UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

ALCEU JÚNIOR PAZ DA SILVA

Visualização em Química e temporalidade: um estudo de caso sobre práticas e percepções na formação inicial de professores

São Paulo
2022

ALCEU JÚNIOR PAZ DA SILVA

Visualização em Química e temporalidade: um estudo de caso sobre práticas e percepções na formação inicial de professores

Versão Corrigida

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Doutor em Educação.

Área de Concentração: Educação Científica, Matemática e Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. Agnaldo Arroio

São Paulo
2022

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catalogação da Publicação
Ficha elaborada pelo Sistema de Geração Automática a partir de dados fornecidos pelo(a) autor(a)
Bibliotecária da FE/USP: Nicolly Soares Leite – CRB-8/8204

S586v

Silva, Alceu Junior Paz da
Visualização em Química e temporalidade - um estudo de caso sobre práticas e percepções na formação inicial de professores / Alceu Junior Paz da Silva; orientador Agnaldo Arroio. -- São Paulo, 2022.
314 p.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação Educação Científica, Matemática e Tecnológica) -- Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2022.

1. Visualização. 2. Tempo. 3. Percepções de professores. 4. Práticas de ensino. 5. Educação em Química. I. Arroio, Agnaldo, orient. II. Título.

SILVA, A. J. P. da **Visualização em Química e temporalidade:** um estudo de caso sobre práticas e percepções na formação inicial de professores. 2022. 314 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao Prof. Dr. Agnaldo Arroio, meu orientador, por acolher a investigação de um tema incipiente e por propiciar a materialização deste trabalho. És fonte de inspiração intelectual e humana.

À Profª. Drª. Daisy de Brito Rezende e ao Prof. Dr. Guilherme Andrade Marson, examinadores do relatório de qualificação, porque teria sido mais árduo prosseguir sem as suas análises críticas e os providenciais encaminhamentos teóricos e metodológicos suscitados.

Aos Professores que prontamente aceitaram compor a Banca Examinadora por me permitirem compartilhar com vocês as minhas angústias, incompletudes e desejos investigativos. À Profª. Drª. Mónica Luisa Mendes Baptista por ter realizado uma leitura perspicaz da pesquisa e me auxiliado a localizar limites e desafios que o tema remete ao campo da formação de professores. À Profª. Drª. Keila Bossolani Kill pelos seus encaminhamentos críticos e imprescindíveis ao aperfeiçoamento do trabalho. Ao segundo encontro com a Profª. Drª. Daisy de Brito Rezende e o Prof. Dr. Guilherme Andrade Marson, o qual não foi menos enriquecedor e apontou caminhos para o meu desenvolvimento profissional e acadêmico.

Ao Programa de Aperfeiçoamento de Ensino da USP por me disponibilizar estágio supervisionado em docência, o qual contribuiu para o aprofundamento e a renovação de meu repertório formativo profissional por meio de aprendizagens nas componentes curriculares Metodologia do Ensino de Química I e II.

Ao Programa de Formação de Professores da USP por me oportunizar um contato com o estágio supervisionado de licenciandos durante o desenvolvimento deste trabalho e, com isso, manter o meu olhar para o contexto escolar e as intervenções didáticas em Química.

Aos servidores da Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Educação pela dedicação com a qual atenderam às minhas demandas administrativas.

Ao Arcelino por ter partilhado comigo saberes relacionados ao registro audiovisual de aulas, da captação e do tratamento de arquivos até a possibilidade do uso de softwares de análise qualitativa.

À Universidade Federal Fluminense, por meio do Departamento de Química de Volta Redonda, por ter concedido o afastamento das minhas atividades profissionais durante esse período.

À minha família, Alceu, Mari e Eliana, Edilberto e Ana Maria, por terem me oferecido o apoio e o carinho necessários.

Ao meu amor, Denise, por inventar forças e continuar ao meu lado nos momentos mais difíceis.

Aos frequentadores da sala 3376 do Centro de Educação da UFSM no final dos anos 90, em especial, aos professores e amigos Lisca, Gui, Gusta e Grabauska (*in memoriam*), por terem me despertado o interesse pela educação escolar.

A todos vocês, os meus sinceros e eternos agradecimentos!

RESUMO

SILVA, A. J. P. da **Visualização em Química e temporalidade:** um estudo de caso sobre práticas e percepções na formação inicial de professores. 2022. 314 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

As tecnologias digitais e o acesso à internet vêm trazendo à vida social desafios que envolvem as problemáticas relações entre imagens e tempo baseadas na homogeneização, redundância e aceleração do consumo de conteúdo visual, promovendo leituras superficiais e individualizantes. Ao contrário disso, no contexto escolar, pesquisas vêm apontando a necessidade de assegurar um tempo adequado para a aprendizagem com visualizações (representações visuais), o qual tende a se afastar de uma lógica acelerada e a ter um carácter coletivo, em um cenário marcado tanto por poucas pesquisas sobre as formas de uso por parte dos professores quanto por conhecimentos pedagógicos, comumente, intuitivos e formados espontaneamente. Diante disso, nesta tese investigaram-se as práticas e as percepções de licenciandos sobre as relações entre tempo e uso de recursos visuais sob a perspectiva do processo de visualização em Química. Para tanto, procedeu-se a um estudo de caso no âmbito de disciplinas de Metodologia do Ensino de Química para acompanhar o planejamento e a implementação de sequências didáticas temáticas com reflexões posteriores de um grupo de 22 licenciandos. Uma Análise de Conteúdo foi empreendida sobre um questionário inicial, os registros audiovisuais de quatro sequências didáticas temáticas, arguições orais e relatórios escritos individualmente e em grupos. Os resultados mostraram nas práticas de ensino uma correlação positiva entre ambos os aumentos do tempo e da diversificação das ações dos estudantes com recursos visuais e a qualidade das interações verbais dos licenciandos, caracterizada pela predominância de conceitualizações sobre átomos e moléculas, com transições entre este domínio e o dos conceitos macroscópicos e com auxílio ou estímulo à interpretação dos recursos visuais não verbais. Nas percepções dos licenciandos predominou a noção de um tempo rápido em suas falas (falas rápidas) durante as demais atividades da sequência didática enquanto a noção de uso do tempo com recursos visuais químicos ficou restrita ao tempo de duração das interações verbais. A ausência de uma diferenciação temporal entre o uso recursos visuais químicos e temáticos dificultaram a percepção da importância do uso do tempo para o processo de visualização. Por outro lado, a vivência prática e a apreensão de aspectos teóricos reforçaram a percepção da importância de se reservar parte do tempo alocado para a implementação de estratégias de visualização enquanto uma análise crítica sobre a própria prática de ensino estimulou a emergência dessa percepção. Em conjunto esses resultados reforçam a importância da inserção na formação inicial de professores de Química de reflexões sistemáticas sobre as diferentes formas de uso do tempo em sala de aula com recursos visuais e de se construir uma visão do campo de estudos sobre visualizações mais integrada ao currículo escolar.

Palavras-chave: Percepções docentes. Prática de ensino. Tempo. Visualização.

ABSTRACT

SILVA, Alceu Júnior Paz da. **Visualization in Chemistry and temporality:** a case study on practices and perceptions in teacher education. 2022. 314 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

Digital technologies and Internet access have brought challenges to social life that involve the problematic relations between images and time, based on the homogenization, redundancy, and acceleration of visual content consumption, promoting superficial and individualizing readings. On the contrary, in the school context, research has been pointing out the need to ensure an adequate time for learning with visualizations (visual representations), which tends to move away from a fast-paced logic and have a collective character, in a scenario marked both by little research on the ways that teachers use these resources and by their pedagogical knowledge that are commonly intuitive and formed spontaneously. Therefore, this thesis investigated the practices and perceptions of pre-service teachers on the relationship between time and the use of visual resources from visualization process in Chemistry. For this purpose, a case study was carried out within the Chemistry Teaching Methodology courses to accompany the planning and implementation of thematic didactic sequences with subsequent reflections by a group of 22 pre-service teachers. A Content Analysis was undertaken on an initial questionnaire, the audiovisual recordings of four thematic didactic sequences, oral questioning, and written reports individually and in groups. The results showed in teaching practices a positive correlation between increases both in the time and diversification of students' actions with visual resources and the quality of pre-service teachers' verbal interactions, characterized by a predominance of conceptualizations in atoms and molecules domain, with transitions between this domain and macroscopic concepts domain and by aiding or stimulating the interpretation of non-verbal visual resources. In the pre-service teachers' perceptions, the notion of a fast time in their speeches (fast speech) during the other activities of the didactic sequence predominated while the notion of using time with visual chemical resources was restricted to the duration of verbal interactions. The absence of a temporal differentiation between the use of chemical and thematic visual resources made it difficult to see the importance of the use of time for the visualization process. On the other hand, the practical experience and apprehension of theoretical aspects reinforced the perception of importance of allocating some of the class time for implementation of visualization strategies while a critical analysis of one's own teaching practice stimulated the emergence of this perception. Taken together, these results reinforce the importance of inserting in the chemistry teacher education systematic reflections on the different ways of using time in the classroom with visual resources and of building a vision of the studies on visualizations more integrated with school curriculum.

Keywords: Pre-service teachers' perceptions. Teaching practice. Time. Visualization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - As tarefas curriculares e os instrumentos de coleta de dados.....124
Figura 2 - Layout parcial da codificação de uma SD no MAXQDA.....141
Figura 3 - Dois momentos de reflexão após a prática de ensino.....148
Figura 4 - Frequência de acesso diário à internet com TDIC.....152
Figura 5 - TDIC na vida cotidiana.....153
Figura 6 - Função das imagens (nas TDIC) na vida cotidiana.....155
Figura 7 - Função das imagens (nas TDIC) no Ensino de Química.....156
Figura 8 - O uso das imagens em função do tempo.....159
Figura 9 - Formas de uso dos RV digitais.....160
Figura 10 - Formas de uso dos RV não digitais.....161
Figura 11 - Matriz de códigos das formas de uso dos RV digitais e não digitais.....164
Figura 12 - As formas de implementação de três RV.....166
Figura 13 - Matriz de códigos com as formas de implementação de três RV.....171
Figura 14 - O tempo e os elementos da narrativa.....175
Figura 15 - O tempo e as intenções de ensino.....177
Figura 16 - O tempo e as ações dos alunos.....180
Figura 17 - Considerações sobre as atividades das SD.....184
Figura 18 - Considerações sobre a experiência (AO).....187
Figura 19 - Considerações sobre a experiência (RI e RG).....189
Figura 20 - O tempo de disponibilização dos recursos visuais.....194
Figura 21 - O tempo (em segundos) total de fala nas interações verbais.....198
Figura 22 - A conceitualização macro e submicro com os RVQ.....200
Figura 23 - O conteúdo semântico das interações verbais com RVQ.....203
Figura 24 - Ações dos alunos em estratégia de visualização.....208
Figura 25 - Considerações pertinentes ao processo de visualização (AO).....211
Figura 26 - Considerações pertinentes ao processo de visualização (RI e RG).....212
Figura 27 - O tempo e os RVQ nas intervenções escolares.....221
Figura 28 - O tempo e o uso de recursos visuais (AO).....230
Figura 29 - O tempo e as atividades com recursos visuais (RI e RG).....235
Figura 30 - Tempo e estratégia de visualização.....261

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Habilidades representacionais.....85
Quadro 2 - Etapas da Estratégia de Aprendizagem VisChem.....108
Quadro 3 - Categoria interações verbais e seus códigos.....137
Quadro 4 - Categoria narrativa e seus códigos.....137
Quadro 5 - Categoria intenções dos licenciandos e seus códigos.....138
Quadro 6 - Categoria ações dos alunos e seus códigos.....139
Quadro 7 - Categoria recursos didáticos e seus códigos.....140
Quadro 8 - Categoria recursos visuais e seus códigos.....142
Quadro 9 - Categoria conteúdo semântico e seus códigos.....145
Quadro 10 - Categoria Estratégia de Visualização e seus códigos.....147
Quadro 11 - As categorias de análise da produção textual escrita e oral.....150
Quadro 12 - Noções de tempo associadas ao uso de recursos visuais.....252
Quadro 13 - Atributos dos recursos visuais com implicações temporais.....254
Quadro 14 - Formas de uso do tempo com recursos visuais.....257

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características gerais das sequências didáticas.....129
Tabela 2 - Resumo da aplicação dos instrumentos de coleta de dados.....133
Tabela 3 - O tempo de uso dos recursos didáticos e o tipo do recurso visual.....196
Tabela 4 - O tempo dos turnos de fala em função do tipo de recurso visual.....199
Tabela 5 - O tempo das conceitualizações em função do tipo de recurso visual.....201
Tabela 6 - O conteúdo semântico com os RVQ e os recursos didáticos.....205

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular para a Educação Básica
CR	Competências Representacionais
EAV	Estratégia de Aprendizagem VisChem
NPM	Natureza Particulada da Matéria
PI	Professores de Química da Educação Básica em Formação Inicial
PS	Professores de Química da Educação Básica em Serviço
SD	Sequência Didática
TDIC	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....23
1.1 TEMPO ESCOLAR PARA “VER” OU PARA VISUALIZAR?.....25
1.2 PROBLEMA.....27
1.3 OBJETIVOS.....27
1.4 A ORGANIZAÇÃO DA EXPOSIÇÃO.....29
2 EDUCAÇÃO ESCOLAR, TECNOLOGIA E TEMPO.....31
2.1 TECNOLOGIA E TEMPORALIDADES.....31
2.1.1 A compressão temporal em um mundo visual.....32
2.1.2 Implicações educativas da compressão temporal.....43
3 EDUCAÇÃO EM QUÍMICA, VISUALIZAÇÃO E TEMPO.....63
3.1 O PROCESSO DE VISUALIZAÇÃO EM QUÍMICA.....63
3.1.1 Os professores e as representações químicas.....64
3.1.2 O ato de visualizar e as capacidades metavisuais.....78
3.2 VISUALIZAÇÃO, PROFESSORES E TEMPO.....87
3.2.1 Os professores nos estudos sobre visualização.....87
3.2.2 O tempo nos estudos sobre visualização.....99
4 A METODOLOGIA DA PESQUISA.....115
4.1 PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS.....116
4.1.1 Natureza e contexto.....118
4.1.2 Instrumentos e procedimentos.....121
4.2 ESTRATÉGIA DE ANÁLISE.....131
4.2.1 A codificação das sequências didáticas.....136
4.2.2 A codificação das produções textuais orais e escritas.....147
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....151
5.1 RESULTADOS DAS PERCEPÇÕES INICIAIS.....152
5.2 RESULTADOS DAS SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS.....174
5.2.1 A estrutura da narrativa nas sequências didáticas.....175
5.2.1.1 As reflexões acerca do planejamento e da prática de ensino.....182
5.2.2 O processo de visualização nas sequências didáticas.....193
5.2.2.1 A disponibilização dos recursos visuais.....193
5.2.2.2 As interações verbais com os recursos visuais.....197
5.2.2.3 As ações com os recursos visuais.....206

5.2.2.4 As considerações relacionadas ao ato de visualizar.....210
5.3 RESULTADOS DAS PERCEPÇÕES DOS LICENCIANDOS.....220
5.3.1 Percepções a partir do tempo escolar.....220
5.3.2 Percepções a partir da implementação de sequências didáticas.....229
5.4 DISCUSSÃO SOBRE AS PRÁTICAS E AS PERCEPÇÕES.....244
5.4.1 As práticas de ensino dos licenciandos.....244
5.4.2 As percepções dos licenciandos.....251
6 CONSIDERAÇÕES.....269
REFERÊNCIAS.....273
APÊNDICE A – Informações complementares.....291
APÊNDICE B – Questionário Inicial.....295
APÊNDICE C – Questões em relatórios, arguição e planejamento.....299
APÊNDICE D – Lista de recursos visuais.....303
APÊNDICE E – A estrutura da narrativa das Sequências Didáticas.....311

1 INTRODUÇÃO

Dos transportes de alta velocidade aos meios de comunicação instantânea, um conjunto de novas e dominantes formas pelas quais experienciamos o tempo emerge para atender demandas econômicas como os rápidos e frenéticos consumos de produtos materiais e imateriais e de diversos serviços, se distribuindo da alimentação ao lazer e da educação ao comércio e trazendo implicações ao domínio cultural.

