UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Institutos de Física, de Química, de Biociências e Faculdade
de Educação

*Produções multimodais de alunos do Ensino Médio sobre
transformações de materiais*

LUIZ GUILHERME BASÍLIO DE NOVAIS

São Paulo

2018

LUIZ GUILHERME BASÍLIO DE NOVAIS

Produções multimodais de alunos do Ensino Médio sobre transformações de materiais

Versão corrigida

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências (Modalidade Química) como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Orientadora: Profa. Dra. Daisy de Brito Rezende

São Paulo

2018

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Novais, Luiz Guilherme Basílio de

Produções multimodais de alunos do ensino médio sobre transformações de materiais. São Paulo, 2018.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências

Orientador: Profa. Dra. Daisy de Brito Rezende

Área de Concentração: Química

Unitermos: 1. Química – Estudo e Ensino; 2. Semiótica; 3. Representação; 4. Multimodalidade; 5. Comunicação visual.

USP/IF/SBI-007/2018

NOVAIS, L. G. B. *Produções multimodais de alunos do Ensino Médio sobre transformações de materiais*. 108 p. Dissertação (Mestrado). Programa Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências (Modalidade Química) como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Aprovado em:

Banca examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Durante boa parte de minha vida, acreditei que “ser cientista” ou que estudar Ciência em uma instituição pública fosse um sonho impossível ou que esmerasse enorme esforço, o que minhas condições não me possibilitavam. Entretanto, em um momento político do país em que muitos sonhos puderam se tornar realidade, diferentemente do atual, me graduei em licenciatura na ciência que eu mais me encanto: a Química.

Consegui hoje, como pai, marido, educador, filho, irmão, primo e amigo finalizar uma das etapas da mais elevada posição acadêmica já alçada pela minha família: a escrita da minha dissertação de mestrado.

Pensando em todo esforço físico, mental e psicológico dispendido durante esse tempo, dedico e agradeço essa finalização para todas as trabalhadoras e trabalhadores do país que tem parte de seus salários extirpados pelo governo e, desse montante, uma porcentagem insignificante é direcionada para bolsas de pesquisa, como a que garantiu minha estadia nesse curso.

Agradeço a todos os meus alunos dos anos de 2014 a 2017, em especial o terceiro E e segundo B, do ano de 2015, que tiveram suas produções analisadas na dissertação. Sem dúvidas, o educador e pesquisador que sou hoje é produto de todas as interações em sala de aula nesses 3 anos.

Agradeço à minha companheira de tanto tempo, de tanto choro, de tanto esforço e tantos sorrisos. Tantas noites sem dormir e tantos

planos traçados sobre a atmosfera doce de nossas angústias e devaneios. O meu impulso foi seu estímulo e presença. Obrigado, Josi!

Ao meu filho Francisco por sempre me motivar a ser um homem melhor, a me mostrar que a vida é um misto entre aceitar vários “nãos” e ainda insistir no que se quer.

À minha filha Frida por me apresentar um mundo novo, ausente de noites bem dormidas, mas presente de um sorriso lindo que me encoraja a sair da cama todos os dias.

À minha orientadora, professora Daisy. Companheira e guia desta imersão intelectual, acadêmica e humana.

Aos meus pais Nelise e Francisco, e minha irmã Cássia, por comprarem comigo a dor da distância e ausência nas horas em que o colo e o abraço falavam mais alto. Por me guiarem, mesmo em pensamentos e orações, nos trilhos tortos deste “amestrado”.

Aos meus tios Dulcíany e Wagner, por me acolherem por tanto tempo, não só em suas casas, mas nos pensamentos e coração.

Aos meus primos e amigos que tanto me ouviram falar desse mestrado e que tanto se incomodaram com minha ausência em churrascos, bares e encontros etílicos.

Ao professor Marcelo Giordan pelas discussões na banca de qualificação e na disciplina de Perspectivas socioculturais no Ensino de Ciências.

À professora Keila, que me fez apaixonado pelo Ensino de Química e estudos ligados à Semiótica.

Aos colegas do grupo de pesquisa, Camila, Renata, Michele, Márcia, Marcos e Thaíara, que de alguma forma contribuíram para esse trabalho, seja com discussões teóricas, dúvidas técnicas, papos furados e até aborrecimentos fora de horário.

Sobretudo, um agradecimento todo especial aos mecanismos digitais de busca, sites fornecedores de textos e funcionários da USP que fizeram com que o trabalho fosse menos doloroso.

átomo divisível
montanha móvel
certeza volúvel
mundo delével
aço inoxidável

Arnaldo Antunes

RESUMO

NOVAIS, L. G. B. *Produções multimodais de alunos do Ensino Médio sobre transformações de materiais*. 108 p. Dissertação (Mestrado). Programa Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018

Os processos de representação do conhecimento químico permeiam os mais diversos processos de ensino, aprendizagem e construção acadêmica da Química. Assim, nas múltiplas formas de se representarem fenômenos e nos mais diversos modos de se expressar sobre eles, foram caracterizadas diferentes mídias escritas, visuais e audiovisuais produzidas por alunos em uma sequência didática sobre o tema Transformações. As categorias que emergiram da análise dos materiais foram inspiradas na Gramática do Design Visual (GDV) proposta por Gunther Kress e Theo van Leeuwen e pela perspectiva da Semiótica Social de Michael Halliday. Assim, adota-se no trabalho o enfoque da abordagem multimodal da comunicação, segundo o qual diversos modos orquestrados (textos, imagens, gestos, sons e outros) potencializam a carga de significados de uma representação. Neste sentido, as análises desta Dissertação confirmam que as representações são mais informativas quando os diversos modos se complementam em objetos audiovisuais, propiciando características dinâmicas e conceituais mais amplas do que aquelas possíveis nas expressões escritas e em imagens estáticas. Na perspectiva do ensino de Química, os resultados deste trabalho permitem concluir que as abordagens multimodais, ao facilitarem a expressão das representações mentais dos alunos, podem ter grande importância para a ressignificação de múltiplos aspectos associados a elas e para incentivar a discussão coletiva das ideias, contribuindo para a melhoria da aprendizagem nesse campo do conhecimento.

Palavras-chave: Ensino de Química. Representações. Multimodalidade. Semiótica Social.

ABSTRACT

NOVAIS, L. G. B. Multimodal productions of high school students about material transformations. 108 p. Dissertation (Master). Graduate Program in Science Education, University of São Paulo, São Paulo, 2018

Representation of the chemical knowledge underlies the processes of teaching and learning Chemistry as well as its development and communication. There are multiple forms of representing the chemical phenomena in the most diverse ways: written texts, visual and audiovisual media, drawings. In the present work, we developed a Teaching/Learning Sequence to High School students concerning Transformations in a multimodal approach. The analysis of the material produced by the students was done on the grounds of the Grammar of Visual Design (GDV) proposed by Gunther Kress and Theo van Leeuwen and in the perspective of Social Semiotics. The categories that emerged from this analysis indicate that the multimodal approach facilitates the communication of the students because orchestrated modes of expression (texts, images, gestures, sounds and others) potentiate the meanings of a representation. In this sense, the results of this Dissertation confirm that the representations are more informative when the diverse modes complement each other in audiovisual objects, providing broader conceptual and dynamic characteristics than those possible in written expressions or in still images. From the perspective of teaching chemistry, the results of the multimodal approach implemented during this graduate work show that it is advantageous, by facilitating the expression of students' mental representation. This aspect is essential for the re-signification of multiple elements associated with the representations as promotes the discussion of ideas, contributing to the improvement of learning in this field of knowledge.

Keywords: Chemistry Teaching. Representations. Multimodality. Social Semiotics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Imagem da atriz Renata Sorrah em Senhora do destino.	20
Figura 1.2: Meme: imagem alteradada atriz Renata Sorrah, de Senhora do destino.....	20
Figura 2.1: Representações de Dalton para a composição atômica da atmosfera terrestre .	30
Figura 2.2: Esquema das etapas reacionais para obtenção do DDT	32
Figura 2.3. Exemplo de fenômeno representado nos três níveis do conhecimento químico.	35
Figura 4.1. Foto do espaço interno do laboratório.....	46
Figura 4.2. Esboço do espaço do laboratório.....	46
Figura 4.3. Representação da espiral de ensino sobre Transformações Químicas	49
Figura 4.4. Categorias e subcategorias para análise das tabelas de transformação	53
Figura 4.5. Exemplo de representação conceitual analítica.....	58
Figura 4.6. Esquema de categorização das representações na cartolina.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 Sequência das atividades de ensino desenvolvidas no trabalho.	50
Tabela 4.2. Atividades selecionadas para análise.....	52
Tabela 4.3. Exemplos de representações narrativas	55
Tabela 4.4. Exemplos de representações conceituais	57
Tabela 4.5. Exemplos de seleção de frames dos OA.....	60
Tabela 5.1: Associações ao termo transformação da classe do terceiro ano	63
Tabela 5.2. Subcategorização dos termos evocados corretamente para a classe terceiro ano	64
Tabela 5.3. Subcategorização dos termos evocados incorretamente da classe terceiro ano	65
Tabela 5.4. Evocações sobre o termo transformação da classe segundo ano.....	65
Tabela 5.5. Subcategorização dos termos evocados corretamente da classe segundo ano.	66
Tabela 5.6. Subcategorização dos termos evocados erroneamente da classe segundo ano.	67
Tabela 5.7. Categorização das cartolinas construídas pelos alunos	69
Tabela 5.8. Exemplo para a subcategoria Ação, da categoria Narrativa ^a	70
Tabela 5.9. Exemplo de Representação narrativa de ente qualificado ^a	72
Tabela 5.9. Subcategorização da categoria Conceitual das cartolinas construídas pelos alunos	73
Tabela 5.11. Caracterização do objeto audiovisual 1 – parte 1	76
Tabela 5.12. Caracterização do objeto audiovisual 1 – evento 4	77
Tabela 5.13. Caracterização do objeto audiovisual 1 – evento 5	78
Tabela 5.14. Caracterização do objeto audiovisual 1 – evento 6	79

Tabela 5.15. Caracterização do objeto audiovisual 1 – parte 4	80
Tabela 5.14. Caracterização do objeto audiovisual 2 – parte 1	82
Tabela 5.15. Caracterização do objeto audiovisual 2 – parte 3	83
Tabela 5.16. Caracterização do objeto audiovisual 2 – parte 4	84
Tabela 5.17. Caracterização do objeto audiovisual 3 – parte 1	86
Tabela 5.18. Caracterização do objeto audiovisual 3 – parte 2	86
Tabela 5.18. Caracterização do objeto audiovisual 3 – parte 3	87

LISTA DE ABREVIATURAS

ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio

GDV – Gramática do Design Visual

OA – Objetos audiovisuais

PROQUIM – Projeto de Ensino de Química para o 2º grau

RNA – Representação Narrativa de Ação

RNEQ – Representação Narrativa de Ente Qualificado

RCC – Representação Conceitual Classificatória

RCA – Representação Conceitual Analítica

SEA – Sequência de Ensino e Aprendizagem

SUMÁRIO

1. SOBRE REPRESENTAÇÕES E MULTIMODALIDADE.....	18
1.2 DIFERENTES OLHARES SOBRE AS REPRESENTAÇÕES	21
<i>1.2.1 Émile Durkheim.....</i>	<i>22</i>
<i>1.2.2 Serge Moscovici</i>	<i>23</i>
<i>1.2.3 Jean Piaget.....</i>	<i>24</i>
<i>1.2.4 Henry Wallon.....</i>	<i>24</i>
<i>1.2.5 Lev Vigotski.....</i>	<i>25</i>
1.3 A SEMIÓTICA SOCIAL E A ABORDAGEM MULTIMODAL.....	26
1.4 COMUNICAÇÃO VISUAL NA ABORDAGEM SOCIOSSEMIÓTICA	30
2. ENSINAR QUÍMICA PARA ALÉM DO QUE SE VÊ	29
2.1 A REPRESENTAÇÃO E AS DIMENSÕES DO CONHECIMENTO QUÍMICO.....	33
2.2 DESMEMBRANDO OS MODOS SEMIÓTICOS DE COMUNICAÇÃO: UMA APOSTA NA MULTIMODALIDADE NO ENSINO DE QUÍMICA	39
3. OBJETIVOS DA PESQUISA.....	42
4. METODOLOGIA.....	44
4.1 CONTEXTO DA PESQUISA.....	44
4.2 METODOLOGIA DE ENSINO.....	47
4.3 METODOLOGIA DE COLETA DAS INFORMAÇÕES	51
4.4 METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS DADOS	52
4.4.1 ANÁLISE DAS TABELAS	52
4.4.2 ANÁLISE DAS IMAGENS.....	54
<i>4.4.2.1 Representações narrativas - RN.....</i>	<i>55</i>
<i>4.4.2.2 Representações narrativas de ação - RNA.....</i>	<i>56</i>
<i>4.4.2.3 Representações narrativas de ente qualificado – RNEQ</i>	<i>56</i>

4.4.2.4 <i>Representações conceituais - RC</i>	57
4.4.3 ANÁLISE DOS OBJETOS AUDIOVISUAIS	59
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
5.1 ANÁLISE DAS TABELAS SOBRE TRANSFORMAÇÃO.....	62
5.1.1 TABELAS DO TERCEIRO ANO	62
5.1.2 TABELAS SEGUNDO ANO	65
5.2 ANÁLISE DAS IMAGENS	68
5.3 ANÁLISE DOS OAS	74
5.3.1 <i>A mistura água + álcool</i>	74
5.3.2 <i>A formação da nuvem</i>	81
5.3.3 <i>Sublimação do iodo</i>	84
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS.....	88
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
APÊNDICE	97
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	97
ANEXOS.....	98
ANEXO A - CARTOLINAS PRODUZIDAS PELOS ALUNOS – SUBCATEGORIA REPRESENTAÇÃO NARRATIVA DE ENTE QUALIFICADO (RNEQ)	98

SOBRE REPRESENTAÇÕES E MULTIMODALIDADE

Se por vezes estamos no nosso mundo real,
por outras somos apenas as percepções que
deixamos nas lembranças de outrem

1. SOBRE REPRESENTAÇÕES E MULTIMODALIDADE

Em toda sua poesia, Caetano Veloso despe sua alma e veste de lirismo as lacunas inférteis do Brasil. Seja em forma de protesto, amor ou até das variações da subjetividade humana, suas obras, como quaisquer representações artísticas, dispensam explicações. A carga de sentidos que cada interpretante recebe é idiossincrática e, invariavelmente, nos remete a sentimentos e histórias, em essência, únicos.

Lançada em 1987, no disco Caetano, a canção “Eu sou neguinha” remete a uma profunda elucubração do autor em busca de suas origens étnicas. Não obstante, são indispensáveis a narrativa e a problematização que a tessitura dos versos nos traz sobre a objetificação de pessoas do gênero feminino, sobretudo a objetificação do corpo das mulheres negras.

Salpicada de assíndetos e personificações, a letra sugere uma reflexão do autor sobre a busca e identificação de suas origens e sobre os possíveis significados que se expressam verbalmente ou não, além da sua forma de expressão. O trecho a seguir representa um pouco do que foi dito acima:

*Via o que é visível, via o que não via
O que a poesia e a profecia não veem
Mas veem, veem, veem, veem, veem,
É o que parecia
Que as coisas conversam coisas surpreendentes
Fatalmente erram, acham solução
E que o mesmo signo que eu tento ler e ser
É apenas um possível ou impossível em mim em mim em mil em mil em mil
E a pergunta vinha:
Eu sou neguinha?
Eu sou neguinha?*

Não há de se negar que a música toda enfatiza um clamor eufórico pelo questionamento de um padrão típico que, internalizado pelo eu-lírico da canção, se auto-questiona e questiona sua identidade racial. A inserção da palavra signo no trecho acima reforça a noção de que um ente precisa de conceitos e qualificações resultantes das projeções, individuais e coletivas, que circulam pela sociedade e o “tentar ser”, como expresso na canção, é o ponto de tensão entre construir uma identidade própria ou reproduzir o que já está posto. Construir identidade própria, reproduzir o que já está posto e problematizar problemas étnicos, ou quaisquer outros problemas, são atividades tipicamente humanas.

Em contraste, a letra da música ainda traz, no trecho acima, uma questão interessante. O *“via o que é visível e via o que não via”* remonta a uma tensão mais subjetiva, diferentemente da questão racial de enquadramento físico estereotipado (ou com base em estereótipos ou baseado em estereótipos). Sentir na pele todas os percalços existentes em um país onde imperam preconceitos e discriminações resulta em embates de personalidade e identidade que se materializam nas condições precárias de desenvolvimento social e ascensão acadêmica.

A menção do signo “neguinha” no texto que se está analisando é nitidamente perceptível em representações que o autor faz dessa música. As formas verbais dos versos mescladas às feições, gestos e alterações no tom de voz do cantor, durante sua apresentação, geram um processo representativo no qual os expectadores do show, seja ao vivo ou através dos vídeos gravados, recebem uma mensagem robusta de significados para além da leitura estrita da letra escrita, de significação mais restrita, como se faz nesse trabalho.

A música explora as diversas formas de representação de um padrão social para um grupo de pessoas, em específico, mulheres negras. O ponto mais fascinante é que o compositor não se restringe às palavras faladas e a conjunção dos outros modos representacionais aguça e atinge com mais potência a emoção das pessoas.

Nas Artes e Comunicação, é indiscutível o poder significativo do uso de diversas formas de expressão para se transmitir uma mensagem. Recentemente, a Internet direciona suas atenções à produção de imagens, estáticas ou animadas, de cunho humorístico, que se propagam com intensa velocidade, os chamados “memes”. Emprestado dos estudos do biólogo Richards Dawkins, o conceito inicial de meme se refere a “uma unidade de transmissão cultural”, ou uma “unidade de imitação”, que os indivíduos possuem para a

manutenção da cultura evolutiva. Os memes cibernéticos possuem características que, muitas vezes, para quem não acompanha e não conhece os conteúdos da imagem, representam coisas aleatórias e nunca o que o meme pretendia representar, ao ser propagado.

Nos últimos tempos, um dos memes mais utilizados e mais proliferados no Brasil foi construído pelo corte de uma cena da novela “Senhora do destino”, onde a atriz Renata Sorrah, interpretando a vilã Nazaré, faz gestos de não entender alguma coisa e fica pensando, por muito tempo, em busca de elaborar algum raciocínio. A imagem mostrada foi extraída da cena oficial da novela, enquanto, para composição do meme, autores desconhecidos inseriram na imagem elementos de cálculo, expressões e fórmulas matemáticas, fazendo com que o significado de confusão e raciocínio fosse intensificado e alterado (vide Figura 1 e 2).

Figura 1.1: Imagem da atriz Renata Sorrah em Senhora do destino.

Fonte: <https://extra.globo.com/tv-e-lazer/cena-de-senhora-do-destino-que-deu-origem-ao-meme-nazare-confusa-exibida-no-vale-pena-ver-de-novo-22065119.html>

Figura 1.2: Meme: imagem alteradada atriz Renata Sorrah, de Senhora do destino.

Fonte: <https://33giga.com.br/retrospectiva-dos-memes-o-que-bombou-nas-redes-sociais-em-2016/>

A amálgama formada pelas feições, olhares, fórmulas matemáticas e estereótipos relacionados à Matemática fazem com que o meme possua vários elementos em sua constituição que transmitem uma carga de significado relacionada à confusão e raciocínio, maior do que os elementos isolados. Existe, ainda, uma imagem animada que apresenta as mudanças da feição da atriz enquanto as expressões matemáticas vão surgindo, na sequência da imagem acima. A potência da “micronarração”, com curto espaço de tempo, em que uma pessoa aparece pensando enquanto fórmulas aparecem, reforça ainda mais o que o autor do meme pretende representar de forma cômica: indecisão, confusão, raciocínio.

Na Educação e no Ensino, diversas pesquisas estão de acordo sobre a efetividade da conjunção de diversas formas representacionais durante as atividades. Entretanto, não se podem distanciar os olhares das construções epistemológicas e filosóficas de cada área do saber e lançar generalidades. O campo de pesquisa em linguagem no Ensino de Ciências é robusto, entretanto carece de maior atenção e reflexão acerca dos novos resultados emergentes.

