanto, nas representações elaboradas pela aluna é possível identificar o *token* (3) referente às ligações químicas, uma vez que, representa os traços unindo os átomos nas moléculas, embora, não tenha diferenciado as ligações simples, das duplas e das coordenadas. Ademais, em relação ao *token* (4) que se refere à geometria molecular é possível identificá-lo no modelo mental da aluna tendo apenas uma ligeira incoerência na geometria do SO_3 que possui uma organização trigonal planar.

Faz-se necessário salientar que a aluna não se atentou que o fenômeno ocorrido na Escandinávia não correspondia à poluição gerada de fato nas regiões escandinavas, mas sim, em decorrência dos gases emitidos na Inglaterra que foram, então, levados por correntes de ar, provocando a alteração do pH das chuvas.

Como estratégia de solução para a problemática ambiental em questão, a aluna sugeriu *“reduzir a emissão de gases poluentes por parte das indústrias (sic); Utilizar biocombustíveis ao invés de combustíveis fósseis; Plantar árvores para absorverem o ar poluído; Conscientizar a população”*. Neste sentido, a solução apresentada mostra-se plausível a considera o uso de biocombustíveis, sem, no entanto, citar exemplos.

Portanto, no modelo mental construído por Olenna foi possível identificar os *tokens* (1), (3) e (4), sendo os dois últimos passíveis de algumas falhas. Neste sentido, a aluna apresentou um desempenho parcial na Atividade de Investigação 3.

- *Análise da Atividade de Investigação 3 realizada pelo aluno Jon*

Na primeira etapa da atividade, como hipótese para explicar sobre a razão pela qual a chuva ácida é formada, o aluno Jon considerou que

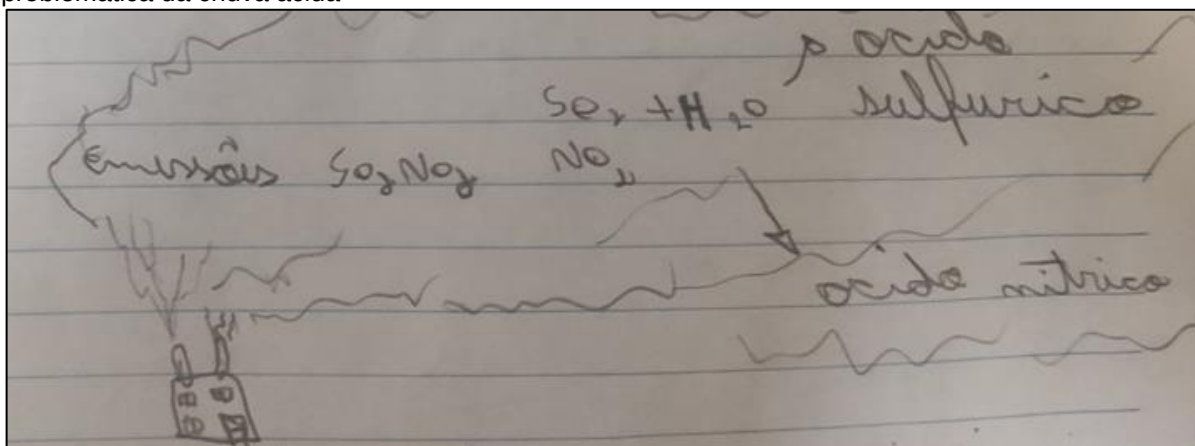
os gases lançados pelas indústrias são os maiores causadores do efeito estufa. São muito artificiais e vários contêm flúor, substância capaz de destruir a camada de gás ozônio que protege o planeta dos efeitos nocivos dos raios solares. A atividade industrial é uma das principais causadoras da poluição dos nossos corpos hídricos (sic).

Aqui, é perceptível a similaridade com a hipótese apresentada pela aluna Dany, o que por sua vez sugere a possibilidade de ambos terem elaborado suas hipóteses a partir da transcrição na íntegra de uma fonte externa, como *sites* de

busca. A partir desta resposta apresentada pelo aluno Jon, não é possível identificar quaisquer dos *tokens* necessários para a compreensão efetiva tanto do fenômeno abordado como dos conceitos químicos envolvidos.

No entanto, no segundo momento da atividade, onde esperava-se que o aluno apresentasse uma estratégia para solucionar o problema, Jon realizou uma ilustração (Figura 23).

Figura 23 – Esquema apresentado pelo aluno Jon para representar uma estratégia de solução para a problemática da chuva ácida



Fonte: Elaborado pelo aluno Jon participante do estudo

Embora a ilustração não apresente uma estratégia de solução de fato, é possível observar no modelo mental construído pelo aluno a presença do *token* (1) referente ao composto químico poluente indicado como sendo o SO_2 e/ou o NO_2 . Ademais, é possível perceber o *token* (2) referente às reações envolvidas, e, ainda que o aluno não tenha representado nas equações químicas as fórmulas moleculares do ácido nítrico (HNO_3) e do ácido sulfúrico (H_2SO_4), pode-se depreender que o aluno compreendeu o processo de formação das chuvas ácidas.

Ainda na segunda etapa da atividade, o aluno escreveu que "*para evitar [a chuva ácida] deveria diminuir os gases que as indústrias (sic) produzem*", sem especificar a maneira como diminuir a emissão destes gases.

Ademais, não foram identificados os *tokens* (3) e (4) os quais referem-se, respectivamente, às ligações químicas envolvidas nas substâncias e às suas geometrias moleculares. Diante disso, o aluno obteve um desempenho parcial na atividade.

4.2.4 A Atividade de Investigação 4

A Atividade de Investigação 4 retratava a problemática enfrentada pela camada de ozônio fazendo uso de duas questões do ENEM (2012 e 2014) adaptadas que retratavam acerca de um rótulo de desodorante aerossol livre de clorofluorcarbonetos (CFCs). Esperava-se que os alunos, na primeira etapa da atividade, elaborassem uma explicação que justificasse o não uso de CFC no desodorante. Na segunda etapa, os alunos elaborariam estratégias contendo compostos alternativos, e para isso, embasar as respostas por meio de reações químicas. As atividades foram analisadas individualmente e o Quadro 11 apresenta uma síntese dos *tokens* os quais foram identificados nos modelos mentais construídos pelos alunos e o desempenho de cada estudante. A aluna Dany não realizou esta atividade e, portanto, não foi possível analisar o modelo mental referente à temática abordada.

Quadro 11 - Síntese do desempenho dos alunos na realização da Atividade de Investigação 4 a partir dos modelos mentais construídos e os tokens constituintes

Estudante	Desempenho e características do modelo mental construído
Caty	• Apresentou os <i>tokens</i> (1), (2) e (3), sem falhas; • A aluna apresenta como solução o uso de HCFCs e HFCs como substituintes aos CFCs; • A aluna obteve desempenho total.
Dany	A aluna não realizou a atividade.
Marge	• Não puderam ser identificados <i>tokens</i> no modelo mental construído pela aluna; • A aluna obteve desempenho insatisfatório
Olenna	• O modelo construído possui o <i>token</i> (1); • Não foi possível identificar o <i>token</i> (2), • Possui o <i>token</i> (3) com algumas falhas; • A aluna obteve desempenho parcial na atividade.
Jon	• O aluno apresentou estratégias e hipóteses integralmente retiradas de sites de busca da internet; • Não foi possível observar nenhum dos <i>tokens</i>; • O aluno obteve desempenho insatisfatório.

Fonte: Autoria própria

- *Análise da Atividade de Investigação 4 realizada pela aluna Caty*
Como justificativa para a não utilização do CFC a aluna considerou que

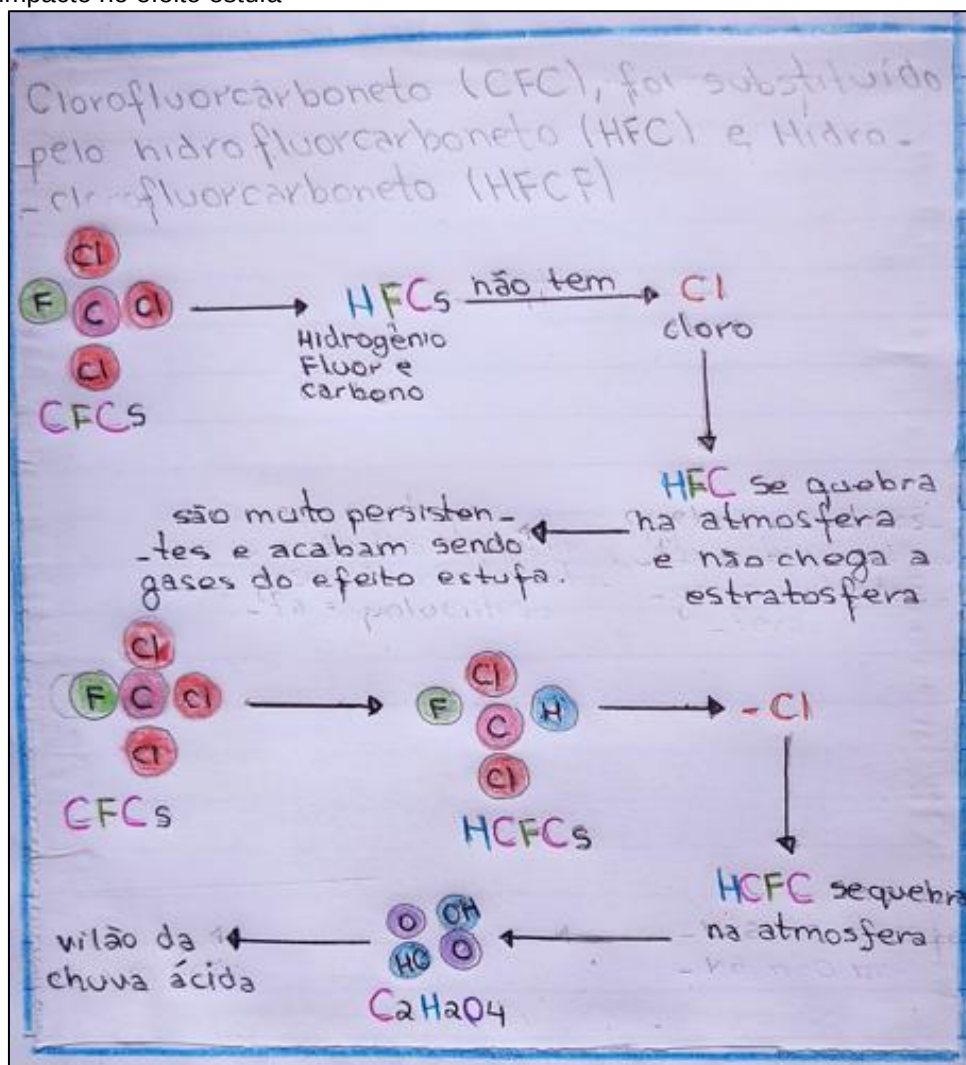
a destruição do ozônio na estratosfera começa quando [o CFC] é liberado na atmosfera. Após isso, a radiação ultravioleta (UV) que chega até a atmosfera reage com o CFC liberado e ele se decompõe. Quando ocorre a decomposição, o CFC fica concentrado na estratosfera, e começa a liberar radicais livres de cloro. O cloro destrói as moléculas de ozônio presente na camada e assim, diminui a camada de ozônio, deixando com que os raios UV se infiltre (sic). A não utilização de produtos que contém CFC é eficiente, pois os raios UV podem se infiltrar como o UVC é muito danoso para a saúde.

A partir da resposta apresentada pela aluna é possível identificar o *token* (1) referente aos compostos químicos envolvidos, os quais caracterizam-se como o CFC. Ademais, embora a aluna não tenha escrito a equação química referente à reação envolvida, ela descreve a ocorrência de diminuição da concentração de O_3 em razão da reação com os radicais livres de cloro decorrentes da decomposição do CFC, indicando, portanto, a presença do *token* (2) o qual refere-se às reações envolvidas.

Ademais, como estratégia para substituição do CFC a aluna sugeriu o uso dos hidroclorofluorcarbonetos (HCFCs) e os hidrofluorcarbonetos (HFCs) (Figura 24) indicando que o modelo mental construído pela aluna apresenta o *token* (3) que diz respeito aos compostos químicos substituintes dos CFCs.

Os HCFCs são preferíveis pois possuem um ou mais átomos de cloro ou flúor substituídos por átomos de hidrogênio, o que torna a molécula mais instável, diminuindo o potencial de destruição da camada de ozônio. No entanto, tais compostos são intensificadores do efeito estufa, de forma que, por exemplo, uma molécula do composto denominado HCFC-134a possui o impacto causado por 3400 moléculas de CO_2 . (TOLENTINO; ROCHA-FILHO, 1998). Já os HFCs são moléculas que possuem átomos de carbono, flúor e hidrogênio, e, portanto, por não possuir cloro não são prejudiciais à camada de ozônio (BENHADID-DIB; BENZAQUI, 2012).