Nessa compressão temporal, o predomínio de formas mercantis que privilegiam a superficialidade e a imediaticidade promovem leituras de imagens em termos de conteúdos efêmeros e fragmentários (HARVEY, 2008). Os meios digitais fornecem, conforme Crary (2016) quantidades “ilimitadas” de imagens em arranjos interativos baseados na simultaneidade e na interrupção que reduzem a atenção à operações repetitivas que se sobrepõem ao ato de olhar. Uma sobreposição que desintegra as capacidades humanas mentais e perceptivas de “ver”, como a habilidade de julgar conteúdos imagéticos do ponto de vista ético e social. Essa aceleração social deteriora a possibilidade de autodeterminação ética e política de indivíduos e coletividades ao limitar as vivências em temporalidades fragmentadas, instáveis e fundadas no imediatismo (ROSA, 2019).

De fato, pode-se afirmar certa onipresença das imagens nas relações mediadas por tecnologias digitais na vida cotidiana, pois, por exemplo, uma população mundial de 4,39 bilhões de usuários de internet visualizou, em média, 1.000.000 de vídeos no Twitch, hospedou 4.800.000 imagens animadas no Giphy, postou 277.777 *stories* no Instagram, assistiu a 4.500.000 vídeos no YouTube e postou 55.140 fotos no Instagram por minuto no ano de 2019 (DOMO, 2019). Essas tecnologias estão presentes na vida cotidiana dos estudantes da Educação Básica. Com dados obtidos no ano de 2019, vemos que 82% dos estudantes de escolas urbanas pesquisados eram usuários de internet, cerca de 98% desses estudantes que acessavam a Internet[1] o faziam por meio de telefone celular, entretanto o acesso à Internet ainda era exclusivamente realizado por esse tipo de dispositivo por 18% dos estudantes.

---

1 Referente a uma amostra total de 6.960.876 estudantes de escolas públicas (exceto as federais) e privadas (CETIC.BR, 2020). Para mais informações vide Apêndice A.

Uma perspectiva crítica sobre essa onipresença associada a um ritmo acelerado de consumo imagens é enaltecida no contexto atual marcado pela intensificação do uso do melhoramento de imagens para promover as ideias tanto de agências de notícias quanto de políticas governamentais (BANNATYNE; KOCH; PIEKARZEWSKA, 2019), uma vez que o conteúdo visual em vídeos, fotos e realidade virtual pode servir como suporte cognitivo à criação das falsas memórias individuais e coletivas quando observado passivamente, as quais, posteriormente, podem facilitar a apreensão de notícias falsas em momentos históricos decisivos (LIV; GREENBAUM, 2020).

Nesse fluxo de imagens vivenciado no cotidiano, as imagens científicas têm exibido um papel cada vez mais proeminente em múltiplos locais, incluindo os meios de comunicação de massa (SLOUGH; MCTIGUE, 2013) e interpessoais, como as mídias sociais. Estas últimas permitem e estimulam a produção, o consumo e o compartilhamento de informações nas quais os recursos imagéticos estáticos ou dinâmicos podem constituir o conteúdo persuasivo de *fake news* científicas e outras formas de desinformação. Conforme Gomes, Penna e Arroio (2020), as mídias sociais proporcionam uma expressiva velocidade de difusão de suas informações em um quadro no qual as pessoas com menor escolaridade tendem a ser mais suscetíveis às notícias falsas, o que traz implicações tanto para a educação escolar quanto para a formação de professores.

Dessa forma, as vivências cotidianas de estudantes no uso de celulares com acesso à internet e as demandas curriculares para a inserção das tecnologias digitais de comunicação e informação (TDIC) nas práticas escolares confluem para tornar o ambiente de sala de aula potencialmente rico de imagens e de experiências visuais. Assim, as formas de experienciar o tempo aparecem como um dos aspectos indispensáveis para uma relação ativa e crítica com os recursos visuais, sejam eles oriundos do ambiente escolar em sala de aula ou da influência das formas de percepção e consumo do tempo na vida social cotidiana.

1.1 TEMPO ESCOLAR PARA “VER” OU PARA VISUALIZAR?

Na Educação em Química, uma visão crítica sobre o uso dessas tecnologias digitais quando suportam recursos visuais tende a se afastar da noção do ato de “ver” ou “visualizar” típica da vida cotidiana, pois grande parte dos entes químicos e seus processos são invisíveis a olho nu e sobre estes emerge um vasto e complexo sistema de representações visuais suportados analógica ou digitalmente. Um conjunto de demandas ontológicas, epistemológicas e pedagógicas envolvem o ato de visualizar em Química e a sua investigação pode ser ancorada nos estudos sobre visualização. Porém, as pesquisas sobre uma abordagem temporal em práticas de visualização são incipientes, mas, devido a sua dimensão estrutural e estruturante nas atividades e ações educativas em sala de aula o fator tempo tem emergido com uma problemática em experiências de ensino deste campo de investigação.

A leitura de imagens científicas tende a não ser fácil e trivial, possivelmente, insuficiente num quadro de tempo acelerado e sem o devido apoio. Ao contrário, estudos apontam para necessidade do professor se tornar sensível a essas dificuldades e alocar tempo e esforço adequados para auxiliar os estudantes na leitura dos significados e das falsas ideias potenciais que podem emergir de suas interpretações (COLIN; CHAUVET; VIENNOT, 2002; PINTÓ; AMETLLER, 2002; STYLIANIDOU, 2002).

Pesquisas vêm reforçando o fato de que a mera exibição de recursos visuais no plano de sala de aula deve dar lugar a implementação de abordagens de ensino constituídas por desafios, construção, crítica e refinamento de representações visuais pelos próprios estudantes, bem como, alicerçadas por discussões guiadas e explícitas em grupos e/ou com a turma inteira e mediadas pelo professor (PARNAFES; TRACHTENBERG-MASLATON, 2014; TYTLER et al., 2013a; TYTLER; HUBBER; PRAIN, 2013). Em vez de uma exibição ou uma exploração rápidas, naquelas abordagens o dispêndio de tempo tem sido percebido como benéfico, inclusive para a aprendizagem de convenções representacionais (WALDRIP; PRAIN, 2013). Uma desaceleração no ritmo das aulas e a partilha do tempo com os estudantes para negociar significados sobre os recursos visuais têm promovido a consolidação das ideias (HUBBER, 2013) e facilitado a argumentação dos

estudantes, porque as representações visuais externalizadas por eles podem funcionar como uma âncora para diálogos autênticos.

A criação de recursos visuais dinâmicos e de baixos custo e tecnologia pelos próprios estudantes também têm se mostrado uma alternativa viável e com bons resultados (BERG et al., 2019; LOUGHRAN, 2014; LOUGHRAN et al., 2012), ainda que tenda a incrementar a demanda por tempo em sala de aula. Por sua vez, os recursos visuais dinâmicos elaborados por especialistas, como animações e simulações, estão longe de ser usadas apenas como simples apresentação, mas devem ser utilizadas em lentas e sucessivas exibições para produzirem efeitos significativos (COOK, 2006; TVERSKY; MORRISON; BETRANCOURT, 2002). As pesquisas indicam que o uso desses recursos visuais dinâmicos deve assegurar condições de reflexão por meio de atividades de externalização de compreensões, como explicações, desenhos e escritos, atividades de crítica e de realização de questionamentos de modo a promover a metacognição dos estudantes com um suporte adequado oferecido pelo professor (GEELAN; FAN, 2014; LINN; EYLON, 2011; TASKER, 2017).

Por outro lado, as poucas pesquisas sobre as relações entre tempo e o uso de recursos visuais por professores em sala de aula têm mostrado evidências de referências temporais intuitivas como, por exemplo, o fato de uma representação visual poder encurtar o tempo de instrução pois o simples fato de o estudante olhar o recurso economizaria tempo de fala do professor (EILAM, 2012). De modo geral, o tempo curricular também tem sido visto como um dos obstáculos ao uso dos recursos visuais, por exemplo, a falta de tempo para explicá-los ou para discuti-los e estudá-los com os estudantes, provinda da pressão temporal exercida pela grande quantidade de conteúdos curriculares que devem ser ensinados (EILAM, 2012; EILAM; GILBERT, 2014).

Esse quadro de pesquisas sugere novas experiências com o tempo destinado ao uso de recursos visuais (digitais e não digitais) e a necessidade de repensá-lo dentro da tensão que caracteriza e a disputa pelo tempo alocado em sala de aula com as demais atividades e componentes curriculares. Portanto, o estudo sobre as relações entre tempo e visualizações na formação de professores se torna relevante na medida em que uma maior sensibilização sobre o uso do tempo promova na

educação escolar a aprendizagem conceitual e o letramento visual adequados e capazes de estimular a leitura crítica de imagens científicas e não científicas na vida social, uma vez que em abundância caracterizam a sociedade de consumo.

1.2 PROBLEMA

Assim, o problema desta pesquisa residiu na seguinte questão: Em que medida as relações entre tempo e recursos visuais[2] podem ser usadas para explorar as percepções e as práticas de professores em formação inicial acerca da natureza dos processos de visualização em Química?

A partir dessa indagação foram derivadas as seguintes questões complementares: Quais são as noções de tempo que os professores de Química em formação inicial comumente associam ao uso de recursos visuais em sala de aula?

De que maneira os professores em formação inicial percebem as formas de uso do tempo para a explorar os recursos visuais da Química em suas práticas de ensino?

1.3 OBJETIVOS

Diante desses questionamentos iniciais extraímos os objetivos que delinearam os caminhos metodológicos do processo investigativo:

a) explorar as percepções partilhadas pelos professores em formação inicial no que diz respeito a função dos recursos visuais acessados por computador, smartphone, tablets e outros dispositivos em suas vidas cotidianas e a suas potenciais relações com o processo de ensino e aprendizagem em Química;

---

2 Nesse trabalho a expressão *recurso visual* corresponde ao estímulo visual e não verbal externo que pode auxiliar a construção de uma representação mental visual. A expressão *processo de visualização* é assumida como a criação de significados com uma representação mental visual, ainda que esta última possa ser criada na ausência de estímulos externos.

b) investigar as percepções de licenciandos sobre as relações entre o tempo e os recursos visuais emergidas de suas práticas de ensino de Química sob a perspectiva do processo de visualização.

Neste trabalho, a ideia de *percepções* é concebida como constituinte das *concepções* de licenciandos. No estudo de Vries, Ferreira e Arroio (2014) a noção de concepção derivou do termo em inglês “teachers’ beliefs”, historicamente, adotado em metodologias qualitativas de pesquisa. A definição do termo em sua língua de origem (*belief*) revela sua polissemia, pois é apresentado com significados diversos (por exemplo: atitudes, valores, juízos, axiomas, opiniões, ideologias, *percepções*, concepções, sistemas conceituais, preconceitos, alienações, teorias implícitas, teorias pessoais, processos mentais internos, estratégias de ação, regras de conduta, etc).

Nesse sentido, segundo Pajares (1992) enquanto um conhecimento se fundamenta em fatos objetivos, as percepções (ou concepções) se baseiam em avaliações e julgamentos. Sistemas de concepções são mais inflexíveis, menos dinâmicos que sistemas de conhecimentos porque representam verdades internas que permanecem inalteradas na mente do professor, independentemente da situação. Por outro lado, o autor argumenta que as concepções são o principal componente da formulação de teorias, pois são estáticas e podem existir além do controle ou conhecimento individual.

De acordo com Mansour (2009, p. 39), os estudos sobre as concepções dos professores têm um potencial para melhorar a formação docente. Ainda que nem todas as concepções se transformem em práticas, devido a muitos tipos de barreiras, a identificação dos fatores que atuam como barreiras, ou seja, revelar o “descompasso entre as concepções expressas” e “suas práticas observadas”, pode permitir que os professores tentem resolver inconsistências nessa relação concepção/prática. Da mesma forma, que a identificação de concepções (ou percepções) individuais e particulares “pode ajudar a uma melhor compreensão dos sistemas de concepções em geral e suas contradições muitas vezes inerentes”.

Assim, a noção de tempo foi assumida como uma “percepção de tempo decorrido” no uso de recursos visuais para mediar a construção de significados químicos escolares.

1.4 A ORGANIZAÇÃO DA EXPOSIÇÃO

No *Capítulo 2*, buscamos descrever os fenômenos sociais que caraterizam as relações entre tempo e tecnologia no intuito de derivar desses fenômenos implicações educativas. Posteriormente, uma teoria social é mobilizada em uma leitura da função e dos processos escolares que possam confrontar as implicações educativas oriundas das relações entre tempo e tecnologia. O resultado desse confronto tem a intenção de oferecer orientações teórico-pedagógicas para refletir sobre o processo de visualização em Química na Escola.

Esses pressupostos gerais acerca da organização do trabalho pedagógico em sala de sala são o ponto de partida do *Capítulo 3*, o qual tratará das especificidades do processo de visualização. Para isso, inicialmente, localizamos o debate acerca das representações visuais e a natureza do processo de visualização como ato de construção de significados. Por último, o levantamento bibliográfico sobre pesquisas envolvendo visualizações e professores da Educação Básica e aquelas que compreendem a particularidade das relações entre visualização e tempo são apresentadas.

No *Capítulo 4*, a metodologia da pesquisa é descrita. A opção foi por uma abordagem qualitativa e o seu caráter exploratório foi determinado pelo fato de as pesquisas serem incipientes nessa temática. As práticas de ensino de professores de Química em formação inicial foram exploradas por meio do planejamento e da implementação de sequências didáticas para estudantes da Educação Básica. As suas percepções sobre as relações entre tempo e o uso de recursos visuais foram obtidas por meio de relatórios reflexivos escritos e arguição oral. A análise dos resultados foi ancorada numa Análise de Conteúdo e suportada pelo software de análise qualitativa MAXQDA 2020. O registro audiovisual das práticas de ensino foram analisados por meio dos softwares MAXQDA 2020 e Orange. Os dados

fizeram parte dos documentos curriculares de uma disciplina de graduação de Metodologia do Ensino de Química.

A seguir, no *Capítulo 5*, os resultados são apresentados em três eixos. Primeiro, as percepções iniciais dos licenciandos sobre as relações entre tempo de recursos visuais são analisadas e expressam ideias antes da prática de ensino. Logo em seguida, os resultados sobre as práticas de ensino são apresentados partindo de um perfil geral da estrutura de cada sequência didática para, depois, expor os resultados em função de três grupos de categorias: o tempo de disponibilização dos recursos visuais químicos e temáticos; o tempo de fala dos licenciandos em interações verbais referenciando recursos visuais químicos e; o tempo alocado para as ações dos estudantes envolvendo os recursos visuais químicos. Após isso, os resultados sobre as percepções dos licenciandos após a prática de ensino são apresentados. Os três grupos são apresentados na ordem cronológica em que os dados forma obtidos no trabalho de campo. Por último, as discussões sobre os resultados são apresentadas em dois eixos que expressam a natureza dos dados obtidos, isto é, uma discussão acerca das relações entre tempo e recursos visuais sobre a prática de ensino e, posteriormente, sobre as percepções levantadas antes e após a prática de ensino.

Ao final, considerações acerca das contribuições desta investigação para o campo de estudos sobre visualização são realizadas sob a perspectiva do papel do professor e no contexto das relações e das contradições inerentes aos fenômenos temporais.

2 EDUCAÇÃO ESCOLAR, TECNOLOGIA E TEMPO

Neste capítulo, apresentamos desafios que implicam o estudo do processo de visualização em Química a partir de aportes teóricos com um enfoque na dimensão temporal das relações entre sociedade e escola. Inicialmente (seção 2.1.1), caracterizamos as formas pelas quais as tecnologias digitais de informação e comunicação vêm impactando nas experiências com imagens e tempo na vida social.

As esferas da escola e da sociedade encontram-se fortemente articuladas por relações e contradições de base econômica e política. Portanto, na seção 2.1.2, desdobramos essas influências socioeconômicas e ideopolíticas em três potenciais implicações educativas enunciadas na literatura científica e que abrangem as vivências prévias com as mídias, o ideário do regime de acumulação flexível sobre a escola e os processos sociais aceleratórios no ensino escolar. Ao final da seção, ressaltamos algumas noções para a defesa de um “contratempo” nas relações entre tecnologia, imagens e tempo com a intenção de contribuir para uma abordagem crítica do processo de visualização em Química.