O poder representacional vai além do que o sujeito pretende expressar e os processos de ensino e aprendizagem se materializam nas expressões e representações, verbalizadas ou não. Em outras palavras, a comunicação é o cerne da Educação e do Ensino. Este trabalho propõe-se, portanto, a estabelecer correlações entre os diversos conceitos de representação e multimodos, à luz da Semiótica Social, traçando relações com o conhecimento químico para caracterizar materiais construídos por alunos em diferentes formas representacionais.

1.2 DIFERENTES OLHARES SOBRE AS REPRESENTAÇÕES

Ao longo das histórias das pessoas, constrói-se uma rede de relações que lhes possibilita um intenso trabalho de codificação, interpretação, assimilação, elaboração, reelaboração e conceituação dos inúmeros fatos e vivências que a vida em sociedade possibilita. Uma gama muito grande de sentimentos, empatias e conhecimento exige de nós, portanto, o exercício da capacidade de representar, singular ao ser humano.

No contexto escolar, no qual se insere o presente estudo, podem-se considerar tantos processos representativos que seria complexo desvincular atos afetivos de atos de ensino e

aprendizagem. Os alunos não atravessam apenas os percalços da escolarização e construção de conhecimentos, mas também situações particulares que permeiam e afetam diretamente seu desenvolvimento escolar.

No dicionário AURÉLIO, o verbo ‘representar’ está assim definido:

1. Patentear, revelar, mostrar; 2. Reproduzir pela pintura, escultura, gravura, etc.; 3. Trazer à memória, significar, simbolizar; 4. Expor (por meio de representação); 5. Ser mandatário, procurador, embaixador ou agente de; 6. Fazer as vezes de; 7. Figurar, parecer ter; 8. Pôr em cena; 9. Ter na peça um papel; 10. Dirigir uma representação a; 11. Fazer um papel; 12. Figurar-se.

Nesse sentido, o ato de representar remete à polissemia que permeia os episódios da vida. Não se pode desvincular esse termo dos sentidos filosófico e dramático que lhe são atribuídos, os quais refletem as diversas e complexas tramas das novelas da vida, como mostrado nos itens 5 ao 12 dicionarizados no Aurélio.

Pode-se, portanto, elencar várias características dos processos representacionais que emergem de estudos sociais e psicológicos, ambos, concomitantemente ou não, relevantes para a pesquisa em Ensino e Educação, como será descrito nos itens 1.2.1 a 1.2.5.

1.2.1 Émile Durkheim

O conceito de representação foi proposto, em 1898, pelo pesquisador francês Émile Durkheim (Durkheim, 1970), considerado o fundador da sociologia como campo científico próprio. Sua teorização modificou os olhares da sociologia, estudos da linguagem, psicologia e educação. Em termos teóricos, o autor se debruça sobre o termo representação, forjando a definição das representações coletivas ao observar empiricamente as interações sociais; segundo ele, essas representações podem se referir a qualquer coisa, ou seja, qualquer objeto pode ser mentalmente representado. As representações configuram-se, assim, como funções mentais.

Nesse sentido, na perspectiva de Durkheim, as representações podem ser individuais e coletivas. As representações coletivas sintetizam o que as pessoas pensam sobre si próprias e sobre a realidade acessível que as cerca. Então, as representações coletivas são uma forma de conhecimento constituído socialmente, emergindo das interações existentes entre as

representações individuais, devido ao trabalho conjunto; elas traçam diretrizes para novas ações e confirmam a existência de um grupo social, atribuindo estabilidade a ele.

As representações, portanto, são coletivas e não são redutíveis aos indivíduos. São produto das interações e dos laços sociais estabelecidas entre as pessoas. Nesse sentido, as representações são reflexo das práticas sociais, às quais se interligam. Em linhas gerais, as representações coletivas são, ao mesmo tempo, uma forma de conhecimento e guias para as ações sociais, aceção que não foi muito aprofundada por Durkheim e sim pela vertente teórica da Psicologia Social desenvolvida e liderada por Serge Moscovici (1925-2014), o qual, ao considerar sua dinamicidade, essencial para a compreensão da sociedade contemporânea, substituiu o termo coletivas por sociais, pois as representações coletivas, como proposto por Durkheim são estáticas.

1.2.2 Serge Moscovici

Assim, Moscovici (1978) propõe as representações sociais, em 1961, como entidades “quase tangíveis”, presentes na vida de todas as pessoas que vivem em sociedade. Essas representações se constroem nos processos de consumo e produção de quaisquer objetos estabelecidos nas relações sociais e se manifestam através de palavras, imagens, atos e expressões dos indivíduos pertencentes a esse grupo social. Nesse sentido, para o autor:

as representações “correspondem, por um lado, à substância simbólica que entra na elaboração e, por outro, à prática que produz a dita substância, tal como a ciência ou os mitos correspondem a uma prática científica e mítica”. (MOSCOVICI, 1978, p.41)

Assim, Moscovici (1978) afirma que as representações sociais, nos contextos sociais atuais, equivalem às crenças e mitos nas sociedades antigas e primitivas. Relaciona-as e remete-as, portanto, às ações próprias do ser humano: pensar, agir, refletir, racionalizar e compreender o sentido de suas ações e pensamentos. Em suas palavras:

Meu estudo se volta à maneira pela qual os seres humanos tentam captar e compreender as coisas que os circundam e resolver os ‘lugares comuns’ e quebra-cabeças que envolvem seu nascimento, seus corpos, suas humilhações, o céu que veem, os humores de seu vizinho e o poder a que se submetem (MOSCOVICI, 1978, p.41)

Para a Psicologia Social, portanto, segundo propõe Moscovici (1978), as representações são modos circulares e dinâmicos de imagens de algo ou alguém veiculadas

e expressas pela linguagem, diferentemente da forma estável proposta por Durkheim. As representações são, portanto, uma forma de as pessoas se comunicarem e produzirem conhecimentos, subjazem e conformam a estrutura da sociedade. Elas são uma abordagem para o estudo do ser humano, uma forma específica de compreender e comunicar, implicando em conceber o universo que circunda os indivíduos e o grupo que, por sua vez, precisam representar pessoas, objetos, ideias, fatos, conceitos, acontecimentos, enfim, todas as coisas.

1.2.3 Jean Piaget

Segundo Piaget propôs, já na década de 1940 (Piaget, 1979), a criança constrói e elabora representações sobre sua realidade, pautando-se principalmente em suas próprias experiências anteriores e inspirando-se nas transmissões diretas e indiretas recebidas do meio. Esse autor considera que a construção da compreensão do mundo pela criança evolui através de uma sequência de estágios o que, assim, faz com que a forma de compreender, apreender e interpretar o mundo e sua realidade dependa não só de instrumentos afetivos e sociais, mas também do estágio intelectual do indivíduo, que tem uma componente genética.

Nesse sentido, a representação, para Piaget, possui dois sentidos. O primeiro, mais amplo e estruturado, se refere à inteligência e aos esquemas mentais. O segundo, mais restrito e pontual, designa as imagens mentais, ou seja, as evocações simbólicas de realidades ausentes elaboradas pelos indivíduos, indicando, portanto, que todo pensamento é acompanhado por imagens. Assim, as representações elaboradas pelos indivíduos são produtos das interações ocorridas entre as pessoas, objetos e todos componentes do meio, havendo, portanto, um movimento contínuo de construção e reelaboração de significados.

Na perspectiva piagetiana, os indivíduos constroem, reproduzem e representam o conhecimento sobre o mundo social atuando sobre a realidade a partir de sua própria experiência e das informações recebidas durante a vida, de forma direta ou indireta. A pessoa, então, alia tais informações à estrutura cognitiva de que dispõe e elabora representações sobre as inúmeras relações existentes na realidade em que está inserida ou com a qual mantém algum contato, caracterizando, portanto, todo processo de desenvolvimento cognitivo humano enquanto, principalmente, biológico.

1.2.4 Henry Wallon

Esse autor apresenta uma perspectiva teórica sobre as representações que se assemelha à de Serge Moscovici no que se refere à compreensão de que o desenvolvimento

humano é um processo de apropriação sócio-histórica, que as origina, refletindo a interação indissociável entre o sujeito e o meio. Ao interagir com o outro, o indivíduo se modifica e se transforma. Nessa perspectiva, os estudos da psicogenética de Wallon, publicados em 1932, no livro “A vida mental”, remetem à representação como um processo mediador entre o sujeito e o mundo. Para esse autor, a verdadeira representação existe básica e unicamente por meio do signo, não sendo totalmente explicada apenas no plano do desenvolvimento pessoal e individual, uma vez que o signo é um construto social e coletivo. As relações entre as pessoas e os objetos físicos ou abstratos exigem mediações para acontecer. Assim, a constituição e gênese do Eu só pode existir pela presença e auxílio da mediação do Outro.

O processo teórico psicogenético walloniano não privilegia o desenvolvimento de apenas um aspecto da criança e sim sua integração, constituindo-se sob a égide da noção de pessoa completa, em que se considera o conjunto de suas relações e os contextos de sua atuação, em seus diversos domínios: desenvolvimento motor, cognitivo e afetivo. Portanto, a representação, para esse autor, remete a esses aspectos, contextualizados e integrados.

1.2.5 Lev Vigotski

Na perspectiva de Vigotski (1896-1934), a origem e desenvolvimento do pensamento dependem das interrelações sociais que o sujeito tece durante sua história. Isso acontece porque um agente externo (que geralmente é um adulto) direciona a atenção da criança que, paulatinamente, internaliza os signos, significados e, conseqüentemente, a linguagem. O funcionamento desses elementos na mente se processa ativamente através da mediação pelos signos, que emergem interindividual e interativamente no bojo das relações sociais (Vigotski, 2007).

A representação mental, para Vigotski, resulta da interação entre linguagem e ações. Essa interação sempre demanda funções mentais que, para ele, são chamadas de superiores, como a memória, atenção, linguagem e imaginação. Entretanto, sua origem precisa ser buscada em toda história social: nos discursos, crenças, palavras e pré-concepções. Assim, a representação corresponde ao sentido e ao significado da palavra atribuídos ao longo da vida da pessoa através de suas interações. Vale ressaltar que o autor considera o sentido mais importante. O significado é igual para todos, é uma construção social. Já o sentido é revestido de importância individual, advinda da memória da pessoa e de suas recordações, que não são apenas cognitivas, mas também afetivas e históricas.

A abordagem na perspectiva vigotskiana é um dos eixos teóricos que pautam a pesquisa desenvolvida durante este Mestrado. No presente estudo, a discussão não se restringe às diversas visões sobre as representações, tendo-se concentrado os esforços em entendê-las enquanto expressões mentais de determinados conhecimentos construídos socialmente e que podem ser expressos durante o processo de aprendizagem pelos educandos, sob diversas formas.

Neste sentido, alinhando-se à perspectiva vigotskiana de representação e construção de conhecimento, a Semiótica Social e a abordagem multimodal podem auxiliar no processo de elucidação de representações do conhecimento químico, o que será detalhado posteriormente.

1.3 A SEMIÓTICA SOCIAL E A ABORDAGEM MULTIMODAL

A Semiótica é a ciência que estuda os signos e todas as linguagens, sejam elas verbais ou não (Santaella, 2000). Em um breve panorama, nos capítulos iniciais do livro *Reading images: the grammar of visual design*, edição de 2001, Kress e van Leeuwen, resumem as principais escolas e linhas de pesquisa em semiótica: a primeira nasceu nos anos 1930, em Praga, na antiga Tchecoslováquia, em trabalhos no campo da arte, tendo como principais representantes Roman Jakobson e Jindrich Honzl, que foram inspirados pela linguística como estudada pelos Formalistas Russos. A segunda, foi a Escola de Paris, dos anos de 1960 e 1970, cujos estudos estenderam as ideias do linguista suíço Ferdinand de Saussure, aplicando suas teorias nas áreas de moda e fotografia (Roland Barthes), cinema (Christian Metz) e música (Jean-Jacques Nattiez).

A terceira escola, chamada de Semiótica Social, originou-se na Austrália da década de 1980. A Semiótica Social principia os estudos aplicados a textos multimodais, sustentada pelas concepções de Michael Halliday (Halliday, 1978). Nessa perspectiva, consideram-se os modos semióticos que acompanham o modo verbal (oral ou escrito), como visual, gestual e gráfico conduzindo a uma nova abordagem, cujo enfoque direciona-se às funções sociais da linguagem.

Halliday (1978) admite que a comunicação se estrutura a partir das relações interpessoais, motivadas pelo contexto sociocultural, que será responsável não apenas por moldar a percepção da linguagem, mas, também, sua própria utilização e conceituação. Nessa perspectiva, a ênfase deixa de estar nas transformações sofridas pelos processos de comunicação e volta-se à construção de significados e às consequentes construções sociais. Van Leeuwen, 2005, p. xi, argumenta que “na semiótica social, o enfoque mudou do signo para a forma como as pessoas usam recursos semióticos, tanto para produzir artefatos e eventos comunicativos quanto para interpretá-los - que também é uma forma de produção semiótica - no contexto de situações e práticas sociais específicas.”

Michael Halliday (1978), ao modelar a linguagem a partir de uma visão sociosemiótica, delineou uma gramática particular, a Gramática Sistêmico-Funcional (GSF). O cerne da discussão sobre essa gramática é sustentado pela ideia de que a linguagem é um comportamento típico da sociedade humana, ou seja, a linguagem possui funções constituídas em decorrência das interações humanas e se estrutura em sistemas vulneráveis ao contexto. Portanto, o uso da linguagem está revestido de significados exclusivos e potenciais, diretamente interligados a situações específicas e influenciados pelo arranjo cultural e social.

Nessa perspectiva, considera-se que a comunicação humana não se restringe à palavras e imagens. Para manter uma relação comunicativa é necessário que haja comunhão entre diversas formas semióticas de expressão (meios, modos), sejam elas gestos, olhares, contato físico ou tom de voz, por exemplo.

Gunther Kress, discípulo de Halliday, produziu vários trabalhos problematizando e teorizando sobre a abordagem multimodal em diversas áreas, como Educação e Comunicação. A essência dos estudos de Kress pauta-se na utilização dos diferentes modos¹ de comunicação e sua interação, e baseiam-se em objetivos específicos de uma teoria sociosemiótica que seriam os de garantir:

Que membros de uma comunidade tenham acesso aos recursos semióticos de forma a se beneficiarem de seu processo de constituição de significados;

¹ Modo é um recurso social e culturalmente moldado para a construção de significado. Imagem, escrita, layout, música, gestos, gêneros de discurso, tipos de movimento, trilhas sonoras são exemplos de modos usados na representação e na comunicação. (Kress, 2010, p.54 – tradução nossa)

Que os membros de uma comunidade coesa sejam capazes de contribuir para os propósitos comuns de sua comunidade, construindo semioticamente suas contribuições e as comunicando;

Que os membros de uma comunidade tenham consciência dos efeitos de suas ações semióticas de linguagem. (Kress, 2010, p.18 – tradução nossa)

Assim, uma teoria sociossemiótica que se baseia em uma abordagem multimodal se constitui a partir da utilização de modos diferentes de linguagem no âmbito de uma determinada sociedade ou grupo social, de forma a produzir uma consciência comum e coletiva das formas de produção de significados. Isso traz à tona algumas reflexões sobre como a teoria multimodal poderia influenciar e transformar nossa forma de pensar o processo comunicacional.

Para se estabelecer uma relação multimodal é necessário que haja, em primeiro lugar, interação e intercâmbio social em torno de significados. Em seguida, definem-se os recursos para a produção, negociação e aquisição de significados, em que as potencialidades e os modos são definidos e, em terceiro lugar, estabelecem-se os meios e condições possíveis para a difusão do significado – as mídias (KRESS et al., 2001).

Kress et al. (2001) afirmam que a multimodalidade é a expressão da comunicação por múltiplos modos e meios presentes simultaneamente em produtos oriundos dos processos pedagógicos ou de quaisquer outros espaços de aprendizagem e socialização. Cada um desses modos, segundo os autores, influencia diretamente na **construção e expressão de significados**, o propósito do enfoque multimodal, cujas formas de elaboração se dão através de meios de representação semióticos característicos e diferentes.

Dessa forma, entende-se a multimodalidade como uma aliada no processo de escolarização, no qual sentidos e significados são negociados constantemente sob mediação do professor, a fim de se construírem conhecimentos de todas as áreas, além de se romper com os velhos hábitos monomodais² de escolarização.

² Entende-se por hábito monomodal de escolarização o modelo de ensino no qual a atuação docente em sala de aula se restringe, essencialmente, ao uso da comunicação verbal ou escrita. Embora este termo também seja utilizado pelos autores da área, sabe-se que mesmo a comunicação, escrita ou verbal, pode estar vinculada a outros elementos qualificadores que suscitam outros modos, por exemplo a fonte das letras, tom de voz e uso de elementos gráficos distintos do alfabeto.

Nesse sentido, Kress (2003) sugere haver uma predisposição em relação à supervalorização de aspectos visuais dos textos, e suas formas de veiculação, em detrimento das formas usuais de expressão escrita. O autor afirma que:

Não é mais possível pensar sobre alfabetização isoladamente de uma vasta gama de aspectos sociais, fatores tecnológicos e econômicos. Dois fatores distintos e relacionados merecem destaque especial. Trata-se, por um lado, do amplo movimento dos tempos atuais de domínio da escrita para o novo domínio da imagem e, por outro lado, o movimento do domínio do livro como meio para o domínio por meio da tela. Estes dois, juntos, estão produzindo uma revolução nos usos e efeitos na alfabetização e dos meios associados para representar e comunicar em todos os níveis e em todos os domínios. (KRESS, 2003, p.15 – tradução nossa)

O autor exprime, no excerto acima, uma revolução nos modos de comunicação para a alfabetização. Levando-se em conta o fato de que adolescentes estão mais imersos nos meios de comunicação, pode-se estender essa reflexão para a aprendizagem de conceitos científicos e o Ensino Médio como um todo. E-books, apresentações em Power Point, vídeos diversos e a mídia visual assumem destaque frente a essa paulatina substituição de textos impressos por textos digitais.

Em síntese, é nítido que os professores não deveriam conceber os processos de ensino e aprendizagem da mesma forma que o faziam há anos atrás porque o contexto vivenciado pelos alunos e pelos professores atualmente demanda esforços e atitudes imediatos no sentido de se compreender como textos verbais e imagens conduzem a significados sociais e culturais, não apenas quando separados, mas, mormente, em comunhão, já que esses modos semióticos não devem ser entendidos como detentores de princípios que convergem, ao invés de o serem como componentes isolados, com funções diferentes (Kress; van Leeuwen, 2001).

Portanto, é preciso que se compreenda que as imagens, assim como a linguagem verbal, atuam como um sistema semiótico, ou seja: *“um conjunto de signos socialmente compartilhados e regidos por determinados princípios e regularidades, que utilizamos para representar nossas experiências e negociar nossa relação com os outros.”* (Nascimento; Bezerra; Heberfe, 2011)

1.4 COMUNICAÇÃO VISUAL NA ABORDAGEM SOCIOSSEMIÓTICA

Como já enfatizado anteriormente, a vasta gama de imagens que circunda os meios e redes sociais projetou a linguagem visual a um local de privilegiado destaque. Em diversos lugares, a existência de textos escritos tradicionais foi substituída por outros gêneros de texto, que se materializam pela presença de modalidades semióticas concomitantes em sua composição. Essa alteração provocou efeitos significativos nas principais características e formatos dos textos expressos. A beleza dessa transformação configura-se na dinamicidade e fluidez dos processos comunicativos na sociedade contemporânea, em que normalmente conhecemos diferentes formas de significar e representar o nosso mundo.

A partir da linguagem verbal, as diversas práticas comunicativas atuais, segundo Kress e van Leeuwen (2006), foi possível estabelecer correlações estruturais com outros recursos semióticos, de modo que, atualmente, é praticamente impossível a existência de textos verbais destacados de elementos visuais, em quaisquer áreas do conhecimento.

Kress e van Leeuwen (2006) afirmam que as estruturas relativas às representações visuais se assemelham às estruturas linguísticas, ou seja, ambas expressam interpretações idiossincráticas das experiências humanas, além de se constituírem como mecanismo de interação social. Assim, as escolhas pertinentes à composição de uma imagem também são escolhas de significado, que é devido à determinada cultura e não à especificidade dos modos semióticos. Por exemplo, o que se expressa na linguagem escrita por diferentes tipos de palavras e estruturas sintáticas das orações pode, nas expressões visuais, ser comparado aos mecanismos de escolha dos atributos e características dos componentes das imagens, como cor e disposição dos entes. E, conseqüentemente, essas escolhas afetarão o significado. Portanto, expressar e representar algo verbalmente é diferente da forma visual, configurando o que os autores chamam de Gramática do Design Visual (**GDV**).