Figura 24 – Esquema proposto pela aluna Caty para explicitar a ação dos HCFCs na camada de ozônio e seu impacto no efeito estufa



Fonte: Elaborado pela aluna Caty participante do estudo

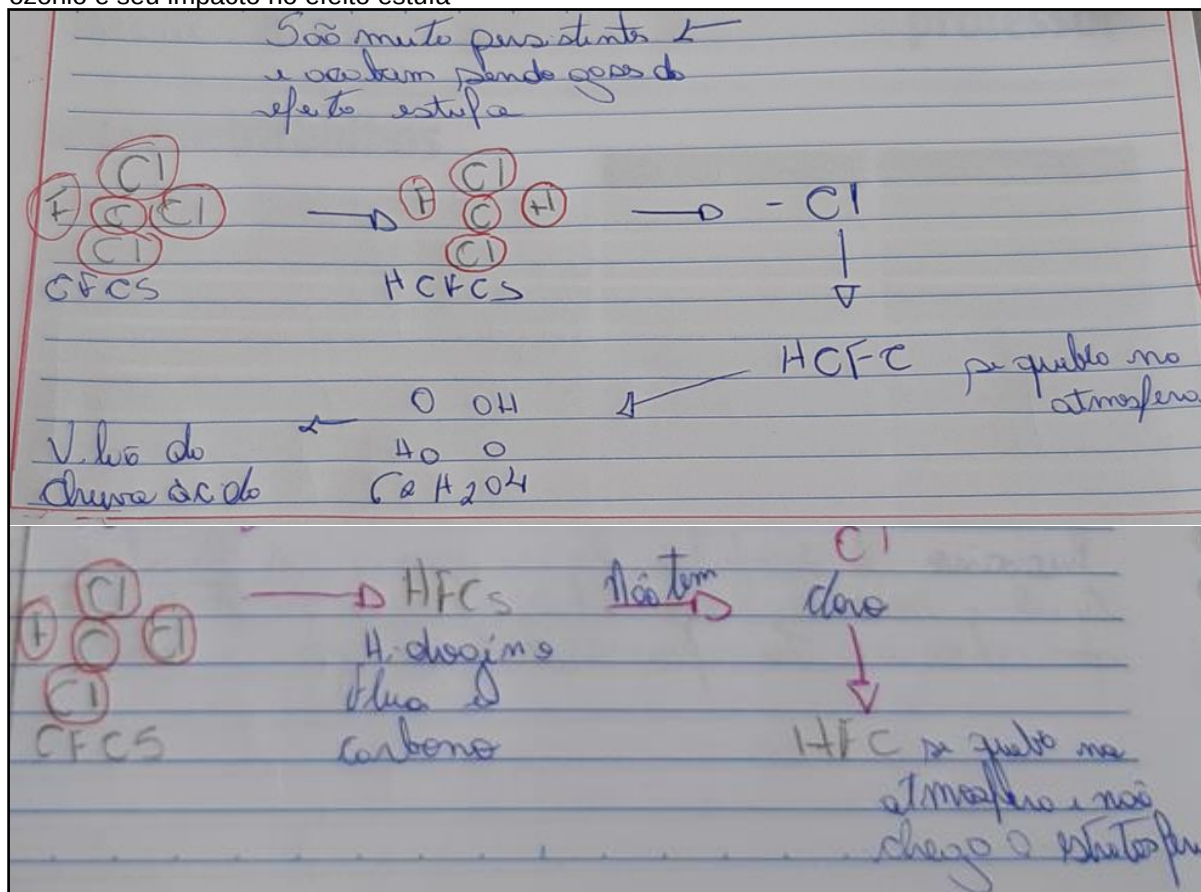
Assim, no modelo mental expressado pela aluna, foi possível identificar todos os *tokens* necessários, e ainda, completos. Diante disso, a aluna obteve um desempenho total nesta atividade de investigação.

- *Análise da Atividade de Investigação 4 realizada pela aluna Marge*

A justificativa para a não utilização do CFC na primeira etapa da atividade apresentada pela aluna Marge, bem como, na segunda etapa, o esquema proposto pela aluna (Figura 25) foram integralmente semelhantes àqueles propostos pela aluna Caty. Este comportamento foi observado em todas as atividades realizadas pela aluna. Neste sentido, assim como nas demais atividades, o modelo mental da aluna não apresentou nenhum dos *tokens* necessários para a compreensão do

problema apresentado, e ainda, não apresentou suas estratégias e hipóteses de modo autônomo, individual e autossuficiente.

Figura 25 – Esquema proposto pela aluna Marge para explicitar a ação dos HCFCs na camada de ozônio e seu impacto no efeito estufa



Fonte: Elaborado pela aluna Marge participante do estudo

É possível observar na representação dos compostos, que a aluna apresenta os átomos das moléculas com irregularidade e distantes uns dos outros, o que pode ser justificado pelo não conhecimento acerca das ligações químicas, que embora, nesta atividade em questão não seja considerado como um *token* a ser julgado como necessário na estrutura do modelo mental referente a problemática ambiental abordada, também não foi observado nas demais atividades.

Diante disso, a aluna, portanto, obteve um desempenho insatisfatório nesta atividade.

- *Análise da Atividade de Investigação 4 realizada pela aluna Olenna*

Na primeira etapa da atividade, a aluna escreveu

Os cientistas só foram descobrir os malefícios meio século depois de já ter destruído a camada de ozônio. O CFC é 15 mil vezes mais nocivo ou ozônico do que o CO₂ (sic). Com a destruição da camada de ozônio a humanidade ficaria exposta aos males do sol. A agricultura, os recifes de coral (sic), as populações de plâncton, tudo isso seria afetado além também da alteração climática, distúrbios ecológicos e o favorecimento do aquecimento global".

A partir da resposta apresentada pela aluna é possível identificar o *token* (1) referente aos compostos químicos envolvidos na destruição da camada de ozônio, sendo eles os CFCs. No entanto, a aluna não representou as reações químicas envolvidas neste processo, o que não permitiu a identificação do *token* (2) que diz respeito às reações envolvidas.

Na segunda etapa, como compostos químicos potenciais para substituir o uso dos CFCs a aluna considera que

dois gases são usados como substitutos para os CFCs. São eles, o hidroclorofluorcarbonetos (HCFC) e também hidrofluorcarbonetos (HFC). Eles causam danos menores e estão presente no ar-condicionado, aerossóis, refrigeração, solventes e retardadores de chamas.

Assim, é possível observar a presença do *token* (3), porém sem aprofundar-se na justificativa a partir da estrutura e composição química destes compostos, isto é, a substituição de átomos de cloro por átomos de hidrogênio.

Neste contexto, a aluna apresentou os *tokens* 1 e 3, sendo que o último não se mostrou completo. Assim, o desempenho obtido nesta atividade pode ser classificado como parcial.

- *Análise da Atividade de Investigação 4 realizada pelo aluno Jon*

Na primeira parte da atividade, o aluno Jon justificou que

como o CFC é um gás leve ele se dispara facilmente na atmosfera até chegar a camada de ozônio (O₃) (sic), provocando uma reação que transformava o ozônio em oxigênio (O₂) (sic). Resultado: como a camada de ozônio tem a função de filtrar as radiação (sic) solares, elas se tornaram mais prejudiciais à saúde da pele.

E, na segunda etapa, na qual esperava-se que o aluno apresentasse estratégias para compostos substituintes aos CFCs, Jon escreveu que "o ar-condicionado, geladeira, desodorante produzem clorofluorcarboneto, para que

aconteça a redução, se deve reduzir o consumo desses objetos que contém esse gás pra objetos ecológicos que não contém gás".

Ambas as respostas apresentadas pelo aluno foram retiradas integralmente de *sites* de busca da *internet*. Neste sentido, o modelo mental construído pelo aluno não se mostrou suficiente para auxiliar na elaboração das respostas, e, portanto, não possuía nenhum dos *tokens* necessários, o que favoreceu um desempenho insatisfatório nesta atividade.

4.3 O Questionário Final

A partir das respostas apresentadas pelos alunos no Questionário Final foi possível observar e comparar os modelos mentais dos alunos ao final das atividades para fins de análise da evolução destes modelos, considerando, assim, a avaliação da aprendizagem de cada aluno. Ademais, ainda a partir do Questionário Final os alunos contribuíram com suas impressões em relação às atividades realizadas e o minicurso desenvolvido.

4.3.1 Os modelos mentais finais

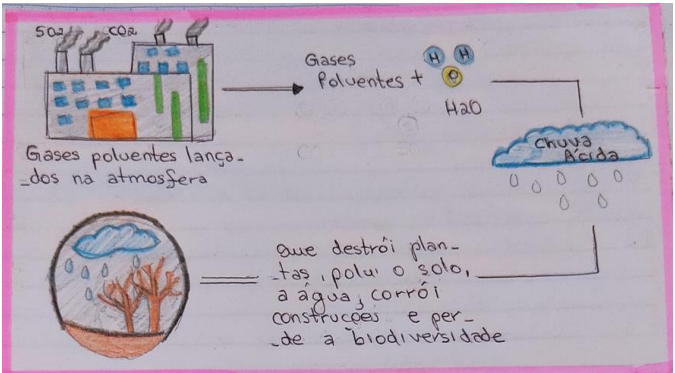
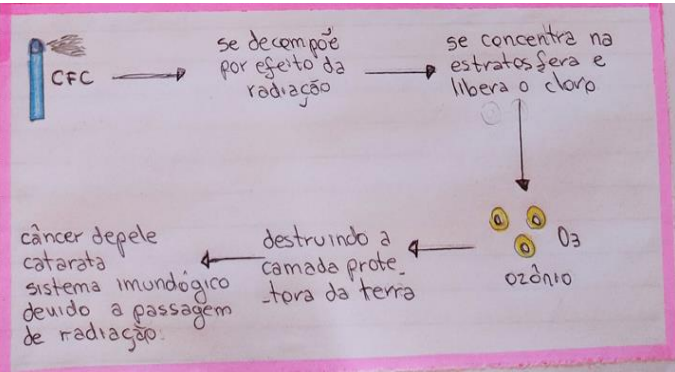
A análise dos modelos mentais dos alunos será detalhada de modo individualizado. Para isso, serão retomadas algumas respostas apresentadas pelos alunos no Questionário Inicial e nas atividades de investigação e, então, comparadas com as apresentadas no Questionário Final. Foram consideradas as respostas apresentadas pelas alunas Caty e Olenna, a considerar que as alunas Dany e Marge realizaram o Questionário Inicial, bem como, as atividades de investigação baseando-se, integralmente, ora em *sites* de busca da *internet*, ora nas respostas apresentadas por Caty, o que prejudica a análise da evolução dos modelos mentais. Ademais, o aluno Jon não realizou o Questionário Final, e, portanto, não foi possível identificar os modelos mentais finais do aluno.

O Quadro 12 apresenta uma comparação entre os modelos mentais iniciais e finais da aluna Caty. É possível observar que o modelo mental referente à chuva ácida foi o que apresentou melhorias mais significativas, a considerar que anteriormente a aluna não apresentou em sua resposta o *token* correspondente à reação química responsável pela formação das chuvas ácidas. Ademais, embora no Questionário Final a aluna não tenha apresentado a equação química completa, isto

é, apresentando o produto (H_2SO_4 ou NO_3) que promove a diminuição do pH das chuvas, pode-se considerar uma evolução no modelo mental construído pela aluna.

Em relação às demais temáticas, os modelos mentais da aluna já se mostravam, inicialmente, bem estruturados. Neste sentido, poucas modificações puderam ser identificadas no que diz respeito à adição de *tokens*.

Quadro 12 - Modelos mentais iniciais e finais da aluna Caty em relação aos fenômenos: chuva ácida, inversão térmica, smog, efeito estufa e uso de combustíveis fósseis

Temática da Questão	Resposta apresentada anteriormente	Resposta apresentada no Questionário Final
Chuva Ácida	"É um tipo de chuva que contém um teor mais ácido devido ao processo no meio ambiental, como por exemplo as queimadas na Amazônia que pode causar essa chuva".	 SO₂, CO₂ Gases Poluentes + H₂O Gases poluentes lançados na atmosfera Chuva Ácida que destrói plantas, polui o solo, a água, corrói construções e perde a biodiversidade
Depleção da camada de ozônio	"A destruição do ozônio na estratosfera começa quando [o CFC] é liberado na atmosfera. Após isso, a radiação ultravioleta (UV) que chega até a atmosfera reage com o CFC liberado e ele se decompõe. Quando ocorre a decomposição, o CFC fica concentrado na estratosfera, e começa a liberar radicais livres de cloro. O cloro destrói as moléculas de ozônio presente na camada e assim, diminui a camada de ozônio, deixando com que os raios UV se infiltre (sic). A não utilização de produtos que contém CFC é eficiente, pois os raios UV podem se infiltrar como o UVC é muito danoso para a saúde".	 CFC se decompõe por efeito da radiação se concentra na estratosfera e libera o cloro ozônio destruindo a camada protetora da terra câncer de pele, catarata, sistema imunológico devido a passagem de radiação
Inversão térmica e smog fotoquímico	O smog é o acúmulo da poluição do ar decorrente da liberação de um volume elevado de gases tóxicos, o que resulta em uma grande neblina de fumaça tóxica.	"A inversão térmica é um fenômeno que ocorre em dias, mais frios e o smog é um efeito prejudicial da inversão térmica".
Efeito Estufa	O efeito estufa é um fenômeno natural, porém a ação humana intensifica esse fenômeno, o que prejudica o meio ambiente.	A ação humana intensifica o efeito estufa, prejudicando o meio ambiente, principalmente pelo uso de combustíveis fósseis.
Potencialidades	"Diminuir o uso de combustíveis fósseis, optando por álcool	"Utilizar biocombustíveis que não emite grande

do uso de combustíveis fósseis	(biocombustível) ao invés de gasolina, optar por fontes de energia renováveis diminui o efeito estufa".	quantidade de CO2 (sic) e reduz o aquecimento global contribuindo para o desenvolvimento. Além disso, não queimar áreas verdes e descartar lixo inapropriadamente".
---------------------------------------	---	---