2.1 TECNOLOGIA E TEMPORALIDADES

A dimensão problemática que as imagens e o tempo ocupam sob a égide da inserção de TDIC na prática educativa é vista criticamente por Moran (2013), quando ressalta que é “muito fácil nos distrair, passar pelas telas, pelas imagens, sem que haja tempo para focar no essencial, para ler com atenção, para compreender em profundidade”. O autor alerta sobre o fato de que ver “equivale, na cabeça de muitos, a compreender, e há um certo ver superficial, rápido, guloso, sem o devido tempo de reflexão, de aprofundamento, de cotejamento com outras leituras” (MORAN, 2013, p. 57) e que pode obstaculizar os processos educativos escolares.

Esse tempo rápido no qual a avidez de olhar tende a se sobrepor ao próprio ato de reflexão sobre o conteúdo imagético inscrito nas diversas mídias digitais traz duplamente implicações potenciais ao campo da formação de professores. De um lado, saberes didático-pedagógicos são demandados para gestar e gerir o tempo

alocado em sala de aula para a exploração adequada dos recursos visuais e, por outro, processos de formação docente são requeridos para uma melhor apreensão dos fundamentos teóricos específicos do campo das visualizações científicas.

Nesse sentido, estudos têm demonstrado que os poucos conhecimentos sobre representações visuais parecem estar fundamentados nas experiências prévias dos docentes quando eram estudantes e nas suas próprias práticas pedagógicas (EILAM, 2012). Os conhecimentos docentes sobre letramento visual e sobre habilidades de criação e de escolha de representações visuais têm se constituído de forma espontânea, nos dizem Eilam, Poyas e Hashimshoni (2014, p. 78, tradução nossa) que:

> Embora os professores em formação inicial que entram em tais cursos possuam algum conhecimento sobre o tópico, seu conhecimento é construído principalmente através de experiências cotidianas com representações visuais por meio da mídia e por meio da exposição durante a educação superior a tipos específicos de representações visuais que caracterizam um domínio particular […].

Posto dessa forma, constata-se que a esfera da vida cotidiana vastamente mediatizada pelas TDIC pode ser o substrato para experiências e construção de sentidos e significados sobre as formas de perceber as relações entre imagem e tempo. Pelo fato de o contato diário com as mídias digitais por parte dos professores e dos estudantes poder contribuir para a emergência de percepções acríticas sobre o uso do tempo com os recursos visuais em sala de aula, uma leitura sobre os fenômenos que caracterizam o papel das TDIC nas formas de experienciar o tempo e as imagens na vida social cotidiana torna-se relevante.

2.1.1 A compressão temporal em um mundo visual

Assim como a transição entre os padrões de acumulação fordista (rígida) e toyotista (flexível) foi marcada por permanências e continuidades que caracterizam os processos de trabalho em formações sociais particulares, existem formas de agir, pensar e sentir que mimetizam as condições de ambos os padrões de acumulação numa dimensão cultural. Respectivamente, uma “rigidez” modernista e uma

“flexibilidade” pós-modernista constituem um fluxo dinâmico de relações e contradições culturais na internalidade do capitalismo como um todo.

No que tange às formas culturais relacionadas ao tempo, vemos que em períodos de crise de acumulação, emanam da esfera econômica, e a ela são inerentes, esforços para erigir uma compressão espaço-temporal que acelere o tempo de giro do capital. Para isso, além de imprimir velocidade nos processos de trabalho, como foi visto na seção anterior, instauram-se demandas por rapidez na circulação e no consumo de mercadorias e serviços que trazem também amplas consequências ao domínio cultural.

Um conjunto de novas e dominantes formas pelas quais experienciamos o tempo e o espaço sob a égide do regime de acumulação flexível, isto é, dentro de um novo ciclo de compressão do espaço-tempo, tendem a promover uma aceleração do ritmo da vida social. Os transportes de alta velocidade (avião, trem-bala) e os meios de comunicação instantânea (internet 5G[3]) fornecem as qualidades objetivas do espaço e do tempo que quando experienciadas induzem alterações na forma de representarmos o mundo. Enquanto os meios de pagamento online (PicPay, PayPal) e pagamento eletrônico instantâneo (Pix, Spin Pay) agilizam o consumo, a obsolescência programada e a descartabilidade dos produtos diminui os seus tempos de uso, revigorando novos impulsos consumistas. As barreiras físicas ao rápido consumo de produtos materiais levam a uma ampliação da oferta e do estímulo ao consumo frenético de diversos serviços, da alimentação ao lazer e da educação ao comércio.

Formas de *sentir, pensar e agir* emergem desse campo de experiências que se coadunam com a lógica da acumulação flexível em um modo pós-moderno de experimentar o mundo que privilegia a instantaneidade. De acordo com Harvey (2008), vivencia-se um *presentismo* ou um colapso de horizontes temporais que favorece uma “perda do sentido de futuro” no qual a incapacidade de “unificar o passado, o presente e o futuro” numa cadeia de significados, reduz a experiência a “uma série de presentes puros e não relacionados no tempo”. Esse abalo na ordenação temporal desvaloriza e dificulta a sustentação do sentido de continuidade

3 A internet de quinta geração (5G) pode alcançar velocidade de download de 10 gigabites por segundo, na qual seria possível baixar um filme de duas horas em apenas 3,6 segundos, enquanto levaria 6 minutos com a tecnologia do tipo 4G ou 26 horas com a 3G (HOFFMAN, 2020).

e da memória histórica, sendo que a “experiência passada é comprimida em algum presente avassalador” (HARVEY, 2008, p. 57, 58 e 263).

Essas experiências atreladas à instantaneidade se fragmentam em mudanças fáceis de pontos de vista e no apego ao que é transitório. Assim, de acordo com Harvey (2008) a *volatilidade* e a *efemeridade* permeiam os processos materiais e as vivências se acentuando e se estendendo das mercadorias, atividades de trabalho e estilos de vida ao campo das ideias, valores e crenças. Nesse contexto, as amplas capacidades tecnológicas de armazenamento, uso e recuperação instantâneos, e em escala massiva, de imagens subtraídas de seus contextos espaçotemporais originais que saturam a vida social na intenção de direcionar a volatilidade para os fins do mercado, manipulando gostos e opiniões. A manutenção dos impulsos consumistas também pressupõe a constante criação de desejos e necessidades, na qual a publicidade explora “imagens que podem ou não ter relação com o produto a ser vendido” (HARVEY, 2008, p. 260). De forma complementar, essa “mercadificação” de imagens privilegia as do tipo mais efêmeras, de modo que efemeridade e comunicabilidade instantânea possam ser apropriadas e exploradas em favor das demandas de aceleração do tempo de giro do capital.

Como uma consequência do colapso da cadeia de significados temporais e do apego à instantaneidade se processa paralelamente uma perda da profundidade das práticas culturais, pois viabiliza-se uma “fixação nas aparências, nas superfícies e nos impactos imediatos que, com o tempo, não têm poder de sustentação” (HARVEY, 2008, p. 59). Assim, a imagem pode ser intensamente experienciada nos limites de sua instantaneidade (“como presentes puros e não relacionadas com o tempo”), ao passo que a *superficialidade* e a imediaticidade das imagens e dos eventos junto ao “sensacionalismo do espetáculo (político, científico, militar, bem como de diversão) se tornam a matéria de que a consciência é forjada” (HARVEY, 2008, p. 57).

Em consonância com a emergência deste novo ciclo de compressão espaçotemporal o ensaio crítico de Jonathan Crary exorta para um olhar sobre os avanços de um capitalismo 24/7 (24 horas por dia, durante 7 dias da semana) que impõe a sua temporalidade até os limites do sono humano. A partir de pesquisas do complexo científico-industrial-militar norte-americano que ensejam potencializar a

eficiência de soldados aumentando o seu tempo de combate são colocados os desafios de reduzir a necessidade do sono do corpo sem perder, com isso, o potencial combativo do soldado ou produtivo do trabalhador, uma vez que distúrbios psíquicos podem acontecer quando a insônia é induzida. Da conquista de soldados eficientes de sono reduzido à comercialização para o público em geral de possíveis drogas redutoras de sono existe um curto caminho, como nos mostra a história do emprego de tecnologias no capitalismo oriundas de “esforços de guerra”.

Com a análise de Crary (2016, ps. 211) podemos refletir sobre a natureza e as implicações do quadro atual de um capitalismo 24/7 que imprime esforços para plasmar no humano um tempo a ele incompatível, com características inumanas, isto é, uma temporalidade 24/7 que é “um tempo sem tempo” que “apaga a relevância e o valor de todo o intervalo ou variação”, um tempo “sem pausas” que permeia a profissão e o lazer. Nesse sentido, processos sociais “lentos” tendem a ser desvalorizados.

A sua efetividade não é tanto pelas conquistas em “maquinizar” um comportamento individual quanto pela onipresença das formas de consumo de mercadorias e serviços ou de recursos online. Os limites espaciais da televisão agora são suplantados pela mobilidade de aparatos conectados à internet, invadindo e aniquilando as singularidades de todos os espaços, tempos e acontecimentos da vida pessoal e do convívio social (CRARY, 2016).

A presença em todos os momentos da vida cotidiana de um tempo homogêneo pressupõe certa gradação compatível, inclusive, com os elementos de passividade e receptividade da televisão, porém agora convergindo aos novos aparatos digitais. A interatividade com esses novos recursos então supera o mero consumismo ampliando-a para as ações de personalização de conteúdos baseada numa comunicação permanente. Nesse contexto, Crary (2016, ps. 1053) nos diz que:

> […] o capitalismo 24/7 não é simplesmente a apreensão contínua ou sequencial da atenção, mas também uma composição densa do tempo em camadas, na qual múltiplas operações ou atrações podem ser atendidas quase simultaneamente, independente de onde estamos ou do que mais estamos fazendo. Os assim chamados aparelhos *smart* recebem esse nome menos pelas vantagens que podem oferecer para um indivíduo do que por sua capacidade de integrar seu usuário de forma mais completa a rotinas 24/7.

Nesse ambiente 24/7, as imagens são disponibilizadas em quantidades ilimitadas e essa perspectiva em multicamadas também recai sobre a nossa relação com elas, uma vez que “todo ato de ver é formado por camadas de opções ativas, escolhas e respostas simultâneas e interruptivas” (CRARY, 2016, ps. 662). Para o autor, se processa “ampla colonização sistêmica da experiência individual” na qual é preciso considerar nem tanto a captura da atenção para objetos e eventos determinados e de recepção em massa quanto considerar “a transformação da atenção em operações e respostas repetitivas que sempre se sobrepõem a atos de olhar e de escutar” (CRARY, 2016, ps. 653). Se, por um lado, os produtos midiáticos podem ser “ativamente manejados e manipulados, trocados, avaliados, arquivados, recomendados, ‘seguidos’”, por outro, a “ideia de passarmos longos blocos de tempo exclusivamente no papel de espectadores está fora de moda” (CRARY, 2016, ps. 662).

Sob a homogeneidade dos produtos de mídia encontram-se “arranjos compulsórios nos quais [seus] elementos são consumidos” e o seu conteúdo visual “é na maioria das vezes um material efêmero, substituível […]” (CRARY, 2016, ps. 653). O autor evidencia a “subordinação da imagem a um campo extenso de operações e exigências não visuais” (CRARY, 2016, ps. 596) como a transformação do ato de visualizar em objeto de controle e administração.

Ainda que as propriedades estéticas da imagem digital não esgotem a sua análise não se trata tanto de uma mecanização do ato de ver quanto de uma “desintegração da capacidade humana de ver, em especial da habilidade de associar identificação visual às avaliações éticas e sociais”. Os processos de homogeneização, redundância e aceleração típicos de uma temporalidade 24/7 incapacitam a visão e, apesar “de afirmações em contrário, assistimos à diminuição das capacidades mentais e perceptivas em vez de sua expansão e modulação” (CRARY, 2016, ps. 425).

Dessa forma, as relações entre tempo e imagem assumem implicações de ordem social e política, respectivamente, o isolamento e a impotência. Isolamento porque “a responsabilidade por outras pessoas que a proximidade implica pode agora ser facilmente contornada pela administração eletrônica de nossas rotinas e contatos diários”, além de o modo 24/7 causar uma “atrofia da paciência e da

deferência individual", como por exemplo, para escutar os outros e para esperar a vez de falar, ou seja, desvanecem elementos essenciais para vida democrática (CRARY, 2016, ps. 1568). Conforme mencionado anteriormente, os processos e comportamentos sociais lentos ou ritmado por pausas tendem a ser indesejados e, com isso, as interações que envolvam "compartilhamento, reciprocidade ou cooperação", ou seja, que exijam "estados alternados de assertividade e aquiescência" (CRARY, 2016, ps. 1578) tendem a ser depreciados.

A impotência aparece como a segunda implicação porque tempo e imagens estão inseridos numa ampla estratégia de poder, antes para promover estados de neutralização e inatividade do que para iludir, uma vez que no fluxo incessante de possibilidades reside a esperança ingênua de um prometido escape da monotonia. Essa forma de administrar o "comportamento econômico é idêntica à formação e perpetuação de indivíduos maleáveis e submissos", de modo que dissipe a capacidade "de sonhar acordado ou de qualquer tipo de introspecção distraída que ocorreria normalmente durante os intervalos de horas lentas ou vazias" (CRARY, 2016, ps. 533 e 1110). As brechas temporais são insuficientes para forjar consciências potentes e livres daqueles condicionamentos.

Em sintonia com o presentismo descrito por Harvey (2008), esse fluxo incessante e acelerado de produção de novidades aparentes "incapacita a memória coletiva e significa que a evaporação do conhecimento histórico não mais precisa ser imposta de cima para baixo", pois as tarefas cotidianas "de comunicação e acesso à informação garantem o apagamento sistemático do passado como parte da construção fantasmagórica do presente" (CRARY, 2016, p. 568). Nesse sentido, também colapsa a antevisão de um futuro diferente ao da realidade 24/7, isto é, persistindo um futuro alicerçado nos "objetivos individuais de competitividade, promoção, aquisição, segurança pessoal e conforto" e "imaginado como idêntico à luta pelo ganho ou pela sobrevivência individual no mais superficial dos presentes" (CRARY, 2016, p. 514).

A dimensão temporal é elevada a uma categoria central no estudo sociológico de Hartmut Rosa sob um sistema conceitual centrado no conceito de *aceleração social*, de forma a abranger tanto as determinações objetivas do capitalismo na promoção de ciclos de compressão do espaço-tempo (HARVEY, 2008) quanto as

implicações culturais e subjetivas emergidas dessas novas formas de experiência temporal, aceleradas e aprisionadas a uma lógica de consumo (CRARY, 2016). Para o autor, a dimensão temporal traz uma vantagem decisiva para a ciência social pelo fato de estruturas e horizontes temporais representarem um ponto de conexão analítico entre as transformações das ações e relações sociais, numa dimensão "microssocial", e as transformações de estruturas sociais, numa escala "macrossocial". Assim, os processos de diferenciação social, racionalização, individualização e domesticação (subjugação da natureza) usados pelas teorias sociais para explicar a dinâmica de transformação da Modernidade são assumidos como potenciais "estratégias aceleratórias", na medida em que a aceleração temporal é concebida como o fator primário na gênese das sociedades modernas.

Por outro lado, a aceleração social não se mostra universalizada ao ponto de abranger todos dos fenômenos, pois processos podem manter sua velocidade ou até se tornarem mais lentos, bem como a ocorrência de processos de desaceleração, na forma de resistências intencionais ou como estratégias de estímulo e manutenção dos próprios processos aceleratórios. Porém, segundo Rosa (2019) nas transformações da sociedade moderna o equilíbrio entre inércia e movimento é deslocado em favor deste último, pois a categoria de inércia se exauriu dos principais fenômenos sociais e não se encontra em uma contratendência estrutural e cultural equivalente à magnitude da dinâmica aceleratória.