Os autores discorrem sobre algumas características da linguagem visual e das imagens que propiciam uma reflexão sobre seus processos de significação:

a linguagem visual é sempre codificada, ou seja, não existe uma imagem em estado puro, como sugeriu Barthes em seus estudos publicados em 1964. Nos signos que compõem a linguagem visual existe uma função ideológica, política, social, cultural, psicológica, afetiva e cognitiva que influenciam as escolhas na composição da imagem do produtor e a leitura do leitor. Desta maneira, tanto o processo de produção de um signo, quanto o processo de significação implicam

em ações muito complexas para quem o produz e também para aqueles que fazem sua leitura, em busca de construção do seu significado;
a imagem não é uma mensagem transparente, seu sentido parece evidente, até óbvio em um primeiro momento, mas pode não ser quando verificado com mais cautela. O processo de significação só pode ser compreendido se forem considerados os códigos culturais compartilhados pelos indivíduos do grupo nos contextos sociais em que se realiza;
por fim, a leitura e compreensão de uma imagem necessita ser ensinada e aprendida. A presença das representações visuais nas sociedades ocidentais tem ganhado grande ênfase no processo de comunicação. Sendo assim, cabe aos educadores e às escolas se adequarem às mudanças comunicativas que as sociedades têm sofrido e proporcionar intervenções pedagógicas para que os alunos sejam capazes de utilizar os recursos dos novos arranjos semióticos, tanto como cidadãos, quanto como futuros profissionais das mais diversas áreas de atuação. (Kress, van Leeuwe, 2006, p. 34)

A comunicação visual tem evoluído conforme seu uso social se intensifica e se repete em sistemas semióticos ortodoxos ou em construção. Isso garantiu e edificou os pressupostos necessários para a sustentação dos estudos com abordagem multimodal e semiótica social. Ainda de acordo com os autores, os modos semióticos desenvolvem-se, pois existe uma rede complexa de recursos interconectados para a produção, reprodução, representação e expressão de signos. As escolhas de determinado sujeito frente às alternativas disponíveis nessa malha de signos e significados constituem-se em indícios diretos da decisão do sujeito, em produzir representações que mais se assemelham e sejam compatíveis ao pensado em um determinado contexto de comunicação.

Os mais diversos meios de comunicação, seja para um público em massa, como jornais e panfletos de divulgação, seja para um público definido, como revistas e periódicos científicos, expressam significados por mais de um código semiótico. Infere-se sobre a carga potencial de significados a partir dos modos verbal, gráfico, visual, gestual e sonoro, por exemplo. Como o modo verbal é um elemento representacional que está conjugado e condicionado a vários outros, decorre ser impossível ater-se unicamente às expressões escritas, ao se proceder à leitura de qualquer texto, devido à essa imersão inevitável nos mais distintos modos de se expressarem significados e sentidos.

Em síntese, a hipótese norteadora do presente estudo apoia-se nas propostas da **GDV** e nas reflexões que ela suscita. Assim, admite-se a necessidade de uma Educação mais “visual” na qual, cada vez mais, sejam utilizadas representações impregnadas de modos que se coadunam em robustas fontes de significação. Uma vez que a comunicação visual se torna, progressivamente, um elemento de domínio substantivo para os sujeitos, as mais variadas

plataformas de práticas e interações sociais de que eles sejam participantes envolvem, progressivamente, diferentes formas de linguagem.

Neste sentido, no Capítulo seguinte, apresentam-se algumas reflexões teóricas relativas aos processos de visualização, representação e linguagem da Química e do conhecimento químico, com base nas lentes da Semiótica Social.

ENSINAR QUÍMICA PARA ALÉM DO QUE SE VÊ

O começo de todas as ciências é o espanto
de as coisas serem o que são.

Aristóteles

2. ENSINAR QUÍMICA PARA ALÉM DO QUE SE VÊ

Os trilhos da história do desenvolvimento do conhecimento químico nem sempre se espraíram linearmente. As idas e vindas dos mistérios ontológicos e místicos acerca da ciência da matéria culminaram nos modelos científicos compartilhados hoje pela comunidade científica, com aplicabilidades diversas. A Química, como a conhecemos hoje, resulta da elaboração humana ao longo dos tempos e contribui para o conforto das pessoas, através do desenvolvimento de vários materiais novos que são aplicáveis a diversos setores do segmento produtivo: da indústria têxtil à de medicamentos, do refino do petróleo aos combustíveis. A indústria petroquímica, em seus diferentes segmentos, assim como a indústria farmacêutica e as de transformações de base, como as siderúrgicas, geram riqueza para a sociedade que as implementa e contribuem para a autonomia dessas economias. Em síntese, desse conhecimento científico resultam as mais diversas aplicações.

Para o público leigo, reconhecer a importância da Química é, sobretudo, ter a oportunidade de refletir sobre o processo de constituição desse saber, reconhecendo que os conceitos envolvidos em sua estruturação expressam o esforço e o sacrifício outrora dispendido por diversas pessoas. Esta consideração remete a atributos pedagógicos para a organização de seu ensino e, sobretudo, aponta para várias reflexões propiciadas para os alunos no processo de sua aprendizagem.

Este processo de aprendizagem é mais do que permitir a interpretação de fenômenos, a síntese de novos materiais ou a compreensão de algumas das transformações que ocorrem no dia-a-dia. A apropriação de uma forma característica de pensar sobre a Natureza favorece que a relação dos indivíduos com a natureza e os processos que o cercam se transforme. A detenção de um novo conhecimento, que envolve a vivência de uma epistemologia que difere daquela do senso comum contribui para transformar a realidade do indivíduo porque modifica a forma como ele a percebe.

Nesse sentido, o caráter empírico da Química remete à interpretação de evidências advindas da observação de fenômenos e experimentos, culminando na elaboração de modelos explicativos e na representação de tais modelos para socialização, simplificação e

disseminação do conhecimento. Wu e Shah (2002) afirmam que as visualizações e a comunicação visual desempenham um importante papel nas práticas relativas à Química

As evidências das transformações dos materiais são internalizadas a partir de propriedades que os cinco sentidos do organismo humano captam diretamente ou indiretamente a partir da análise instrumental, ao interagir com o mundo exterior onde estão presentes os fenômenos. Essas transformações podem ser compreendidas pela proposição de modelos que as descrevem em termos de mudanças que ocorrem em nível submicroscópico, mundo invisível e inatingível diretamente pelo ser humano, sendo necessária, portanto, a elaboração de modelos explicativos, que envolvem entes como átomos, moléculas, íons, elétrons e prótons.

Neste contexto, diversos autores propõem a articulação entre as diversas dimensões do conhecimento químico. Entendendo que aprender e ensinar Química pressupõe que sejam utilizadas representações, modelos e diversas formas de comunicação entre os sujeitos, apresentam-se, a seguir, fundamentos de algumas das ideias mais adequadas para o desenvolvimento deste Mestrado.

O aspecto visual da linguagem química remonta aos tempos antigos da História da Química. John Dalton, no início do século XIX, já utilizava representações visuais para compor seu arcabouço teórico sobre a composição da atmosfera terrestre, como mostrado na Figura 2.1.

Figura 2.1: Representações de Dalton para a composição atômica da atmosfera terrestre

Fonte: Viana, Porto (2007, p. 6)

Dalton codificou os componentes do ar conhecidos na época com determinados desenhos derivados de formas geométricas e, a partir de suas explicações, elaborou um modelo teórico para a interação entre as partículas que culminou no conceito de pressão parcial dos gases (Viana; Porto, 2007). A linguagem visual parece ser inerente ao anseio humano de comunicação e, nos processos relativos ao ensino de Química, envolve desde a criação de modelos físicos até o emprego de programas de computador. (Wu; Shah, 2002)

Na síntese de novos materiais, é comum que os químicos utilizem imagens que representam processos, rotas sintéticas e mecanismos de reações. Muitas vezes, um mecanismo de reação bem detalhado, contendo setas, fórmulas e equações, pode ser substituir um texto escrito (Kozma et al., 2000).

A apresentação da síntese do famoso praguicida DDT, 1,1'-(2,2,2-Tricloroetano-1,1-di-il)bis(4-clorobenzeno), mostrada na Figura 2.2, é um exemplo de um sistema estruturado particularmente para químicos. Nele, os passos da reação são representados por equações químicas cuja interpretação é auto-evidente para as pessoas desse meio devido à compreensão que elas compartilham acerca dos elementos gráficos dessa representação. Essa compreensão compartilhada da representação dispensa a descrição verbal ou escrita das etapas propostas para a transformação representada na Figura 2.2.

A imagem representa as etapas, em nível molecular, da transformação da molécula de tricloroacetaldeído, desde a etapa de catálise apresentada no primeiro equilíbrio (que transforma a molécula em uma espécie mais reativa, um carbocátion, pela protonação do oxigênio da carbonila pelo ácido sulfúrico, até o ataque eletrofílico dessa espécie reativa ao clorobenzeno, culminando na formação do DDT. No esquema, a ponta das flechas refere-se, por convenção, ao movimento de pares de elétrons.

Esta breve análise acerca da composição visual da proposta mecanística para esta reação mostra que é necessário interpretar o que cada componente da imagem significa para a compreensão do esquema (Figura 2.2). Esse processo de familiarização com a linguagem da Química se inicia já na escola básica, mostrando que o emprego das visualizações e da comunicação visual não se restringe ao âmbito científico-acadêmico dos especialistas. Nesse sentido, vários autores (Fanaro et al, 2005; Martins et al, 2005; Garcia e Palacios, 2006; Silva

et al, 2011) apontam a importância das representações visuais nos processos de ensino e, sobre os processos de representação visual, Wartha e Rezende explicam que:

[...] na ciência Química os componentes representacionais foram e são fundamentais no processo de construção da Química. Portanto, é de se esperar que, também no âmbito do ensino de Química exista tal relação, ou seja, a construção do conhecimento químico é realizada, também, através de aspectos relacionados à construção e compreensão dessas representações. Por exemplo, no processo de ensino de Química são usadas representações para átomo, moléculas, transformações químicas e mecanismos de reações. Assim, para ensinar Química foi preciso desenvolver todo um sistema de representação formal, ou seja, uma linguagem própria, muito semelhante ao processo de construção da linguagem natural, para que ocorra a comunicação entre professores e estudantes. (Wartha; Rezende, 2017, p. 183)

Figura 2.2: Esquema das etapas reacionais para obtenção do DDT

Fonte: Williamson, et al, 2007

Reportando-se à Semiótica Peirciana e à perspectiva sociocultural para o ensino, Gois e Giordan (2007) discutem as contribuições da inserção de representações mediadas pelo computador:

Quando as representações são mediadas pelos recursos gráficos oferecidos atualmente pelo computador, a relação entre os signos e seus objetos, em algumas dimensões da realidade química, pode ser profundamente modificada. Os recursos de animação de imagens e simulação oferecidos pelo uso dos computadores podem trazer um novo caminho de construção do conhecimento na sala de aula de Química. (Góis; Giordan, 2007, p. 40)

Martins, Gouveia e Piccinini, (2005), ao afirmar que “imagens comunicam de forma mais direta e objetiva do que as palavras”, descrevem a comunicação visual na Química sob a perspectiva de representações pictóricas, tais como: imagens, gráficos, esquemas, desenhos, ícones, símbolos e demais formas de representação visual. A imagem, portanto, se configura como um instrumento para expressão e mediação de ideias e concepções sobre um fenômeno.

As representações visuais, quando utilizadas durante o processo de construção do conhecimento, funcionam como articuladoras e mediadoras dos processos de abstração, tão importantes para a Química (Santos, 2005). Os processos de abstração são inerentes à Química pois modelos sobre a estrutura da matéria e as teorias atômico-moleculares são fundamentais nesse campo das Ciências Naturais. Nesse sentido, faz-se importante distinguir planos de representação, seja por aspectos observáveis (evidências experimentais, por exemplo), seja devido a atributos em nível de modelos submicroscópicos, cuja compreensão teórica requer maior abstração (comportamento de partículas).

2.1 A REPRESENTAÇÃO E AS DIMENSÕES DO CONHECIMENTO QUÍMICO

A Química é a ciência voltada à compreensão e transformação das propriedades e características das substâncias naturais ou sintéticas que constituem os diferentes materiais. Assim, o intuito dos químicos é o de entender como as transformações ocorrem e propor modelos que as expliquem, para que possam ser otimizadas ou alteradas.

Ao longo dos séculos, antes mesmo da configuração da Química moderna (no início do século XIX), vêm sendo desenvolvidos instrumentos que facilitam a observação dos fenômenos e a obtenção de melhores dados como, por exemplo, as balanças, os aparelhos para destilação, os cromatógrafos e os microscópios. Esse conjunto de dados empíricos tem contribuído para que os modelos submicroscópicos sejam refinados e a compreensão sobre a natureza das transformações químicas seja cada vez mais detalhada. Assim, pode-se afirmar que há dimensões complementares do conhecimento químico: (i) descobrir como os fenômenos acontecem, o que se refere ao domínio macroscópico e remete ao observável; (ii) a outra dimensão, construída a partir das evidências experimentais ou empíricas, envolve a proposição de modelos submicroscópicos, em que se representa o inobservável. Finalmente, é necessário que se traduza a representação de tais fenômenos e modelos para a linguagem matemática e simbólica (siglas, fórmulas, equações, abreviaturas), para que possa haver comunicação e divulgação do conhecimento produzido para a comunidade especializada. Nessa perspectiva, há vários trabalhos na literatura sobre a natureza do conhecimento químico. Alguns desses trabalhos serão discutidos a seguir.

Johnstone foi um dos pesquisadores a propor um modelo para a compreensão das dimensões do conhecimento químico. Em seus estudos, desenvolvidos durante vários anos, (Johnstone, 1982; 1993; 2000), Johnstone propõe um modelo explicativo para articular as três dimensões do conhecimento químico que propôs, mostrando como essas dimensões do conhecimento químico se correlacionam:

- ✓ *Macroquímica*, relaciona-se aos processos tangíveis, concretos e mensuráveis na perspectiva dos dispositivos sensoriais humanos (ainda que incrementados por instrumentação sofisticada), também chamado de **macroscópica**;
- ✓ *Submicroquímica*, relaciona-se a modelos moleculares, atômicos e variações cinéticas propostos a partir de evidências indiretas de dados experimentais obtidos através de diferentes instrumentos, como as sofisticadas microscopias de varredura ou as várias espectroscopias e estudos cinéticos, também chamado de **submicroscópica**;
- ✓ *representacional*, referente aos símbolos, equações e fórmulas químicas, também chamado de **simbólica**.

Na Figura 2.3 está apresentado um exemplo de representação visual para o fenômeno de efervescência de um comprimido analgésico, em que é possível correlacionar as dimensões propostas por Johnstone

Figura 2.3. Exemplo de fenômeno representado nos três níveis do conhecimento químico.

Fonte: do autor

Ao desenvolver suas pesquisas, Johnstone argumenta que, para se compreender efetivamente os conceitos e conteúdos pertinentes à Química, é necessário que se saiba transitar entre os três níveis descritos, correlacionando-os. Além disso, atribui problemas de aprendizagem a alguma defasagem dos aprendizes no que se refere à apropriação de algum desses níveis.

Em especial, o nível submicroscópico requeria maior atenção sendo necessário que se desenvolvam atividades de ensino que propiciem o estabelecimento de maiores interações entre os diferentes níveis do conhecimento químico. Inúmeros estudos indicam que dos alunos têm grande dificuldade em interpretar e representar o nível submicroscópico (Chittleborough e Treagust, 2007; Chandrasegaran et al, 2007; Cook, 2006; Jansoon et al, 2009; Gibin e Ferreira, 2010; Jaber e Boujaoude, 2011; Scalco, 2014).

Os estudos de Johnstone foram fundamentais para a elaboração de diversos materiais que norteiam o ensino da Química, em diversos países. Pensando justamente nos problemas relacionados ao desenvolvimento dos currículos da disciplina e nos processos de modelagem e representação dos conceitos, Talanquer (2011) analisa os níveis propostos por Johnstone e os reconfigura a partir de uma perspectiva pedagógica, embasando-se na natureza e estrutura do conhecimento químico. Segundo Talanquer havia necessidade dessa reconfiguração devido a divergências na literatura quanto à qual das dimensões se aplicaria melhor às representações.

Talanquer propõe, portanto, um rompimento entre a natureza experimental do conhecimento, relacionada às evidências experimentais, portanto, ao nível macroscópico, e a natureza representacional, que diz respeito aos modelos construídos para representar os níveis submicroscópicos e os simbólicos, criando uma estrutura que propiciaria um melhor entendimento das representações do conhecimento químico, o qual ele dividiu em três tipos, a saber:

- I. **experiências**, referente ao conhecimento que caracteriza substâncias e transformações químicas e físicas, adquirido pelos sentidos ou usando instrumentos; essa dimensão remete ao atual conhecimento empírico sobre os sistemas químicos;
- II. **modelos**, em que se incluem as descrições e explicações sobre modelos teóricos que foram desenvolvidos pelos químicos para compreensão do conhecimento experimental e previsão do comportamento dos materiais; os modelos são propostos para qualificar entidades teóricas e suposições subjacentes à descrição e explicação de várias propriedades dos sistemas químicos, e permitem atribuir-lhes composição e estrutura interna que são invisíveis aos sentidos humanos, ainda que amplificados pelas mais atuais aparelhagens sofisticadas;
- III. **visualização**, é o domínio das representações visuais, estáticas e/ou dinâmicas, elaboradas para facilitar o pensamento qualitativo e quantitativo oriundo de experiências e modelos da química e sua disseminação, propiciando a comunicação sobre eles; essa dimensão do conhecimento químico se refere aos símbolos químicos, fórmulas, desenhos de partículas, equações matemáticas, gráficos,

animações, simulações e modelos físicos usados para visualizar os componentes representacionais do modelo teórico.

Alguns autores (Araújo Neto, 2009; Labarca, 2010; Souza, 2012) destacam possíveis confusões filosóficas relacionadas às interpretações equivocadas acerca das três dimensões de representação. Portanto, considerando que a linguagem química se manifesta de diversas formas e em diferentes planos de interpretação, o estudo desenvolvido neste Mestrado apoia-se na proposição de que a Química transforma não somente substâncias e materiais, mas também a linguagem (JACOB, 2001).

Jacob (2001) aponta que há diferentes níveis de linguagem envolvidos no processo de construção do conhecimento e elaboração conceitual da Química. O primeiro nível, o inicial, se refere aos símbolos utilizados para representar elementos, moléculas, substâncias, equações e transformações. Esse nível é caracterizado por regras negociadas e convencionadas por todo universo químico e é demarcado pelo uso operacional dos símbolos.

O segundo nível se origina de um vocabulário construído historicamente que permite aos profissionais ligados à área da Química falar sobre os materiais e suas transformações a partir de definições, conceitos e interpretações aceitas universalmente.

O terceiro nível consiste nas condições proporcionadas pela linguagem para que sejam discutidas as construções e derivações das abstrações advindas das observações experimentais da matéria, como parte de leis, modelos e teorias em um contexto geral.

O quarto nível é o nível mais sofisticado, onde a filosofia da Química delineia o papel da linguagem. Esse nível inclui problemas de significação particulares da sintaxe e semântica dos símbolos e sobre sua correlação com as substâncias, as evidências experimentais e suas representações.

Portanto, Jacob enfatiza a necessidade de entender o uso da linguagem pelos químicos, pela percepção de quais regras governam o uso da linguagem química e de quais consequências tem a utilização dessa linguagem para a Química como um todo. É essencial distinguir não apenas experimentos químicos de linguagem química, mas também os diferentes níveis da linguagem química. Jacob define o simbolismo químico como uma

linguagem e investiga sua base empírica. Além disso, ele discute a influência da linguagem sobre o progresso da pesquisa química em geral e as limitações potenciais que o uso de uma linguagem química específica representa para algumas pesquisas em particular.