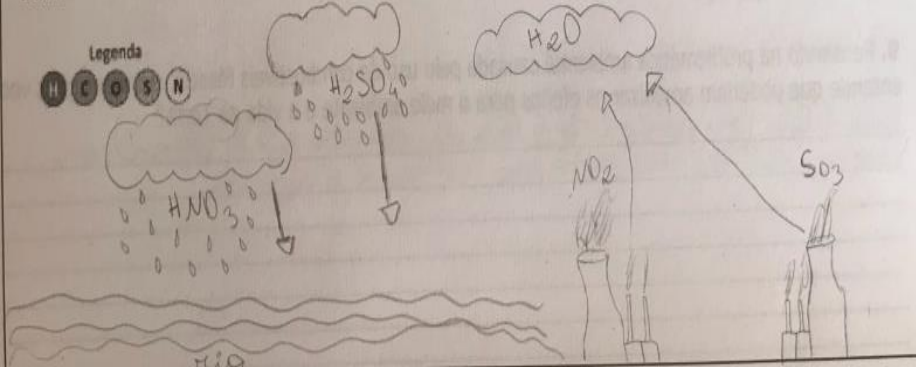
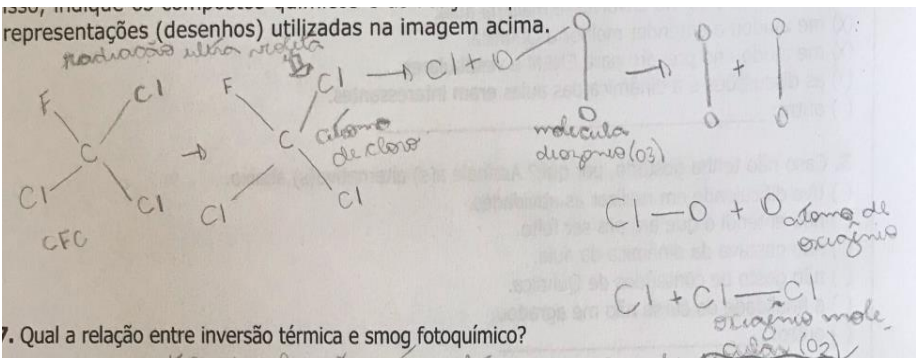
Fonte: Autoria própria.

Para a aluna Olenna (Quadro 13) é possível verificar os modelos mentais iniciais e finais construídos durante o desenvolvimento das atividades. Em relação ao modelo mental referente à temática da formação das chuvas ácidas é perceptível uma evolução, uma vez que, inicialmente a aluna apenas considerou que a chuva ácida era ocasionada pela poluição, e na resposta apresentada no Questionário Final, é possível identificar o *token* referente aos compostos químicos poluentes e inferir a partir representação o *token* que diz respeito às reações envolvidas. Ademais, o modelo mental referente ao processo de destruição da camada de ozônio também evoluiu. Isso ocorre, pois, na representação proposta no Questionário Final é possível identificar o *token* referente à reação química envolvida nesta problemática, o que outrora, na resposta apresentada na atividade de investigação não pode ser identificado.

Em relação aos demais modelos mentais, assim como observado para Caty, os quais referiam-se aos conceitos relacionados ao efeito estufa, *smog*, inversão térmica e usos dos biocombustíveis, não foram perceptíveis alterações significativas em suas estruturas, isto é, adição de novos *tokens*. Este fato pode ser justificado pelo destes modelos inicialmente já terem se apresentado complexos em relação à maior parte destas temáticas.

Neste sentido, as atividades desenvolvidas, bem como, o minicurso, contribuíram para que os modelos mentais das alunas que se mostraram previamente simplistas modificassem suas estruturas com a adição de novos *tokens* e se tornassem mais completos, favorecendo, portanto, uma aprendizagem dos conceitos químicos inerentes às temáticas de chuva ácida e depleção da camada de ozônio, sendo este último observado apenas para a aluna Olenna.

Quadro 13 - Modelos mentais iniciais e finais da aluna Olenna em relação aos fenômenos: chuva ácida, inversão térmica, smog, efeito estufa e uso de combustíveis fósseis

Temática da Questão	Resposta apresentada anteriormente	Resposta apresentada no Questionário Final
Chuva Ácida	"Para mim chuva ácida é uma chuva com uma acidez elevada ocasionada pela poluição".	
Depleção da camada de ozônio	"Os cientistas só foram descobrir os malefícios meio século depois de já ter destruído a camada de ozônio. O CFC é 15 mil vezes mais nocivo ou ozônico do que o CO ₂ (sic). Com a destruição da camada de ozônio a humanidade ficaria exposta aos males do sol. A agricultura, os recifes de coral, as populações de plâncton, tudo isso seria afetado além também da alteração climática, distúrbios ecológicos e o favorecimento do aquecimento global.	 representações (desenhos) utilizadas na imagem acima. Qual a relação entre inversão térmica e smog fotoquímico?
Inversão térmica e smog fotoquímico	O smog é o acúmulo da poluição do ar decorrente da liberação de um volume elevado de gases tóxicos, o que resulta em uma grande neblina de fumaça tóxica.	"Smog é um tipo de poluição atmosférica em que se forma uma nuvem escura constituída por fumaça, neblina ou gases poluentes...Ele é resultado principalmente de uma inversão térmica que acontece em dias frios e em locais com poluição".
Efeito Estufa	O efeito estufa é um fenômeno natural, porém a ação humana intensifica esse fenômeno, o que prejudica o meio ambiente.	"Smog é um tipo de poluição atmosférica em que se forma uma nuvem escura constituída por fumaça, neblina ou gases poluentes...Ele é resultado principalmente de uma inversão térmica

		que acontece em dias frios e em locais com poluição".
Potencialidades do uso de combustíveis fósseis	"Substituir por completo o uso de combustíveis fósseis por biocombustíveis derivado da biomassa orgânica".	"A emissão dos combustíveis fósseis contribui para o aumento do efeito estufa. A substituição total dos combustíveis fósseis pelo biocombustível seria um ótimo jeito de amenizar".

Fonte: Autoria própria

4.3.2 As impressões e opiniões dos alunos em relação ao minicurso e às atividades de investigação

Em algumas questões do Questionário Final e na entrevista realizada, os alunos participantes do estudo puderam apresentar suas opiniões, impressões e críticas no que diz respeito às atividades e ao minicurso. O Quadro 14 apresenta as respostas apresentadas pelas alunas Caty, Dany e Olenna durante a realização do Questionário e da entrevista.

Quadro 14 – Opiniões expressadas pelas alunas Caty, Dany e Olenna acerca das atividades de investigação realizadas e do minicurso desenvolvidas

Estudante	Caty	Dany	Olenna
Questões			
Você gostou de ter participado das Atividades de Investigação? Por quê?	“Sim. Fez com que eu me envolvesse mais na aula; me ajudou no preparo para o ENEM e vestibular”.	“Sim. Me ajudou a entender melhor a Química.”	“Sim. Fez com que eu me envolvesse mais na aula; me ajudou a entender melhor a Química; Me ajudou no preparo para o ENEM e vestibulares; as discussões e a dinâmica das aulas eram interessantes”.
Qual a sua opinião sobre a inclusão de atividades de investigação nas aulas?	“Eu gostei e outras matérias deveriam ter essas atividades, pois são muito completas, você investiga o problema e mesmo se houver erros, você aprende”.	“Essas aulas são ótimas, gostaria de mais atividades como esta!”	“Seria legal. Pois contribuiu na organização das ideias, e também ajuda na problematização e na aplicação do conhecimento”.
Destaque os principais pontos positivos e negativos das atividades realizadas durante o minicurso.	Positivos "Contribui pra provas de vestibulares; são legais e é uma ótima forma para aprende mais sobre os assuntos". Negativos -	Positivos Todos Negativos -	Positivos "Aprendi conteúdos novos; retomei alguns conceitos; tive bom aproveitamento" Negativos "Total de 0 defeitos".

Como você se sentiu ao realizar as atividades de investigação?	"Ahh, eu me senti bem ... Foi bem legal sabe? A gente ter aprendido coisa nova assim... Foi bem legal mesmo, bem legal!"	"Eu gostei, [...] deu pra aprender bastante coisa, Ainda mais que era retratando alguma coisa que cai no ENEM, vestibular, assim... Aí dá pra aprender bastante, dá pra aplicar em algumas provas que eu vou fazer [...]".	"É... foi uma coisa diferente né? Eu saí da minha rotina porque a gente não tá acostumada a fazer isso nos trabalhos e foi legal porque é um método bem diferente e não precisa, assim a meu ver, não preciso estar certo ou errado porque no final das aulas a gente chegava às conclusões, a gente pesava na balança as respostas dos outros parceiros do minicurso".
Qual a sua opinião em relação as discussões após a realização das atividades de investigação?	"É... aquela discussão que a gente teve foi [...] bem legal porque todas as questões né... todas as atividades foram passadas ali e o que a gente errou ou acertou a gente ficou sabendo. E, também aprendeu porque os outros também deram as estratégias deles, como eles fizeram, as informações que eles buscaram. Então, foi bem legal [...]".	"Eu gostei porque aí dá pra ter uma base do que todo mundo aprendeu né? Aí você vai aprendendo junto com os outros".	"Bom, eu acho que a discussão, ela é essencial porque a gente vê opiniões diferentes, argumentos diferentes e a gente pode acrescentar".
Na sua opinião, participar destas atividades te ajudou de alguma maneira o seu preparo para o ENEM e/ou vestibulares? Por quê?	"[...] É... eu tô estudando ainda...mas a gente, eu não tinha tanta noção quanto a essas coisas que a gente aprendeu agora sabe? Eu tinha noção que certas coisas faziam mal pro meio ambiente, mas não como essas coisas reagem pra causar, pra fazer poluição entende? É muito importante, tanto que eu fiz um simulado aqui pela internet caiu questões que usei os conhecimentos que tinha na aula".	"Ajudou porquê [...] essa matéria cai bastante nos vestibulares, em química, biologia, e também, até em redação".	"Sim. Com certeza o minicurso é... a gente... acho que foi no primeiro encontro a gente viu algumas questões do ENEM e você apresentou algumas estratégias [...] que são mais fáceis de resolver como: primeira coisa ver o problema da questão, depois pensar como, é... pensar na solução e depois observar as respostas e ver qual se encaixa ali melhor. Eu achei bem interessante, e ENEM e vestibular a gente sempre fica meio

			tenso, o tempo correndo... Então foi uma estratégia bem legal que deu para tirar um proveito bem bacana”.
Você gostaria que atividades de investigação fossem realizadas em outras disciplinas?	É, seria bem legal principalmente química né? Porque eu acho que a química é um pouco mais... química e física, né? As duas são bem difíceis para mim, e tipo, eu ter compreendido tudo que você passou no curso foi bom porque eu realmente não tinha tanta noção quanto a isso. Eu acho que seria [legal] se nas outras matérias também tivesse as atividades de investigação com problemas reais né? Com problemas que aconteceram.... Seria legal”.	“Sim, porque dá pra ter uma base [...]. A maioria destas atividades investigativas cai nos vestibulares [...] e aí quando for fazer o vestibular já está tudo certo”.	“Bom, como eu já havia dito é... seria bem bacana porque ela, ela força a gente, entre aspas, a trazer uma solução para o problema e ela também tira a gente daquela mesmice de tentar responder ao certo e é aquilo, sabe? É um método diferente que eu gostei bastante. Até então eu não sabia que existia as atividades de investigação e não sabia que era um método de estudo”.
Qual a sua avaliação final sobre a inclusão de atividades de investigação em aulas?	“Bom, olha foi sensacional todo o curso né? Eu não perdi uma aula porque era realmente muito cativante. [...] Eu assistia, eu prestava atenção, era bem legal. Bem legal!! Sem contar que os slides que você fazia eram lindos, muito lindos. [...] Eu não tenho do que reclamar mesmo, não tenho”.	“É dez, né? (risos) [...] eu gostei de tudo [...] Principalmente das discussões que a gente fazia com todo mundo. Foi bem legal!”.	“Só queria agradecer... foi um momento muito bom! [...] Acrescentou muito no meu conhecimento, principalmente em química, que é uma matéria bem complexa, algumas atividades são bem complicadas, mas de modo geral foi muito bom! E muito obrigada por estar sempre disposta a ajudar a gente e tudo mais. Obrigada pelo tempo!”

Fonte: Autoria Própria

É possível observar, a partir do Quadro 14, que as alunas, em sua totalidade, apresentaram boas impressões, evidenciando que as atividades e as discussões contribuíram para o aprendizado e, ainda, para o preparo para avaliações como ENEM e vestibulares.

Os demais estudantes participantes do estudo, Marge e Jon, apresentaram suas opiniões de modo informal, isto é, o aluno Jon não respondeu ao Questionário Final e Marge não participou da entrevista. No entanto, suas opiniões foram semelhantes às alunas Caty, Dany e Olenna. Além disso, Jon disse durante a entrevista, que se sentiu curioso para buscar informações para compreender melhor a temática abordada durante as atividades de investigação.