Em seu sistema conceitual a aceleração social é constituída por três domínios parciais: *aceleração técnica*, *aceleração da mudança social* e *aceleração do ritmo de vida,* que não são passíveis de redução lógica um aos outros e que, ontologicamente, estão conectados entre si de forma complexa e, parcialmente, paradoxal, formando um processo circular autopropulsionado. De maneira complementar, cada um dos domínios parciais anteriores é impulsionado de forma primária por meio de suas interações dinâmicas com um motor "externo", aceleração técnica com o motor econômico (a concorrência capitalista, a necessidade de acelerar produção, circulação e consumo de mercadorias e serviços), aceleração da mudança social com o motor socioestrutural (a crescente diferenciação social que amplia as esferas de ações potenciais e, assim, exigem o gerenciamento da alocação de tempo em distintas funções) e aceleração do ritmo de vida com o motor

cultural (a “promessa” de progresso social e modos de vida seguros centrada na propriedade do dinheiro, além de fundamentos morais que desvalorizam a perda de tempo).

A *aceleração técnica* compreende a aceleração dos processos de comunicação, transporte e produção de mercadorias e serviços, bem como dos processos organizacionais, decisórios e de controle, sendo definida como a “aceleração intencional de processos direcionados a um objetivo[4], por meio de técnicas inovativas” (ROSA, 2019, p. 147).

Por sua vez, a *aceleração da mudança social* se refere ao aumento da velocidade com que se modificam os modelos associativos, os repertórios de conhecimentos (teórico, prático e moral) e as orientações e as formas de ação nas relações sociais entre indivíduos e grupos, como as transformações sociais aceleradas nos estilos de vida, na moda, nos vínculos empregatícios, na estrutura familiar, afiliações políticas e religiosas. O autor a concebe como “um aumento das taxas de expiração de experiências e expectativas orientadoras da ação, e como encurtamento dos intervalos de tempo que, para cada esfera funcional, de valor e de ação, podem ser determinados como presente” (ROSA, 2019, p. 152). Nesse sentido, antes de ser uma dimensão temporal supostamente voltada a períodos duradouros e com estabilidade, nos quais o plano das experiências coincide com uma segurança no horizonte de expectativas, ocorre um aumento dos índices de declínio de expectativas e experiências que orientam as ações, dentro de um encurtamento dos períodos caracterizados como tempo presente (ou uma “contração do presente”, no sentido da compressão espaçotemporal de Harvey) nas diferentes esferas sociais (ROSA, 2019, p. 53).

A *aceleração do ritmo de vida* como resposta a uma escassez de recursos temporais pode ser constatada no cotidiano, objetivamente, como o aumento da velocidade de ação por meio de estratégias de adensamento de episódios de ação, como o próprio agir acelerado (falar, ler mais rápido), a redução ou a supressão de pausas, intervalos e tempos vagos, a execução de ações de forma simultânea

4 As formas inovadoras de organização do processo de trabalho (como o fordismo e o toyotismo) intencionalmente criadas e direcionadas a um objetivo determinado são categorizadas nesse sistema conceitual como manifestações de aceleração técnica. Se, inicialmente, o fordismo proveu surtos aceleratórios, ao longo da história do capitalismo, passou a operar como resíduo de contratendência desaceleratória (“freio”), ou seja, como um entrave a tendência de aceleração que novamente fora impulsionada com o advento ulterior do toyotismo.

(*multitasking*) ou a troca de atividades lentas por equivalentes mais rápidas (cozinhar por serviço de entrega). Como experiência do tempo acelerado essa dimensão aceleratória é detectada, subjetivamente, em experiências de falta de tempo e de estresse, em sensações de pressão temporal e em sentimento da passagem mais veloz do tempo. O autor a define como o "aumento do número de episódios de ação e/ou experiência por unidade de tempo" (ROSA, 2019, p. 601) em função de um escasseamento de recursos temporais.

Da esfera do ócio à do labor, como mostra Rosa (2019), uma compulsão à adaptação diante das transformações aceleradas dos modelos relacionais e associativos e das práticas e formas de orientação das ações promove uma sensação de viver em "declives escorregadios" que, metaforicamente, retrata o desejo de tornar-se cada vez mais rápido para poder atualizar-se frente ao mundo cambiante, contingente e inseguro, ainda que seja para permanecer na mesma posição social. Fato que revela a correlação existente entre esta dimensão aceleratória e a aceleração da mudança social.

De forma genérica, a aceleração social se expressa no aumento da quantidade de ações, por exemplo, de bens produzidos, de ocupações ao longo da carreira profissional ou de episódios de ação e experiências por unidade de recursos temporais disponíveis a sua realização, de modo que o permanente crescimento da quantidade de ações acima do aumento da velocidade de suas realizações marca a tendência aceleratória das sociedades capitalistas (ROSA, 2019).

O paradoxo entre a primeira e a terceira dimensão parcial mostra que a aceleração técnica promove uma considerável "economia de tempo" com a crescente disponibilidade de aparatos e processos por meio dos quais a diminuição da quantidade de tempo dispendida nas ações é capaz de, em parte, liberar tempo para formar uma reserva de recursos temporais livres. Então, mantendo-se constante a quantidade de ações, o tempo disponível geraria a expectativa da diminuição da velocidade das ações, da redução de ações simultâneas e do alongamento do tempo de pausas e intervalos. Ao contrário disso, o tempo permanece sendo um recurso escasso, porque quando ele é demandado implica numa intensificação do ritmo de vida que libera novos recursos temporais e os alocam em novas esferas de ação imersas em rotinas aceleradas, as quais, por sua

vez, clamam pelo aumento de inovações técnicas aceleratórias poupadoras de tempo.

Em decorrência do processo autopropulsado de aceleração social vivencia-se uma *temporalização do tempo* que suprime o seu par oposto, qual seja, uma "temporalização da vida enquanto um projeto temporalmente extenso". Nesse sentido, se outrora o esboço de "planos de vida" e o planejamento prévio da duração e do sequenciamento das ações no tempo serviam para coordenar e sincronizar as atividades sociais, a temporalização do tempo implica numa ausência de planejamento prévio da alocação de tempo para atividades da vida cotidiana, pois dadas as possibilidades de realização imediata e de surgimento de imprevistos as ordenações cronológicas são criadas e recriadas *no* tempo, de forma individual e flexível e tendo nas tecnologias móveis um potente suporte para a coordenação e a sincronização das cadeias de ação (ROSA, 2019, p. 473).

A emergência de uma temporalização do tempo traz implicações políticas decisivas uma vez que a ela corresponda uma destemporalização da história, da vida e, em parte, do cotidiano onde são perdidos "os planos 'metatemporais' históricos, biográficos e horários que determinam antecipadamente as qualidades temporais de acontecimentos e ações e fazem que os tempos cotidiano, biográfico e histórico pareçam planejáveis e direcionados" (ROSA, 2019, p. 583 – aspas do autor). Como a perda desses planos temporais se processa em um mundo social permanentemente instável e inseguro e é causada pelo aumento do campo de possibilidade de ações impulsionado pelas livres e flexíveis formas de encadear, criar e recriar as práticas sociais *no* tempo, a autodeterminação ética e política sucumbe justamente porque as tomadas de decisões e escolhas não são suportadas por um arranjo temporal minimamente estável que garanta os seus planejamentos, a avaliação de suas implicações e os seus direcionamentos, ainda que estes sejam passíveis de mudança.

Dessa forma, a aceleração social conduz a uma *política situacional*, que se instaura junto à formação de uma identidade também situacional, pois a "contração do presente" como uma marca da aceleração da mudança social orienta e induz ações e decisões que perdem os seus sentidos fora de contextos situacionais determinados. Aqui, o diagnóstico sociológico de matriz pós-moderna encontra

consonância na medida em que emerge uma rejeição à integração narrativa coerente entre os planos do passado, presente e futuro individuais e coletivos, bem como, uma recusa à integração dos tempos cotidiano, biográfico e histórico.

Assim, segundo Rosa (2019, p. 622), a política situacional se caracteriza pelo fato das decisões perderem o ímpeto de adesão e de projeção morais, respectivamente, nos planos do passado e do futuro e, em decorrência disso, “os acontecimentos gerados por elas permanecem episódicos tanto na experiência individual quanto na coletiva, sem se cristalizar em experiências que se insiram na história (de vida), ou que sejam vinculáveis narrativamente”.

Por fim, a relevância da dimensão temporal em moldar o agir político e a formação identitária assumida pelo prisma teórico da aceleração social também recai sobre o próprio desenvolvimento da autonomia dos atores sociais. A constituição da autodeterminação da vida individual e coletiva igualmente tende a se tornar problemática uma vez que encerrada em temporalidades fragmentadas e instáveis e nutrida nos limites das situações imediatas. Como ressalta Rosa (2019, p. 588):

> A possibilidade de uma genuína autodeterminação ética e política depende ainda da formação de preferências ou concepções de objetivos temporalmente resistentes ou transituacionais, nas quais configuração, progresso e movimento possam ser definidos e medidos. Autonomia equivale, nesse sentido, à busca temporalmente estável de planos definidos autonomamente, mesmo contra a resistência de condições situacionais em transformação.

Pelo exposto, constata-se que uma compressão temporal entendida como compressão espaçotemporal, temporalidade 24/7 ou aceleração social possui enraizamentos nas dimensões socioeconômica e histórico-cultural que, na rotina cotidiana ou na elaboração dos projetos de vida pessoal ou de sociedade, no ambiente de trabalho ou nas atividades de lazer, moldam de maneira relacional, contraditória e, por vezes, paradoxal as formas de sentir, pensar e agir individual e coletiva na sociedade contemporânea.

Nesses cenários fortemente dominados pelos recursos visuais, a onipresença de imagens imbricadas em estratégias de consumo e em projetos de poder inerentes à lógica do capital tencionam, por meio da superficialidade de seus conteúdos, da imediaticidade comunicacional e da efemeridade das experiências produzidas, a promoção de uma “desintegração da capacidade humana de ver”,

entendida como uma “leitura” crítica de informações visuais explícitas ou suscitadas condizentes com os desafios éticos e políticos que marcam as contradições sociais sob o capitalismo e, por isso, essencial para a formação da consciência humana.

Portanto, nesse fluxo imagético temporal acelerado tendem a desvanecer as capacidades de sínteses relacionais dos tempos do cotidiano, dos planos de vida e da História, no sentido de dificultar uma integração narrativa direcionada à transformação da realidade social, o que certamente traz implicações para o âmbito da educação escolar.

2.1.2 Implicações educativas da compressão temporal

Uma análise das tecnologias digitais restrita as suas dimensões materiais se torna vazia sem uma leitura sociológica que posicione e compreenda a sua função no próprio desenvolvimento histórico das formações sociais, do mundo do trabalho às demais esferas da vida cotidiana. Com a implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (MEC, 2018) um novo estímulo à inserção de tecnologia e cultura digitais no Ensino Médio ancora-se na garantia legal de uma compressão do tempo de formação básica (1800 horas ou menos) e na promessa de uma ampliação de tempo em itinerários com formação unilateral que ampliam a distribuição desigual do conhecimento, mediante a possibilidade da ampliação da formação cultural apenas para alguns estratos sociais, no ensino superior e em empregos na ponta da cadeia produtiva.

A perspectiva de um maior acoplamento da dinâmica escolar do Ensino Médio com o regime de acumulação flexível tende a transferir as demandas intelectuais culturais oriundas de suas necessidades aceleratórias de consumo e produção para a esfera escolar, o que compreende habilidades com tecnologias digitais e certa adaptação a um tempo acelerado. Pois, além da distribuição desigual do conhecimento, essas estratégias escolares acopladas ao regime flexível, denominadas por Kuenzer (2002, p. 92–93, grifos nossos) de *inclusão excludente,* não asseguram a qualidade formativa necessária para forjar identidades autônomas

do ponto de vista político e ético[5] e, também, ensejam um perfil formativo no qual "mulheres e homens flexíveis" sejam "capazes de resolver problemas novos com *rapidez* e eficiência, acompanhando as mudanças e educando-se permanentemente".

Nesse contexto, a superação de práticas educativas centradas ou reduzidas a uma essencialização da sociabilidade flexível em favor daquelas voltadas a ricos processos de formação intelectual e cultural se torna imprescindível no Ensino Médio. Essa superação pressupõe uma perspectiva não economicista e não determinista que conceba a prática educativa escolar como fenômeno social eminentemente contraditório e passível tanto de reproduções quanto de resistências às sociabilidades oriundas do regime de acumulação capitalista.

A partir destas considerações, aproximaremos dos fenômenos de sala de aula aqueles movimentos tendenciais que emergem do regime de acumulação flexível e caracterizam as relações entre tempo e imagens na vida social. Sob a noção de *implicações* assumiremos o caráter mediacional dessas influências externas sobre o processo de ensino e aprendizagem em Química, isto é, compreendendo-as como forças contraditórias e contextuais que possibilitam aberturas e fechamentos em maior ou menor intensidades.

Enquanto as *implicações de vivências prévias* dizem respeito aos fenômenos que recaem sobre as formas de consumo de imagens mediado por TDIC na vida cotidiana, as *implicações de uma aprendizagem flexível* buscam delinear os princípios filosóficos que caracterizam as formas de sentir, pensar, conhecer e agir demandadas ao Ensino Médio pela compressão temporal inerente ao regime de acumulação flexível. No âmbito da sala de aula, as *implicações de um ensino acelerado* procuram localizar ideias norteadoras para a condução do uso do tempo disponível frente ao fenômeno da aceleração social.

As *implicações de vivências prévias* se debruçam sobre os fatos de que os estudantes do Ensino Médio, em geral, possuem vivências com o uso de celulares e acesso à internet na forma predominante de consumidores de conteúdos digitais e de que estudos constataram que professores têm construído seus repertórios formativos sobre o uso de representações visuais a partir dos seus contatos com as

5 Mencionado na seção anterior, a própria aceleração social é uma inibidora do desenvolvimento da autonomia do indivíduo mediante a instauração de identidades e políticas situacionais.

mídias no dia a dia. Ambos os caminhos podem levar à sala de aula a influência de vivências das relações entre imagens e tempo adquiridas na vida cotidiana e, nesse sentido, por meio de imagens inseridas em lógicas mercantis com uma temporalidade 24/7 (CRARY, 2016).

Nesse sentido, o uso de imagens se destacada por meio da propaganda comercial ou política. A propaganda guarda semelhanças e diferenças sutis com a persuasão, ainda que se difira em termos de propósito e processo. Ela faz uso de estratégias persuasivas e tende a se valer de mensagens mais homogêneas porque são inseridas numa comunicação de massa (ou grupos) que supera as interações persuasivas direcionadas exclusivamente a uma pessoa. A propaganda como uma subcategoria de persuasão pode ser definida como “a tentativa deliberada e sistemática de moldar percepções, manipular cognições e direcionar o comportamento para obter uma resposta que promova a intenção desejada do propagandista” (JOWETT; O’DONNELL, 2015, p. 07, tradução nossa).

Trata-se de uma comunicação intencional que tenta produzir uma condição perceptiva, cognitiva ou comportamental ou ambas no seu público-alvo a partir de um planejamento prévio e cuidadoso de suas informações e de forma metódica e precisa, sendo que a conquista do efeito desejado por meio da comunicação beneficia o propagandista, nem sempre o público-alvo. As imagens, assim como a linguagem verbal, são utilizadas para moldar a percepção dos indivíduos porque o campo perceptivo é responsável pela “extração” de informações postas na externalidade do mundo objetivo e na internalidade dos repertórios pessoais.

Na esteira do estudo de Jowett e O’Donnell (2015), vemos que à medida que a percepção é moldada a manipulação de cognições é favorecida. Assim, o efeito desejado pela propaganda é uma atitude, isto é, uma resposta cognitiva ou afetiva a um estímulo e baseada nas percepções individuais. As atitudes e crenças formadas passam a influenciar as percepções pessoais. Segundo o autor, a manipulação da propaganda é vista como manuseio, controle e gerenciamento porque não ocorre no vácuo, pois um processo complexo ligado a valores e emoções pessoais e sociais caracteriza a formação de cognição e atitude.