Um aspecto do trabalho de Jacob sobre a linguagem química diz respeito à simbologia da química. A simbologia da química consiste em uma espécie de alfabeto, uma sintaxe particular e um conjunto de regras semânticas. O alfabeto químico consiste em aproximadamente 110 símbolos que representam os elementos químicos conhecidos (por exemplo, Na, Cl). Os símbolos elementares podem ser combinados para formar uma fórmula química (por exemplo, NaCl) e equações de reação. (por exemplo, $2\text{Na} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{NaCl}$). Essas combinações de símbolos seguem um conjunto de regras formais que são definidas como sintaxe química. A sintaxe química abrange regras empíricas em relação a valência, estados de oxidação, eletronegatividade, afinidade e mecanismos de reações.

A ortografia química fornece as regras para a combinação de elementos em fórmulas (por exemplo, Na e Cl podem ser combinados como NaCl usando a regra de que 1 Na pode ser combinado com 1 Cl). A gramática química fornece as regras para a escrita das equações de reação (por exemplo, coeficientes estequiométricos, uso de setas unidirecionais ou de equilíbrio e condições de reação). As regras de gramática para a escrita da equação química que representa a reação entre sódio metálico e gás cloro ($2\text{Na} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{NaCl}$) são determinadas pela ortografia de Na, Cl_2 e NaCl. A semântica química discute o significado de símbolos, fórmulas, reações (por exemplo, NaCl como uma porção do sal cloreto de sódio). Embora a semântica química seja ideal para descrever a relação entre substâncias existentes e suas representações linguísticas, a sintaxe química permite aos químicos formar novos símbolos como representações de substâncias ainda não sintetizadas. O significado de NaCl (químico, físico, social, cultural) é independente de acordos ortográficos (por exemplo, NaCl vs. Na_3Cl) e correção gramatical (por exemplo, $2\text{Na} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{NaCl}_2$).

A associação entre regras sintáticas e semânticas permite uma assimetria importante entre operações com linguagem e operações com compostos. A assimetria entre regras sintáticas e semânticas é a base do planejamento de novas reações. A distinção entre propriedades sintáticas e semânticas do simbolismo químico permite a introdução de fórmulas químicas que são sintaticamente corretas, mas que (ainda) não têm uma base empírica.

A Química, com sua gramática própria descrita por Jacob (2001), parece convergir com a Gramática Funcional da Semiótica Social e a abordagem multimodal, as quais podem conduzir a um entendimento diferenciado sobre os processos de representação na Química, principalmente em comunicações visuais.

2.2 DESMEMBRANDO OS MODOS SEMIÓTICOS DE COMUNICAÇÃO: UMA APOSTA NA MULTIMODALIDADE NO ENSINO DE QUÍMICA

O Ensino das Ciências da Natureza envolve a comunicação entre professor e educando. Em uma perspectiva não construtivista, de cunho estritamente de transmissão cultural, esse processo envolve principalmente a linguagem verbal, muitas vezes descontextualizada, de que o professor se utiliza. Entretanto, Lemke nos diz que:

A ciência não é feita, não é comunicada, por meio da linguagem verbal sozinha.[...] Os “conceitos” da ciência não são conceitos verbais, embora eles tenham componentes verbais. Eles são híbridos semióticos [...]. Para fazer ciência, para falar ciência, para ler e escrever ciência é necessário fazer malabarismos e combinar, adotando certas formas canônicas, o discurso verbal, a expressão matemática, a representação gráfico-visual e as operações motoras no mundo “natural” (incluindo o homem como natural) (LEMKE, 1998, p.11).

Ensinar Química é, dentre outros aspectos, ensinar essa linguagem. É preciso saber transitar entre as dimensões do conhecimento químico, fornecendo os subsídios necessários para que os educandos possam estabelecer relações entre elas, além de vincular tais conhecimentos a eventos e situações que sejam corriqueiros e cotidianos em sua vida. Em outras palavras, para conseguir identificar transformações, problemas de cunho científico e outras situações em que seja necessário o uso do conhecimento químico é importante que os alunos realmente aprendam os conteúdos trabalhados em sala de aula, por abordagens que favoreçam a discussão coletiva dos fenômenos, conduzindo à reelaboração e ampliação de conceitos pela socialização no grupo de educandos.

Nessa perspectiva, a aprendizagem das Ciências Naturais pode ser facilitada pela integração dos significados adquiridos através de diversas modalidades semióticas que combinam textos, sons, imagens, histórias, gestos, observações e contato físico. Dessa forma, a aprendizagem ocorreria através da interação entre as linguagens visual e oral e

envolve a transformação da informação entre diferentes sistemas de comunicação, da fala à imagem, caracterizando, assim, uma forma multimodal de ensino (Jewitt et al., 2001; Lemke, 2006). Sobre esse aspecto, pode-se afirmar que:

Explicar Ciências pode, agora, ser enxergado numa perspectiva mais ampla que leva em consideração: (i) como as entidades das Ciências são construídas no discurso (modelos) e (ii) como linguagem, ação, gestos, relações pessoais se integram em atos de comunicação. Isso significa repensar teorias de comunicação, de forma a acomodar o fato de que entender Ciências não é somente entender o significado de certas palavras, mas de objetos e eventos e suas ações no mundo real (Martins et al., 1999, p.3).

Mais especificamente no que se refere à Química, demonstrou-se (Souza; Santos; Arroio, 2013) que a utilização de uma abordagem multimodal facilitou o ensino e a aprendizagem do conteúdo de propriedades físicas dos materiais para alunos do Ensino Médio pois, solicitados a resolver uma questão de vestibular, a maioria deles foi capaz de efetivamente expressar sua resolução em termos que demonstram apropriação dos conteúdos e de competências relacionadas à compreensão, interpretação e resolução dos problemas de cunho científico.

Outros trabalhos da literatura apontam que a aprendizagem mediada pela multimodalidade consiste em uma prática docente estruturada pela multiplicidade de formas de expressão de princípios escolares e científicos, ou de princípios que se baseiam em alguns dos pressupostos CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente). Tais pressupostos se caracterizam por haver trânsito entre atividades de execução manual (experimentos, jogos, dinâmicas e atividades mediadas por computador ou não), a palavra (cantada, falada ou impressa) e as figuras (imagens, desenhos, fotos, mapas, elementos matemáticos, softwares contendo vídeos e animações) (Souza; Santos; Arroio, 2013; Souza, 2013).

Além da questão imagética, a multimodalidade possui aportes teóricos que sugerem a incorporação de gestos e suas análises em aulas de Química. Os gestos possuem grande fonte de significados e, ao ser combinado com o uso de imagens e falas, pode potencializar e corroborar para um aperfeiçoamento da representação em questão (Aizawa, 2016; Silva Neto, 2016; Quadros e Mortimer, 2010; Pereira et al, 2012).

OBJETIVOS DA PESQUISA

Não sei se cada um tem um destino ou se só flutuamos sem rumo, como numa brisa...mas acho que talvez sejam ambas as coisas. Talvez as duas coisas aconteçam ao mesmo tempo

.Forrest Gump

3. OBJETIVOS DA PESQUISA

O objetivo geral deste trabalho é o de *caracterizar representações de fenômenos químicos e físicos expressas por alunos de uma escola pública no contexto de uma sequência didática sobre “Transformações” em que se adotou uma abordagem multimodal de linguagem (palavras e imagens) para facilitação da expressão desses estudantes.*

Essa abordagem pode ser relevante porque diversas das atividades de entretenimento, trabalho e relações em que alunos de escola pública estão inseridos são permeadas por objetos multimodais, o que abre oportunidades de múltiplas inserções e criatividades serem explicitadas em sala de aula, possivelmente favorecendo a ressignificação de conceitos e a incorporação de elementos potencializadores em suas representações.

Portanto, os objetivos específicos deste trabalho são investigar:

- ✓ as ideias dos educandos sobre o termo “transformações” a partir de suas representações sobre fenômenos físicos e químicos;
- ✓ como os alunos expressariam diferentes fenômenos químicos discutidos em sala de aula, produzindo objetos multimodais;
- ✓ de que forma a produção de objetos multimodais pelos alunos pode evidenciar a aprendizagem de conceitos químicos.

Serão analisados objetos multimodais produzidos por estudantes de uma escola específica no contexto de uma sequência didática validada sobre Transformações (Bortolai et al., 2015). Tais objetos serão analisados segundo a perspectiva metodológica da abordagem multimodal, em que as evidências e elementos relativos ao conhecimento químico serão caracterizados sob a perspectiva da Semiótica Social aplicada às representações e linguagem da Química

METODOLOGIA

E assim foi Sísifo,
Tropeçando e sucumbindo ao fado que lhe
fora imposto.
Seus passos trôpegos e cansados refletem o
desgaste do trabalho que nunca acaba e que
sempre o acompanhará.

4. METODOLOGIA

4.1 CONTEXTO DA PESQUISA

Na presente pesquisa, objetiva-se analisar qual é o conteúdo informacional (e suas características) presente em diferentes mídias construídas e expressas em atividades de uma sequência didática de Química, em que modelos explicativos de fenômenos diversos foram elaborados e representados por alunos do Ensino Médio.

Para além desse primeiro objetivo, esta análise busca uma reflexão sobre as possíveis formas de elaboração e expressão de representações do conhecimento químico de alunos do Ensino Médio, suas características em diferentes mídias e como isso pode influenciar nas atividades realizadas em sala de aula.

A cultura didática presente na maioria das salas de aula nas escolas ainda enfatiza a utilização de textos escritos seguidos de exposições orais em um ciclo *ad aeternum*, sendo a utilização de materiais visuais escassa e esparsa. Isso é bastante conflitante com relação à maior parte do cotidiano dos jovens, que envolve uma vasta gama de informações e multimídias, as quais não deveriam ser destacadas de sua vida acadêmica.

Considerando estes pontos, esta pesquisa tem uma abordagem qualitativa, em que a fonte de informações e dados são registros escritos, imagéticos e audiovisuais. A análise se baseia na Análise de Conteúdo sob a perspectiva da abordagem multimodal (Bell, 2001; Kress et al., 2001; Van Leeuwen e Jewitt, 2001) e suas discussões e inferências estão permeadas pelos pressupostos da Semiótica Social.

Esse trabalho foi planejado e executado a partir da hibridização dos meus contextos pessoais e profissionais com os contextos pessoais e acadêmicos de minha orientadora. Pessoais, enquanto anseios de uma melhor estruturação educacional e profissional, pois o desenvolvimento da pesquisa contribuiu para o repensar de minha prática docente, ou seja, o desenvolvimento do trabalho aconteceu no seio de minhas aulas.

Como ambiente de pesquisa, utilizei minhas aulas para que pudesse aplicar a sequência didática escolhida. Foram-me atribuídas, atualmente, turmas de segundo e terceiro anos do Ensino Médio. Meus alunos foram os produtores dos materiais analisados e, devidamente informados dos objetivos dos movimentos realizados na escola, solicitou-se que pedissem a seus responsáveis que assinassem um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, em Apêndice, p. 96, para utilização e possível divulgação de materiais com sua voz e imagem.

A escolha de tal público-alvo se deu pela “facilidade” de acesso, justamente por eu ser seu professor, e pela aspiração constante de mudar os métodos clássicos de ensino, que sempre chateiam os alunos a aprender Ciência, fato muito evidente em seus depoimentos e notícias veiculadas pela mídia e redes sociais.

Os 75 alunos que participaram desta pesquisa, 32 pertencentes a uma turma de segundo ano e 33, a outra turma de terceiro ano, souberam, desde o começo das atividades, de que elas se tratavam e quais eram as minhas intenções, além das pedagógicas, ao desenvolvê-las. Tais turmas foram escolhidas pois, dentro da minha disposição de aulas, eram as que possuíam aulas duplas, ou seja, 100 minutos corridos.

Residentes nas cidades de São Paulo e Diadema (grande maioria), onde também se localiza a escola, na região central do município, os alunos são oriundos de diversas regiões, que variam da periferia até o centro de Diadema; muitos deles almejam um curso superior e a vaga em uma universidade pública, voltando seus estudos para o Exame Nacional do Ensino Médio (**ENEM**). Além disso, a maioria se dedica a cursos e trabalhos extracurriculares, o que restringe a dedicação às tarefas escolares.

A escola situa-se no centro do município de Diadema, sendo fácil o acesso aos meios de transporte coletivo, a estabelecimentos comerciais e à Capital paulista. Em termos de procura, a escola possui uma demanda muito grande. Isto é explicado pela fama de severidade construída ao longo dos anos, pois foi erguida sob a égide dos ideais da ditadura militar brasileira, sendo seu nome uma homenagem a um famoso político conservador de apoio àquele regime: Escola Estadual Senador Filinto Müller.

Seu espaço é amplo e sua estrutura conta com um laboratório de Ciências. O laboratório possui cadeiras e diversos materiais, reagentes, uma televisão e duas lousas. Além disso, há bancadas azulejadas com tomadas e pias com torneiras. Existe o sistema de encanamento de gás, mas não há ligação para o fluxo do mesmo. O espaço do

laboratório comporta um número considerável de alunos. E está mostrado na fotografia e no esboço do interior do laboratório apresentados nas Figura 4.1 e 4.2.

Figura 4.1. Foto do espaço interno do laboratório

Figura 4.2. Esboço do espaço do laboratório

4.2 METODOLOGIA DE ENSINO

A sequência de ensino e aprendizagem (**SEA**) utilizada para coleta de materiais a serem utilizados para a construção deste trabalho foi extraída de um material instrucional denominado **PROQUIM**³ elaborado na década de 1980 por um grupo de professores de Química dos Ensinos Médio e Superior. A escolha do material deveu-se a suas fortes características de rompimento com o ensino centrado na memorização de conteúdos descontextualizados e suas potencialidades enquanto instrumento motivador da aprendizagem dos conteúdos químicos a partir de métodos investigativos, análise de dados experimentais e a estruturação gradativa dos conceitos.

A organização de conteúdos do **PROQUIM** baseou-se nas contribuições do psicólogo estadunidense David Paul Ausubel (1918-2008), responsável pela proposição da Teoria da Aprendizagem Significativa (MAZON, 1989).

A teoria, em linhas gerais, admite que a aprendizagem seja um processo que ocorre quando os conteúdos a serem aprendidos interagem e se ancoram a alguma ideia, conceito ou conteúdo já presente na estrutura cognitiva do aprendiz. Segundo Ausubel, o princípio básico do processo significativo de aprendizagem está em que as ideias expressas se relacionem, de maneira não-arbitrária e substantiva, ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum componente relevante da sua estrutura de conhecimento (AUSUBEL, 1968).

Neste sentido, o conteúdo já aprendido (presente na estrutura de conhecimento do indivíduo), denominado **subsunçor**, deve se qualificar e se reelaborar de forma progressiva pela interação com novos conteúdos e conceitos que se ancoram a ele. Por exemplo: na organização de um material instrucional para aprendizagem, as ideias mais abrangentes e inclusivas sempre são apresentadas primeiro, de modo que, então, termos e predicados mais específicos, e em contextos variados, sejam adicionados a elas progressivamente, em uma espécie de espiral onde os conceitos vão sendo qualificados

³O PROQUIM (Projeto de Ensino de Química para o 2º grau) foi construído com o financiamento do PADCT. Coordenado pela professora Roseli Pacheco Schnetzler, da Faculdade de Educação da UNICAMP, o grupo era composto pelas professoras Antonieta Bianchi Mazon, Daisy de Brito Rezende, Lilavate Izapovitz Romanelli, Maria Eunice Ribeiro Marcondes (do Instituto de Química da USP), Maria Helena Roxo Beltran e do pelo professor Nelson Orlando Beltran. Os professores do Ensino Médio atuavam nas redes pública ou particular do Estado de São Paulo e de Minas Gerais.

ao longo do processo de ensino (AUSUBEL, 1968). Esse psicólogo denomina esse processo, de **diferenciação progressiva**.

Assim, pode-se imaginar uma espiral em que, cada um de seus passos corresponde à diferenciação progressiva dos conceitos, como resultado da diferenciação devida à incorporação dos diferentes qualificadores advindos de outros contextos, que faz com que o conceito seja cada vez mais especializado e menos abrangente. Por exemplo, caminha-se de transformação para transformação química, verticalizando-se a acepção do conceito inicial, que perde em amplitude e raio de utilização, mas ganha em especificidade.

Nesse sentido, os objetivos iniciais do **PROQUIM** eram os de:

- i. propiciar a ocorrência de *aprendizagem significativa* de tal forma que os alunos apliquem o conteúdo químico adquirido na resolução de problemas;
- ii. propiciar o desenvolvimento de habilidades de investigação nos alunos através da realização de experiências, para coleta, organização e análise de dados experimentais, com vistas à elaboração de generalizações, isto é, conceitos, princípios e leis. (MAZON, 1989)

Tal fundamentação teórica conduz a uma prática que difere da forma tradicional e mecânica de ensino e aprendizagem que vem sendo amplamente adotada no País há décadas, que prioriza a transmissão aleatória de ideias e conceitos sem relação entre si ou com o que está presente na estrutura cognitiva do aprendiz.

Para a construção deste material instrucional, os autores priorizaram a inter-relação entre os conceitos químicos, tendo admitido como conceito mais inclusivo e geral o de *Transformações Químicas (TQ)*, ao qual relacionariam os demais conceitos. Para a disciplina Química, a ciência que estuda os materiais naturais e sintéticos, suas propriedades e transformações, a compreensão das **TQ** favorece a aprendizagem de diversos outros conceitos pois, uma vez que elas conduzem a novas substâncias, o seu estudo desencadeia novas questões, que necessitam da compreensão de novos conteúdos para serem respondidas, como propriedades físicas, métodos de separação, velocidade e equilíbrio de **TQ** e a energia envolvida nelas, além de ser importante abordar as implicações do uso dos materiais nas diversas atividades humanas.

A SEA utilizada nesta Dissertação foi desenvolvida a partir de um fragmento extraído do Capítulo I do **PROQUIM** e se refere às aulas iniciais do curso de Química.

Na SEA se problematiza o significado do subsunçor “transformação”, partindo-se de um contexto generalizador para, progressivamente, com o envolvimento de experimentos e de discussões sobre como se pode perceber a formação de novos materiais a partir de evidências macroscópicas para mostrar, ao final desse passo, a limitação dessas observações. Assim, percebe-se qual é a importância das propriedades físicas para a caracterização dos materiais e inclusive, cunha-se uma primeira definição para substância, termo que será diferenciado, posteriormente, em um segundo passo da espiral referente ao termo substância, que se entrelaça à espiral referente ao termo transformação.

Figura 4.3. Representação da espiral de ensino sobre Transformações Químicas

Experimentos que envolvem **TQ** possibilitam que os alunos percebam macroscopicamente os fenômenos e atentem às suas características visuais para identificar quais atributos são necessários para formular explicações acerca do experimento. Culminando, portanto, em discussões entre os pares e o professor, que contribuem para a aprendizagem, de forma coletiva, onde modelos e ideias são formados e reformulados ao longo da atividade (MAZON, 1989).

As atividades extraídas do PROQUIM estão sumariadas na Tabela 3.1 de acordo com sua sequência. As etapas 7 e 8 não constam na versão original do PROQUIM e foram inseridas a **SEA** analisada nesta Dissertação com o objetivo de se utilizarem abordagens multimodais para verificar se há facilitação da aprendizagem advinda dessa abordagem, hipótese que norteia esta Dissertação.

Tabela 4.1 Sequência das atividades de ensino desenvolvidas no trabalho.