Portanto, todos os alunos participantes mostraram-se satisfeitos com as atividades desenvolvidas, e ainda, com o minicurso, em especial às discussões realizadas no Encontro 7, de modo que, não foram elencados pontos negativos tanto em relação ao minicurso, como em relação às atividades.

Assim, pode-se inferir que o desenvolvimento do estudo foi satisfatório no que diz respeito ao aprendizado e envolvimento dos alunos participantes, o que também foi constatado em outros trabalhos envolvendo atividades de investigação como relatado por Kasseboehmer e Ferreira (2013) onde a utilização de atividades investigativas em aulas teóricas contribuiu para promover a imersão dos estudantes em problemas científicos e no aprendizado, de modo que, alguns estudantes afirmaram que envolveram-se nos problemas, gostaram disso e esse processo tornou-se mais fácil compreendê-los e resolvê-los.

4.4 As principais dificuldades apresentadas pelos alunos

A análise das atividades de investigação realizadas pelos alunos permitiu investigar os *tokens* presentes nas estruturas dos modelos mentais construídos em relação às temáticas estudadas e os conceitos químicos envolvidos. Com isso, foi possível inferir quais foram as principais dificuldades apresentadas pelos alunos. O Quadro 15 retoma os *tokens* analisados nas Atividades de Investigação 1, 2 e 3, que puderam ou não ser identificados, bem como, os erros e acertos em função destes *tokens*. Para análise das dificuldades apresentadas pelos alunos serão consideradas as respostas apresentadas naquelas atividades que foram realizadas com autenticidade, desconsiderando, portanto, aquelas as quais foram integralmente baseadas nas respostas de outro estudante ou de *sites da internet*. Para estes casos, julgou-se que os *tokens* não puderam ser identificados de modo satisfatório, prejudicando a investigação da aprendizagem. Ademais, serão consideradas apenas as Atividades de Investigação 1, 2 e 3 as quais possuíam os mesmos *tokens* para a

análise dos modelos mentais. Além disso, na Atividade de Investigação 4 os alunos apresentaram uma maior facilidade em realizá-la.

Quadro 15 – Erros e acertos dos alunos em função dos *tokens* nas Atividades de Investigação 1, 2 e 3

Aluno	Tokens			
	(1) Composto químico poluente	(2) Reações químicas envolvidas	(3) Ligações químicas dos compostos	(4) Geometria molecular dos compostos
Atividade de Investigação 1				
Caty	Correto. O CO_2 é o responsável pela acidificação dos oceanos.	Correto. A partir da reação entre o CO_2 e água há a formação do H_2CO_3 prejudicando a formação do CaCO_3 .	Parcialmente correto. Não são diferenciadas ligações simples e duplas. Na molécula de CaCO_3 o Ca^{2+} não se liga ao átomo de carbono.	Parcialmente correto. A molécula de água possui geometria angular e o H_2CO_3 e CaCO_3 apresentam geometrias trigonal plana.
Dany	Não identificado de modo satisfatório	Não identificado de modo satisfatório	Não identificado de modo satisfatório	Não identificado de modo satisfatório
Marge	Não identificado de modo satisfatório	Não identificado de modo satisfatório	Não identificado de modo satisfatório	Não identificado de modo satisfatório
Olenna	Correto. O CO_2 é responsável pela acidificação dos oceanos.	Parcialmente correto. O produto resultante da reação é o H_2CO_3 .	Parcialmente correto. O CO_2 possui ligações duplas e não simples, assim como o CaCO_3 , e o cátion Ca^{2+} não se liga ao átomo de carbono	Parcialmente correto. A molécula de água possui geometria angular e o CaCO_3 possui geometria trigonal plana.
Jon	Parcialmente correto. O CO_2 não foi considerado em toda estratégia de solução apresentada	Não identificado de modo satisfatório	Não identificado de modo satisfatório	Não identificado de modo satisfatório
Atividade de Investigação 2				

Caty	Correto. Óxidos de enxofre são responsáveis pela formação do H_2SO_4 .	Parcialmente correto. A aluna não apresenta a como ocorre formação do H_2SO_4 .	Parcialmente correto. Não são diferenciadas ligações simples e duplas.	Correto. A molécula de SO_2 apresenta geometria angular e o H_2SO_4 possui geometria tetraédrica.
Dany	Não identificado de modo satisfatório.	Não identificado de modo satisfatório.	Não identificado de modo satisfatório.	Não identificado de modo satisfatório.
Marge	Não identificado de modo satisfatório.	Não identificado de modo satisfatório.	Não identificado de modo satisfatório.	Não identificado de modo satisfatório.
Olenna	Parcialmente correto. O <i>smog</i> é formado pelo H_2SO_4 e não pelo NO_2 para o contexto da atividade.	Correto. Embora a atividade não retrate a formação do <i>smog</i> fotoquímico, a reação apresentada mostra-se correta.	Parcialmente correto. A aluna não diferencia ligações simples e duplas.	Parcialmente correto. O O_3 apresenta geometria angular e não linear.
Jon	Correto. Os compostos liberados da queima do carvão foram os responsáveis pela formação da neblina.	Não identificado de modo satisfatório.	Não identificado de modo satisfatório.	Não identificado de modo satisfatório.
Atividade de Investigação 3				
Caty	Correto. O SO_2 é um dos principais responsáveis pela formação das chuvas ácidas.	Parcialmente correto. Não apresenta o produto da reação (H_2SO_4).	Parcialmente correto. Não diferencia ligações simples e duplas.	Correto. Os compostos, H_2O e SO_2 , apresentam geometria angular.
Dany	Não identificado de modo satisfatório.	Não identificado de modo satisfatório.	Não identificado de modo satisfatório.	Não identificado de modo satisfatório.
Marge	Não identificado de modo satisfatório.	Não identificado de modo satisfatório.	Não identificado de modo satisfatório.	Não identificado de modo satisfatório.

Olenna	Correto. Os óxidos de enxofre e de oxigênio são os responsáveis pelas chuvas ácidas.	Incorreto. Os óxidos reagem com a água do ar atmosférico para alterar a acidez da chuva.	Parcialmente correto. Os compostos envolvidos apresentam ligações duplas e coordenadas e não apenas ligações simples.	Parcialmente correto. O SO_3 apresenta geometria trigonal plana e não piramidal.
Jon	Correto. Os compostos, SO_2 e NO_2 , são os principais gases responsáveis pela alteração das chuvas.	Correto. O HNO_3 é formado a partir da reação do NO_2 com H_2O , e o H_2SO_4 , a partir da reação do SO_2 com H_2O .	Não identificado de modo satisfatório	Não identificado de modo satisfatório

Fonte: Autoria própria

A partir do Quadro 15, para as nove análises nas quais puderam ser identificados, de modo satisfatório, o *token* (1), sete respostas foram corretas em sua totalidade. Indicando, portanto, que os alunos compreenderam em sua maioria quais eram os compostos químicos poluentes nas problemáticas ambientais abordadas nas Atividades de Investigação.

Em relação ao *token* (2), para as sete análises satisfatórias, três respostas puderam ser consideradas corretas, três parcialmente corretas e uma incorreta. Desse modo, pode-se inferir que quatro alunos apresentaram alguma dificuldade em função das reações químicas envolvidas.

Para o *token* (3) referente às ligações químicas, para as seis análises onde este *token* pode ser identificado de modo satisfatório, todas as respostas apresentaram-se parcialmente corretas. No que diz respeito ao *token* (4), para seis das análises consideradas, quatro respostas foram consideradas parcialmente corretas e duas corretas.

Portanto, nas três atividades de investigação os alunos tiveram dificuldades mais significativas para os conceitos de ligação química e geometria molecular, e ainda, uma dificuldade menos acentuada para propor as equações referentes aos processos químicos peculiares às temáticas ambientais consideradas. Neste sentido, tais dificuldades podem ser justificadas pelo caráter abstrato nas quais estes conceitos se apresentam aos alunos, o que caracteriza a grande maioria do estudo das Ciências. Assim, retomando a concepção de Johnstone (1993, 2000),

para uma compreensão efetiva dos conteúdos químicos, faz-se necessário que o aluno assimile e relacione os três níveis existentes na área da química, os quais caracterizam-se como o nível macroscópico, microscópico e submicroscópico, o que comumente mostra-se desafiador.

Assim, como apontado por Meneses e Nuñez (2018), uma das causas que pode ser vinculada às dificuldades na compreensão de uma reação química pode ser atribuída a fragmentação de outros conteúdos e conceitos que relacionam-se entre si, e que se, se apresentassem de uma maneira interrelacionada facilitaria o entendimento. Além disso, tal dificuldade pode ser, ainda, demonstrada pelo

fato de os estudantes expressarem ideias pautadas em aspectos observáveis, revelando também um fraco entendimento do modelo corpuscular da matéria como uma construção mental explicativa para vários fenômenos abordados em ciências (ROSA; SCHNETZIER, 1998, p. 34).

Ademais, tal *“aprendizagem dos conceitos científicos envolve os alunos na construção de modelos mentais para entidades que não são percebidas diretamente”*(ROMANELLI, 1996, p. 30).

Segundo Linus Pauling (1992, p. 521), “o conceito de ligação química é o conceito mais valioso na química. Seu desenvolvimento [...] foi um dos maiores triunfos. [...] Não há um químico no mundo que não o utilize em seu pensamento”. Neste sentido, no Ensino de Química faz-se necessário que os alunos compreendam este conceito para um bom desenvolvimento na área da Química e da Ciência (PASSOS; GARRITZ, 2014). No entanto, a compreensão desta temática envolve uma grande capacidade de abstração para a maioria dos alunos. Ademais, segundo Fernandes e Campos (2012, p. 154) *“faz-se necessário que os alunos tenham ideias prévias relevantes sobre átomos, moléculas, íons, elétrons, elemento químico, polaridade, eletronegatividade, forças intermoleculares”*, favorecendo *“a geração de concepções alternativas nos estudantes em diferentes níveis de ensino, sendo um desafio atual para o ensino e aprendizagem de ligação química”*, o que, portanto, pode justificar a dificuldade apresentada pelos alunos na realização das atividades de investigação.

A dificuldade apresentada pelos estudantes no que diz respeito a representação das geometrias moleculares, pode ser justificada pelo fato deste conceito ser dependente da compreensão das ligações químicas, o que se mostrou

difícil aos alunos. Ademais, os alunos não são estimulados a imaginar as moléculas em nível tridimensional, além disso, tal dificuldade pode aparecer ainda no Ensino Fundamental na disciplina de Matemática, ao estudar Geometria Espacial, e assim, ao se deparar com o estudo de Geometria Molecular, faz-se necessário algumas habilidades das que seriam desenvolvidas durante o Ensino Fundamental, como conhecimento da geometria plana e espacial, noções de profundidade e espaço (SEBATA, 2006).

Neste sentido, fica evidente que a fragmentação dos conteúdos e temas a qual se apresenta a disciplina de Química dificulta a compreensão dos alunos, e ainda, intensifica o caráter abstrato atribuído aos fenômenos estudados, o que desmotiva e promove rejeição ao público estudantil.

Ademais, os estudantes apresentam concepções alternativas as quais, na área de Química, são provenientes de enquadramentos disponíveis aos alunos com o intuito de dar sentido a conceitos abstratos, como geometria molecular, e que derivam do entendimento que os alunos possuem de conceitos ensinados anteriormente. No entanto, em algumas ocasiões, os estudantes farão o seu próprio sentido, construindo um significado que pareça adequado às suas ideias anteriores. Para além do significado atribuído, algumas das ideias alternativas dos estudantes mostram-se muito mais complexas do que de fato o conceito se mostra, o que envolve um esforço desnecessário para o entendimento e compreensão do conceito (TABER, 2001).

Portanto, faz-se necessário que os processos de ensino e de aprendizagem consistam em metodologias embasadas em abordagens que busquem modificar as estruturas dos modelos mentais iniciais dos alunos a partir da adição de novos *tokens*. E, além disso, buscar minimizar a fragmentação dos conteúdos e conceitos químicos, auxiliando a compreensão da relação e dependência entre eles.

CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando, portanto, o objetivo geral do estudo o qual consiste na investigação e análise dos modelos mentais dos alunos com a contribuição do desenvolvimento de atividades investigativas inseridas na temática de Química Ambiental, pode-se identificar os modelos mentais construídos pelos alunos ao longo da realização do minicurso e das atividades de investigação. Neste sentido, os modelos expressaram algumas falhas no que diz respeito a alguns *tokens*, especialmente aos relacionados às ligações químicas e geometria molecular dos compostos químicos.

Além disso, os alunos que apresentaram modelos mentais iniciais mais simplistas, os quais foram identificados pelo Questionário Inicial, tiveram o desempenho na realização das atividades de investigação ligeiramente inferior àqueles alunos que apresentaram modelos mentais iniciais mais completos. Diante disso, alunos com desempenho insatisfatório sentiram, portanto, a necessidade em não apenas realizar buscas em *sites*, mas transpor integralmente as informações encontradas, sem compreendê-las, interpretá-las e elaborar respostas a partir das suas percepções individuais acerca destas informações. Como nos casos das alunas Dany e Marge, as quais embasaram-se nas respostas da aluna Caty, o que indica, nestes dois cenários, que os estudantes não possuíam modelos mentais completos para auxiliá-los na proposição de hipóteses e soluções para as problemáticas abordadas.

A partir da análise dos modelos mentais iniciais e finais, foi possível observar uma melhoria para os modelos mentais expressos pelas alunas Caty e Olenna referentes aos processos de formação das chuvas ácidas, uma vez que, houve a adição do token correspondente às reações químicas envolvidas.