Ao evocar comportamentos e atitudes determinadas, as estratégias persuasivas procuram a moldagem, o reforço e a mudança de respostas. A

moldagem pressupõe características de aprendizagem, como tentar ensinar as respostas desejadas ao público-alvo oferecendo reforço positivo (recompensa) para cada atitude desenvolvida. Por sua vez, o reforço das respostas almejadas envolve despertar, resgatar e estimular atitudes previamente existentes sobre o assunto no público-alvo. A tarefa persuasiva mais difícil é a mudança de respostas porque intenciona a alteração de um tipo de atitude ou comportamento para outro, pois prescinde de atitudes e comportamentos preexistentes e aceitos, os quais servem de âncoras para que os novos sejam fixados. Assim, as estratégias persuasivas da propaganda podem assentar âncoras em crenças fortemente arraigadas no público, em valores pessoais porque orientam comportamentos, em atitudes devido a sua predisposição relativamente duradoura para respostas e em padrões de comportamento por serem passíveis de resgate, inibição ou atualização (JOWETT; O'DONNELL, 2015).

O sentido fundamental de tais âncoras para a propaganda é a produção de "mensagens de ressonância". Conforme Jowett e O'Donnell (2015, p. 43), em vez de perceber o conteúdo da mensagem como a imposição de uma autoridade externa, o público-alvo percebe as âncoras que o fundamenta como sendo provenientes de si mesmos. Nesse ressonar informacional, o "persuasor é uma voz de fora, falando a linguagem das vozes dos membros do público", para controlar o fluxo de informações, moldar percepções e gerenciar opiniões, ocultando o verdadeiro propósito da propaganda.

Ao analisarem a sociedade americana, Benkler, Faris e Robert (2018) constataram que a comunicação política funciona num ecossistema midiático específico e imerso em propaganda. Os autores propõem uma tipologia na qual o termo propaganda descreve a propaganda branca**,** ou seja, quando as informações da mensagem tendem a ser precisas e são emitidas por uma fonte corretamente identificada. Como um subconjunto da propaganda, o termo desinformação (*disinformation*) agrega a divulgação de informações explicitamente falsas ou enganosas. Aqui, estão incluídas, conforme Jowett e O'Donnell (2015), as propagandas preta e cinza, respectivamente, quando mensagem é mentirosa e a fonte é ocultada ou creditada a uma autoridade falsa e, numa posição intermediária,

quando a precisão da mensagem é incerta e a fonte pode ou não ser corretamente identificada.

A divulgação de mentiras (*bullshit*) ocorre quando o divulgador não leva em conta a veracidade ou a falsidade das informações e as suas potenciais implicações políticas, centrando-se numa recompensa financeira. Aqui, se localiza a produção de notícias falsas por “caçadores de cliques”, pois não possuem uma agenda política e, ao contrário da propaganda, são indiferentes ao seu impacto nas crenças, atitudes ou preferências do público-alvo e a intenção de moldar comportamentos. Por sua vez, as informações errôneas (*misinformation*) dizem respeito à divulgação de mensagens errôneas sem a intenção de enganar e manipular e sem um propósito político (BENKLER; FARIS; ROBERT, 2018).

Os efeitos das práticas de desinformação encontrados por meio de pesquisa de campo incluíram a indução às percepções equivocadas, no sentido de promover crenças factuais e politicamente ativas que são falsas, pois contradizem as melhores evidências disponíveis no domínio público ou representam interpretações patentemente implausíveis das evidências observadas. A desinformação não se limita a distorcer fatos, mas inclui táticas de construção de interpretações contendo erros lógicos óbvios, de interpretações de má-fé ou de um arranjo que contradiz um consenso profissional bem documentado. Com o efeito de distração, a propaganda pode, por vezes, desviar a atenção do público-alvo de um determinado assunto ou evento para outro de modo que a capacidade de formar crenças politicamente ativas ou atitudes em relação ao primeiro seja diminuída. A desorientação, por sua vez, é o efeito de desorientar o público-alvo no processo de apreensão da verdade, afastando-os das instituições (científicas, governamentais, etc.) como fontes de informação, ou seja, o efeito de confusão é priorizado em vez do convencimento (BENKLER; FARIS; ROBERT, 2018).

Nessas múltiplas formas comunicacionais a presença de imagens e a sua contribuição para a potencial realização das intenções do divulgador são incontestáveis. No âmbito da propaganda, as representações visuais que simbolizam o poder são preferíveis para moldar percepções e maximizar o efeito desejado pelo propagandista (JOWETT; O’DONNELL, 2015), bem como imagens derrogatórias podem auxiliar na desumanização de grupos sociais (MACDONALD,

2007). Na luta pela captura da atenção, o uso de imagens vívidas e atraentes pode ajudar a “rotular” a mensagem e, com isso, influenciar a percepção do público-alvo (MACDONALD, 2007).

Esse papel estratégico na moldagem de percepções ganha ênfase com os grandes avanços computacionais, os quais não apenas facilitam e estimulam a alimentação desse imenso fluxo imagético digital, mas, também, facilitam o acesso às ferramentas de criação e manipulação de imagens. As imagens são dominantes na vida cotidiana e, de acordo com Macdonald (2007), as imagens alteradas podem assumir uma função significativa e poderosa, como ferramenta de apoio ou principal, em propagandas, operações psicológicas e de engano, muito embora o autor ponha em relevo a constatação de Foss[6] (apud MACDONALD, 2007, p. 50) de que os efeitos significativos das imagens na mídia sejam muito mais difíceis de mensurar que os gerados pelas palavras, o que reside na dificuldade de uma definição clara de sua mensagem.

Segundo o autor, as imagens ou vídeos alterados podem distrair o público do texto escrito ou da narração que os acompanham, obscurecendo os significados destes últimos. Em especial, estórias falsas suportadas por imagens ou vídeos alterados usadas em propaganda ou para engano podem se espalhar rapidamente e ganhar ampla atenção nas mídias. Ainda, imagens não alteradas são eficazes quando de forma seletiva ressaltam determinados aspectos e ocultam outros, quando são referenciadas por legendas incorretas ou quando o evento retratado é encenado.

Com a revolução da imagem no século XX, ressalta Macdonald (2007), a maioria das pessoas obtêm a grande parte de suas informações por meio de imagens à medida que uma relativa falta de habilidade para detectar imagens manipuladas é presenciada na população. De forma que, mesmo com um elevado nível de educação, a população não ficaria imune aos efeitos de um propagandista habilidoso. O autor reforça a necessidade de um conjunto de habilidades críticas, ainda que seja mais difícil de ser adquirido que um conjunto para análise de texto ou retórica oral. Isso perpassaria pela consciência de que as imagens moldam a nossa visão da realidade e afetam a nossa tomada de decisões, bem como pela

6 Foss, S. Framing the study of visual rhetoric: toward a transformation of rhetorical theory in Hill, C. and Helmers, M. (eds) **Defining Visual Rhetorics**, London: Lawrence Elbaum, 2004, 303–13.

identificação de imagens alteradas e a compreensão dos aspectos limitantes e potenciais das próprias imagens.

Esse conjunto de desafios frente a leitura crítica de imagens na vida cotidiana encontra uma dimensão temporal inerente a sua forma predominante de disponibilização, a propaganda, e dentro de um contexto tecnológico digital de acesso à internet que os inserem num fluxo temporal de instantaneidade e aceleração social.

Nesse sentido, consideramos o influente trabalho de Jacques Ellul (1973) que se alicerça em fundamentos sociológicos e psicológicos para construir uma concepção ampla de propaganda, a qual segundo Winner (2013) continua sendo uma importante referência teórica para o entendimento da comunicação em sociedades modernas e centradas em tecnologias. Em suas palavras, a obra de Ellul é “uma premonição da terrível situação que mesmo democracias relativamente estáveis e prósperas agora enfrentam” (WINNER, 2013, p. 99, tradução nossa).

A propaganda moderna pode ser compreendida como um conjunto de técnicas que utiliza todos os tipos de mídias disponíveis e produz tipos específicos de propaganda de uso combinado. Ela é um fenômeno social contínuo porque permeia toda a vida diária e duradouro no sentido de operar por um longo período de tempo. Isso decorre de sua natureza constitutiva e compreende duas fases, subpropaganda e propaganda ativa. Assim, uma propaganda ativa (política) que intenciona modificar opiniões e atitudes deve ser precedida por uma subpropaganda (sociológica) que, em vez de induzir ações e tomadas de decisões, cria um clima psicológico preliminar com atitudes favoráveis e de forma difusa e imperceptível, procedendo como manipulações psicológicas, criação de sentimentos ou estereótipos úteis em um momento ulterior oportuno.

A repetição é o mecanismo que torna as influências propagandísticas imperceptíveis capazes de criar conformidade em um ambiente psicológico favorável e tornar a propaganda duradoura, ou seja, por meio de sucessivos e múltiplos impulsos que são sempre renovados assim que algum enfraquece. A propaganda ativa funda-se em eventos contemporâneos e naquilo que é oportuno e, em consonância com crenças sociais, remete o público-alvo à ação. Nesse sentido, o seu poder de sedução e mobilização residem em sua ligação com “o imediatismo

mais volátil" e seu conteúdo é oportunamente apreendido por ser uma "evidência imediata" de uma profunda crença (uma ideologia), um mito como o do progresso, da tecnologia, etc., que foram lenta e progressivamente incutidos por meio da subpropaganda (ELLUL, 1973, p. 43, tradução nossa).

Essa essencialização do imediato e do atual tem implicações temporais que levam a uma apreensão superficial dos assuntos, pois segundo Ellul (1973, p. 46, tradução e grifos nossos)

> Na medida em que a propaganda é baseada em notícias atuais, ela *não pode permitir tempo para pensamento ou reflexão*. Uma pessoa pega pelas notícias deve *permanecer na superfície* dos acontecimentos; *ela é levada pela corrente* e em nenhum momento pode dar uma trégua para julgar e apreciar; ela nunca pode parar para refletir. Nunca há nenhuma consciência – de si mesmo, de sua condição, de sua sociedade – para a pessoa que vive dos acontecimentos atuais. Tal pessoa nunca para para investigar qualquer ponto, da mesma forma que não vai relacionar uma série de eventos de notícias.

No mesmo sentido temporal, dois efeitos da propaganda em conjunto contribuem para uma aceleração da formação da opinião pública, a cristalização e a simplificação. A propaganda fornece certa estrutura à opinião pública, especificando objetivos precisos e delineando o espectro de ações, assim a opinião "vaga, inconsistente, não formulada, latente" torna-se uma ideia explícita e de "mutável e versátil" a opinião torna-se "fixa". A propaganda também "atinge o indivíduo reduzindo o seu campo de pensamento e ângulo de visão pela criação de estereótipos" (ELLUL, 1973, p. 204, tradução nossa).

Por sua vez, a cristalização leva ao efeito de simplificação, onde ocorre uma redução das possibilidades de atitudes a uma lógica binária do positivo e negativo, ou seja, as mais diferenciadas opiniões são alocadas pela propaganda em um ou outro polo. A simplificação dos temas pela propaganda acelera a formação de uma opinião pública que, com sua rigidez e densidade, "logo a torna impermeável a todo raciocínio, prova e fato contrários". Se segundo Ellul (1973, p. 205, tradução nossa)

> […] pelo processo de simplificação, a propaganda faz com que ela [opinião pública] tome forma mais rapidamente. Sem simplificação, nenhuma opinião pública pode existir de qualquer maneira; quanto mais complexos forem os problemas, julgamentos e critérios, mais difusa será a opinião. Nuances e gradações impedem a formação da opinião pública; quanto mais complicado, mais tempo leva para assumir uma forma sólida. Mas, no caso de tal difusão, a propaganda intervém com uma força de simplificação.

Na especificidade dos noticiários televisivos, Macdonald (2007, p. 133, tradução nossa) pondera que na exibição de suas narrativas suportadas por imagens “o breve tempo gasto em cada estória significa que há pouca ou nenhuma análise do conteúdo” e, ainda assim, a opinião é formada “quase inteiramente baseada em imagens, não em palavras”. Para o autor, “o tempo é crucial para as operações de propaganda e engano”, pois “a chave é garantir que o alvo não tenha tempo para refutar a estória ou rastreá-la até a fonte, antes que o dano tenha sido feito” (MACDONALD, 2007, p. 144, tradução nossa).

Suas ponderações se coadunam com o fluxo abundante e incessante de imagens consumidas em plataformas digitais (Instagram, Facebook, Tiktok, etc.) com múltiplos potenciais de propaganda, desinformação, mentira ou informação errônea. Se outrora uma imagem era assistida na televisão uma única vez e o tempo para recuperá-la e analisá-la era inexistente, por outro lado, atualmente a possibilidade de seu resgate (e arquivamento) não diminui os desafios postos pela desinformação baseada em imagens alteradas. Segundo o autor, “muitas vezes até especialistas podem levar muito tempo e, mesmo se forem identificadas como imagens alteradas, pode ser difícil convencer o público que se trata de uma imagem alterada” (MACDONALD, 2007, p. 136, tradução nossa).

Esse conjunto de fenômenos sociais vistos na sua diversidade e sob uma noção ampliada de propaganda apontam para potenciais vivências prévias de estudantes e professores com as relações entre imagens e tempo em arranjos que enfocam na superficialidade de entendimentos, em formas persuasivas e no engando. Diante disso, a Química, como uma “ciência visual”, e a escola, como produtora/reprodutora de aspectos da dinâmica da vida em sociedade, criam um ambiente de confluência para a emergência dessas vivências prévias, o que nos leva a considerar criticamente aspectos de uma aprendizagem associada aos ideários do regime de acumulação flexível no contexto da compressão temporal.

Algumas *implicações de uma aprendizagem flexível* foram ressaltadas por Kuenzer (2017) por meio de uma análise epistemológica do discurso pedagógico toyotista. Na sua dimensão pragmática da aprendizagem, a prática é concebida como ponto de partida e de chegada na construção de significados sem que sejam colocadas no horizonte reflexões acerca dela que elaborem sínteses teóricas

capazes de orientar práticas transformadoras, isto é, sem que sejam superados os limites do senso comum e do conhecimento tácito. Nessa perspectiva, a teoria é afastada da prática e se desvanece, enquanto que, num viés utilitarista, os significados construídos tendem a ficar limitados ao imediato e reduzidos à experiência sensível. Na sua dimensão presentista, a historicidade, os projetos e as possibilidades de transformação da realidade são subsumidos por uma sobrevalorização do tempo presente. Assim, como a experiência histórica sucumbe às experiências particulares, a fragmentação das relações sociais e do conhecimento triunfam. No primeiro caso, se estimula a atomização dos indivíduos em interações entre indivíduos e não como coletivo, o "projeto de vida" e o "itinerário formativo" fundamenta-se em escolha pessoal. No segundo, metodologias que suportam sínteses teóricas no sentido da apreensão pelo pensamento das múltiplas determinações causais que operam nos fenômenos postos na realidade são desvalorizadas e a fragmentação do conhecimento, da organização curricular e das metodologias de ensino ganham ênfase.

Essa fragmentação está em consonância com o consumo predatório na ponta inferior da cadeia produtiva sustentado pela banalização das competências cognitivas propiciadas pelas novas tecnologias informacionais. A polivalência no trabalho, então, aparece no horizonte desse tipo de aprendizagem, uma vez que, segundo Kuenzer (2000, p. 86), a polivalência é

> […] a ampliação da capacidade do trabalhador para aplicar novas tecnologias, sem que haja mudança qualitativa dessa capacidade. Ou seja, para enfrentar o caráter dinâmico do desenvolvimento científico-tecnológico o trabalhador passa a desempenhar diferentes tarefas usando distintos conhecimentos, sem que isso signifique superar o caráter de parcialidade e fragmentação dessas práticas ou compreender a totalidade.

Dessa forma, o presentismo e o pragmatismo necessários à sustentação da lógica de consumo encontram as implicações da aprendizagem flexível nas relações entre professor e alunos. De um lado, a função do professor tende a ser secundarizada a um papel de "tutor" que planeja, acompanha e suporta situações de interação entre os alunos. Por outro lado, a autonomia no sentido dos alunos tornarem-se sujeitos de suas próprias aprendizagens tende a ficar presa em um "protagonismo pragmático", no qual (KUENZER, 2017, p. 349)

> […] o pensamento debruça-se sobre as práticas não sistematizadas, derivadas das respostas criativas para resolver os problemas do cotidiano do trabalho e das relações sociais, no esforço de compreendê-las e sistematizá-las, mas sempre a partir delas mesmas. Ou seja, à medida que conhecimentos tácitos vão sendo desenvolvidos pela experiência, serão objetos de reflexão em busca de sua sistematização, sem a mediação da teoria; esse processo leva a aprendizagens no próprio processo – o aprender a aprender, a criar soluções pragmáticas que podem ser intercambiadas pela linguagem, uma vez compreendidas pela reflexão. As aprendizagens colaborativas, mediadas pelas tecnologias, serão resultantes desse processo de troca de experiências práticas sem, necessariamente, reflexão sustentada teoricamente.