Etapas do desenvolvimento das atividades de ensino	Objetivos principais	Ferramentas e dispositivos de ensino	Material resultante da produção discente
Etapa 1	Contextualização histórica do conhecimento químico com o texto: “A Química é velha”	Discussão e leitura coletiva	Nenhum
Etapa 2	Arrolamento dos conhecimentos de mundo dos alunos sobre o termo “TRANSFORMAÇÃO”	Construção e discussão de tabelas individuais e coletivas	Tabelas individuais e tabela coletiva
Etapa 3	Estudo dos processos de transformações físicas e químicas	Execução de experimentos e interpretação preliminar das evidências	Tabela interpretativa
Etapa 4	Adição dos qualificadores “física” e “química” ao termo Transformação	Discussão e correlação entre as tabelas produzidas	Registro escrito
Etapa 5	Observação macroscópica da ebulição da água e de uma mistura água mais glicerina	Execução e interpretação de experimentos	Gráficos, tabelas e registro escrito
Etapa 6	Observação dos experimentos de mistura Água + álcool (1) e Difusão de corante em água (2) para subsidiar as discussões no âmbito submicroscópico do conhecimento químico	Execução e interpretação conjunta dos experimentos	Tabelas e registros escritos
Etapa 7	Construção das imagens	Discussão coletiva de imagens em cartolina sobre fenômenos	Cartolinas contendo representações imagéticas
Etapa 8	Construção dos objetos audiovisuais (OA)	Discussão coletiva das produções audiovisuais contendo explicações dos fenômenos representados nas cartolinas	Produções audiovisuais
Etapa 9	Conclusão	Fechamento	

4.3 METODOLOGIA DE COLETA DAS INFORMAÇÕES

Todos os materiais produzidos pelos alunos durante a **SEA**, nas duas turmas, foram coletados, entretanto, segundo Bardin (2001), para se fazer a análise é necessário que, através de atividades exploratórias, se escolha o material e atividades que possuam interligação com os objetivos e hipóteses propostos ao longo do trabalho.

Assim sendo, seguindo o raciocínio do modelo da espiral de ensino, partimos do princípio: selecionaram-se as tabelas iniciais que se referem à explicitação do termo subsunçor *transformação* através da problematização dos sistemas trazidos para exemplificação e das justificativas apresentadas para reconhecê-los como transformações (Etapa 2), na qual, os alunos puderam expressar seus entendimentos e ideias gerais sobre o conceito *transformação*, de forma que não houvesse influência do professor-pesquisador na construção das tabelas individuais, apenas na orientação da discussão para a construção da Tabela coletiva. Em seguida, as produções das imagens nas cartolinas e os objetos audiovisuais, etapas 7 e 8, também foram selecionados para a análise. Desta análise surgiram categorias e subcategorias que serão detalhadas posteriormente, onde estão contidas as expressões dos alunos sobre o termo transformação.

Os materiais produzidos pelos alunos durante as atividades mencionadas da **SEA** foram selecionados para que pudessem ser extraídos os dados para a composição do corpo analítico desta Dissertação. É importante salientar que foram utilizados métodos diferentes de análise devido às informações serem de naturezas diferentes, ou seja, registro escrito, imagens estáticas, imagens em movimento, registro verbal e a união de todos. Nessa situação, é importante utilizar as metodologias de análise que melhor se adequam a cada tipo de material.

A escolha desses materiais (*vide* Tabela 3.2) se deve ao fato de eles serem mídias distintas, contendo diferentes representações sobre um mesmo fenômeno, como solicitado ao longo da **SEA**. Além disso, como já exposto nos capítulos iniciais, as diversas semioses realizadas ao longo das atividades estão permeadas de características próprias, relativas a cada material (registro escrito, desenho estático e **OA**).

Tabela 4.2. Atividades selecionadas para análise

Etapa	Objetivo da atividade	Mídia	Método analítico
2	Arrolamento dos conhecimentos de mundo dos alunos sobre o termo “TRANSFORMAÇÃO”	Registro escrito (Tabela 1)	Análise de Conteúdo
7	Construção das representações submicroscópicas em cartolinas de fenômenos	Representação imagética	Análise de Conteúdo “multimodal”
8	Construção de OA com representações submicroscópicas de fenômenos	Objeto audiovisual	Análise de Conteúdo “multimodal”

A seguir, será apresentado o caminho analítico utilizado na caracterização e qualificação dos dados incluindo-se, concomitantemente, as literaturas que serviram de base para a construção das categorias que emergiram das análises.

4.4 METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS DADOS

4.4.1 ANÁLISE DAS TABELAS

A atividade 2 da sequência (Tabela 3.1) objetiva suscitar evocações dos alunos sobre dez exemplos de transformações, de cunho livre. Além disso, eles foram solicitados a dispor tais transformações em uma tabela e a explicar o motivo de cada exemplo ser uma transformação.

Conforme a emersão das informações nas tabelas, criaram-se duas categorias de análise para os exemplos utilizados pelos alunos: a categoria **Processual** refere-se a exemplos de sistemas em que se identificam a etapa inicial e a etapa final dos processos. Esses atributos facilitam a apropriação dos termos estado inicial e estado final pelos alunos na etapa de construção da tabela coletiva transformação. A categoria **Estanque** agrupa os exemplos de objetos, conceitos, características e outros, que não são caracterizáveis como sistemas em transformação. É interessante destacar que a primeira categoria induz que o aluno consegue associar transformações a processos, portanto um

subsunção ao qual se possam agregar as características diferenciadoras que conduzam, posteriormente, à elaboração do conceito de transformação química.

A seguir, foi feita uma subcategorização para entender a quem os exemplos evocados se relacionavam. Essa subcategorização não considerou se o exemplo dado se referia ou não a um sistema dinâmico, em transformação. Seu objetivo foi o de identificar a qual assunto o aluno correlacionava o termo transformação, dando indícios sobre o segmento em que se insere seu cotidiano e sobre seu repertório de conhecimentos relacionados ao termo, como mostrado no Quadro 4.1 e na Figura 4.4.

Subcategorias	Definição
Processos tecnológicos e industriais	menção a produtos originários da indústria, a manufaturas ou a tecnologias. Exemplo: Ferro para portão.
Culinária	qualquer correlação feita a alimentos ou transformações que acontecem com materiais para fins comestíveis. Exemplo: Leite para queijo.
Processos naturais	transformações que independem da influência humana e acontecem pelos ciclos biológicos ou físicos dos animais e ou materiais. Exemplo: A água do mar para vapor.
Aspectos visuais	mudanças visuais quaisquer, sem relação com alguma mudança específica. Exemplo: alteração de cor.

Quadro 4.1. Descrição das subcategorias para as transformações mencionadas

Figura 4.4. Categorias e subcategorias para análise das tabelas de transformação

4.4.2 ANÁLISE DAS IMAGENS

A inserção da etapa 7 à **SEA** se deu justamente com o objetivo de se obter representações materializadas em imagens sobre as transformações. Portanto, para analisar as imagens, na perspectiva multimodal, Bell (2001) esclarece que o mais indicado para análises de materiais “visuais” é a análise de conteúdo. Nas suas palavras, “a análise de conteúdo é um procedimento objetivo e empírico (observacional) para quantificar representações "audiovisuais" registradas (incluindo a parte verbal) usando categorias confiáveis e explicitamente definidas.” Assim, decidiu-se proceder à análise deste material à luz da perspectiva da Semiótica Social - que entende as imagens e a linguagem visual como construções vinculadas diretamente à história social e cultural do indivíduo. A análise foi feita, especificamente, com base nos trabalhos de Kress e Van Leeuwen (2006), que, em sua vasta literatura, que propõem uma base teórica, taxonômica e descritiva de como imagens podem ser utilizadas para expressar e construir significados. As categorias⁴ propostas por esses autores derivam das discussões da Gramática Sistemico-Funcional e Gramática do Design Visual, portanto, se estruturam a partir da noção de linguagem como prática social e decorrem de três aspectos de significação que convergem ao longo das comunicações:

- 1) inferências acerca da representação de objetos e suas relações em um mundo externo ao sistema de representação, ou seja, as experiências humanas e seus contextos;
- 2) necessidade de se relacionar, indiretamente, os sujeitos envolvidos na comunicação por meio da representação, isto é, a relação pretendida entre o que é representado e o leitor;
- 3) percepção de quais elementos e características do texto foram utilizados pelo autor para expressar corretamente sua representação.

⁴ As categorias de análise de imagens foram construídas pelos autores tendo como objetivo inicial caracterizar imagens relativas à população em geral, como placas de trânsito, livros didáticos, propagandas contidas em mídias impressas como revistas, jornais, *outdoors* e propagandas televisivas, todas relacionadas ao marketing e suas problematizações. Dessa forma, diversas categorias são próprias da área das comunicações e, neste trabalho, foram adaptadas apenas as categorias em que as representações dos alunos se encaixaram.

Destes aspectos, é importante ressaltar que esses tipos de representação codificam as ideias vivenciadas pelos alunos na execução dos experimentos e na observação de suas evidências macroscópicas que antecederam o processo de representação imagética. Portanto, as representações estão impregnadas de características que foram negociadas coletivamente durante sua construção, cuja origem é bem mais complexa e anterior à essa experiência escolar particular. A seguir (Tabela 4.3), serão descritas as categorias que emergiram das imagens coletadas na etapa 7 (*vide* Tabela 4.1) exemplificadas através de dois tipos de imagem⁵: uma com significado e contexto próprios do conhecimento químico e, outra, fora desse contexto.

Tabela 4.3. Exemplos de representações narrativas

Tipo de exemplo	Imagem	Características
Não químico		<ul style="list-style-type: none"> • Presença de uma pessoa executando uma ação (surf) • Presença de membros e gestos indicando uma ação (inclinação do corpo e orientação da prancha) • Plano de fundo indicando que o dia está terminando
Químico		<ul style="list-style-type: none"> • Presença de vetores indicando continuidade de tempo (cronometragem); • Presença de entes (esferas representando átomos) que sofrem transformação ao longo do tempo • Presença de elementos indicando a medida do tempo

4.4.2.1 Representações narrativas - RN

Algumas características predominantes evidenciam a ocorrência de uma representação narrativa. Dentre elas, podem-se citar:

⁵ As imagens relacionadas à Química foram extraídas de livros didáticos ou construídas por mim, já as imagens relacionadas a outros contextos foram extraídas de um banco digital de domínio público de imagens (<http://www.public-domain-photos.com/>)

a) presença de entes (pessoas, átomos, moléculas, partículas no geral) envolvidos em algum evento ou processo;

b) presença de vetores, ícones ou gestos indicando ação e/ou reação (setas ou linhas acompanhando o ente, sinal de adição, indicação da linha do olhar, membros, orientação corporal, ou ainda, instrumentos sugerindo movimento e/ou direção);

c) inserção dos componentes em um plano de fundo que indique as características e circunstâncias do tempo e espaço nas quais o evento se desenvolve (presença de cronômetro ou relógio, indicação do momento do dia ou uso de calendários, por exemplo)

Por sua vez, as representações narrativas se subdividem em quatro tipos de processos, de acordo com a GDV: processos de ação, processos de reação, processos mentais e processos verbais. Entretanto, a maioria das características de cada subcategoria se refere a componentes humanizados, como olhares, falas e pensamentos. Portanto, levando em consideração os atributos das representações utilizadas pelos alunos, foram propostas duas subcategorias a partir da análise dos trabalhos desenvolvidos pelos alunos: representações narrativas de ação (RNA) e representações narrativas de ente qualificado (RNEQ).

4.4.2.2 Representações narrativas de ação - RNA

Os processos de ação são aqueles em que um vetor emana do ente participante da narração ou quando o próprio ente forma um vetor (Kress e van Leeuwen, 2001). Por exemplo: a evolução de uma destilação pode ser indicada por várias etapas através de setas e sinais de adição (vetores), incluindo a narrativa das alterações e disposições de vidrarias e materiais, do ponto de vista macroscópico.

4.4.2.3 Representações narrativas de ente qualificado – RNEQ

Alguns processos são narrados e possuem um diferencial. Durante a descrição da transformação, o aluno qualifica ou descreve algum atributo dos entes. Nessas representações, o fenômeno é narrado a partir das evidências macroscópicas e determinados entes são também representados na dimensão submicroscópica. Por exemplo: o processo de reação entre vinagre e bicarbonato de sódio é representado com vetores e sinais de +, enquanto cada reagente possui uma qualificação e representação de suas partículas.

4.4.2.4 Representações conceituais - RC

Enquanto as representações narrativas expressam entes durante algum acontecimento ou fenômeno, as representações conceituais focalizam determinadas qualificações e atributos próprios das identidades dos entes (*vide* Tabela 4.4). As características específicas que nos permitem identificar representações conceituais são: organização dos participantes em taxonomias, ou seja, categorias ou grupos; ênfase dos participantes em uma relação da parte com o todo; ausência de vetores (as setas podem apenas indicar a taxonomia e não representam movimento); inexistência ou menor destaque do plano de fundo, o que direciona o olhar para os entes e seus atributos, que podem estar ou não identificados com legendas escritas ou visuais.

Tabela 4.4. Exemplos de representações conceituais

Tipo de exemplo	Imagem	Características
Não químico		<ul style="list-style-type: none"> Organização de grupos separados pelas características das garrafas. Ênfase nas propriedades das garrafas em relação ao plano de fundo.
Químico		<ul style="list-style-type: none"> Presença de entes repetidos caracterizados por uma legenda. Ênfase nas representações moleculares em relação ao plano de fundo.

Por sua vez, a expressão de representações conceituais ocorre por processos *classificatórios* ou *analíticos*. Os processos classificatórios representam os entes organizados de forma a destacar suas características comuns, que os definam como categorizados em determinado grupo ou classe. A classificação pode ser representada de forma explícita ou implícita, ou seja, com ou sem presença de legendas. Como exemplo, podem-se apresentar as representações submicroscópicas de determinados materiais, em que há padrões relacionados às partículas específicas de cada átomo em uma dada molécula, como a representação das moléculas de água na Tabela 4.4.

Os processos analíticos representam componentes da imagem em relação ao todo. Esse tipo de processo enfatiza e atrai a visão do leitor da imagem para aquilo a que o autor

da imagem pretende atribuir mais importância. Na Química, é bastante comum esse tipo de processo, uma vez que sempre se objetiva correlacionar atributos submicroscópicos a características macroscópicas, utilizando-se, geralmente, uma “lupa”, como se fosse possível enxergar o comportamento e propriedades das partículas pelo emprego desse objeto:

Figura 4.5. Exemplo de representação conceitual analítica

Esse tipo de representação restringe alguns fenômenos, já que não representa um processo, dá ênfase à lupa e faz com que a imagem destaque a estrutura submicroscópica, induzindo ainda que se pense que seria possível a visualização de entes submicroscópicos através de uma lupa. Em representações de transformação de estado físico, por exemplo, as alterações ficam de lado, conseqüentemente o que se representa é a organização das partículas em diferentes estados, e não o motivo de elas possuírem diferentes organizações e níveis energéticos.

Por fim, na Figura 4.6, apresentam-se as categorias e subcategorias que emergiram da análise das representações desenhadas em cartolinas na Etapa 7 da SEA (*vide* Tabela 4.1).

Figura 4.6. Esquema de categorização das representações na cartolina

4.4.3 ANÁLISE DOS OBJETOS AUDIOVISUAIS

O vídeo (objeto audiovisual) é um modo de linguagem que pode abarcar diversos outros é um dos aspectos importantes considerado neste trabalho. Assim, ao se registrar em vídeo uma simples interação entre professor e aluno, por exemplo, tem-se uma peça audiovisual composta pela fala desses sujeitos, o áudio ambiente (se houver), seus gestos, expressões faciais, conversas paralelas entre a classe, registradas pelo microfone, elementos próprios da linguagem videográfica, iluminação e infinitas outras possibilidades de análise. Portanto, mesmo quando se pensa no **OA** como um mero registro do cotidiano ou de algum evento qualquer, há uma enorme complexidade de informações nessa mídia.

Dessa forma, o vídeo é pensado como peça constituída de diversos modos de linguagem em que os significados e sentidos expressos não residem apenas em um dos modos de linguagem, mas devem-se à somatória de todos eles, cada um contribuindo de forma única para a construção do significado. Com isso em mente, infere-se que não existirão dois vídeos idênticos, pois qualquer transformação em alguma variável da linguagem levará a uma produção nova.

Lima-Lopes (2012) propõe diversas formas de análise de produções multimodais na comunicação audiovisual e, consonante aos estudos de Baldry e Thibault (2006), discute que a interação entre a linguagem verbal, as imagens e os gestos possibilita a compreensão de qualquer mensagem, não sendo priorizado ou prevalecido um modo perante outro, mas sim, equalizando sua importância na expressão de significados.

Concordamos com os autores que não dissociam os modos de linguagem presentes no **OA**, portanto, analisamos os produtos dos alunos em sua totalidade, caracterizando-os e identificando os modelos mentais presentes de acordo com o que significam. Para isso, selecionaram-se 3 dos **OA** para análise. A seleção se baseou nos 3 objetos que possuem mais elementos semióticos potencialmente significativos (imagens, gestos, palavras e objetos).

Assim, após a transcrição⁶ do áudio, foram selecionados os trechos do **OA** relativos à expressão do fenômeno representado. Portanto, foi possível obter “imagens”

⁶ A definição de transcrição, utilizada neste trabalho, é inspirada nos estudos do poeta e tradutor Haroldo de Campos (1929-2003). Para o autor, (1992) a transcrição seria um modo de traduzir textos que

em sequência, denominados de frames, em conjunto com a fala dos alunos, como o exemplo abaixo:

Tabela 4.5. Exemplos de seleção de frames dos OA

Evento	Frame	Transcrição	Observações
1		“nosso experimento é referente à mistura da água e do álcool. O objetivo é mostrar para vocês por que não acontece o esperado, que seria a adição dos dois que, no caso de 50 mL de álcool e 50 mL de água deveria dar 100mL”	Desenho representando a mistura e gesto com as mãos representando a junção dos componentes.

Os frames possuem a imagem no momento da fala dos alunos, portanto, é possível capturar o momento exato em que eles falam e gesticulam determinada representação. Assim, a partir dos gestos que foram observados durante a reprodução dos OA, destacamos três tipos que foram importantes no processo de expressão: gestos dêiticos, ou gestos de apontamento, que são aqueles responsáveis por direcionar a atenção de quem assiste ao vídeo para determinado ente da representação. Os **gestos dêiticos** são importantes pois se unem à fala ou imagens para compor uma carga mais significativa à representação.

Os outros dois tipos se referem às representações de ideias, como movimentos, formatos e estado das partículas. Os **gestos representacionais de ação** expressam a ideia de ato ou movimento de determinado ente, como seu deslocamento no espaço ou passagem por algum processo, como mudança de estado físico.

Os **gestos representacionais de estado** expressam a disposição ou organização do estado físico ao qual se refere o ente a ser representado. Diferente da representação de ação, estes gestos demonstram como estão as partículas em relação à transformação, ou seja, demonstram se elas sua proximidade durante mudanças de estado físico ou reações químicas.

se preocupa com a reconstituição da informação estética do original, em português, não lhe sendo, portanto, pertinente o simples escopo didático de servir de auxiliar à leitura desse original. Assim, a transcrição dos OA se baseia apenas na seleção de falas pertinentes à representação, suprimindo-se vícios de linguagem, erros de concordância e expressões verbais que não se referem à representação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

“Nunca se pode saber o que se deve querer, pois só se tem uma vida e não se pode nem compará-la com as vidas anteriores nem corrigi-la nas vidas posteriores”

Millan Kundera
descrevendo a indecisão de
Tomas ao descobrir seu amor
por Teresa em *A insustentável
leveza do ser*

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a Semiótica Social, as representações e seus processos de significação sofrem influência direta do contexto social do sujeito. Portanto, inferências sobre o contexto em que esses alunos estão inseridos podem propiciar elementos que contribuam para a reflexão sobre as representações visuais dos alunos participantes deste estudo.

Neste Capítulo serão apresentados os resultados da análise das tabelas produzidas pelos alunos na etapa inicial da **SEA** desenvolvida (Tabela 5.1, p.50), buscando identificar e qualificar o contexto de vida destes alunos relacionado o termo “transformação”. Essas informações são potencialmente importantes para a caracterização do meio social em que os alunos estão inseridos.

Em seguida, apresentam-se os resultados referentes ao conteúdo dos desenhos em cartolinas e dos objetos audiovisuais, efetuando-se uma categorização de suas características representacionais gerais, à luz da **GDV**, como já exposto no capítulo de Metodologia.

5.1 ANÁLISE DAS TABELAS SOBRE TRANSFORMAÇÃO

As duas classes em que foram realizadas as atividades apresentaram características comuns quanto aos temas associados ao termo transformação. A análise das menções dos alunos e suas justificativas, presentes nas tabelas individuais construídas por eles, mostrou quais foram os exemplos dos alunos, sua quantidade e porcentagem de ocorrência em relação a todas as menções da turma. Essas menções referem-se tanto aos exemplos que remetem às transformações (sendo consideradas corretas) quanto aos exemplos que indicam apenas um estado de coisas, como sendo produtos ou participantes de alguma transformação.