Ademais, os alunos participantes mostraram impressões positivas em relação às atividades de investigação e a maneira pela qual foi desenvolvido o minicurso, considerando ser uma boa alternativa para desenvolvimento de atividades de outras disciplinas, além de ter os auxiliado no preparo para avaliações como o ENEM e demais vestibulares.

Neste sentido, é notória a contribuição da abordagem investigativa nos processos de ensino e de aprendizagem dos alunos, a partir da etapa na qual o aluno possui a liberdade de encontrar suas próprias hipóteses e estratégias para

solucionar o problema proposto. É possível perceber tal fato no trabalho desenvolvido a partir da autonomia e da motivação observada nos educandos na busca por informações em fontes diversificadas para auxiliá-los na elaboração de explicações e estratégias de soluções para a problemática ambiental proposta, o que contribuiu positivamente para o aprimoramento dos modelos mentais dos estudantes. De modo que alguns dos alunos puderam, de modo autônomo, revisar seus modelos mentais e aprimorá-los, conquistando, assim, uma aprendizagem embasada na vivência protagonista durante o processo de construção do conhecimento.

Portanto, espera-se que o estudo apresentado possa contribuir com uma sugestão de metodologia de ensino diversificada a qual objetiva a melhoria no processo de aprendizagem dos alunos, promovendo aprimoramentos para o Ensino de Ciências.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, G. T. B. DE. Percursos Históricos De Ensinar Ciências Através De Atividades Investigativas. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 13, n. 1, p. 121–138, 2011.
- AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por Investigação: Problematizando as Atividades em Sala de Aula. *In*: CARVALHO, A. M. P. (org). **Ensino de Ciências**: unindo a pesquisa e a prática.. São Paulo: Cengage Learning, 2004.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BARROW, L. H. A brief history of inquiry: From dewey to standards. **Journal of Science Teacher Education**, Abingdon, v. 17, n. 3, p. 265–278, 2006.
- BATISTA, R. F. M.; SILVA, C. C. A abordagem histórico-investigativa no ensino de Ciências. **Estudos Avançados**, [s. l.], v. 32, n. 94, p. 97–110, 2018.
- BENHADID-DIB, S.; BENZAOU, A. Refrigerants and their environmental impact substitution of hydro chlorofluorocarbon HCFC and HFC hydro fluorocarbon. Search for an adequate refrigerant. **Energy Procedia**, Amsterdam, v. 18, p. 807–816, 2012.
- BOLTZMANN, L. **Theoretical Physics and Philosophical Problems**: selected writings. Boston: D. Reidel Publishing Company, 1974.
- BORGES, A. T. Um estudo de modelos mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 2, n. 3, p. 207–226, 1997.
- BORGES, E. Metodologia, abordagem e pedagogias de ensino de língua(s). **Linguagem & Ensino**, Pelotas, v. 13, n. 2, p. 397–414, 2010.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: ciências naturais. Brasília, DF: MEC/SEF, 1997.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018.
- CAMPOS, M. L. A. M.; JARDIM, W. F. Aspectos relevantes da biogeoquímica da hidrosfera. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 5, p. 18–27, 2003.
- CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. *In*: CARVALHO, A. M. P. (org). **Ensino de ciências por investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CARVALHO, A. M. P. DE. Uma Metodologia de Pesquisa em Ensino de Física: Uma proposta para Estudar os Processos de Ensino e Aprendizagem. **Física, comunicação e cultura: anais**, 2004.

CARVALHO, A. M. P. DE. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 18, n. 3, p. 765–794, 2018.

CRAIK, K. J. W. **The nature of explanation**. Cambridge: University Press, 1943.

DEBOER, G. E. Historical Perspectives On Inquiry Teaching In Schools. In: FLICK, L. B.; LEDERMAN, N. G. (ed.). **Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2006. p. 17–35.

DEWEY, J. O desenvolvimento do pragmatismo americano. **Scientiae Studia**, Sao Paulo, v. 5, n. 2, p. 227–243, 2007.

DEWEY, J. O desenvolvimento do pragmatismo americano. **COGNITIO-ESTUDOS: Revista Eletrônica de Filosofia**, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 119–132, dez. 2008.

DUARTE, R. Entrevistas em pesquisas qualitativas. **Educar em Revista**, Curitiba, n. 24, p. 213–225, 2004.

EINSTEIN, A.; INFELD, L. **The Evolution of Physics**. London: Cambridge University Press, 1938.

FERNANDES, L. DOS S.; CAMPOS, A. F. Pesquisas em periódicos nacionais e internacionais sobre o ensino e aprendizagem de ligação química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 12, n. 2, p. 153–172, 2012.

FERNANDEZ, C.; MARCONDES, E. R. Concepções dos Estudantes sobre Ligação Química. **Química Nova na escola**, Sao Paulo, n. 24, p. 20–24, 2006.

FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. DA S. Modelagem e o “Fazer Ciência”. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 28, p. 32–36, 2008.

FIDELIS, J. P. DA S. et al. Investigação sobre modelos mentais de alunos do Ensino Médio sobre o efeito estufa : uso de simulações computacionais como auxílio no desenvolvimento. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, 2016, 18., Florianópolis. **Anais [...]** Florianópolis: Divisão de Ensino de Química da Sociedade Brasileira de Química (ED/SBQ) Dpto de Química da Universidade Federal de Santa Catarina (QMC/UFSC), 2016.

FILHO, J. R. DE F. et al. Modelos Mentais dos Estudantes do Ensino Médio e a Química dos alimentos. **R. B. E. C. T.**, [s. l.], v. 2, n. 3, p. 77–91, 2009.

GALDINO, C.; DINIZ, R. R. P.; RIBEIRO, E. A. A técnica do questionário na pesquisa educacional. **Evidência**, [s. l.], v. 7, n. 7, p. 251–266, 2011.

GIBIN, G. B. **Atividades experimentais investigativas como contribuição ao desenvolvimento de modelos mentais químicos**. 2013. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

GIBIN, G. B.; FERREIRA, L. H. A formação inicial em Química baseada em conceitos representados por meio de modelos mentais. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 8, p. 1809–1814, 2010.

GIBIN, G. B.; FERREIRA, L. H. Estudo dos modelos mentais cinemáticos / dinâmicos sobre sistema heterogêneo por meio da produção de animações pelos estudantes. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 16., 2012, Salvador. **Anais [...]** Salvador: [s. n.], 2012.

GIBIN, G. B.; SOUZA FILHO, M. P. DE. **Atividades experimentais investigativas em Física e Química: uma abordagem para o Ensino Médio**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 57–63, 1995.

INEP. **Sinopse Estatísticas do Exame Nacional de Ensino Médio 2019**Inep. Brasília: INEP, 2019a.

INEP. **Relatório Brasil no PISA 2018**Ministério da Educação. Brasília: MEC, 2019b.

JOHNSON-LAIRD, P. . The history of mental models. **Psychology of reasoning: Theoretical and Historical perspectives**, [s. l.], v. 8, p. 179–212, 2004.

JOHNSON-LAIRD, P. N. **Mental models**. Cambridge: Harvard University Press, 1983.

JOHNSON-LAIRD, P. N. **How we reason**. New York: Oxford University Press, 2008.

JOHNSTONE, A. H. The Development of Chemistry Teaching. **University Chemistry Education**, Cambridge, v. 70, n. 9, p. 701–705, 1993.

JOHNSTONE, A. H. Chemical Education Research: Where from Here? **University Chemistry Education**, Cambridge, v. 4, n. 1, p. 34–38, 2000.

KASSEBOEHMER, A. C.; FERREIRA, L. H. Elaboração de Hipóteses em Atividades Investigativas em Aulas Teóricas de Química por Estudantes de Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 158–165, 2013.

KASSEBOEHMER, A. C.; HARTWIG, D. R.; FERREIRA, L. H. **Contém Química 2: pensar, fazer e aprender pelo método investigativo**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2015.

LAGRECA, M. DO C. B. **Tipos de Representações Mentais Utilizadas por Estudantes de Física Geral na Área de Mecânica Clássica e Possíveis Modelos Mentais nessa Área**. 1997. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

MANI, K.; JOHNSON-LAIRD, P. N. The mental representation of spatial descriptions. **Memory & Cognition**, v. 10, n. 2, p. 181–187, 1982.

MATEUS, P. G.; FERREIRA, L. H. Investigação da aprendizagem significativa do conceito de equilíbrio químico por meio de modelos mentais expressos por licenciandos em Química. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, New York, v. 20, n. 1, p. 73–98, 2021.

MENESES, F. M. G. DE; NUÑEZ, I. B. Erros e dificuldades de aprendizagem de estudantes do ensino médio na interpretação da reação química como um sistema complexo. **Ciência & Educação**, [s. l.], v. 24, n. 1, p. 175–190, 2018.

MOREIRA, M. A. Modelos Mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, [s. l.], v. 1, n. 3, p. 193–232, 1996.

MOREIRA, M. A.; LAGRECA, M. DO C. B. Representações mentais dos alunos em mecânica clássica: três casos. **Investigações em ensino de ciências.**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 83–106, 1998.

MOREIRA, M. A.; PINTO, A. DE O. Dificuldades dos alunos na aprendizagem da Lei de Ampère, à luz da teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 317–325, 2003.

MORTIMER, E. F.; MIRANDA, L. C. Transformações: concepções de estudantes sobre reações químicas. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 2, p. 23–26, 1995.

NORMAN, D. A. Some observations on Mental Models. In: GENTNER, D.; STEVENS, A. L. (ed.). **Mental Models**. Nova Iorque: Psychology, 1983. p. 7–14.

NOWACKI, C. DE C. B.; RANGEL, M. B. A. **Química Ambiental: conceitos, processos e estudos dos impactos ao meio ambiente**. São Paulo: Editora Érica, 2014.

OBATA, S. H.; MAGALHÃES, I. M.; ZEQUIN, F. P. Uso Do Dióxido De Titânio E a Sustentabilidade Nos Materiais Da Construção Civil. In: SAFETY, HEALTH AND ENVIRONMENT WORLD CONGRESS, 12., 2012, [s. l.]. **Anais [...]** São Paulo: 2012.

OECD. **PISA 2018 Assessment and Analytical Framework**. Paris: OECD Publishing, 2019.

PASSOS, L.; GARRITZ, S. A. Análise de uma sequência didática sobre ligações químicas produzida por estudantes de química brasileiros em Formação Inicial. **Educacion Quimica**, Mexico, v. 25, n. 4, p. 470–477, 2014.

PAULING, L. The Nature of the Chemical Bond. **Journal of Chemical Physics**, Melville, v. 69, n. 6, p. 519–521, 1992.

PÉREZ, G. I. L.; CASTRO, D. V. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, Barcelona, v. 14, n. 2, p. 155–163, 1996.

PIVA, G. M. et al. Desenvolvimento de modelos mentais por meio da elaboração e aplicação de modelos físicos alternativos para o ensino de atomística. **Revista Ciências & Ideias**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 210–230, 2019.

PIVA, G. M. et al. O uso do smartphone no desenvolvimento de modelos mentais dos alunos no ensino de Química: aplicativos de simulação virtual e realidade aumentada. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 1–24, 2021.

RIBEIRO, E. A. A perspectiva da entrevista na investigação qualitativa. **Evidência: Olhares e Pesquisa em Saberes Educacionais**, [s. l.], v. 4, n. 4, p. 129–148, 2008.

RODRIGUES, A. M.; GIBIN, G. B. Modelos mentais dos alunos sobre a pilha de Daniell: investigação com o aplicativo stop motion. **TICs & EaD em Foco**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 119–132, 2020.

RODRIGUEZ, J. J. G.; LEÓN, P. C. Cómo enseñar? Hacia una definición de enseñanza por investigación. **Investigación en la escuela**, Sevilla, v. 1, n. 25, p. 12, 1995.

ROMANELLI, L. I. O papel mediador do professor no processo de ensino-aprendizagem do conceito átomo. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 3, p. 27–31, 1996.

ROSA, M. I. DE F. P. S.; SCHNETZIER, R. P. O conceito de transformação química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 8, p. 31–35, 1998.

SANTOS, M. C. F. A noção de experiência em John Dewey, a educação progressiva e o currículo de ciências. *In*: ENPEC, 8., 2011, Campinas. **Anais [...]** Campinas: [s. n.], 2011.

SÃO PAULO. **Currículo Paulista**. São Paulo, 2019.

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: Relações entre Ciências da Natureza e Escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, n. spe, p. 49–67, 2015.

SEBATA, C. E. **Aprendendo a Imaginar Moléculas: Uma Proposta De Ensino De Geometria Molecular**. 2006. Dissertação (Mestrado) Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2006.

TABER, K. S. Building the Structural Concepts of Chemistry: Some Considerations From Educational Research. **Chem. Educ. Res. Pract.**, [s. l.], v. 2, n. 2, p. 123–158, 2001.

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C. A química no efeito estufa. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 8, p. 10–14, 1998.

TORRE, S. **Aprender com os erros**: o erro como estratégia de mudança. Porto Alegre: ArtMed, 2007.

UNESCO. **A ciência para o século XXI**: uma nova visão e uma base de ação. 3. ed. Brasília: ABIPTI, 2003.

WARTHA, E. J.; LEMOS, M. M. Abordagens investigativas no ensino de Química: limites e possibilidades. **Amazônia**: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas, Manaus, v. 12, n. 24, p. 5–13, 2016.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, p. 67–80, 2011.

ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

UNESP - FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DO
CAMPUS DE PRESIDENTE
PRUDENTE



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Análise do desenvolvimento de modelos mentais a partir da contribuição de atividades investigativas

Pesquisador: AMANDA CAROLINA GIMENES DE CARVALHO

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 38722720.7.0000.5402

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.411.686

Apresentação do Projeto:

O tema da pesquisa consiste na análise do desenvolvimento de modelos mentais a partir da contribuição de atividades investigativas teóricas. Para isso, propõe uma nova abordagem para prática docente a qual consiste na proposta de atividades investigativas, com uma abordagem construtivista, uma vez que considera conhecimentos prévios dos alunos adquiridos pelo convívio ao longo da vida, e partindo desse ponto busca motivá-los e os desafia para resolução de uma questão problema. Neste sentido, os alunos deverão propor hipóteses, explicações e desenvolver uma solução. (INFORMAÇÕES BÁSICAS DO PROJETO: 2020, p. 2) O estudo será desenvolvido com 40 alunos do ensino médio, durante a disciplina Eletiva, de uma escola de Santo Anastácio.

Objetivo da Pesquisa:

Analisar os modelos mentais dos estudantes ao realizarem as atividades investigativas, e, por conseguinte, o desenvolvimento e aprimoramento destes modelos mentais. E ainda, busca a melhoria do processo de ensino aprendizagem dos alunos, através da motivação, envolvimento e protagonismo fazendo uso da proposta de atividades investigativas. E, avaliar a contribuição desta metodologia a partir da investigação do desenvolvimento e evolução dos modelos expressos pelos alunos. Ademais, busca motivar

Endereço: Rua Roberto Simonsen, 305

Bairro: Centro Educacional

CEP: 19.060-900

UF: SP

Município: PRESIDENTE PRUDENTE

Telefone: (18)3229-5315

Fax: (18)3229-5353

E-mail: cep@fct.unesp.br

**UNESP - FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DO
CAMPUS DE PRESIDENTE
PRUDENTE**



Continuação do Parecer: 4.411.686

professores a refletirem sobre as práticas docentes tradicionalmente utilizadas. (INFORMAÇÕES BÁSICAS DO PROJETO: 2020, p. 3)

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Como haverá a questão das filmagens, isso sempre pode causar algum desconforto inicial. Porém, os cuidados mencionados pela pesquisadora, na metodologia, podem dirimir este possível mal estar entre os alunos.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa relevante, dentro da perspectiva construtivista, que muito poderá contribuir à formação inicial e continuada de professores de Química, em um tipo de prática ainda pouco difundida no Brasil.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos obrigatórios foram apresentados e devidamente preenchidos pela pesquisadora.

Recomendações:

Nada a declarar.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Nada a declarar.

Considerações Finais a critério do CEP:

Em reunião realizada no dia 20.11.2020, o Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências e Tecnologia - Unesp - Presidente Prudente, em concordância com o parecerista, considerou o projeto APROVADO.

Obs: Lembramos que ao finalizar a pesquisa, o (a) pesquisador (a) deverá apresentar o relatório final.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1624103.pdf	12/09/2020 12:29:30		Aceito
Outros	AUTORIZACAO_RESPONSAVEL_LOCAL_P2.pdf	12/09/2020 12:27:30	AMANDA CAROLINA GIMENES DE CARVALHO	Aceito
Outros	DECLARACAO_TORNAR_PUBLICO_P	12/09/2020	AMANDA	Aceito

Endereço: Rua Roberto Simonsen, 305

Bairro: Centro Educacional

CEP: 19.060-900

UF: SP

Município: PRESIDENTE PRUDENTE

Telefone: (18)3229-5315

Fax: (18)3229-5353

E-mail: cep@fct.unesp.br

**UNESP - FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DO
CAMPUS DE PRESIDENTE
PRUDENTE**



Continuação do Parecer: 4.411.686

Outros	pdf	12:24:46	CAROLINA GIMENES DE	Aceito
Outros	TERMO_SUSPENSA_ENCERRAMENTO_P2.pdf	12/09/2020 12:21:03	AMANDA CAROLINA GIMENES DE CARVALHO	Aceito
Outros	TERMO_COMPROMISSO_P2.pdf	12/09/2020 12:20:16	AMANDA CAROLINA GIMENES DE CARVALHO	Aceito
Solicitação Assinada pelo Pesquisador Responsável	TERMO_RESPONSABILIDADE_P2.pdf	12/09/2020 12:18:00	AMANDA CAROLINA GIMENES DE CARVALHO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	ASSENTIMENTO_P2.pdf	12/09/2020 12:17:22	AMANDA CAROLINA GIMENES DE CARVALHO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_ALUNOS_MAIORES_P2.pdf	12/09/2020 12:16:56	AMANDA CAROLINA GIMENES DE CARVALHO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_PAIS_P2.pdf	12/09/2020 12:16:34	AMANDA CAROLINA GIMENES DE CARVALHO	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA_P2.pdf	12/09/2020 12:16:09	AMANDA CAROLINA GIMENES DE CARVALHO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETOCOMITEDEETICA_AMANDA_P2.pdf	12/09/2020 12:15:38	AMANDA CAROLINA GIMENES DE CARVALHO	Aceito
Folha de Rosto	FOLHA_DE_ROSTO_P2_ASSINADO.pdf	12/09/2020 12:15:02	AMANDA CAROLINA GIMENES DE CARVALHO	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Rua Roberto Simonsen, 305

Bairro: Centro Educacional

CEP: 19.060-900

UF: SP

Município: PRESIDENTE PRUDENTE

Telefone: (18)3229-5315

Fax: (18)3229-5353

E-mail: cep@fct.unesp.br

UNESP - FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DO
CAMPUS DE PRESIDENTE
PRUDENTE



Continuação do Parecer: 4.411.686

PRESIDENTE PRUDENTE, 20 de Novembro de 2020

Assinado por:
Andreia Cristiane Silva Wiezzel
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Roberto Simonsen, 305

Bairro: Centro Educacional

CEP: 19.060-900

UF: SP

Município: PRESIDENTE PRUDENTE

Telefone: (18)3229-5315

Fax: (18)3229-5353

E-mail: cep@fct.unesp.br

APÊNDICE A – TERMO DE ASSENTIMENTO

Você está sendo convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa **“Análise do desenvolvimento de modelos mentais a partir da contribuição de atividades investigativas.”**. Nesta pesquisa pretendemos analisar o processo de aprendizagem dos estudantes. E ainda, oferecer a oportunidade de realizar atividades com caráter investigativo, com a finalidade de aprimoramento no processo de ensino e aprendizagem e da capacidade de compreensão dos alunos participantes.

O motivo que nos leva a estudar esse assunto diz respeito ao cenário do ensino de Química no Brasil, onde grande parte dos estudantes das escolas apresentam altos níveis de dificuldades nessa área, o que é resultante de falhas no processo de ensino e aprendizagem. Assim, como benefício, os alunos participantes da pesquisa terão a oportunidade de participar de uma metodologia de ensino diversificada, uma vez que a pesquisadora irá atuar como mediadora. Além disso, os alunos poderão exercitar sua autonomia e protagonismo, o que auxiliará no desenvolvimento de suas competências cognitivas. Ademais, com os resultados esperados, os professores da escola poderão rever suas metodologias de ensino e aprimorá-las, trazendo uma melhoria para o processo de ensino e aprendizagem das disciplinas de Ciências, em especial, a de Química.

Para esta pesquisa adotaremos os seguintes procedimentos:

O trabalho será desenvolvido com alunos regulares do Ensino Médio matriculados na EE Prof.^a Alice Maciel Sanches, na cidade de Santo Anastácio/SP. A metodologia dividir-se-á em etapas as quais baseiam-se em encontros durante o período letivo, especialmente nas aulas da disciplina de Eletiva ministrada pela pesquisadora. Os encontros ocorrerão virtualmente, enquanto as aulas permanecerem no modo remoto. No primeiro encontro será apresentado aos alunos participantes o tema a ser desenvolvido na pesquisa e os objetivos. Ainda nesse momento, serão feitas as orientações necessárias para a realização de um Questionário Inicial que envolvem em sua maior parte questões com conteúdos químicos relacionados ao tema a ser estudado. No próximo encontro, será realizada uma introdução e discussões coletivas para que os sujeitos participantes se familiarizem com a metodologia a ser desenvolvida. Os próximos encontros se darão a partir de aulas teóricas dialogadas envolvendo os conteúdos, orientações para a realização das Atividades de

Investigação e discussões coletivas para a socialização das respostas individuais obtidas por cada participante após as atividades propostas. Posterior a finalização das Atividades de Investigação, os alunos serão orientados a responder um Questionário Final onde poderão avaliar o desenvolvimento da pesquisa, e ainda, realizarão algumas questões envolvendo os conteúdos estudados. Após a análises das respostas aos questionários, os alunos poderão ser selecionados para entrevistas individuais, que consistirão em questões de natureza semelhante às dos questionários. A partir das entrevistas, a pesquisadora poderá aprofundar a compreensão das ideias e pensamentos dos alunos, podendo verificar com maior precisão o desempenho e evolução dos níveis de conhecimento dos alunos participantes.

Para participar desta pesquisa, o responsável por você deverá autorizar e assinar o termo de consentimento livre e esclarecido. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido (a) em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. O responsável por você poderá retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido (a) pela pesquisadora que irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Esta pesquisa poderá expor os participantes a possíveis constrangimentos subjetivos durante as entrevistas, fotos, vídeos e gravações de áudio, que servirão como registro do envolvimento dos alunos participantes e poderão ser expostos em eventos científicos com a finalidade da divulgação dos resultados do estudo. Porém, a pesquisadora assegura que a imagem e identidade dos participantes serão preservadas e mantidas em sigilo, e ainda que, todas as etapas sempre serão esclarecidas aos sujeitos previamente. Os resultados estarão à sua disposição quando finalizada. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com a pesquisadora responsável por um período de 5 anos, e após esse tempo serão destruídos. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias: uma via será arquivada pela pesquisadora responsável, e a outra será fornecida a você. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resolução Nº 510/16 do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para os fins acadêmicos e científicos.

Eu, _____, portador (a) do documento de Identidade _____ **(se já tiver documento)**, fui informado (a) dos objetivos da presente pesquisa, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento o meu responsável poderá modificar a decisão de participar se assim o desejar. Tendo o consentimento do meu responsável já assinado, declaro que concordo em participar dessa pesquisa. Recebi uma cópia deste termo de assentimento e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas *dúvidas*.

Santo Anastácio, ____ de _____ de 20____.

Assinatura do (a) menor

Amanda Carolina Gimenes de Carvalho
Pesquisadora responsável

Gustavo Bizarria Gibin
Orientador Colaborador

Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:

Pesquisadora Responsável:

Fone: (18) 98135-2496

E-mail: amandacqcarvalho@gmail.com

Orientador Colaborador:

Fone: (18) 3229-5762

E-mail: gustavo.gibin@unesp.br

Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa: Profa. Dra. Edna Maria do Carmo

Vice-Coordenadora: Profa. Dra. Andreia Cristiane Silva Wiezzel

Telefone do Comitê: 3229-5315 ou 3229-5526

E-mail cep@fct.unesp.br

APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da Pesquisa: *“Análise do desenvolvimento de modelos mentais a partir da contribuição de atividades investigativas”*

Nome da Pesquisadora: *Amanda Carolina Gimenes de Carvalho*

Nome do Orientador: *Gustavo Bizarria Gibin*

1. **Natureza da pesquisa:** o menor ao qual a sra. (sr.) é responsável está sendo convidada (o) a participar desta pesquisa que tem como finalidade analisar o processo de aprendizagem dos estudantes. E ainda, oferecer oportunidade de realizar atividades com caráter investigativo, com a finalidade de aprimoramento na capacidade de compreensão dos alunos participantes.
2. **Participantes da pesquisa:** 40 alunos das séries pertencentes ao Ensino Médio regular da rede pública de ensino do estado de São Paulo.
3. **Envolvimento na pesquisa:** ao permitir que o menor pelo qual é responsável participe deste estudo a sra. (sr.) permitirá que a pesquisadora realize atividades investigativas relacionados à uma questão problema, desenvolva questionários, eventuais entrevistas e gravações de áudio e vídeos, para posterior análise dessas atividades para coleta de dados. As fotos e vídeos serão utilizados com o objetivo de registro do envolvimento dos alunos participantes da pesquisa, os quais poderão ser exibidos em eventos científicos, com a finalidade de divulgação do trabalho, porém, sempre preservando a imagem e identidade dos sujeitos.
4. **Sobre os questionários e as entrevistas:** os questionários e atividades serão realizados antes, durante e após o desenvolvimento da sequência didática para verificar os conhecimentos dos alunos, e terão questões envolvendo conteúdos químicos específicos. Após a finalização da sequência didática, os alunos responderão um questionário final para opinarem sobre as atividades desenvolvidas. Para a análise dos resultados obtidos a partir das respostas aos questionários, alguns alunos poderão ser selecionados para entrevistas individuais. O intuito das entrevistas é permitir que a pesquisadora avalie e compreenda com maior precisão e aprofundamento o desempenho dos alunos, e para isso, fará uso de questões de natureza semelhante às dos questionários.