Essas implicações da aprendizagem flexível e das vivências prévias inserem a discussão acerca do uso dos recursos visuais digitais ou analógicos no ensino de Química em um arranjo didático ascendente, o qual pressupõe a mediação do professor e dos recursos visuais em aprendizagens intelectualmente profundas e epistemologicamente integradas, em contraposição a um arranjo descendente, no qual a relação de superficialidade e de fragmentação experienciada com os recursos visuais no cotidiano por meio das mídias não é devidamente rompida, propiciando a sua naturalização. A sala de aula, então, como lugar de ruptura, problematiza a importação acrítica dessas relações como a “visualidade” no cotidiano, pois, retomando Macdonald, “a mídia centrada em imagens já é fonte de informações enganosas”, não por serem imprecisas mas porque, em muitos casos, são “fragmentadas, superficiais e criam a ilusão de saber algo, mas não fornecem informações bem fundamentadas” (MACDONALD, 2007, p. 133, tradução nossa).

Esse desafio de reorientar o uso de recursos visuais também pressupõe uma reorientação na relação com o uso do tempo pelo professor e os alunos em sala de aula. Sob a ideia de *implicações de um ensino acelerado* alocamos considerações sobre um acoplamento dos processos escolares a uma lógica de compressão temporal. Entretanto, reiteramos que a influência de fenômenos como o da aceleração social sobre a escola não ocorre de forma imediata e por meio de relações mecânicas e deterministas. Em acordo com Maia (2017), se, por um lado, a categoria da aceleração social pode ser válida numa reflexão sobre a instituição escolar devido a esta ser de natureza social, por outro, existem múltiplas dimensões no interior da escola nas quais se entrecruzam outros fenômenos além dos sociológicos, o que pressupõe investigações empíricas específicas.

A partir desses pressupostos, uma aproximação do conceito de aceleração técnica (ROSA, 2019) com o contexto escolar nos ajuda a desvelar a aparência de que as TDIC possuem o atributo intrínseco de poupadoras de tempo. Paradoxalmente, onde quer que elas sejam inseridas ocorre a tendência de diminuição do tempo livre para a intensificação da aceleração do trabalho, em vista de pressões econômicas (por rapidez na produção, circulação e consumo de mercadorias). Conforme aponta Maia (2017, p. 379), as TDIC "estão atreladas a uma concepção temporal que determina, de saída, sua utilização e seus fins,[…] elas não podem ser pensadas como protagonistas". O autor ressalta, citando investigações empíricas, que uma das consequências desse acoplamento é a sobreposição de um domínio do meio digital sobre o domínio dos conteúdos escolares, ficando estes reduzidos a simples formas de exposição.

Uma mimetização em sala de aula desse arranjo temporal da comunicação midiática ditada pela lógica concorrencial do regime de acumulação flexível pressupõe que as imagens capturam (espacializam) o tempo e são inseridas em um fluxo veloz de exibição e consumo. Assim, nesse arranjo, "o que se radicaliza é a fragmentação e a sobreposição de estruturas temporais, uma aceleração radical que arrasta o sensório sem que possa haver tempo de refletir sobre o que se vê" (MAIA, 2014, p. 231). Ao contrário disso, uma relação com as imagens que permita "refletir sobre o que se vê" pressupõe a emergência de outros tempos e, para isso, um arranjo temporal que subverta a posição de protagonistas dos recursos visuais digitais para a de coadjuvantes no ensino e aprendizagem, pois conforme Maia (2014, p. 234 – grifos nossos)

> […] o problema da adaptação do sensório[7] humano aos aparatos técnicos se agrava na medida em que eles se tornam cada vez mais ubiquamente disponíveis e capazes de atingir os sentidos *sem serem mediados por outra realidade temporal que não seja a do próprio aparato*.

Outro conceito que pode se articular com uma reflexão sobre a sala de aula é o de aceleração do ritmo de vida, assumindo a jornada escolar como parte das atividades diárias sincronizadas ou dessincronizadas com a aceleração social. Se os

7 Aqui, a adaptação é tomada como uma "lixiviação" do sensório para se ajustar às demandas temporais de aceleração, o que tende a ocasionar em uma "decomposição das qualidades subjetivas" dos sujeitos. Corrobora o fluxo ininterrupto de imagens que alimenta o vício social por sensações, cujo o significado (o de sensação) já se deslocou do sentido de percepção para o sentido daquilo que é chamativo e espetacular, para o evento.

aparatos técnicos permitem e inspiram relações de rapidez, por outro, a orientação para a eficiência e a produtividade aceleram os ritmos de vida e que, como vimos antes, se expressa no aumento das ações ou experiências por unidade de tempo.

O ideário centrado na competitividade, eficiência e produtividade constitui os fundamentos de reformas educacionais neoliberais (LAVAL, 2019) e pode trazer implicações como a percepção acelerada do próprio ritmo de ensino escolar (REPU, 2021). Nessas condições, para Maia (2017), a materialização desse ideário em uma produtividade escolar implica ajustes temporais em favor dos princípios da aceleração que tendem a suprimir os ideais de formação cultural, com seus processos lentos, recorrentes e temporalmente articulados.

Numa perspectiva contrária ao de um ensino acelerado, o professor é assumido como um mediador capaz de deslocar o efeito da compressão temporal trazido pelas tecnologias digitais que “suprime a duração necessária à produção de uma experiência” (MAIA, 2014, p. 226) na medida em que a sua “atuação consciente e refletida permita a emergência do tempo kairológico na sala de aula” (MAIA, 2017, p. 379), isto é, “um tempo que se expressa pelo recheio ou pelo preenchimento de significados e valores” (PAULA, 2016, p. 1065) e que pode fornecer uma abertura ao surgimento da experiência.

Para isso, concordando com Maia (2017), o professor em seu ato mediador exerce o domínio sobre o ritmo das aulas e, em nosso caso, das atividades e ações que constituem cada aula em particular. Ele promove um ajuste entre os tempos cronológicos (*Chronos*), objetivos, físicos, mensuráveis e que se põem à fragmentação e à continuidade, e os tempos kairológicos (*Kairós*), subjetivos, vivenciados e que se põem ao inesperado, ao oportuno e aos novos sentidos. Nesse ajuste, a segmentação, a distribuição e a continuidade das atividades no tempo cronológico encontram o encadeamento temporal kairológico que se constitui na emergência de sentido e significado sobre as próprias atividades e a sua distribuição.

Em certa medida, isso revela o professor como a última barreira aos desejos de plena aceleração que adentram no cotidiano escolar por meio de mecanismos gerenciais, da fragmentação do tempo das aulas ao ensino “apostilado” com conteúdos e tarefas que projetam tempos pré-determinados. Dessa forma, o uso de

recursos visuais, e em especial os digitais, na educação escolar em Química, com suas demandas de tempo para a interpretação de códigos e convenções e a construção de significados abstratos e complexos, também se encontra imerso em uma tensão temporal cronokairológica na qual o professor tenciona a operacionalização dos recursos temporais disponíveis em favor da emergência de uma intensidade experiencial (de sentidos) que ordene as atividades (com significados) e impulsione o desenvolvimento cultural humano. Conforme menciona Paula (2016, p. 1051)

> Se o [tempo cronológico] é o fluir, o [tempo kairológico] é o bordar, a mudança na triangulação entre trama e urdidura. Se, alegoricamente, Chronos é o semear, o jogar a lanço e as relações com a agricultura, Kairós é o laçar, o caçar, o vigiar o momento oportuno, o pastorear e as relações do cuidado com os animais. São os laços, os elos, as amarras que dão intensidade e encadeiam os significados no fluir.

Assim, em acordo com a autora, tal como um “maestro” a função do professor de “reger” as durações e as intensidades das ações em sala de aula é imprescindível para “ampliar as possibilidades temporais presentes no processo educativo, transitando magistralmente entre os tempos cronológico e kairológico” (MAIA, 2017, p. 378).

A noção de experiência como a forma de abrigar a particularidade do tempo e temporalidades escolares e, em especial, dos processos de sala de aula ganha um vigor com a perspectiva apontada por Jorge Larrosa, que a localiza mais como um horizonte de possibilidades (e impossibilidades) fugidias, do que um propósito a perseguir. De acordo com o autor, o Século XX “coloca em funcionamento massivo uma série de dispositivos que tornam impossível a experiência, que falsificam a experiência ou que nos permitem nos desembaraçarmos de toda a experiência” (LARROSA, 2014, p. 626).

Dentre esses obstáculos percebidos a partir de um olhar sobre os processos educativos encontram-se o tempo e a informação. O ritmo frenético produz efeitos destrutivos uma vez que o surgimento potencial de uma experiência exige um gesto de interrupção para pensar, olhar, escutar e sentir mais devagar. Para Larrosa (2002, p. 24), isso implica “demorar-se nos detalhes, suspender a opinião, suspender o juízo, suspender a vontade, suspender o automatismo da ação, cultivar a atenção e a delicadeza, abrir os olhos e os ouvidos, falar sobre o que nos acontece, aprender a lentidão, escutar aos outros, cultivar a arte do encontro, calar

muito, ter paciência e dar-se tempo e espaço". Ainda sobre a dimensão temporal, nos diz o autor que (LARROSA, 2002, p. 23):

> Tudo o que se passa passa demasiadamente depressa, cada vez mais depressa. E com isso se reduz a um estímulo fugaz e instantâneo, imediatamente substituído por outro estímulo ou por outra excitação igualmente fugaz e efêmera. O acontecimento nos é dado na forma de choque, do estímulo, da sensação pura, na forma da vivência instantânea, pontual e fragmentada. A velocidade com que nos são dados os acontecimentos e a obsessão pela novidade, pelo novo, que caracteriza o mundo moderno, impedem a conexão significativa entre acontecimentos. Impedem também a memória, já que cada acontecimento é imediatamente substituído por outro que igualmente nos excita por um momento, mas sem deixar qualquer vestígio.

Essa velocidade com que os acontecimentos e os estímulos são apresentados e renovados produz um fluxo intermitente de informações e tende a se apresentar como uma barreira ao surgimento de experiências. O educar não pode essencializar a informação porque ela é quase a antiexperiência, assim como o excesso de opinião incapacita a experiência, pois, para Larrosa (2002, p. 21–22) isso nos revela a tendência em

> […] constituir-nos como sujeitos informantes e informados; a informação não faz outra coisa que cancelar nossas possibilidades de experiência. O sujeito da informação sabe muitas coisas, passa seu tempo buscando informação, o que mais o preocupa é não ter bastante informação; cada vez sabe mais, cada vez está melhor informado, porém, com essa obsessão pela informação e pelo saber (mas saber não no sentido de "sabedoria", mas no sentido de "estar informado"), o que consegue é que nada lhe aconteça.

A experiência sendo "isso que me passa" (LARROSA, 2011, p. 05 e 06), pressupõe um acontecimento, que algo ou alguém estranho a mim revele-se como sendo radicalmente um outro que não eu e alheio a mim, porque não é meu, não posso previamente apreendê-lo. Por outro lado, ela se dá num movimento de ida e de volta, de ida porque se vai ao encontro do acontecimento e de volta porque este afeta, produz efeitos no sentir, no pensar, no ser daquele que foi. A experiência é sempre subjetiva, de um sujeito sensível e aberto que se sujeita a que algo lhe passe, desse modo, ela é única, singular, particular, própria de cada sujeito. Uma abertura e uma sensibilidade para a sua própria transformação, ou de suas próprias palavras, ideias, sentimentos, representações (LARROSA, 2011, p. 07).

A abertura para processos transformadores faz com que a experiência esteja imbricada com a formação. Entretanto, o autor nos alerta que a escola tem funcionado "no sentido de tornar impossível que alguma coisa nos aconteça"

(LARROSA, 2002, p. 23) não apenas pelo funcionamento díade informação/opinião, mas também pelo fator temporal. A formação contínua numa perspectiva mercadológica reflete um professor que está em constante busca de capacitações e os currículos escolares cada vez mais se organizam em inúmeros componentes cada vez mais curtos, de modo que "em educação estamos sempre acelerados e nada nos acontece".

Por sua vez, a própria relação da experiência com o conhecimento que necessariamente pressupõe a transformação e a formação (LARROSA, 2011, p. 13)

> Nós vivemos num mundo em que acontecem muitas coisas. Tudo o que sucede no mundo nos é imediatamente acessível. […] Nossa própria vida está cheia de acontecimentos. Mas, ao mesmo tempo, quase nada nos passa. Os acontecimentos da atualidade, convertidos em notícias fragmentadas e aceleradamente obsoletas, não nos afetam no fundo de nós mesmos. Vemos o mundo passar diante de nossos olhos e nós permanecemos exteriores, alheios, impassíveis. Consumimos livros e obras de arte, mas sempre como expectadores ou tentando conseguir um prazer inconsequente e instantâneo. *Sabemos muitas coisas, mas nós mesmos não mudamos com o que sabemos. Ess*a seria uma *relação com o conhecimento que não é experiência posto que não resulta na formação ou na transformação do que somos*.

Esses aspectos nos levam a pensar a experiência como um horizonte possível e não perseguido. Por isso, é importante demarcar que o seu caráter fugidio e rebelde faz com que ela não possa ser produzida, pedagogizada e didatizada, e nem se tornar a base de técnicas, práticas e metodologias (LARROSA, 2014, p. 44), e seus efeitos não podem ser antecipados, pois ela não corresponde ao "tempo linear da planificação, da previsão, da predição, da prescrição, senão com o tempo da abertura" (LARROSA, 2011, p. 19).

Mas se uma tensão temporal cronokairológica emerge como um fator constituinte e condicionante para o surgimento da experiência, quais poderiam ser as características temporais para o seu surgimento nos processos escolares? Para Larrosa (2018) definitivamente não se trata do tempo caracterizado pela aceleração, mercantilização ou homogeneização e, de modo geral, a escola deve manter certa dessincronização com os tempos e as temporalidades dominantes. Ainda, segundo Larrosa (2018, p. 294), em contraposição aos fenômenos aceleratórios, na escola se busca

> 1) uma temporalidade lenta e, portanto, não pode se submeter aos dispositivos da aceleração;

> 2) uma temporalidade longa e orientada e, portanto, não pode se submeter aos dispositivos da atomização e da desorientação;
> 3) uma temporalidade desconectada, separada, qualitativamente diferente, um intervalo temporal em si mesmo e, portanto, não pode se submeter aos dispositivos da homogeneização;
> 4) uma temporalidade livre, indefinida, indeterminada, não produtiva, não mercantilizada, não regulamentada pela eficácia nem pela rentabilidade e;
> 5) um tempo elástico, flexível, indeterminado, um tempo que não se conta e que, portanto, quando quer se converter em moldes cronométricos, sempre fica curto.

O autor oferece a ideia da "escola a contratempo" para sustentar essas dimensões temporais. Mas, essa diferenciação temporal que caracteriza ou deve caracterizar o ambiente escolar se apresenta, também, como crítica às tecnologias e suas implicações na atenção. A partir do trabalho de Bernard Stiegler[8], Larrosa evidencia que a educação necessita de um tempo particular justamente porque pressupõe "formar a atenção".

Utilizando a perspectiva stiegleriana, o autor demarca que as tecnologias fundamentais da educação são a leitura e a escrita (tecnologias do espírito), baseadas no desejo e mediadas simbolicamente, e que entram em contraposição com as "psicotecnologias", fundadas na pulsão e mediadas ciberneticamente, sendo que estas últimas não se voltam para a formação da atenção, mas para a sua automatização, controle, uso mercantil e, inclusive, a sua destruição. Esse aspecto é fulcral porque as "formas de atenção" são também "formadoras da atenção", por isso, a escola se institui pela criação e disponibilização de um tempo para que os estudantes possam se ocupar, "livre e pacientemente, lendo e escrevendo", vale dizer, que não estejam "submetidos às lógicas temporais dos aparatos", pois, trata-se de "um tempo separado dos dispositivos de temporalização inscritos no próprio funcionamento dos aparatos" (LARROSA, 2018, ps. 292 e 297).