A maior parte das transformações citadas indica alguma mudança que pode ser identificada pela presença das preposições “em” ou “para”. Além disso, muitas evocações apresentaram o símbolo “/” o que sugere o processo de transição.

5.1.1 TABELAS DO TERCEIRO ANO

Os exemplos extraídos das produções do terceiro ano estão apresentados nas Tabelas 5.1 a 5.3 em que é possível identificar quais evocações remetem a um exemplo de transformação (categoria processual) e quais remetem a estados, objetos ou entes (categoria estanque).

Tabela 5.1: Associações ao termo transformação da classe do terceiro ano

Processual			Estanque		
Termo	Nº de menções	% de ocorrência	Termo	Nº de menções	% de ocorrência
Água em gelo	8	7	Acetona	6	5
Água em vapor	5	4	Borboleta	5	4
Apodrecimento do feijão	4	3	Cor	7	6
Árvore para o papel	4	3	Energia	6	5
Brotamento do feijão	4	3	Fruta	3	3
Congelamento da água	6	5	Gás	4	3
Embrião em vida	4	3	Gelo	4	3
Evaporação	3	3	Removedor de esmalte	4	3
Evaporação da água	4	3	Tintura de cabelo	4	3
Lagarta em borboleta	12	10	Velhice	6	5
Leite para o queijo	4	3			
Petróleo em gasolina	6	5			
Semente em fruto	4	3			
Total parcial	68	58	Total parcial	49	42

a. em relação ao total de menções de transformações (117), consideradas as duas categorias.

Percebe-se, ao se analisar essas informações, que os alunos expressam exemplos segundo sua percepção sensorial e sua memória, fazendo correlações a partir de suas vivências e histórias. Vigotski (2007), quando estuda o desenvolvimento da criança, denomina essas representações e associações de *Pensamentos sincréticos*. Neles, podemos perceber que o educando associa o termo transformação a diversas informações embaralhadas em sua mente, por isso, evocando componentes (participantes iniciais ou produtos) de processos e não os processos em si, totalizando 42% das evocações.

Este dado, que indica um quase equilíbrio de proposições, mostra que é difícil para os alunos distinguirem uma transformação de um produto pronto, indicando, possivelmente, falhas no processo de escolarização, uma vez que estes alunos estão no último ano da Educação Básica.

Quanto à temática que os alunos se referem ao exemplificarem transformações, os dados mostram que, nos dois casos, mesmo evocando exemplos equivocados, os alunos correlacionam as transformações a processos naturais, sejam eles físicos, químicos ou biológicos, 65% para os corretos e 57% para os errados.

Tabela 5.2. Subcategorização dos termos evocados corretamente para a classe terceiro ano

Subcategoria	Termo	Evocações	
		Quantidade	% de ocorrência
Processos tecnológicos/industriais	Árvore para o papel	4	6
	Petróleo em gasolina	6	9
Culinária	Apodrecimento do feijão	4	6
	Leite para o queijo	4	6
Processos naturais	Água em gelo	8	12
	Água em vapor	5	7
	Brotamento do feijão	4	6
	Congelamento da água	6	9
	Embrião em vida	4	6
	Evaporação	3	4
	Evaporação da água	4	6
	Lagarta em borboleta	12	18
	Semente em fruto	4	6
Total		68	100

Comparando esses números com as evocações relativas aos processos industriais, percebemos que a diferença pode indicar que, mais uma vez, o processo de escolarização, responsável pela inserção de conteúdos e conceitos relativos a processos desenvolvidos na indústria, se mostra falho e os alunos fazem apenas correlações com situações vividas no seu contexto.

Nas menções incorretas, emergiu uma subcategoria diferente, *Aspectos visuais*, que se refere a exemplos que não possuíam contexto definido. A evocação apenas era dita

como “cor” e não estabelecia correlação com alguma coisa, como tingimento, reação química ou outro processo.

Tabela 5.3. Subcategorização dos termos evocados incorretamente da classe terceiro ano

Subcategoria	Termo	Evocações	
		Quantidade	% de ocorrência
Processos tecnológicos/industriais	Acetona	6	12
	Removedor de esmalte	4	8
	Tintura de cabelo	4	8
Processos naturais	Borboleta	5	10
	Energia	6	12
	Fruta	3	6
	Gás	4	8
	Gelo	4	8
	Velhice	6	12
Aspectos visuais	Cor	7	14
Total		49	100

5.1.2 TABELAS SEGUNDO ANO

Os alunos do segundo ano apresentaram exemplos mais variados e livres, como se pode concluir analisando-se a Tabela 5.4. Percebe-se, por meio desses dados, que, em sua totalidade, os alunos se utilizaram do pensamento sincrético para realizar a atividade. Isso é observado pela quantidade de termos mencionados que possuem alguma correlação com o conceito de transformação, entretanto não apresentam uma estrutura formal de significado.

Tabela 5.4. Evocações sobre o termo transformação da classe segundo ano

Transformações			Estado		
Termo	Nº de evocações	% de ocorrência	Termo	Nº de evocações	% de ocorrência
Cacau para chocolate	12	9	Ferro	6	5
Água para vapor	8	6	Cor	4	3
Areia para vidro	7	6	Madeira	4	3

Água para gelo	6	5	Suco	4	3
Madeira para papel	6	5	Água	3	2
Ovelha para lã	6	5	Borboleta	3	2
Uva para vinho	6	5	Brigadeiro	3	2
Árvore para papel	5	4	Energia	3	2
Carbono para grafite	4	3	Fruta	3	2
Leite para queijo	4	3	Gelo	3	2
Ferro para portão	3	2	Joia	3	2
Laranja para suco	3	2	Plantação	3	2
Madeira para mesa	3	2	Sorvete	3	2
Madeira para móveis	3	2	Velhice	3	2
			Vidro	3	2
Total	76	60	Total	51	40

a. em relação ao total de menções (127) consideradas as duas categorias

Uma observação importante é a de que os alunos desta classe, mesmo estando em um nível inferior em relação ao tempo de escolarização, descrevem processos industriais em maior quantidade do que a classe do terceiro ano, sugerindo que tenha havido diferenças na escolarização desses dois grupos. Isso pode ser explicado pelo fato de serem classes heterogêneas originadas da mistura de alunos de diversas origens e segmentos escolares e terem tido professores com estratégias didáticas diferentes.

Tabela 5.5. Subcategorização dos termos evocados corretamente da classe segundo ano.

Subcategoria	Termo	Evocações	
		Quantidade	% de ocorrência
Processos naturais	Água para vapor	8	11
	Água para gelo	6	8
Culinária	Cacau para chocolate	12	16
	Uva para vinho	6	8
	Leite para queijo	4	5
	Laranja para suco	3	4
Processos tecnológicos/industriais	Areia para vidro	7	9
	Madeira para papel	6	8
	Ovelha para lã	6	8
	Árvore para papel	5	7

Carbono para grafite	4	5
Ferro para portão	3	4
Madeira para mesa	3	4
Madeira para móveis	3	4
Total	76	100

Tabela 5.6. Subcategorização dos termos evocados erroneamente da classe segundo ano

Subcategoria	Termo	Evocações	
		Quantidade	% de ocorrência
Culinária	Suco	4	8
	Brigadeiro	3	6
	Fruta	3	6
	Sorvete	3	6
Processos tecnológicos/industriais	Ferro	6	12
	Madeira	4	8
	Joia	3	6
	Vidro	3	6
Processos naturais	Água	3	6
	Energia	3	6
	Gelo	3	6
	Borboleta	3	6
	Plantação	3	6
	Velhice	3	6
Aspectos visuais	Cor	4	8
Total		51	100

O pensamento sincrético na perspectiva de Vigotski, (2007), se refere à desorganização de ideias da criança, que faz com que diversos elementos sejam fundidos em um misto de imaginação e realidade. Ao compararmos as menções dos alunos a essa ideia, nos referimos à falta de organização da estrutura lógica de pensamentos e significados relacionados ao termo “transformações”.

Os alunos inferem sobre termos diversos e isso se deve à mistura de influências vivenciadas por eles, como fantasias, cultura e conhecimentos escolares, evidenciando, portanto, a necessidade de uma qualificação científica, a partir do ensino de ciências, aos significados e ideias de senso comum sobre palavras que possuam conceitos científicos.

5.2 ANÁLISE DAS IMAGENS

As 14 imagens construídas pelos alunos apresentaram características variadas. Os processos solicitados para serem representados foram:

- Formação de nuvens
- Destilação de água do mar
- Reação de vinagre com bicarbonato de sódio
- Sublimação do iodo
- Condensação de água em garrafa gelada
- Mistura água + etanol

As representações expressas são diferentes, indicando que, para cada grupo de alunos, o consenso sobre as características da representação se constituiu a partir de diferentes semioses individuais, culminando em uma coletiva, o que é sustentado pela teoria da semiótica social (HALLIDAY, 1978). Neste sentido, a discussão sobre os fenômenos, a mediação do educador, conhecimentos pré-existentes, a execução dos experimentos e atividades são, ao mesmo tempo, elementos constituintes indispensáveis para a expressão das representações mentais, neste caso, o modelo de partículas, que se tornará perceptível através da construção de modelos explicativos feita nas cartolinas.

Na maioria dos casos, as partículas foram representadas por círculos⁷ o que remete ao modelo esférico daltoniano, que é o mais comumente utilizado entre os professores e nos materiais didáticos. As características relativas aos modelos dos educandos se diferenciam por aspectos visuais, como tamanho e cor, o que pode evidenciar duas possibilidades: que os alunos atribuem aspectos macroscópicos a entes submicroscópicos ou que usam as cores para distinguir os entes do restante da representação.

Vigotski (2007) aponta que as representações mentais são produtos da percepção sensorial em que imagens são representações passíveis de expressar informações bidimensionais ou espaciais. Dessa forma, o indício de que as representações destes alunos refletem outras representações (material didático, atividades de modelização ou representações do docente) se reafirma, pois, uma vez que nenhuma partícula

⁷ As representações se limitam à utilização de figuras geométricas bidimensionais. Reconhecemos que existem artifícios para que se “tridimensionalize” a representação, mas, nesse trabalho, os alunos não os empregaram. Entendo, portanto, que a representação mental seja tridimensional mas o que fora expresso, devido às limitações do suporte semiótico, seja bidimensional, embora essa inferência não se baseie em quaisquer evidências empíricas.

submicroscópica fora vista, e nenhuma atividade de produção de modelos submicroscópicos fora executada, o que é expresso nas cartolinas advém da memória visual dos educandos.

Os modelos esféricos, entretanto, possuem características diferentes. Há casos em que o aglomerado de dois ou mais círculos se refere a uma molécula de água e há casos em que um único círculo representa a mesma molécula. Além do modelo esférico, um grupo de alunos utilizou o modelo planetário de Rutherford, sugerindo a possibilidade de que tenham sido executadas atividades de modelização em alguma etapa anterior de sua escolarização.

Nas tabelas 5.7 a 5.9, apresentadas a seguir, apresentam-se as categorias que emergiram da análise das cartolinas, exemplificando-as e um exemplo de cada uma, tabela X se refere ao tipo de representação.,

Tabela 5.7. Categorização das cartolinas construídas pelos alunos

Categoria	Nº de ocorrências	Exemplo de cartolina	Descrição
Narrativa	10		Representações em formas de processos Diferenciação do estado inicial e final das partículas Utilização de vetores para indicar o fluxo das transformações
Conceitual	4		Representação caracterizando um ente em relação ao todo Participantes estáticos e classificados por sua estrutura

As representações narrativas expressam os processos solicitados em forma de transformação. Estão presentes, nessas representações, vetores que sugerem o aspecto

dinâmico das transformações e mudanças visuais claras em relação ao início e final do processo. Nesse sentido, pode-se inferir que a dinamicidade presente na representação indica a ideia do aluno de que as transformações representadas envolvem um fluxo, com etapa inicial, etapa intermediária e estado final, conforme mostrado no exemplo da Tabela 5.7.

Já no exemplo mostrado na Tabela 5.8, referente à subcategoria *Ação* da categoria *Narrativa*, os vetores indicam mudança de tempo, as setas, a passagem de uma etapa para outra, enquanto os entes sugerem movimento indicando a ação, como a posição da garrafa ao ser vertida sobre o frasco. As fórmulas registradas na cartolina simbolizam os materiais envolvidos na transformação, mas não há indícios de caracterização dos entes, portanto, como indicado na tabela 5.8, a representação se classifica como **representação narrativa de ação**.

Tabela 5.8. Exemplo para a subcategoria Ação, da categoria Narrativa^a

Exemplo de cartolina ^b	
Subcategoria <i>Ação</i>
	<i>Descrição</i>
	<ul style="list-style-type: none">✓ Indicação de interação entre os entes (vinagre e bicarbonato de sódio e gás carbônico).✓ Evolução do processo e transformação dos entes através das setas.

-
- a. A categorização emerge da análise das representações desenhadas pelos alunos em cartazes de cartolina que foram discutidos coletivamente.
 - b. Apenas a representação de um cartaz compõe esta subcategoria

Nas demais, por expressarem uma pequena narrativa, alguns grupos de alunos optaram por qualificar e caracterizar determinados entes envolvidos na transformação. Essa qualificação se refere, em todas as situações, ao emprego de um elemento que ilustra um efeito de ampliação para mostrar a organização e atributos das partículas, não representando, porém, suas transformações durante a representação. Há apenas qualificação de seus estados em diferentes etapas da narrativa.

Pode-se dizer que, nos casos expostos acima, as representações articulam as dimensões macro e submicroscópica dos fenômenos. Os alunos conseguiram descrever as evidências macroscópicas, como formação de gás e mudança de estado físico, além de representar a transformação ocorrida com as partículas. Entretanto, essa transformação referida às partículas não considera a formação de espécies metaestáveis ou complexos ativados em reações, que seria análogo à etapa que intermedia o início e o final do processo representado.

Isso fica evidente no exemplo da Tabela 5.9, em que os alunos representaram o processo de reação entre vinagre e bicarbonato de sódio. Os vetores da imagem representam a passagem de tempo, enquanto o sinal +, representa a adição dos dois entes, portanto na representação narra-se um fato. A presença dos balões indica a dimensão submicroscópica em que se caracterizam as partículas constituintes dos materiais, portanto, representam os entes submicroscópicos, sugerindo que os alunos consigam transitar entre esses dois tipos de representação, pois indicam as transformações no nível macro e caracterizarem os componentes no nível submicro, como a cartolina mostrada na Tabela 5.9.

Tabela 5.9. Exemplo de Representação narrativa de ente qualificado^a

Ente qualificado	
	<p style="text-align: center;">Descrição</p>
	<p>Os vetores indicam a passagem do tempo e, os “balões”, as características das partículas durante a transformação.</p>
	<p>a. A categorização emerge da análise das representações desenhadas pelos alunos em cartazes de cartolina que foram discutidos coletivamente.</p>

Esta subcategoria abrange representações de 9 cartazes e representações solicitadas, 10 das 14, enquanto que as outras 4 expressam representações que caracterizam determinado atributo dos entes. A ausência de vetores e a utilização de possíveis lupas caracteriza que a intenção dos alunos é a de expor determinados aspectos dos entes, menosprezando o caráter dinâmico e processual da transformação. Assim, a categoria **Representação conceitual** envolve representações em que é possível inferir sobre o estado dos entes e suas características, como formato e distâncias, mas não as transformações, as condições para a transformação e os motivos para que a transformação tivesse ocorrido.

Em representações de mudanças de estado, por exemplo, a ênfase dada à organização das partículas, representadas no interior de lupas e efeitos zoom, suprime as condições físicas para que as partículas estejam organizadas daquela forma. Além disso, sugere uma ideia de que é possível enxergar entes submicroscópicos com lentes de

aumento, abrindo precedentes para representações equivocadas e em dissonância com os modelos científicos aceitos.

Nesses casos, ou os alunos apenas identificaram algum ente, ou diferenciaram tipos de entes na forma de classificações. As **Representações conceituais classificatórias** se referem àquelas em que os alunos identificaram os diferentes componentes para a conceituação do material. Assim, ao utilizar o artifício do zoom, os alunos classificam e significam entes diferentes na representação pelo emprego de legendas, como é o caso da cartolina 6, ou etiquetas, como é o caso da cartolina 7.

Isso sugere que o aluno consegue diferenciar os componentes envolvidos na transformação, mas não é capaz de expressar a transformação solicitada pelo desenho na cartolina.

Tabela 5.9. Subcategorização da categoria Conceitual das cartolinas construídas pelos alunos

Categoria	Nº de ocorrências	Exemplo de cartolina	Descrição
Classificatório	2		Ênfase na representação das partículas e diferenciação entre os entes pela legenda “molécula de água”
Analítico	2		Ênfase na representação submicroscópica sem elementos de ação ou processo

5.3 ANÁLISE DOS OAs

Para a análise dos objetos audiovisuais (OAs) procedeu-se à fragmentação dos modos que demonstraram potencial significativo ou expressaram, conjuntamente, representações sobre os processos em questão. Para isso, foram utilizadas as transcrições do modo verbal e os frames do OA que continham os modos gestual e imagético.

Levando em conta que as representações dos alunos expressam conceitos reconhecemos cada objeto como um texto científico, passível de discussão conceitual. Nesse sentido, aproximamos nossas ideias às de Lemke (1998) para subsidiar nossas análises:

A ciência não é feita, não é comunicada, apenas através da linguagem verbal. Não pode ser. Os "conceitos" da ciência não são conceitos verbais, embora apresentem componentes verbais. São híbridos semióticos, simultaneamente e essencialmente, tipológico-verbais e matemático-gráfico-operacional-topológicos. Os gêneros textuais de ação, conversação e escrita da ciência são gêneros multimídia históricos e atuais, fundamentalmente e irredutivelmente, gêneros multimídia. Para fazer ciência, falar sobre ciência, para ler e escrever a ciência é necessário fazer malabarismos e combinar, de forma canônica, o discurso verbal, expressões matemáticas, representações gráfico-visuais e operações motoras no mundo "natural" (inclusive humano-como-natural). (Lemke, 1998, p.4, tradução nossa)

Os materiais produzidos pelos alunos possuem todas as características citadas por Lemke. Cada modo, portanto, interage de forma construtiva na representação conforme suas características e particularidades, conforme analisado na seção XX, que se segue.

5.3.1 A *mistura água + álcool*

O primeiro OA, denominado “Mistura de água + álcool”, representa o efeito da diminuição do volume final de uma mistura entre água destilada e etanol 96°GL, em relação ao esperado pela soma dos volumes dos componentes individuais. Em linhas gerais, o experimento consiste na mistura de 50 mL de cada um dos dois materiais. Indagados sobre o possível volume final, os alunos sugerem que serão medidos 100 mL, mas, na prática, há uma redução de cerca de 20% no volume da mistura, em relação ao esperado da soma dos volumes individuais. O modelo submicroscópico sugere que, devido às forças de atração intermoleculares resultantes das ligações de hidrogênio entre as partículas dos materiais, mais intensa para o caso das interações intermoleculares com

a água (um dipolo mais intenso), a distância existente entre as moléculas diminui pois, quando se tem somente etanol, a atração interpartículas é menor, devido às moléculas do álcool apresentarem um momento de dipolo menos intenso. Este é o modelo explicativo, em nível das partículas constituintes dos materiais, para o fato do volume macroscópico medido para a mistura final ser menor do que o previsto. Em uma situação de ensino, essa observação experimental, uma evidência macroscópica, sugere para os alunos que a matéria seja descontínua em sua dimensão submicroscópica e que o modelo explicativo reside na consideração da estrutura molecular dos materiais.

A transcrição do **OA** correspondente ao que se descreveu acima está registrada no Quadro 5.1, seguida de uma discussão sobre os modos presentes nos frames selecionados da mesma representação.