5. **Riscos e desconforto:** a participação nesta pesquisa não infringe as normas legais e éticas. No entanto, ao participar do desenvolvimento da pesquisa os estudantes podem estar sujeitos a possíveis constrangimentos ao realizar as entrevistas, registros através de fotos, gravação de áudio e vídeo. Com a finalidade de minimizar os possíveis desconfortos, a pesquisadora esclarecerá aos participantes que a identificação dos mesmos será mantida em sigilo e privacidade. Além disso, todas as etapas da pesquisa sempre serão esclarecidas previamente. Ademais, os participantes serão orientados que estes estarão livres a retirar-se do processo de pesquisa sem nenhuma consequência. Os procedimentos adotados nesta pesquisa obedecem aos Critérios da Ética em Pesquisa com Seres Humanos conforme Resolução no. 510/16 do Conselho Nacional de Saúde. Nenhum dos procedimentos usados oferece riscos à sua dignidade.

6. **Sigilo sobre a Identidade dos Sujeitos da Pesquisa:** a identidade do menor, bem como informações ou qualquer outro meio que porventura possa identificá-lo, serão mantidos em sigilo. Somente a pesquisadora e seu orientador terão conhecimento da identidade do menor e nos comprometemos a mantê-la em sigilo ao publicar os resultados dessa pesquisa.

7. **Confidencialidade dos Dados:** as informações coletadas neste estudo que não forem publicadas na pesquisa não serão divulgadas de qualquer outra forma e os documentos que contiverem tais informações serão destruídos de acordo com as Normas vigentes da CONEP (Comissão Nacional de Ética em Pesquisa).

8. **Benefícios:** ao permitir que o menor pelo qual a sra. (sr.) é responsável participe desta pesquisa este não terá nenhum benefício direto. Entretanto, esperamos que este estudo traga informações importantes sobre a eficiência de uma metodologia de ensino não tradicional no ensino básico de forma que o conhecimento que será construído a partir desta pesquisa possa auxiliar professores a melhorar suas metodologias de ensino e aprendizagem, onde a pesquisadora se compromete a divulgar os resultados obtidos, respeitando-se o sigilo das informações coletadas, conforme previsto no item anterior.

9. **Pagamento:** a sra. (sr.) não terá nenhum tipo de despesa ao permitir que o menor pelo qual é responsável participe desta pesquisa, bem como nada será pago pela participação deste.

A sra. (sr.) tem liberdade de recusar a participação do menor e ainda recusar que este continue participando em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer prejuízo para a sra. (sr.) ou o menor. Sempre que quiser poderá pedir mais informações sobre a pesquisa através do telefone da pesquisadora do projeto e, se necessário através do telefone do Comitê de Ética em Pesquisa.

Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para que o menor pelo qual é responsável participe desta pesquisa. Portanto preencha, por favor, os itens que se seguem: Confiro que recebi uma via deste termo de consentimento, e autorizo a execução do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo.

Obs.: Não assine esse termo se ainda tiver dúvida a respeito.

Consentimento Livre e Esclarecido

Tendo em vista os itens acima apresentados, eu, de forma livre e esclarecida, manifesto meu consentimento em participar da pesquisa

Nome do participante da pesquisa

Assinatura do participante da pesquisa

Assinatura da pesquisadora

Assinatura do orientador colaborador

Pesquisador: AMANDA CAROLINA GIMENES DE CARVALHO (18 98135-2496)

Orientador Colaborador: GUSTAVO BIZARRIA GIBIN (18 3229-5762)

Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa: Profa. Dra. Edna Maria do Carmo

Vice Coordenadora: Prof^a. Dra. Andreia Cristiane Silva Wiezzel

Telefone do Comitê: 3229-5315 ou 3229-5526

E-mail cep@fct.unesp.br

APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO INICIAL

Nome: _____ Idade: _____ Série: _____

Parte I – Motivação

1. Qual a principal razão para você frequentar à escola?				
	Concordo plenamente	Concordo	Não concordo	Não concordo de maneira nenhuma
<i>Porque eu gosto de aprender coisas novas.</i>				
<i>Porque vai me ajudar a ingressar em uma boa universidade.</i>				
<i>Porque o diploma pode me ajudar a conseguir um bom emprego, que me pague um bom salário.</i>				
<i>Porque é uma obrigação por parte dos meus pais.</i>				
<i>Não sei porque vou a escola.</i>				

2. Quais são suas principais expectativas ao participar do minicurso oferecido nas aulas da disciplina de Eletiva?				
	Concordo plenamente	Concordo	Não concordo	Não concordo de maneira nenhuma
<i>Auxiliar em meus estudos para o Enem e vestibular.</i>				
<i>Receber o certificado ao final do minicurso.</i>				
<i>Melhorar minhas notas.</i>				
<i>Oportunidade de aprender coisas novas.</i>				
<i>Não tenho nenhuma expectativa.</i>				

3. Para cada afirmação abaixo assinale: falso , quase sempre falso , quase sempre verdade ou verdade .				
	Falso	Quase sempre falso	Quase sempre verdade	Verdade
<i>Eu sempre peço ajuda para realizar as tarefas.</i>				

<i>Eu sempre tiro notas boas.</i>				
<i>Eu não entendo Química.</i>				
<i>A maioria das matérias são difíceis para mim.</i>				
<i>Eu acho que não consigo entrar em uma universidade.</i>				

Parte II – Conhecimentos sobre química ambiental.

1. Registre abaixo o que você entende por Química Ambiental.
2. Qual a relação entre efeito estufa e meio ambiente?
(A) O efeito estufa é um fenômeno natural, porém a ação humana intensifica esse fenômeno, o que prejudica o meio ambiente.
(B) O efeito estufa é um fenômeno exclusivamente antropogênico (causado pelo homem) e prejudica o meio ambiente.
(C) Não há nenhuma relação entre efeito estufa e meio ambiente, pois o efeito estufa afeta apenas cidades e não a natureza.
(D) O efeito estufa não é intensificado pelo ser humano, e por esse motivo, não consiste em um problema ambiental.
(E) Não sei responder.
3. O que vem a sua mente quando se fala em “ilhas de calor”?
4. Observe a imagem abaixo.



A imagem mostra as torres de Shanghai, na China, cobertas pela neblina provocada por um fenômeno chamado *Smog*.

National

Assinale a alternativa correta em relação ao fenômeno Smog.

- (A)** O smog é um fenômeno que ocorre em dias chuvosos e nublados em decorrência da proximidade das nuvens com solo, devido a condensação da água evaporada.
- (B)** O smog é um fenômeno que ocorre a partir da evaporação em alta velocidade da água presente no ar atmosférico, consequência de dias muito quentes.
- (C)** O smog é o acúmulo da poluição do ar decorrente da liberação de um volume elevado de gases tóxicos, o que resulta em uma grande neblina de fumaça tóxica.
- (D)** O smog é a poluição do ar que reduz a visibilidade, porém não prejudica o meio ambiente e os seres vivos, uma vez que os gases produzidos não são tóxicos.
- (E)** Não sei responder.

5. Você acha que a disciplina de Química é importante para entender e solucionar problemas ambientais?

(A) Sim, porém a Química não pode solucionar os problemas ambientais, apenas causá-los.

(B) Sim, a Química auxilia a compreender os problemas ambientais e ajuda a encontrar soluções.

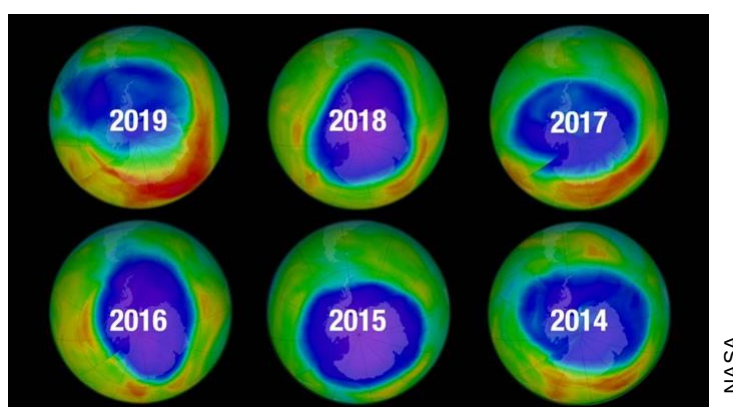
(C) Não, porque a Química não está relacionada com as causas dos problemas ambientais.

(D) Não, porque a Química é algo artificial e os problemas ambientais são de origem natural.

(E) Não sei responder.

6. O que é para você "chuva ácida"?

7. Observe a imagem.



Em relação a imagem acima, assinale a alternativa correta.

(A) A imagem ilustra o planeta Terra e as regiões em azul delimitam a região do Polo Norte e suas variações ao longo dos anos.

(B) A região em azul na imagem diz respeito à extensão do buraco existente na camada de ozônio e suas modificações ao longo dos anos.

(C) Na imagem apresentada acima, a região destacada em azul diz respeito ao aumento no nível dos mares e oceanos ao longo dos anos.

(D) As regiões em azul na imagem acima delimitam as regiões das geleiras no Polo Sul e suas diminuições ao longo dos anos.

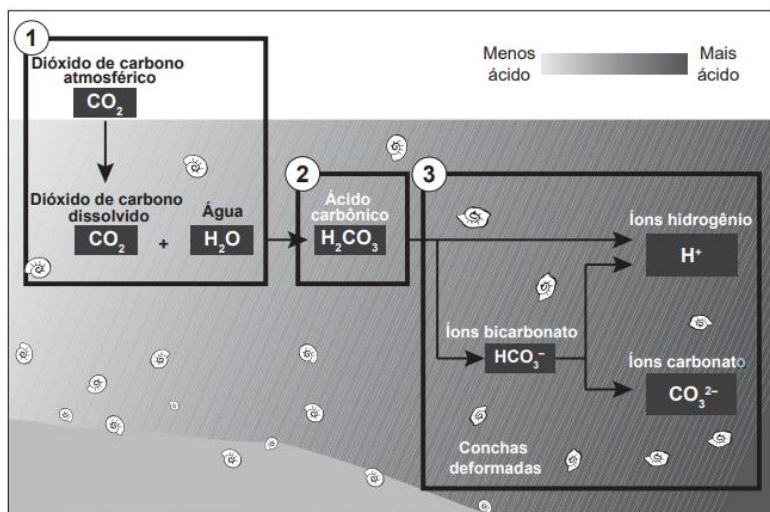
(E) Não sei responder

8. Escreva abaixo o que você entende por biocombustíveis.

09. Pensando na problemática ambiental em relação ao uso de combustíveis fósseis quais soluções você entende que poderiam amenizar os efeitos para o meio ambiente e a vida na Terra?

APÊNDICE D – ATIVIDADE DE INVESTIGAÇÃO 01

Nome: _____ Idade: _____ Série: _____



(Enem/2014 – Adaptado)
Parte do gás carbônico da atmosfera é absorvido pela água do mar. O esquema ao lado representa reações químicas que ocorrem naturalmente, em equilíbrio, no sistema ambiental marinho. O excesso de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera pode afetar os recifes de corais.

Disponível em: <http://news.bbc.co.uk>.
Acesso em: 20 maio 2014 (adaptado).

Parte 1

- Elabore uma explicação para o fenômeno de acidificação dos oceanos e explique por que afeta os recifes de corais. Represente o comportamento dos compostos químicos no fenômeno em questões e as reações químicas que o envolvem através de desenhos.

Legenda

(H) (C) (O) (S) (N)

Pistas



- Pense na natureza química do CO_2 .
- Pense na composição química dos corais.
- Pense na reação que pode ocorrer entre o CO_2 e o composto químico presente nos corais.

Parte 2

- Elabore estratégias para solucionar essa problemática ambiental. Você pode utilizar representar os compostos químicos como você fez na Parte 1.

Legenda H C O S N
--

- Explique o raciocínio que você utilizou para propor sua estratégia.

Em uma escala de 0 – 10 qual a sua satisfação em participar desta investigação? _____	
<i>Qual(is) dos itens abaixo você utilizou para elaborar suas estratégias?</i> () usei informações da internet. () usei os conceitos aprendidos em aula. () usei conceitos que já havia aprendido em outras disciplinas. () Usei livro didático ou caderno do aluno. () chutei () outro _____	<i>Você pediu ajuda para elaborar sua estratégia?</i> () não pedi. () não pedi, mas tive vontade. () pedi para meus colegas. () pedi para alguém que mora comigo. () outro _____

APÊNDICE E – ATIVIDADE DE INVESTIGAÇÃO 02

Nome: _____ Idade: _____ Série: _____

Photo by Keystone/Getty Images)



“No dia 5 de dezembro de 1952, o céu amanheceu claro e límpido em Londres. Com uma frente fria invernal que predominava há semanas na capital, encher de carvão as lareiras de casas, comércios e empresas se tornou um hábito comum para aguentar o vento fustigante.

Ao longo do dia, porém, uma neblina surgiu detrás do Big Ben e foi aos poucos se instalando por toda a parte. Ninguém se surpreendeu, afinal já era algo muito comum no cotidiano londrino. No entanto, com as toneladas de fuligem lançadas no ar por toda a cidade, a névoa ganhou um doentio tom

marrom-amarelado. [...]

Em 9 de dezembro de 1952, o secretário-geral divulgou que 4 mil pessoas tinham morrido de asfixia. Mais tarde, o número chegou na casa de 12 mil mortes por bronquite aguda. Contudo, os efeitos nocivos da poluição atmosférica foram mais duradouros e causou doenças pulmonares crônicas em cerca de 100 mil habitantes. Esse foi o pior nevoeiro da história do país.”