Essa escola a contratempo "requer perder o tempo" com os jovens, "dar-lhes tempo e dar-se tempo com eles", o recheio desse tempo liberado e doado é a instrução que pressupõe a "publicidade do saber" e a "relação com as matérias de estudo", ou seja, é um tempo preenchido "pela atenção, pelo exercício, pela disciplina e pelo cuidado" (LARROSA, 2018, ps. 292 e 294). Nesse sentido, cabe ao professor construir esses contratempos, nas palavras de Larrosa (2018, p. 297):

> O que a aula dá ao professor é, fundamentalmente, tempo. E o professor, por outro lado, tem que "fazer tempo" (um tempo lento, orientado,

8 Stiegler, Bernard. *Prendre soin: de la jeunesse et des générations* Paris: Flammarion, 2008.

> dessincronizado, não mercantilizado) e “dar tempo”. A aula como cápsula temporal e o professor como fazedor e dador de tempo. Os estudantes como os que têm tempo, como aqueles que podem dar-se tempo e tomar-se tempo.

A partir desse ponto de vista temporal, o autor infere que a manutenção da escola dependerá da capacidade de defender uma temporalidade que permita a formação da atenção das novas gerações porque ela é condição para a consciência. Alguns dos aspectos da leitura stiegleriana de Larrosa nos inspiram na organização de noções para pensar o uso tempo com os recursos visuais nas aulas de Química no Ensino Médio, quais sejam:

Educar em Química Escolar pressupõe: a) perder o tempo com os jovens, dar-lhes tempo e dar-se tempo com eles; b) utilizar o tempo para a instrução, o exercício e o estudo; c) usar tecnologias de uma forma que, assim como a leitura e a escrita, sejam formadoras e não automatizadoras e destruidoras da atenção; d) fazer e oferecer tempos abertos ao surgimento da experiência e; e) fazer e oferecer novas relações entre o uso do tempo (contratempo) com os recursos visuais. Esses princípios orientadores buscam fornecer suporte a crítica necessária ao uso de tecnologias digitais ou analógicas que medeiam o processo de ensino e aprendizagem com recursos visuais químicos.

Pelo exposto, as influências de uma compressão temporal característica do regime de acumulação flexível sobre o trabalho educativo tendem a se apresentarem por caminhos distintos e a se articularem no ambiente de sala de aula. De uma maneira potencial, a vivência prévia cotidiana dos estudantes e professores com as TDIC pode mediar relações com arranjos imagéticos dotados de conteúdos superficiais e fragmentados e temporalmente insuficientes a uma “leitura” crítica. Desse modo, esses arranjos “cristalizam” a opinião pública desvanecendo a própria autonomia e reflexividade da opinião pessoal.

Em concordância com essa lógica, emerge do discurso ambíguo das reformas curriculares atuais, historicamente alinhadas aos interesses formativos e ideológicos do campo econômico, estímulos à inserção de TDIC no cotidiano escolar. Uma ambiguidade que favorece a secundarização do papel mediador do professor e dos conhecimentos escolares pertinentes à formação humana. Uma inserção de TDIC que, ao tencionar mais o domínio dos meios digitais do que o domínio dos significados técnico-científicos e sócio-históricos, se mostra em

consonância com o desenvolvimento nos estudantes de um protagonismo pragmático, condizente com a banalização das competências cognitivas.

Na sala de aula, essas tendências encontram o professor e sobre ele recai o dilema ético e político do *que fazer com o tempo?* Como compatibilizar o uso dos recursos temporais disponíveis em função das ações e experiências de ensino? Como mediar pedagogicamente as relações dos estudantes com os recursos visuais digitais ou analógicos de modo a superar uma apreensão fragmentada e superficial de seus conteúdos representacionais e de significados? A partir dos limites e das possibilidades da própria estrutura temporal escolar, como propiciar uma experiência com novas relações entre tempo e recursos visuais que possam contrastar com a lógica aceleratória e suas consequências para a vida social cotidiana?

Uma aproximação com as dimensões teóricas que podem implicar possíveis respostas para essas questões deve imergir no campo de estudos sobre o processo de visualização em Química, isto é, o ato de construção de significados com representações visuais e na perspectiva do papel mediador do professor.

3 EDUCAÇÃO EM QUÍMICA, VISUALIZAÇÃO E TEMPO

A partir da localização do ambiente escolar como um espaço potencial de criação dos “contratempos” necessários ao surgimento de ricas experiências de aprendizagem com recursos visuais, e que se contrapõem ao ritmo acelerado de consumo de imagens na vida cotidiana moderna e tecnologizada, nos direcionamos a uma leitura teórico filosófica e pedagógica que forneça conteúdo e forma ao uso desse tempo construído para a exploração dos recursos visuais químicos, quais sejam, representações, objetos e fenômenos.

Para isso, na seção 3.1, o debate acerca das iniciativas de organização do estatuto epistemológico e representacional da Química é posto em relevo para, em seguida, abordarmos os estudos sobre visualização e o desenvolvimento de capacidades metavisuais nos estudantes. Por sua vez, na seção 3.2, o campo de pesquisas sobre visualizações é retratado por meio de um levantamento bibliográfico relacionado aos professores de Química da Educação Básica. Por fim, as investigações sobre visualizações são abordadas a partir de estudos que fazem referência ao fator temporal no uso de recursos visuais e em estratégias de ensino.

3.1 O PROCESSO DE VISUALIZAÇÃO EM QUÍMICA

Como sugerimos anteriormente, o estímulo ao uso de TDIC no dia a dia escolar e a potencial compressão temporal oriunda de reformas curriculares nos levaram a considerar reflexões no campo da Educação, como as de Jorge Larrosa, sobre a necessidade de se conceber a sala de aula como um espaço de criação de “contratempos” que entrem em oposição com as tendências social aceleratórias que favorecem leituras superficiais de imagens no âmbito da vida cotidiana. Nesse sentido, essa seção abordará as relações entre o conhecimento químico e suas representações no intuito de alcançarmos respostas iniciais para as seguintes questões: porque algum tipo de “desaceleração” larrosiana no uso de representações visuais deve ser assegurado nas aulas de Química escolar? Quais fatores podem entrar em jogo para subsidiar a pertinência da construção desse

tempo “desacelerado”? O que poderia fazer com que as relações entre tempo e os recursos visuais da Química se difiram das relações estabelecidas cotidianamente no consumo de imagens diversas mediado por tecnologias digitais?

3.1.1 Os professores e as representações químicas

O desafio de proporcionar ricas experiências instrutivas e formativas em Química no Ensino Médio remete o professor ao uso de recursos visuais na tarefa de dar sentido e significado para aquilo que, em muitos casos, não se pode ver, tocar e sentir, como átomos, moléculas, íons, etc. Para isso, uma diversidade de representações visuais pode ser usada se distribuindo desde a inscrição de fórmulas estruturais e desenhos na lousa com giz ou a exploração de fotografias e representações moleculares do tipo bola bastão nas páginas coloridas de um livro didático até a inserção de animações representando a dinamicidade de modelos explicativos químicos ou a prática interativa com simulações oportunizadas pelos modernos projetores multimídia e demais dispositivos digitais.

Entretanto, essas últimas formas tecnológicas digitais tendem a ser economizadoras de recursos temporais. A cadência e o ritmo da inscrição de fórmulas e equações químicas na lousa com o giz viu a possibilidade da exibição imediata dessas inscrições em uma projeção de slide, bem como, presenciou essa mesma cadência e ritmo poderem saírem da destreza das mãos e do pensamento prévio dos caminhos e das etapas do próprio ato de inscrever e passar a ter o seu fluxo temporal controlado apenas por um clique ou um toque na tela. Mas, trata-se de uma rapidez digital economizadora de tempo que, na ausência de uma reflexão crítica por parte do professor e de condições materiais favoráveis, tende a abrir oportunidades para novos ritmos acelerados nas práticas escolares ao se espelharem nas lógicas do trabalho e da vida cotidiana que emergem dos amplos fenômenos da aceleração social (ROSA, 2019).

Essas formas tecnológicas digitais (como economizadoras de tempo e possibilitadoras de desaceleração de ritmos) que veiculam representações visuais escondem uma segunda natureza temporal que, para além do tempo imanente da

exibição ou da disponibilização das representações químicas no plano social da sala de aula, comporta o próprio tempo demandado para as representações “se fazerem por representar”. Um desvelamento das implicações temporais oriundas da dimensão pedagógica do uso de representações visuais prescinde de um olhar para os estudos que têm buscado oferecer princípios que organizem a diversidade de representações e esclareçam suas naturezas e funções no ato de representar entes e processos com vistas à aprendizagem do conhecimento químico, muito embora tais estudos tenham sido marcados por controvérsias e debates.

Iniciada nos anos de 1980, a busca por princípios organizadores das múltiplas representações químicas encontra na proposta de Alex Johnstone (em 1982) a abordagem mais influente e duradoura. O autor distribui as dimensões macroquímica e microquímica em três níveis, quais sejam, o descritível e funcional, o atômico e molecular e o representacional. Mais tarde, Johnstone (1991) assume que os fenômenos químicos podem ser representados nos três níveis intitulados de *nível macro* (os fenômenos tangíveis e visíveis), de *nível submicro* (os modelos teóricos atômico-moleculares) e de *nível simbólico* (as equações reacionais, gráficos, fórmulas, símbolos).

Na figura de um triângulo, separadamente, os vértices ilustram a ocorrência isolada de cada um dos respectivos níveis representacionais. Enquanto um químico experiente transita entre os diferentes níveis ou os usa ao mesmo tempo (interior do triângulo) com facilidade e espontaneamente, estudantes iniciantes têm dificuldades em apreendê-los de forma imediata e simultânea. Os termos usados pelo autor para referenciar os vértices sofreram algumas variações ao longo tempo, como *macroquímica*, *submicroquímica* e *química representacional* (JOHNSTONE, 1993), e, respectivamente, *macro*, *submicro* e *representational* (JOHNSTONE, 2000) e *macro e tangível*, *molecular e invisível (por inferência)* e *simbólico e matemático* (JOHNSTONE, 2007).

Do ponto de vista temporal, o autor utiliza princípios cognitivos (por exemplo, memórias de trabalho e de longo prazo) para exortar que a exploração de um nível (como o macro) seguida imediatamente dos demais pode acabar “empilhando-os” e prejudicando a aprendizagem, ou seja, os “professores saltam tão rapidamente de um modo para o outro que podem mesclá-los em uma única ‘realidade’”

(JOHNSTONE, 1991, p. 82, aspas do autor e tradução nossa) e seus estudos posteriores reafirmaram essa defesa. Em 2007, Johnstone (2007, p. 09, tradução nossa) destacou que a introdução precoce de níveis diferentes do macroscópio podem causar dificuldades de aprendizagem. Isso porque o uso combinado de todos os níveis pode sobrecarregar a memória de trabalho dos estudantes. Então, o trabalho pedagógico com diferentes níveis deveria ser "um processo gradual", no sentido de permanecer com a exploração no nível Macro até que a aprendizagem conceitual necessária permitisse a introdução de explicações baseadas no nível Submicro. Esse processo poderia ser possibilitado, inclusive, pela supressão de alguns dos tópicos curriculares que já não têm importância central para a Química Moderna. Assim, essa "redução no conteúdo daria tempo para o estabelecimento mais gradual de um bom aprendizado".

No artigo de 1982, e na sua retomada no artigo de 1991, Johnstone[9] (apud *JOHNSTONE, 1991, p. 78)* enfatiza que os níveis macro, submicro e simbólico retratam o pensamento químico multinível. No artigo de 1993, ele apresenta os três vértices como os componentes básicos da Química. Em artigo posterior, antes de afirmar que nenhuma das três formas é superior as demais e que entre si são complementares, o autor afirma que os vértices "tem a ver com a natureza da Química" (JOHNSTONE, 2000, p. 11, tradução nossa). Nesse contexto, o triângulo é concebido como uma ferramenta para ajudar a pensar, mas, posteriormente, ele é posto em relevo como um modelo de aprendizagem em desenvolvimento (JOHNSTONE, 2007). Esse movimento que sugere relações da representação com o pensamento, a ontologia e o ensino-aprendizagem têm estimulado, de um lado, o seu aperfeiçoamento por seguidores e, de outro, a crítica sobre os seus limites, bem como, propostas para suas superações.

Algumas pesquisas promoveram novas considerações sobre o triplete químico. No estudo de Rappoport e Ashkenazi (2008), os níveis do triângulo são tomados como formas de pensamento e reinterpretados, de níveis de abstração, para níveis de complexidade, no intuito de investigarem numa abordagem qualitativa como especialistas e novatos representam conceitos científicos e transitam entre

9 JOHNSTONE, A. H. Macro and Micro Chemistry. **School Science Review**, v. 64, p. 377-379, 1982.

diferentes modos de representação (macro, submicro e simbólico) quando resolvem problemas conceituais.

A partir da leitura que no triângulo original os conceitos de maior abstração residiriam nos níveis submicro e simbólico enquanto os conceitos concretos surgiriam no nível macro, os autores argumentaram que ao considerar a complexidade como critério, os modos simbólico e macro apresentariam um grau de complexidade maior do que o modo submicro, durante a resolução de questões conceituais. Essa mudança de ênfase dos níveis de observação (concreto/abstrato) para os níveis de menor (nível dos componentes) e alta (nível do sistema) complexidade originou a crítica sobre uma *perspectiva submergente*, na qual as propriedades e comportamentos do sistema (Macro/Simbólico) são projetadas no nível dos componentes (Submicro). Uma confusão entre o observado e a complexidade faz com que estudantes pensem os componentes como sendo "pequenas cópias do sistema".

Ao contrário, uma *perspectiva emergente* expressa a capacidade do estudante explicar as propriedades e relações ao nível do sistema (Macro/Simbólico) como resultantes da interação no nível dos componentes (Submicro), o que requer uma argumentação causal do nível dos componentes para o do sistema.

Por sua vez, Kermen e Méheut (2009) empreenderam uma análise epistemológica e didática sobre o currículo francês com enfoque nas transformações químicas, especificamente, nos modelos explicativos subjacentes e suas relações com o nível empírico. Depois de identificarem no currículo três modelos explicativos para o ponto final de uma reação química incompleta, isto é, termodinâmico, cinético macro (proporção de formação das espécies) e cinético submicro (as colisões ativas entre as partículas), as autoras fizeram um levantamento envolvendo estudantes do Ensino Médio.

Esse levantamento explorou os motivos enunciados por estudantes para explicar o ponto final de uma reação química incompleta e a quantidade dos modelos explicativos utilizados. Os resultados mostraram que os modelos macroscópicos foram pouco utilizados e o modelo submicroscópico não foi evocado, sugerindo que a interpretação do ponto final de uma reação química incompleta é uma tarefa bastante complexa para este contexto educacional. Nesse estudo, os

diferentes modelos explicativos para um mesmo fenômeno (mesma situação empírica) estimularam a proposição de uma maior distinção entre as dimensões empírica e a dos modelos, pois, “dependendo da maneira como se olha no nível empírico, da pergunta que se faz ou da interpretação que se busca, é possível usar diferentes modelos” (KERMEN; MÉHEUT, 2009, p. 26, tradução nossa).

Uma mesma situação empírica pode ser descrita como a imersão de uma chapa acinzentada em um líquido azul, com o passar do tempo a chapa é coberta por um sólido rosado. Também pode ser descrita como a imersão de uma chapa de zinco em uma solução aquosa de sulfato de cobre, com o passar do tempo o metal cobre é depositado. Enquanto a primeira descrição é baseada em uma observação do que acontece (que é visto) e requer apenas conceitos não especificamente químicos (sólido, líquido e cor), a segunda trata de conceitos especializados (solução aquosa, sulfato de cobre, cobre, zinco) necessários para associar o sólido rosado ao metal cobre.