<i>Objeto audiovisual 1 – Mistura de água + álcool</i>	Duração: 2min29s
<p>Aluna: Nosso experimento é referente à mistura da água e do álcool. O objetivo é mostrar para vocês o porquê de não acontecer o esperado, que seria a adição dos dois, que no caso de 50 mL de álcool e 50mL de água deveria dar 100 mL. Agora, a junção dos dois. No caso, vou colocar 50 mL de água, que seria esse [ela aponta para uma das provetas], e 50mL de álcool, que seria esse [aponta para outra proveta e vete o conteúdo para a proveta de água]. Como vocês podem perceber, tinha 50 mL aqui e 50 mL aqui [apontando para as duas provetas]. Só que não deu 100mL.</p> <p>Aluno: Bom, agora vou explicar para vocês porque os 50 mL de água junto com os 50 mL de álcool, juntos, a mistura não deu 100 mL. Isso aconteceu porque as partículas vazias da água, que é uma substância mais simples, as partículas dela que estão vazias, se agruparam às partículas do álcool. Consequentemente, isso fez com que o volume da água e do álcool juntos, diminuísse, por isso o resultado final foi 96mL [apontando para o valor registrado na lousa]. Então, aqui tem a representação das partículas. Aqui é uma representação bem mística do que acontece com as partículas da água e do álcool. Aqui dá para ver a partícula do álcool, encaixando dentro da partícula da água. Depois, se vê todo o processo até que eles fiquem encaixados, agrupados, todos juntos. Depois que isso ocorre, a gente vai ter consequentemente um volume um pouco menor do que esperado, o que era para ter. Então, depois que isso acontece o volume abaixa e o resultado final é 96mL.</p>	

Quadro 5.1. Transcrição do áudio do OA 1

O **OA** possibilitou a adição de dinamicidade à representação em relação àquela mostrada no cartaz de cartolina. A dinamicidade pode ser inferida a partir do **gesto representacional de ação** no Evento 1, descrito na Tabela 5.11. As mãos da aluna, ao serem curvadas em alusão a se fazer uma mistura, gesticulam no exato momento em que

ela diz a palavra *mistura*. A imagem desenhada na lousa não faz qualquer menção e não possui elementos que sejam capazes de se inferir sobre a ação de misturar (vetores, sinal de mais ou ente sugerindo movimento). Entretanto, isso é expresso pelo texto oral em associação com o gesto da aluna. Este seria um exemplo da possibilidade de se transmitir maior conteúdo de informação através deste recurso (OA) do que através de representações estáticas.

Em sequência, ao efetuar o experimento para demonstração do fenômeno de diminuição do volume em relação ao esperado, a aluna apresenta os materiais, Evento 2; Tabela 5.11, e utiliza **gestos dêiticos** para diferenciá-los. Observa-se, no OA, que existem duas provetas com líquidos transparentes, o que, à princípio, sugere que sejam o mesmo líquido. O ato de apontar para os materiais ao falar os seus nomes, indica que o gesto objetiva classificar e distinguir os materiais para o espectador.

Assim que descreve os materiais, a aluna verte o conteúdo de uma proveta em outra (Evento 3; Tabela 5.11). O ato de executar o experimento para explicá-lo reforça a descrição das evidências macroscópicas expressa na parte introdutória do OA, então, ao apresentar o fenômeno, a aluna expõe sua indagação, mesmo não sendo verbalizada palavra alguma durante a ação.

Tabela 5.11. Caracterização do objeto audiovisual 1 – parte 1

Evento	Frame	Transcrição do trecho	Observações
1		“nosso experimento é referente à mistura da água e do álcool. o objetivo é mostrar pra vocês o porquê não acontece o esperado, que seria a adição dos dois, que no caso 50mL de álcool e 50mL de água deveria dar 100mL”	Desenho representando a mistura e gesto com as mãos representando a junção dos componentes.
2		“agora a junção dos dois, no caso vou colocar 50mL de água que seria esse (ela aponta para o frasco) e 50mL de álcool que seria este (aponta outro frasco).”	Representação conceitual classificatória

3

Ausência de fala

O ato de verter o conteúdo de uma proveta na outra representa o processo de mistura

Os eventos 4 a 6 desse mesmo **OA** estão apresentados nas Tabelas 5.12 a 5.14, a seguir. Nestes eventos, os alunos utilizam gestos dêiticos ao apontar para dois entes diferentes na representação que possuem o mesmo significado, o primeiro (mostrado na Tabela 5.12) é a graduação da proveta indicando o volume final da mistura, ou seja, a evidência macroscópica que origina a indagação acerca do motivo de se obter um volume diferente do esperado. O segundo ente se refere ao valor do volume registrado na lousa para esquematizar o processo de mistura (evento 5; Tabela 5.13). O objetivo desse registro é o de informar a sequência narrativa do processo, entretanto, não são representados vetores para indicar ou dar destaque para a mistura, diminuição do volume e valor da medida final. Isso é feito de forma oral, tomando o desenho como pano de fundo da narração.

Tabela 5.12. Caracterização do objeto audiovisual 1 – evento 4

Frame

 ✓ **Transcrição do trecho**

“No caso, como vocês podem perceber, tinha 50 mL aqui e 50 mL aqui, mas, no caso, não deu 100 mL.”

✓ Observações

Ela aponta para a graduação da proveta indicando que não foram obtidos os 100 mL esperados.

Considerando a fala da pessoa no evento 5 do OA1 (*vide* Tabela 5.13), é importante ressaltar que os alunos que o desenvolveram estavam cursando o segundo semestre do segundo ano do Ensino Médio, isto é, estavam quase por finalizar sua escolarização básica. Nesta fala, foram sublinhados alguns trechos que sugerem a importância de se favorecer a expressão das representações dos alunos, ao longo de todo seu percurso de aprendizagem (o que aparenta não ter acontecido, no caso desses estudantes). Percebe-se, pelo conjunto dos trechos sublinhados, que a aluna não internalizou adequadamente a ideia de descontinuidade da matéria, isso é, que toda a matéria é descontínua porque seria formada de partículas e espaços. Devido à não significação da terminologia, ela emprega os termos partículas e vazio de forma equivocada, porque no modelo de que ela se utilizava, os espaços estão entre as partículas em constante movimento, não existindo partículas vazias ou a possível agregação de partículas até que praticamente não mais exista espaço entre elas.

Tabela 5.13. Caracterização do objeto audiovisual 1 – evento 5

Frame

✓ Transcrição do trecho
<p>“Bom, agora vou explicar para vocês porque os 50 mL de água junto com os 50 mL de álcool, juntos, não deram 100 mL. Isso aconteceu porque as partículas da água, que é uma substância mais simples, as partículas dela, <u>que estão vazias</u>, se <u>agruparam</u> às partículas do álcool.”</p>

✓ Observações

O esquema desenhado na lousa não possui vetores e o autor explica o processo de diminuição do volume final esperado

Tabela 5.14. Caracterização do objeto audiovisual 1 – evento 6

Frame

✓ Transcrição do trecho

“(...) isso fez com que o volume da água e do álcool juntos, diminuísse, por isso o resultado final foi 96 mL.”

✓ Observações

Ênfase no valor do volume encontrado no final do experimento, utilizando um gesto de apontamento.

No que se refere ao Evento 6 do **OA1**, mostrado na Tabela 5.13, existe, no nosso entendimento, uma interdependência entre os modos, o que facilita a significação da ação de mistura dos materiais apenas quando o modo verbal e a imagem da lousa são expressos conjuntamente, diferentemente do que entendem Piccinini e Martins (2004) que, ao analisarem diversos modos comunicacionais em uma aula de Ciências, tenham destacado que os modos gestual e imagético estão subordinados à linguagem verbal, portanto nossos resultados sugerem que os modos se mesclam e complementam.

Caso atividades como a proposta nesta **SEA** tivessem sido implementadas mais precocemente e de forma contínua durante a escolarização desses alunos, a expressão do modelo mental, pela aluna, já teria conduzido a discussões coletivas com seus colegas e o professor que, provavelmente, conduziriam à reformulação de seu modelo devido à negociação de significados no grupo.

Por fim, os alunos utilizam chamar a representação da cartolina, Tabela 5.15, para complementar a discussão do fenômeno. É interessante salientar que a cartolina apresenta vetores que representam o movimento de uma partícula eclipsando outra. Quando o aluno explica a representação, ele diz que as partículas se encaixam. Portanto, o objeto audiovisual, nesse caso, atribuiu outro significado para o movimento dos entes, corroborando a expressão dos aspectos dinâmicos do conjunto de partículas, mesmo utilizando um modelo explicativo alternativo ao aceito cientificamente.

Os híbridos semióticos (imagem, voz e gestos), conforme destaca Lemke (2000), evidenciam uma significação que sobrepuja a explicação oral e as imagens isoladas. A observação da representação visual da cartolina, reutilizada na produção audiovisual, evidencia essa sinergia. A mudança de significados entre a imagem e o OA – eclipse *versus* encaixe – reforça os pressupostos da **GDV**, de que a mídia audiovisual suporta mais conteúdo informacional do que a mídia escrita ou apenas visual (Van Leeuwen, 2005; Santos, 2013), pois fornece mais elementos para a expressão.

Tabela 5.15. Caracterização do objeto audiovisual 1 – parte 4

Evento	Frame	Transcrição do trecho	Observações
7		“Então, aqui tem a representação das partículas. Aqui é uma representação bem mística do que acontece com as partículas da água e do álcool. Aqui dá pra ver a partícula do álcool encaixando na partícula da água. Depois, se vê todo o processo até que eles fiquem encaixados, agrupados, todos juntos. Depois que isso ocorre, a gente vai ter consequentemente um volume um pouco menor do que o esperado, o que ‘era’ para ter. Então,	Começo do turno da explicação a nível das partículas, utilizam a mesma imagem das cartolinas e narra o processo complementando a imagem. A representação da imagem sugere que as partículas se “eclipsam”, mas o conteúdo verbal é de que uma se encaixa na outra.

depois que isso acontece,
o volume abaixa e o
resultado final é 96mL.

A performance gestual dos alunos, ao utilizarem gestos dêiticos para classificar os materiais e gestos representativos relacionados ao processo de mistura, denotam uma ênfase no que se destaca para os alunos em sua representação.

Outro ponto que merece destaque é a construção da representação para as partículas. Excluindo-se a questão da validade científica, ao selecionarem signos específicos (círculos, setas e fórmulas químicas) negociados coletivamente entre eles, a representação foi suficiente para expressar a sua proposição teórica para a evidência macroscópica observada.

5.3.2 A formação da nuvem

O segundo objeto, denominado Formação da nuvem, transcrito no quadro 5.2, expressa a representação dos alunos sobre o processo de evaporação da água de rios ou mares. A explicação dos alunos consiste na explanação sobre a organização das moléculas de água no estado líquido e os motivos para que essa organização seja afetada de tal forma a transformar o material líquido em vapor, culminando na formação de nuvens. Diferente do OA anterior, este possui um ente externo que influencia diretamente na transformação: o calor proveniente da energia solar.

Diferindo do caso anteriormente analisado, nesse objeto os alunos reproduziram o conteúdo da cartolina na lousa, e explicaram o processo enfatizando os elementos dinâmicos, sem efetuarem algum experimento:

Quadro 5.2. Transcrição do áudio do OA 2

<i>Objeto audiovisual 2 – Formação de nuvens</i>	Duração: 1min22s
<p>Olá! Nosso grupo vai falar para vocês como acontece a formação da nuvem. Aqui está representado o sol, o mar ou rio e, aqui, a nuvem ou vapor [apontando para os desenhos na lousa]. O sol vai liberar um certo calor sobre o rio, que vai sugar esse calor, como se fosse assim... A moléculas da água do rio estão condensadas. Durante o dia, esse calor vai ficar sob o rio, e vai demorar um pouco, mas as moléculas vão se evaporar. Aí, a substância se evaporando, vai virar o vapor que, quando chegar nas nuvens, vai ficar menos condensadas, essas moléculas. Elas vão ficar</p>	

mais separadas. Então na água é que as moléculas estão juntinhas, condensadas e tal. Quando no vapor elas vão se descondensando, vão ficando separadas. Aqui [aponta desenho da nuvem], elas chegam a se juntar novamente, mas não tão juntas como no rio, porque aqui elas continuam sendo vapor, mas quando cair, vai cair em forma de água, novamente. E, assim, a nuvem se forma, com as moléculas do rio que foram evaporadas e passaram para nuvem.

A aluna inicia o vídeo (Evento 1, tabela 5.14) se apresentando e logo indica os entes da representação com gestos dêiticos. Nesse caso, fica nítido que a aluna utiliza os gestos para classificar os componentes da imagem e destacar sua importância. A ausência de um pano de fundo ou de outros entes na imagem, como outras nuvens, pássaros, peixes ou qualquer elemento que poderia ter sido utilizado para compor esteticamente a imagem, sugere que os alunos, propositadamente, representaram apenas os entes envolvidos na representação, não se preocupando em utilizar elementos figurativos.

Tabela 5.14. Caracterização do objeto audiovisual 2 – parte 1

Evento	Frame	Transcrição	Observações
1		“Olá, nosso grupo vai falar para vocês como acontece a formação da nuvem. Aqui está representado o sol, aqui o mar ou rio e aqui a nuvem ou vapor”	A aluna utiliza gestos dêiticos com o intuito de conceituar e distinguir os entes da representação

Ao se referir ao processo de evaporação (Evento 2, tabela 5.15), a aluna faz um gesto de abrir e afastar as mãos no momento em que diz “evaporar”. Esse gesto representacional de ação reforça o ente expresso na imagem, que se refere ao vapor de água em trânsito na atmosfera, representado pelos traços curvilíneos desenhados na lousa. Seguindo o mesmo gesto, a aluna representa a configuração das partículas se referindo à palavra “condensada” com o sentido de proximidade. Assim, faz um gesto

representacional de estado ao se referir à organização molecular da água nos dois estados físicos, indicando suas possíveis distâncias (Evento 3, tabela 5.15). Nesse caso, é possível perceber que um mesmo gesto representou duas coisas distintas, o processo de evaporação e a estrutura molecular. E isso só pôde ser percebido pela conjunção dos modos verbal e gestual.

Tabela 5.15. Caracterização do objeto audiovisual 2 – parte 3

Evento	Frame	Transcrição	Observações
2		“Durante o dia, esse calor vai ficar sob o rio e vai demorar um pouco, mas as moléculas vão se evaporar”	A aluna muda a velocidade do gesto quando afirma que a água vai evaporar, dando ênfase à expressão da transformação
3		“quando chegar nas nuvens, ela [água] vai ficar menos condensada do que ela era. Ela não vai ficar mais separada”	Utilização de gestos para representar a distância das moléculas

Nos eventos 4 e 5 da tabela 5.16, a aluna utiliza o giz para desenhar a representação molecular. Nesses casos, ela utilizou o artifício do desenho para se referir aos estados da água, líquido e vapor. Nenhuma menção imagética à transformação foi feita, o formato dos traços representantes do vapor apenas sugere o seu movimento até a nuvem.

Tabela 5.16. Caracterização do objeto audiovisual 2 – parte 4

Evento	Frame	Transcrição	Observações
4		“Então na água é que as moléculas estão juntinhas, condensadas e tal”	Registro da organização das moléculas durante a fala
5		“quando no vapor elas vão se descondensando, vão ficando separadas”	Ela aponta para a graduação da proveta indicando que não foi obtido os 100mL esperados.

No geral, este **OA** apresenta um elemento novo em relação ao outro: o desenho das representações das partículas com o giz. O surgimento de entes novos enquanto a representação é expressa sugere um diferencial que poderia ter sido explorado ao longo da expressão. O pano de fundo “vazio” da imagem, juntamente com a possibilidade de desenhar da lousa, possibilita que, no decorrer da narração, sejam feitas alterações no desenho inicial e que, ao longo de expressão, o processo seja articulado com o modo verbal.

5.3.3 Sublimação do iodo

O **OA3** aborda o processo de sublimação da substância iodo. Essa substância é um sólido à temperatura e pressão ambientes, de cor escura e brilho metálico. Ao ser aquecido, sofre sublimação - mudança do estado sólido direto para o gasoso. Uma característica peculiar é que, ao se transformar em gás, sua coloração roxa é evidenciada

(porque a concentração de moléculas por unidade de volume diminui; diminuindo o número de partículas, a absorbância - absorção de um dos comprimentos de onda da luz visível - é menor, como mostrado pela lei de Lambert-Beer)⁸ o que pode levar a interpretações relativas à formação de uma nova substância. Entretanto, ao se resfriar na superfície de alguma vidraria, volta a se solidificar, formando um material de aspecto semelhante ao que se tinha no início, sugerindo que tenha acontecido uma mudança de estado físico (que poderia ser confirmada caso se buscassem formas de caracterizar o material através de suas propriedades físicas).

Este objeto possui uma particularidade, os alunos utilizaram objetos físicos para representar as partículas do material ao invés de desenhar o processo. Neste caso, como pode ser visto na tabela 4.17, papéis picados serviram de representantes para as partículas do material e ao mencionar o processo de aquecimento, os alunos utilizam um ente com características visuais de uma chama para representar o aquecimento.

Quadro 5.3. Transcrição do áudio do OA3

Objeto audiovisual 3 – Sublimação do iodo	Duração: 54s
<p>E, para a apresentação do iodo, estamos usando papéis. Então, vim explicar sobre a sublimação do iodo, como ela acontece. Então, na sublimação do iodo, os átomos ficam todos juntos antes dele entrar na ebulição, antes do contato com o fogo. Assim que ele entra em contato com o fogo, os átomos dele começam a se espalhar, todos agitados. E depois, quando ele está todo separado, é onde acontece a ebulição deles. Aí sim ele derrete e fica naquela cor roxa, ele passa do cinza para o roxo. E se você deixar ele secar assim, ele pode até ir do líquido até gasoso, evaporando coisas no ambiente e ficando apenas alguns resíduos cinzas.</p>	

No primeiro evento, é possível logo perceber que os alunos utilizam entes físicos para representar as moléculas de iodo. Isso é percebido pelo fato de os alunos dizerem essa informação (Quadro 5.3) e focalizarem a gravação nos papéis picados. Para explicar o motivo da organização das partículas na representação, a aluna justifica que o fato de elas estarem mais próximas é a ausência de calor. A proximidade das partículas é constatada pela aglomeração de papéis picados, uns se sobrepondo aos outros.

⁸ $A = \epsilon bc$, onde ϵ corresponde ao coeficiente de absorvidade molar, uma característica da substância, b é o caminho óptico (em cm) e c é a concentração molar da substância em um solvente adequado.

Tabela 5.17. Caracterização do objeto audiovisual 3 – parte 1

Evento	Frame	Transcrição	Observações
1		<p>“E, para a apresentação do iodo, estamos usando papéis. Então, vim explicar sobre a sublimação do iodo, como ela acontece. Então, na sublimação do iodo, <u>os átomos ficam todos juntos antes dele entrar na ebulição, antes do contato com o fogo.</u>”</p>	A utilização de um ente físico representando as partículas do material

O segundo evento é marcado pela inserção de um ente representando o calor na forma de uma chama. É importante salientar que, neste momento, os alunos utilizam a mesma dimensão representativa para dois entes que não pertencem à mesma dimensão. O fogo, correspondente à dimensão macro e as partículas, que residem na dimensão submicro.

Tabela 5.18. Caracterização do objeto audiovisual 3 – parte 2

Evento	Frame	Transcrição	Observações
2		<p>“Assim que ele entra em contato com o fogo [...]</p>	Representação do aquecimento a partir de um ente com características visuais de uma chama.

Os eventos 3 e 4 da tabela 5.18 representam a transformação e as alterações na estrutura da matéria durante o aquecimento da substância. Os alunos alteram a organização dos papéis picados e isso é bastante significativo, pois só acontece esse

rearranjo após a chegada do ente representante do calor. Quando a desorganização atinge seu ápice, a aluna diz que o material entrou em ebulição, se equivocando no conceito da transformação ocorrida, que seria a sublimação. A permanência do ente calor na representação pode indicar que os alunos sugerem que o material final possua mais energia do que o material inicial, portanto ele continuou na representação.

Tabela 5.18. Caracterização do objeto audiovisual 3 – parte 3

Evento	Frame	Transcrição	Observações
3		“Aí os átomos dele começam a se espalhar, todos agitados”	Espalhamento dos papéis picados indicando desorganização da estrutura da matéria.
4		“E depois, quando ele está todo separado, é onde acontece a <u>ebulição</u> deles.”	Organização diferente da inicial, entretanto o “fogo” se mantém no sistema.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

A abordagem multimodal em aulas de Química, como desenvolvida e analisada nesta Dissertação, é um valioso dispositivo no processo de construção de representações e expressão do conhecimento científico. Um vislumbre, talvez, de uma característica própria da educação do futuro, que já se vale de tantas ferramentas tecnológicas audiovisuais e modos de comunicação.