(ARAUJO, J.C. Megacurioso)

Parte 1

- Elabore uma explicação para o fenômeno descrito no texto acima, para isso, desenhe como as moléculas se comportam na atmosfera durante a ocorrência desse fenômeno e quais as reações químicas envolvidas. Explique as razões de inúmeras mortes e doenças respiratórias.

Legenda

H
C
O
S
N



Pistas

1. Pense nos gases liberados pela queima de carvão.
2. Pense e reflita sobre o contexto histórico em que esse fato ocorreu.

Parte 2

- Elabore estratégias para evitar que esse fenômeno ocorra.

- Explique o raciocínio que você utilizou para propor suas estratégias.

Em uma escala de 0 – 10 qual a sua satisfação em participar desta investigação?

Qual(is) dos itens abaixo você utilizou para elaborar suas estratégias?

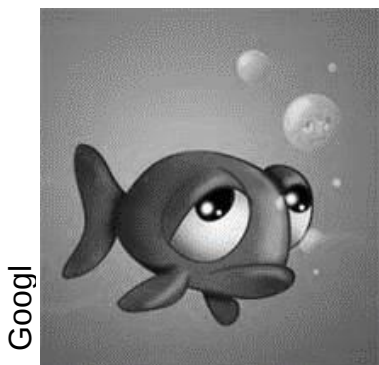
- () usei informações da internet
 () usei os conceitos aprendidos em aula
 () usei conceitos que já havia aprendido em outras disciplinas
 () Usei livro didático ou caderno do aluno.
 () chutei
 () outro

Você pediu ajuda para elaborar sua estratégia?

- () não pedi
 () não pedi, mas tive vontade
 () pedi para meus colegas
 () pedi para alguém que mora comigo
 () outro

APÊNDICE F – ATIVIDADE DE INVESTIGAÇÃO 03

Nome: _____ Idade: _____ Série: _____



"[...]. Os lagos saudáveis em toda a Escandinávia, aqueles dos cartões postais, teriam um pH em torno de 7,0. Em muitos deles, esse valor baixou para 5,0. A acidez matou algas, plânctons e insetos. Sem esta vida microscópica, as águas adquiriram uma transparência não natural. Depois, à medida que o pH baixava, desapareceram peixes, em especial salmões e trutas. Enfim, os pássaros, sem ter o que comer, também sumiram. Na primeira Conferência Mundial do Meio Ambiente, realizada em Estocolmo, em 1972 [...], os suecos deram o alerta. Se a guerra química do homem

contra a natureza continuasse, em cinquenta anos, calcularam eles, metade dos lagos de seu país estariam mortos. Por ironia da sorte – ou mais exatamente devido ao complexo mecanismo do clima do planeta -, suecos e noruegueses estavam arcando com um desastre armado a bons mil quilômetros de distância, na nevoenta e industrializada Inglaterra. [...]" (Superinteressante)

Parte 1

- Elabore uma explicação para o episódio ocorrido na Escandinava. Procure explicar por que o fenômeno ocorreu influenciado pela atividade industrial da Inglaterra e represente como as moléculas se comportam na atmosfera durante esse fenômeno e as reações químicas envolvidas.

Legenda



Pistas



1. Pense na natureza dos gases liberados pela atividade industrial.
2. Pense na influência desses gases na vida humana e no meio ambiente.

Parte 2

- Elabore estratégias para minimizar ou até mesmo extinguir a ocorrência desse fenômeno. Justifique sua resposta representando as moléculas dos compostos químicos e reações químicas fazendo uso de desenhos.

- Explique o raciocínio que você utilizou para propor suas estratégias.

Em uma escala de 0 – 10 qual a sua satisfação em participar desta investigação?

Qual(is) dos itens abaixo você utilizou para elaborar suas estratégias?

- () usei informações da internet
 () usei os conceitos aprendidos em aula
 () usei conceitos que já havia aprendido em outras disciplinas
 () Usei livro didático ou caderno do aluno.
 () chutei
 () outro

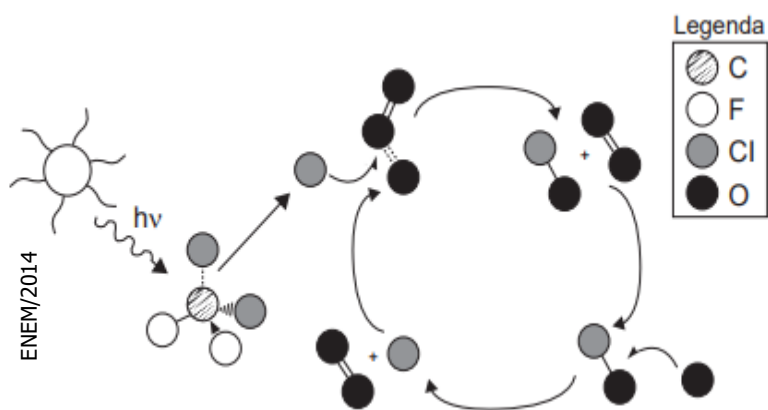
Você pediu ajuda para elaborar sua estratégia?

- () não pedi
 () não pedi, mas tive vontade
 () pedi para meus colegas
 () pedi para alguém que mora comigo
 () outro

APÊNDICE G – ATIVIDADE DE INVESTIGAÇÃO 04

Nome: _____ Idade: _____ Série: _____

(ENEM/2012 e 2014– Adaptado)



O rótulo de um desodorante aerossol informa ao consumidor que o produto possui em sua composição os gases isobutano, butano e propano, dentre outras substâncias. Além dessa informação, o rótulo traz, ainda, a inscrição "Não contém CFC". Isso, porque, a liberação de gases CFCs na atmosfera pode provocar destruição do ozônio na estratosfera. A imagem ao

lado representa as reações que ocorrem na estratosfera, justificam a não utilização de CFC (clorofluorcarbono ou Freon) nesse desodorante.

Parte 1

- Elabore uma explicação para a não utilização do CFC no desodorante aerossol. Procure explicar a partir das reações químicas exemplificadas na imagem.

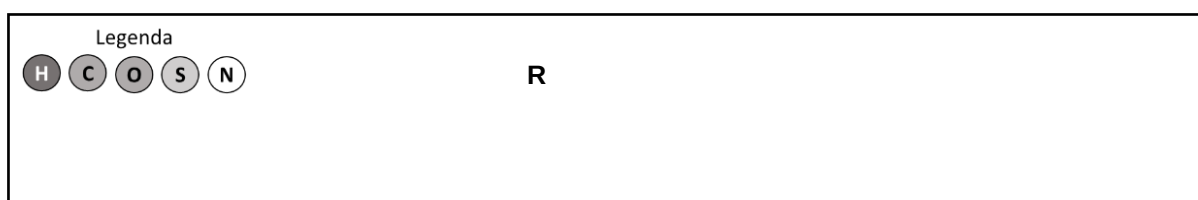
Pistas



- Pense nos produtos da reação química entre o CFC e dos compostos químicos presente na camada de ozônio.
- Pense na natureza química dos produtos das reações químicas entre o CFC e a camada de ozônio

Parte 2

- Elabore estratégias para evitar o uso de CFCs. Aponte opções alternativas para substituí-lo. Procure ainda justificar por meio de reações químicas o motivo pelo qual os compostos apontados são menos nocivos em relação ao CFC, para isso, represente as moléculas compostos químicos considerados menos nocivos fazendo uso de desenhos.



- Explique o raciocínio que você utilizou para propor suas estratégias.

Em uma escala de 0 – 10 qual a sua satisfação em participar desta investigação?

Qual(is) dos itens abaixo você utilizou para elaborar suas estratégias?

- () usei informações da internet
 () usei os conceitos aprendidos em aula
 () usei conceitos que já havia aprendido em outras disciplinas
 () Usei livro didático ou caderno do aluno.
 () chutei
 () outro

Você pediu ajuda para elaborar sua estratégia?

- () não pedi
 () não pedi, mas tive vontade
 () pedi para meus colegas
 () pedi para alguém que mora comigo
 () outro

APÊNDICE H - QUESTIONÁRIO FINAL

QUESTIONÁRIO FINAL

Nome: _____ Série: _____

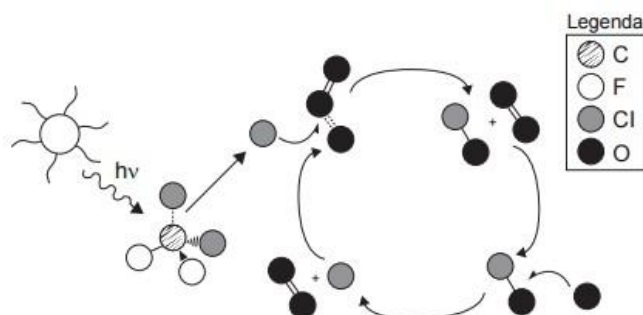
1. Você gostou de ter participado das atividades de investigação?☐ Sim ☐ Não**2.** Caso tenha gostado, por quê? Assinale a(s) alternativa(s) abaixo. Você pode selecionar mais de uma alternativa.☐ fez com que eu me envolvesse mais na aula.☐ me ajudou a entender melhor a Química.☐ me ajudou no preparo para ENEM e vestibulares.☐ as discussões e a dinâmica das aulas eram interessantes.☐ outro: _____**3.** Caso não tenha gostado, por quê? Assinale a(s) alternativa(s) abaixo.☐ tive dificuldade em realizar as atividades.☐ não entendi o que era pra ser feito.☐ não gostava da dinâmica da aula.☐ não gosto de conteúdos de Química.☐ a finalidade do curso não me agradou.☐ outro: _____**4.** Você acha que a disciplina de Química é importante para entender e solucionar problemas ambientais?**(A)** Sim, mas a Química é apenas responsável por causar os problemas ambientais, e por essa razão, não pode contribuir para solucioná-los.**(B)** Sim, os conhecimentos sobre Química contribuem para a compreensão dos problemas ambientais além de auxiliar com suas soluções.**(C)** Não, uma vez que a Química não apresenta nenhuma relação com os problemas ambientais atuais, e por isso não é importante estudá-la.**(D)** Não, porque a Química somente está relacionada com produtos artificiais e os problemas ambientais envolvem substâncias naturais.**(E)** Não sei responder.**5.** O que vem a sua mente quando se fala em "chuva ácida"? Desenhe como você imagina o comportamento dos átomos, íons e moléculas envolvidas nas reações químicas presentes na chuva ácida.

Legenda



6. (Enem 2014 - Adaptado)

A liberação dos gases clorofluorcarbonos (CFCs) na atmosfera pode provocar a destruição de ozônio (O_3) na estratosfera. O ozônio estratosférico é responsável por absorver parte da radiação ultravioleta emitida pelo Sol, a qual é nociva aos seres vivos. Esse processo, na camada de ozônio, é ilustrado simplificadaamente ao lado:



Registre abaixo porque ocorre a destruição do ozônio na atmosfera por gases CFCs. Para isso, indique os compostos químicos e as reações químicas desse processo. Faça uso das representações (desenhos) utilizadas na imagem acima.

7. Qual a relação entre inversão térmica e smog fotoquímico?

8. Em relação ao efeito estufa e o meio ambiente, assinale a alternativa correta.

- (A) A ação humana intensifica o efeito estufa, prejudicando o meio ambiente, principalmente pelo uso de combustíveis fósseis.
- (B) O efeito estufa é um fenômeno exclusivamente antropogênico (causado pelo ser humano) e afeta negativamente o meio ambiente.
- (C) O efeito estufa não possui nenhuma relação com o meio ambiente, portanto, não proporciona efeitos prejudiciais à natureza.
- (D) O efeito estufa não é intensificado pelas ações humanas, e por esse motivo, não consiste em um problema ambiental.
- (E) Não sei responder.

9. Pensando na problemática ambiental causada pelo uso de combustíveis fósseis, quais soluções você entende que poderiam amenizar os efeitos para o meio ambiente e a vida na Terra?

10. Qual a sua opinião sobre a inclusão de atividades de investigação nas aulas? Você gostaria de mais atividades como estas em outras disciplinas? Por quê?

11. Destaque os principais pontos positivos e negativos das atividades realizadas durante o minicurso.

<i>POSITIVOS</i> 😊	<i>NEGATIVOS</i> ☹️

12. Utilize o espaço abaixo caso você queira escrever mais alguma opinião.

APÊNDICE I – ROTEIRO DE ENTREVISTAS

- 1.** Como você descreveria a maneira como realizava as atividades de investigação?
- 2.** Para responder as atividades você pesquisava e respondia rapidamente? Ou você organizava as ideias a partir das aulas até chegar em uma conclusão?
- 3.** Quanto tempo, em média, você levava para fazer as atividades?
- 4.** Como você se sentiu ao realizar as atividades de investigação?
- 5.** Explique seu raciocínio para elaborar as explicações e estratégias em cada uma das atividades de investigação. Se necessário, retome-as.
- 6.** Qual a sua opinião em relação as discussões após a realização das atividades de investigação?
- 7.** Na sua opinião, participar destas atividades te ajudou de alguma maneira o seu preparo para o ENEM e/ou vestibulares? Por quê?
- 8.** Você gostaria que atividades de investigação fossem realizadas em outras disciplinas?
- 9.** Qual a sua avaliação final sobre a inclusão de atividades de investigação em aulas?