Em particular, o conhecimento químico requer que a articulação e interpretação de diversos componentes permeie todas as atividades relacionadas a essa ciência. A integração dos diversos modos de comunicação não se restringe às atividades do professor. Ao se expressarem de diversos modos, os alunos conseguem atribuir elementos diferentes às suas representações.

Ao construírem as tabelas, os alunos deram exemplos, no seu entendimento, de possíveis transformações e as justificaram. É notável que, mesmo estando nos dois últimos anos do Ensino Básico, grande parcela dos alunos não consiga diferenciar processos de transformação de materiais dos objetos participantes dessas transformações. O percentual relativamente baixo (40%) de alunos capazes de estabelecer essa diferença denota que existem falhas no processo de escolarização ao se estruturar conhecimentos primordiais para o ensino de Química.

As tabelas serviram de registro escrito para que pudéssemos examinar se os alunos conseguem identificar transformações e como isso influencia em expressão de transformações específicas na mídia visual (cartolinas) e audiovisual (objetos audiovisuais).

Com elas, foi possível perceber que muitos dos alunos dessa amostra associam o termo transformação a processos relacionados à tecnologia e natureza. Mesmo que em proporções diferentes, essa associação sugere que o processo de escolarização está presente, de alguma forma, no contexto representativo dos alunos, que destacam elementos próprios ao ensino de química.

As cartolinas, por apresentarem caráter estático, conduziram à inserção de recursos próprios das Representações Narrativas nas representações, para que se pudesse atribuir o caráter de dinamicidade à representação. A utilização de vetores e sinais gráficos relativos ao movimento ou a uma ação, expressa que é possível se explorar representações que expressam transformações físicas e/ou químicas. Além disso, devido

ao caráter conceitual das representações, é notável que a articulação entre as dimensões do conhecimento químico tenha sido viável em representações imagéticas.

Nesse sentido, seria interessante que, em algum momento didático do ensino de Química, os professores pudessem planejar construções de representações como ferramenta de ensino. As noções viso-espaciais, as características dos modelos científicos aceitas para partículas e os processos macroscópicos, tal qual sua interpretação, são passíveis de expressão através de mídias visuais e possuem robusta carga de significados.

As mídias audiovisuais, por sua vez, têm amplo potencial e flexibilidade para a orquestração de signos e elementos significativos que representem as ideias que os alunos quiseram expressar. Essas características abriram grandes possibilidades para que os alunos dinamizassem os processos. A articulação entre voz/imagem/gesto resultou em uma representação multimodal que conseguiu expressar o que algumas imagens estáticas não conseguiram. Isso foi evidenciado pela utilização de objetos físicos e o registro na lousa concomitante às falas, demonstrando-se como forte dispositivo representacional. Ao facilitarem a expressão das representações mentais dos alunos, os OA podem ter grande importância para a ressignificação de múltiplos aspectos associados a elas e para incentivar a discussão coletiva das ideias, contribuindo para a melhoria da aprendizagem nesse campo do conhecimento.

Enfim, como finalização deste trabalho, destacamos a vasta compreensão acerca das particularidades e características das representações em modos comunicacionais diferentes. Pode-se, portanto, vislumbrar uma ampliação nos estudos da área em que se pense no protagonismo dos educandos enquanto produtores de mídias de divulgação científica, como sujeitos inseridos e participantes da sociedade do conhecimento. Produtores estes que possuam conhecimento suficiente sobre o conteúdo e competência suficiente na articulação das múltiplas representações do conhecimento científico, em particular, o conhecimento químico, para, pela proposição de linguagens próprias busquem sempre a contestação e a problematização da sua realidade sob as lentes da Química.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIZAWA, A. **A percepção gestual de licenciandos e a representação estrutural química na perspectiva da multimodalidade**. Dissertação (Mestrado) – Programa Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016
- ARAÚJO NETO, W. N. **Formas de uso da noção de representação estrutural no ensino superior de química**. São Paulo: Tese de doutorado – USP, 2009.
- ARROIO, A.; GIORDAN, M. O vídeo educativo: aspectos da organização do ensino. *Química Nova na Escola*. n° 24, p. 7-10, 2006.
- BALDRY, A. P.; THIBAUT, P. J. **Multimodal Transcription and Text Analysis**. London: Equinox, 2006
- BELL, P. Content analysis of visual images. In T. van Leeuwen & C. Jewitt (Eds.), **Handbook of visual analysis** London: Sage, 2001.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.
- CAMPOS, H. Da tradução como criação e como crítica. In: _____. **Metalinguagem e outras metas**. São Paulo: Perspectiva, 1992, p. 31-48.
- CHANDRASEGARAM, A. L.; TREAGUST, D.; MOCERINO, M. The development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 8, n. 3, p. 293-307, 2007.
- CHITTLEBOROUGH, G.; TREAGUST, D. The modelling ability of non-major chemistry students and their understanding of the sub-microscopic level. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 8, n. 3, p. 274-292, 2007.
- COOK, M. P. Visual representations in science education: the influence of prior knowledge and cognitive load theory on instructional design principles. *Science Education*, v. 90, n. 6, p. 1073-1091, 2006.
- DICKS, B. Multimodal ethnography. *Qualitative Research*, v. 6, n. 1, p. 77-96, 1 fev. 2006.
- DURKHEIM, É. **Sociologia e filosofia**. Rio de Janeiro: Forense, 1970
- FANARO, M. A., OTERO, M. R., GRECA, I. M. Las imágenes en los materiales educativos: las ideas de los profesores. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 4, n° 2, 2005.
- FERREIRA, P.; JUSTI, R. Modelagem e o “Fazer ciência”. *Química Nova na Escola*, 28, p. 32-36, 2008.

FERREIRA, C. ARROIO, A. REZENDE, D. B. Uso de Modelagem Molecular no Estudo dos Conceitos de Nucleofilicidade e Basicidade, *Química Nova*, v. 34, nº. 9, 1661-1665, 2011

GARCIA, J. J. G.; PALACIOS, F. J. P. Como usan los profesores de Química las representaciones semióticas? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 5, n. 2, 2006.

GIBIN, G. B. **Investigação Sobre a Construção de Modelos Mentais Para o Conceito de Soluções Por Meio de Animações**. 2009. 279 f. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

GIBIN, G.; FERREIRA, L. H.; A formação inicial em Química baseada em conceitos representados por meio de modelos mentais, *Química Nova*, v.33, nº 8, 1809-1814, 2010

GIBIN, G. B.; FERREIRA, L. H. Avaliação dos Estudantes sobre o Uso de Imagens como Recurso Auxiliar no Ensino de Conceitos Químicos. *Química Nova Escola*, v. 35, nº 1, p.19-26, 2013.

GOIS, J., GIORDAN, M. Semiótica na Química: a teoria dos signos de Peirce para compreender a representação. *Química Nova na Escola*, n. 7, 2007.

HALLIDAY, M. A. K. **Explorations in the Functions of Language**. London: Arnold, 1973.

HALLIDAY, M. A. K. **Language as social semiotic**. London: Arnold, 1978.

JABER, L. Z.; BOUJAOUDE, S. A macro-micro-symbolic teaching to promote relational understanding of chemical reactions. *International Journal of Science Education*, 34(7), p. 973-998, 2011.

JACOB, C. Interdependent operations in chemical language and practice. *HYLE-International Journal for Philosophy of Chemistry*, 7(1), 31-502, 2001.

JANSOON, N.; et al. Understanding mental models of dilution in Thai students. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4(2), p. 147-168, 2009.

JEWITT, C. et al. Exploring learning through visual, actional and linguistic communication: The multimodal environment of a science classroom. *Educational Review*, v. 53, n. 1, p. 5-18, 2001.

JOHNSTONE, A. H. Macro and micro-chemistry. *The School Science Review*, v.?, n.?, p. 377- 379, 1982.

JOHNSTONE, A. H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, v. 7, n. 2, p. 75-83, 1991.

JOHNSTONE, A. H. Chemical education research: where from here? *University Chemistry Education*, v. 4, n. 1, p. 34-38, 2000.

JUSTI R. (2006). La enseñanza de la ciencia basada en la elaboración de modelos, *Enseñanza de las ciencias*, 24, 173-184

JUSTI, R. e GILBERT, J.K. Modelling, teachers' view on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24, 369-387, 2002

KLEIN, T. A. S.; LABURÚ, C. E. Imagem e Ensino de Ciências: análise de representações visuais sobre DNA e biotecnologia segundo a retórica da conotação. Disponível em: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/1639.pdf>>. Acesso em: 06 jan. 2015.

KOZMA, R. B.; RUSSELL, J. Multimedia and Understanding: Expert and Novice Responses to Different Representations of Chemical Phenomena. *Journal Of Research In Science Teaching*. Malden Ma, p. 949-968. 27 jun. 1997.

KOZMA, et al. The roles of representations and tools in the chemistry laboratory and their implications for chemistry instruction. *Journal of the Learning Sciences*, n. 9, n. 2, p. 105-143, 2000

KRAPAS, S. , QUEIROZ, G. COLINVAUX D., FRANCO, C. Modelos: Uma Análise de Sentidos na Literatura de Pesquisa em Ensino de Ciências ,1997 Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol2/n3/krapas.htm> Acesso em: 02 junho. 2015.

KRESS, G. **Literacy in the New Media Age**. Londres: Routledge, 2003.

KRESS, G. **Multimodality: a social semiotic approach to contemporary communication**. London: Routledge, 2010.

KRESS, G.; JEWITT, C.; OGBORN, J.; TSATSARELIS, C. **Multimodal teaching and learning: the rhetorics of the science classroom**. London: Continuum, 2001.

KRESS, G.; VAN LEEUWEN, T. **Multimodal Discourse: The modes and media of contemporary communication**. London: Hodder Arnold Publication, 2001.

KRESS, G.; VAN LEEUWEN, T., **Reading images: the grammar of visual design**. Londres: Routledge, 2006

LABARCA, M. Acerca del triangulo de Johnstone: algunos comentarios filosóficos. *Caderno de resumos da 1ª Conferência Latino-americana do International History, Philosophy and Science Teaching Group*, 2010.

LABURÚ, C. E.; DA SILVA, O. H. M. M Multimodos e múltiplas representações: fundamentos e perspectivas semióticas para a aprendizagem de conceitos científicos. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 16, n. 1, p. 7-33, 2011.

LABURÚ, C. E.; ZOMPERO, A. F.; BARROS, M. A. Vygotsky e múltiplas representações: leituras convergentes para o ensino de ciências. *Cadernos Brasileiros de Ensino de Física*, v. 30, n. 1, p.7-24, 16 abr. 2013. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

LEMKE, J. L. **Aprender a hablar ciencia**. Buenos Aires: Paidós, 1997.

LEMKE, J. Multimedia Demands of the Scientific Curriculum. *Linguistics and Education*, v.10, nº.3, p.1-25, 2000

LIMA-LOPES, R. E. **Sociossemiótica da Produção Audiovisual: Uma Proposta Metodológica para Análise Multimodal da Comunicação em Vídeo**. Doutorado em Linguística Aplicada. IEL - Instituto de Estudos da Linguagem (Universidade Estadual de Campinas)

LOMBARDI, G.; CABALERO, C. El discurso multimodal de la química y el aprendizaje significativo de proposiciones (Multimodal discourse of chemistry and meaningful learning of propositions). *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 17, n. 3, p. 721–734, 2012.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M, E. D. A., **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 11ª reimpressão. São Paulo: EPU, 2008.

MÁRQUEZ, C.; IZQUIERDO, M.; ESPINET, M. Comunicación Multimodal en la Clase de Ciencias: el Ciclo del Agua. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 21, n. 3, p.371-386, 2003.

MÁRQUEZ, C.; IZQUIERDO, M.; ESPINET, M. Multimodal Science Teachers' Discourse in Modeling the Water Cycle. *Science Education*, v. 90, n. 2, p.202-226, 2006.

MARTINS, I.; et al. Aprendendo com imagens. *Ciência e Cultura*, nº. 4, p. 38-40, 2005

MARTINS, I.; OGBORN, J.; KRESS, G. Explicando uma Explicação. *ENSAIO Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 01, n. 1, p. 1-14, 1999.

MAZON, A. B. **Aprendizagem de Química: Parâmetros de significação e de investigação no Ensino de 2º grau - Um estudo do Material Instrucional do PROQUIM**. 1989. 279 f. Dissertação de Mestrado (Faculdade de Educação) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1989.

MOSCOVICI, S. **A Representação Social da Psicanálise**. 1. ed. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1978.

NASCIMENTO, R. G.; BEZERRA, F. A. S.; HEBERLE, V. M. Multiletramentos: iniciação à análise de imagens. *Linguagem & Ensino*, Pelotas, v.14, n.2, p.529-552, 2011

PEREIRA, R. R. et al Construção de gestos recorrentes em sala de aula. In: *Encontro Nacional de Ensino de Química (XVI ENEQ) e Encontro de Educação Química da Bahia (X EDUQUI)*, 2012, Salvador, Anais... Salvador: ED/SBQ. p.1-11, 2012

PIAGET, J. **Aprendizagem e Conhecimento**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1979

PICCININI, C e MARTINS, I. Comunicação multimodal na sala de aula de ciências: construindo sentidos com palavras e gestos. *Ensaio: pesquisa em ensino de ciências*, Belo Horizonte, v.6, n.01, p.1-14, 2004.

- SANTAELLA, L. **Cultura das Mídias**, 3a. ed. São Paulo: Experimento, 2000
- SCALCO, K.C. **Estudo das representações sobre ligações químicas nos livros didáticos e suas contribuições para o processo de aprendizagem**. Alfenas, 2014. 180p. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Alfenas, 2014
- SILVA, J. C., MOTA, J. M. V., WARTHA, E. J. Inscrições químicas em livros didáticos de química: uma análise semiótica das representações sobre fases da matéria. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*. v. 2, n.1, p.69-80, 2011.
- SILVA-NETO, A.B. **Multimodalidade e produção de significados sobre representação estrutural química: aportes metodológicos para a análise gestual na sala de aula**. Dissertação (Mestrado) – Programa Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016
- SOUZA, D. D. D. **Multimodalidade na construção do conhecimento em sala de aula de química: caracterizando a evolução na aprendizagem**. 2013. 256p. Tese (doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- SOUZA, D. D. D.; SANTOS, V. C.; ARROIO, A. Alfabetização científica multimodal na resolução de problemas por estudantes do ensino médio regular. XVI ENEQ/X EDUQUI, 2013.
- SOUZA, K. A. F. D. **Estratégias de comunicação em química como índices epistemológicos: análise semiótica das ilustrações presentes em livros didáticos ao longo do século XX**. Tese de doutorado. Instituto de Química da USP, 2012.
- TALANQUER, V. (2011). Macro, Submicro, and Symbolic: The Many Faces of the Chemistry Triplet. *International Journal of Science Education*, v. 33, n. 2 , 179-195, 2011
- VAN LEEUWEN, T. JEWITT, C. **Handbook of visual analysis** London: Sage, 2001
- VIANA, H. E. B., PORTO, P. A.; “O processo de elaboração da teoria atômica de John Dalton”, *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, 2007
- VIGOTSKI, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 2007
- WARTHA, E. J.; GUZZI FILHO. N. J.; JESUS, R. M. O experimento da gota salina e os níveis de representação em Química. *Educación Química: didáctica de la química*, México, 1(23), 55-61, 2011.
- WARTHA, E. J; REZENDE, D. B. Os níveis de representação no ensino de química e as categorias da semiótica de Peirce. *Investigações em Ensino de Ciências*. v.16, n.2, p. 275-290, 2011
- WARTHA, E. J; REZENDE, D. B. As representações no ensino de química na perspectiva da semiótica peirceana. *ReLAPEQ*. v.1, n., p. 181-202, 2017

WILLIAMSON, K. L. et al. **Macroscale and Microscale Organic Experiments**, 5a ed., Houghton Mifflin Company, Boston, 2007

WU, K; KRAJCIK, J.S.; SOLOWAY, E. Promoting understanding of chemical representations: students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*. v.38, n.7, p.821-840, 2001.

WU, K., SHAH, P. Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, v. 88, p. 465–492, 2004.

ZOMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. As relações entre aprendizagem significativa e representações multimodais. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 12, n. 3, p. 31–39, 2010.

APÊNDICE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, CPF _____, responsável pelo aluno(a) _____, dou meu consentimento para que o mesmo participe como voluntário da pesquisa intitulada **Produções multimodais no Ensino de Química: contribuições para a expressão de representações do conhecimento químico**, sob responsabilidade da pesquisador Luiz Guilherme Basílio de Novais, do Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo.

Assinando este termo de Consentimento, estou ciente de que:

(*) Durante o estudo serão realizadas gravações de áudio e vídeo, assim como aplicação de questionários. A identificação e os dados pessoais do participante serão sigilosos.

(*) Os resultados serão informados aos participantes da pesquisa assim que forem analisados.

(*) Os procedimentos da pesquisa não causarão desconfortos ou riscos à integridade física, psíquica ou moral do aluno.

(*) Obtive todas as informações necessárias para poder decidir conscientemente sobre a participação do aluno na referida pesquisa.

(*) O aluno poderá interromper, a qualquer momento, a participação na pesquisa sem penalização.

(*) Os resultados serão utilizados apenas para finalidade acadêmica, para alcançar os objetivos da pesquisa, incluída sua publicação na literatura científica especializada.

(*) Poderei entrar em contato com o responsável pelo estudo, Luiz Guilherme Basílio de Novais, sempre que julgar necessário pelo email luizguilhermenovais@usp.br ou pelo telefone do seu laboratório no IQ/USP (11) 3091-2160.

(*) Este Termo de Consentimento foi confeccionado em duas vias, sendo que uma via permanecerá em meu poder e a outra com o pesquisador responsável.

São Paulo, de de 2015.

Assinatura do responsável legal do
participante da pesquisa (quando menor)

Assinatura do pesquisador responsável

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA GRAVAÇÃO DE IMAGEM E VOZ

Eu, _____, CPF _____, depois de entender os riscos e benefícios que a pesquisa intitulada "**Produções multimodais no Ensino de Química: contribuições para a expressão de representações do conhecimento químico**" poderá trazer e, entender, especialmente, os métodos que serão usados para a coleta de dados, assim como, estar ciente da necessidade da gravação de minhas imagens e voz, **AUTORIZO**, por meio deste termo, o pesquisador Luiz Guilherme Basílio de Novais a realizar a gravação da sequência de aulas sem custos financeiros a nenhuma parte.

Esta **AUTORIZAÇÃO** foi concedida mediante o compromisso do pesquisador em garantir-me os seguintes direitos: poderei ler a transcrição de minha gravação; os dados coletados serão usados, exclusivamente, para gerar informações para a pesquisa aqui relatada e outras publicações dela decorrentes, quais sejam: revistas científicas, congressos; minha identificação não será revelada em nenhuma das vias de publicação das informações geradas; qualquer outra forma de utilização dessas informações somente poderá ser feita mediante minha autorização; poderei interromper minha participação na pesquisa a qualquer momento.

Os dados coletados serão guardados por 5 anos, sob a responsabilidade do pesquisador e, após esse período, serão destruídos.

São Paulo, de de 2015.

Assinatura do responsável legal do
participante da pesquisa (quando menor)

Assinatura do pesquisador responsável

ANEXOS

ANEXO A - CARTOLINAS PRODUZIDAS PELOS ALUNOS – SUBCATEGORIA REPRESENTAÇÃO NARRATIVA DE ENTE QUALIFICADO (RNEQ)

Formação das nuvens	Destilação da água do mar

Reação vinagre com bicarbonato de sódio	Mistura água + etanol

Destilação da água do mar 2	Sublimação do Iodo

Destilação da água com sal 3 **Formação de nuvens 2**

ANEXO B - CARTOLINAS PRODUZIDAS PELOS ALUNOS – SUBCATEGORIA REPRESENTAÇÃO NARRATIVA DE AÇÃO

Reação vinagre e bicarbonato de sódio 2

Formação de nuvens 3

**ANEXO C - CARTOLINAS PRODUZIDAS PELOS ALUNOS – SUBCATEGORIA
REPRESENTAÇÃO CONCEITUAL ANALÍTICA**

ANEXO D - CARTOLINAS PRODUZIDAS PELOS ALUNOS – SUBCATEGORIA REPRESENTAÇÃO CONCEITUAL CLASSIFICATÓRIA

Mistura água + etanol