Então, um novo vértice intitulado de nível empírico foi proposto para distinguir a dimensão experiencial daquela dos modelos macro que a interpretam, transmutando o triângulo em um tetraedro. No trânsito entre vértices e arestas, o professor poderia descrever uma transformação química pela mudança de cor (vértice do empírico), falando o termo reação química (indo ao vértice macro), usando esse termo junto às fórmulas químicas (aresta macro/simbólico), usando animação com modelo particulado (vértice submicro) e interpretando a animação junto a equações reacionais (aresta submicro/simbólico). O tetraedro é oferecido como uma ferramenta útil para os professores “perceberem com que rapidez e frequência eles mudam de um nível para outro, e como pode ser difícil para iniciantes entender todos esses diferentes significados” (KERMEN; MÉHEUT, 2009, p. 28, tradução nossa)

A proposta de Johnstone também estimulou outras elaborações. Jensen (1998a; 1998b; 1998c) se baseou em aspectos lógicos e históricos para propor uma classificação dos conceitos e modelos da Química Moderna, em três níveis: *molar* (equivalente ao macro), *molecular* (relativo a moléculas e estruturas polinucleares, um átomo isolado é assumido como uma molécula monoatômica) e *elétrico* (relativo a elétrons, núcleos) (JENSEN, 1998b). A cada um desses níveis correspondem três

dimensões como composição/estrutura, energia e aspectos temporais dos fenômenos químicos. Por exemplo, enquanto Diagramas de Lewis e configurações eletrônicas tratam de composição e estrutura no nível elétrico, diagramas de fase e dados de análise gravimétrica referem-se a composição e estrutura no nível molar. Por sua vez, entalpias e entropias de formação retratam a energia no nível molar, energias de ligação a abordam no nível molecular e os diagramas de orbitais moleculares lidam com energia no nível elétrico. Para o autor, o aspecto pedagógico mais importante reside na necessidade lógica de distinguir cuidadosamente esses diferentes níveis do discurso químico, tanto para entender melhor as suas relações recíprocas e os pressupostos subjacentes como para auxiliar na identificação e no esclarecendo de erros e ambiguidades[10] na forma de apresentação desses conceitos e modelos em contextos do ensino e aprendizagem.

O estudo sobre as dificuldades de estudantes na resolução de problemas quantitativos em Química levou Dori e Hameiri (2003) a proporem uma ferramenta de análise para este tipo de problemas baseada na complexidade dos mesmos e nas transições entre os três níveis (macro, submicro e simbólico). A partir dessa pesquisa com estudantes do Ensino Médio, as autoras propuseram o quarto nível, o *processo químico* (ou reações químicas), sendo que os símbolos medeiam a transição entre qualquer um dos níveis: macro, submicro e processo.

A dificuldade na resolução de problemas quantitativos (como os relacionados ao mol) então é assumida em função da combinação entre as transições realizadas durante a sua resolução e o grau de complexidade que essas transições implicam. De modo geral, uma ordem crescente de complexidade se constitui pelas transições bidirecionais do tipo macro ← → simbólico; submicro ← → simbólico; e processo ←

10 Um dos problemas abordados é o uso generalizado do termo “elemento” como sinônimo tanto da expressão “substância simples” (no nível molar) como do termo “átomo” (no nível molecular). Uma análise crítica baseada em aspectos lógicos e históricos na perspectiva do autor mostra que o termo não pertence nem ao nível molar nem ao nível molecular do discurso, mas ao nível elétrico. Conforme argumenta o autor: “Todos os químicos concordariam que o elemento cobre está presente não apenas no cobre metálico, mas também no dicloreto de cobre; em um átomo de cobre gasoso, neutro e isolado; em um íon Cu^{2+}; e em um núcleo nu de Cu^{29+} encontrado no núcleo de uma estrela de alta temperatura. Todos esses exemplos correspondem a ambientes eletrônicos muito diferentes, e a única característica que eles têm em comum que justificaria a afirmação de que o elemento cobre está presente em todos os casos é a presença do núcleo de cobre. Em outras palavras, nem o cobre metálico nem o átomo de cobre neutro correspondem ao elemento cobre, assim como o dicloreto de cobre, embora todos os três contenham o elemento cobre. Essa admissão leva, por sua vez, à conclusão lógica de que o termo ‘elemento’ é de fato um descritor para um determinado tipo de núcleo, ou mais precisamente, para uma determinada ‘classe’ de núcleos, todos com o mesmo número atômico” (JENSEN, 1998b, p. 821).

→ simbólico. De forma semelhante, a ausência de dados de massa, o envolvimento de unidades de grama, dezenas ou centenas também ajudam a caracterizar o aumento dessa complexidade. A ferramenta aparece como um sistema de codificação da dificuldade combinando transições e magnitude de valores numéricos envolvidos na resolução dos problemas quantitativos.

Posteriormente, estudantes do Ensino Médio com desempenho destacado participaram de um estudo que considerou uma abordagem qualitativa da Química Quântica, com o qual Dangur et al. (2014) reuniram argumentos para propor um quinto nível, além do processo químico, o nível *mecânico quântico*. O trabalho exorta uma exposição gradual aos estudantes do Ensino Médio de modelos cada vez mais sofisticados, culminando no modelo da mecânica quântica e dando ênfase explícita as limitações e as vantagens de cada tipo de representação.

O estudo identificou quatro estágios de desenvolvimento dos modelos. O modelo ingênuo está baseado numa perspectiva macroscópica, como modelo planetário o qual descreve a rotação do elétron em uma trajetória determinística ao redor do núcleo. Os modelos híbridos misturaram a terminologia de órbitas definidas do elétron com o conceito probabilístico de mecânica quântica ou com fórmulas matemáticas.

Por sua vez, o modelo visual conceitual pode se caracterizar pela passagem de uma representação pictórica de níveis de energia como áreas de “camadas” nas quais os elétrons estão localizados (cada camada tem um número, expressa sua distância do núcleo e a quantidade de elétrons que pode ocupar) para uma representação pictórica com o desenho de pontos expressando não uma “trajetória” mas certa probabilidade de localização. Tanto as ilustrações quanto as explicações textuais devem descrever a natureza probabilística do orbital. Por fim, o modelo matemático que foi abordado apenas com os estudantes do Ensino Superior. Esse modelo se caracteriza pela referência a uma estrutura matemática genérica da teoria da mecânica quântica.

Mas, o triângulo dos níveis de pensamento de Johnstone estimulou proposições de diferentes níveis de pensamento tanto em direção ao interior da matéria quanto no sentido das relações humanas. Na primeira perspectiva, Meijer, Bulte e Pilot (2009) propuseram que entre os níveis submicro e macro existe uma

variedade de subníveis representacionais (níveis meso) que variam numa escala de centímetros a nanômetros e são fundamentais para explicar as propriedades macroscópicas de novos materiais (nanotecnologia, biomateriais, etc.), as quais não dependem, diretamente, das propriedades atômico-moleculares.

Por outro lado, Mahaffy (2004) respaldado nos avanços sobre a compreensão do processo de aprendizagem, no crescente uso de novas tecnologias para a visualização de fenômenos científicos complexos e em demandas externas, como letramento e divulgação científicos e preocupações globais como energia e meio ambiente, sugeriu um novo vértice ao triângulo original. A metáfora de um tetraedro preserva os vértices propostos por Johnstone e adiciona o do *elemento humano*. Com esse último, ele demarca o reconhecimento do estudante como sujeito de uma aprendizagem ativa e os princípios pedagógicos para ensinar nos demais vértices, bem como, a necessidade de compreender esse conhecimento químico dentro de uma "teia" de relações "econômicas, políticas, ambientais, sociais, históricas e filosóficas" (MAHAFFY, 2004, p. 231, tradução nossa).

Nesse quadro, a crítica elaborada por Talanquer (2011) sobre a proposta de existência de níveis de pensamento representadas por meio do triplete químico aparece, em certa medida, como um esforço de síntese dos aspectos humanos, representacionais e epistemológicos até então referenciados na literatura. Uma reflexão de teor fortemente pedagógico que se centra nos tipos, níveis, dimensões e abordagens do conhecimento químico. Estes são representados na figura de um prisma triangular regular. Posto verticalmente, a aresta de sua base tem em seus vértices as *visualizações* e os *modelos*, sendo que no terceiro vértice se encontram as *experiências*. Dessa forma, a primeira grande distinção se coloca entre a dimensão experiencial e a dimensão representacional (modelos e visualizações). A altura do prisma ao longo da aresta da base, que corresponde ao espaço entre os vértices dos modelos e das visualizações, representa uma distribuição dos diferentes níveis ou escalas em que o conhecimento químico pode ser representado por visualizações e modelos ou é experienciado.

Em relação aos tipos de conhecimento, as *experiências* remetem a um conhecimento empírico, descritivo e apreendido de forma imediata pelos sentidos ou de forma mediata por meio de instrumentos. Por sua vez, as *visualizações* se

referem aos estímulos visuais (variando de símbolos a ícones) criados para facilitar a comunicação e o pensamento (quali e quantitativo) acerca dos modelos e das experiências. Elas podem ser estáticas ou dinâmicas e são usadas para visualizar os componentes representacionais de um modelo (por exemplo: fórmulas, desenhos de partículas, equações, gráficos, animações, simulações e modelos físicos). Os *modelos* correspondem aos modelos teóricos, descritivos, explicativos e preditivos construídos pela Química para dar sentido ao mundo experiencial. Portanto, eles pressupõem entidades teóricas para descrever a estrutura, composição ou mecanismo de modo a possibilitar a explicação ou a predição das propriedades dos sistemas químicos (TALANQUER, 2011).

Para Talanquer (2011) essa mesma relação triádica se estende ao longo da altura do prisma ilustrando a sua aplicação em diferentes níveis de conhecimento (do macroscópio e mesoscópico até o molecular e o subatômico). As suas dimensões contemplam estrutura, energia e tempo, bem como, as suas abordagens saem do matemático e conceitual até a dimensão histórica e a contextualização. O autor não encoraja o abandono da proposta de Johnstone sobre os níveis de pensamento, mas, a partir da sua proposta de diferenciação e integração entre experiência, visualizações e modelos advoga acerca da necessidade de um uso cuidadoso e crítico.

Esse debate também é revisitado por Taber (2013, p. 158, tradução nossa) destacando que o triângulo “capturou a imaginação” dos educadores pela força de seus argumentos, mas que causou duas grandes confusões por meio da forma como os seus vértices foram nomeados (macro, submicro e simbólico). A primeira confusão foi entre os dois focos possíveis do macroscópico: como fenômeno químico e como estrutura conceitual para formalizar o conhecimento sobre esse fenômeno. A segunda foi sobre o que pode ser entendido como nível simbólico e como este se relaciona com as ontologias dos planos macroscópico e submicroscópico. O autor destacou que o domínio do conhecimento simbólico químico não pode ser considerado um nível discreto e facilmente destacável dos domínios macro e submicro, uma vez que a sua função como “linguagem simbólica especializada” é representar e comunicar conceitos e modelos teóricos elaborados nesses dois domínios (TABER, 2013, p. 159).

Nessa reflexão, Taber (2013) propõe três grandes domínios do conhecimento: experiencial, macro e submicro. O nível experiencial comporta os fenômenos químicos e as descrições em linguagem cotidiana; o nível teórico descritivo é formado por conceitualizações macroscópicas; o nível teórico explicativo trata de conceitualizações submicroscópicas. Entre os domínios macro e submicro se estende um vasto sistema de representações e vocabulário técnico. Assim, a aprendizagem em química envolve "redescrições" entre a linguagem cotidiana da experiência direta e as representações formais de conceituação do conhecimento químico em dois níveis distintos (macro e submicro).

Os eventos do mundo externo são percebidos como fenômenos e os mesmos podem ser conceitualizados em um nível macroscópico (reações químicas, substâncias, etc.), de caráter teórico descritivo, ou em um nível submicroscópico (íons, moléculas, etc.), de caráter teórico explicativo, sendo que o primeiro nível é explicado por meio do segundo. As representações simbólicas (NaCl, carbono, etc.) da química em sua ambiguidade podem representar diferentes entidades e suas relações em processos químicos. Essa ambiguidade funciona como pontes representacionais para facilitar a transição entre os níveis conceituais macro e submicro e o desenvolvimento de explicações relacionando os dois níveis.

Outras reflexões apontam para a inadequação da proposição dos níveis de representação, como a elaborada por Araújo Neto (2009), a qual avalia que, na intencionalidade de representar a organização do conhecimento químico por meio de um triângulo, a forma como a representação é abordada filosoficamente assume contornos de uma "formulação mentalista", ou seja, em uma relação de exclusividade com a dimensão mental. Ao promover confusão entre os níveis, por meio de expressões linguísticas ou fenômenos e representações visuais não verbais, esse mentalismo tende a obstaculizar a identificação e o estabelecimento de relações necessárias entre referente e referência, entre representante e a representação em si. Do ponto de vista ontológico a crítica também reside na facilidade com que o uso das representações do triângulo em seus "níveis" pode "nivelar" os entes químicos (ARAÚJO NETO, 2009, p. 42, 45 e 49).

Da mesma forma, a crítica apontada por Labarca (2009, p. 91) se expressa na confusão existente entre o "plano ontológico e o plano linguístico e/ou conceitual",

e entre este último e o “plano matemático”. A partir da assunção de uma distinção entre sujeito e objeto no ato de conhecer, os itens linguísticos e/ou conceituais (linguagem, conceitos, teorias, etc.) pertencem ao domínio do sujeito, enquanto os itens ontológicos (entidades, propriedades, eventos, etc.) correspondem ao domínio do objeto. Com esse pressuposto e resguardado um realismo mínimo, o autor pondera que os itens linguísticos/conceituais se referem a itens ontológicos, tornando possível reconhecer dois níveis ontológicos: o macro e o microquímico. Por sua vez, no plano linguístico encontram-se todo o arcabouço conceitual elaborado para descrever e explicar essa ontologia química, bem como, no plano matemático localiza a manipulação matemática de alguns dos itens linguísticos (equações, regras, etc.).

De modo geral, essas discussões sugerem aos processos de ensino e aprendizagem a necessidade de considerações epistemológicas e de distinções ontológicas no uso de representações visuais. Isso porque o próprio ato de representar pressupõe a ação de um representante (signo) que simultaneamente compreende o estabelecimento de relações entre o objeto que é representado (objeto imediato do representante) e o interpretante (interpretante do representante) o qual, por isso, pode se colocar em uma relação mediata para com o objeto representado por meio do processo de representação (ARAÚJO NETO, 2009).

O que vale dizer que uma das preocupações pedagógicas inerentes ao uso de representações químicas é a atribuição de igualdade entre o representante, por exemplo, uma representação visual de um orbital atômico em um livro didático, e o objeto representado, por exemplo, o ente químico orbital atômico. Ao contrário disso, deve-se tomar o representante como a expressão possível de qualidades do objeto representado. Uttal e O’Doherty (2008) na mesma direção alertam para o fato de que as informações visuoespaciais contidas numa representação externa não garantem a aprendizagem das relações entre a própria representação e o ente que ela intenciona representar. Portanto, ao professor caberia explorar esse carácter dual da representação, isto é, como um objeto em si mesmo com suas propriedades (por exemplo, ângulos e cores em uma representação do tipo bola e bastão) e ao mesmo tempo como uma representação de outra coisa (molécula), no sentido de “estar no lugar de”.

Diante de uma situação de ensino e aprendizagem com o uso de representações visuais é oportuno delimitar o fenômeno em questão (dimensão ontológica), isto é, o compromisso da existência de algo, e a maneira como esse mesmo fenômeno está se relacionando com os conceitos químicos (dimensão epistemológica). A partir desses pressupostos exploraremos duas perspectivas de superação da proposta de Johnstone sobre os níveis de pensamento que trazem implicações pedagógicas e, portanto, são imprescindíveis para uma reflexão sobre o uso do tempo de sala de aula pelo professor em tarefas envolvendo recursos visuais da Química.

A partir de suas críticas filosóficas sobre a estrutura do triplete de Johnstone, Wartha e Rezende (2011) oferecem uma concepção de ensino e aprendizagem com representações visuais denominada de tríade pedagógica. Com a abordagem peirceana da tríade pedagógica observa-se que a construção dos significados se processa na relação entre objeto, signo e interpretante, na qual o significado é construído quando um signo representa um objeto e uma relação triádica se estabelece entre o objeto ou referente (o conteúdo material ou imaterial que está sendo representado), o signo que é criado (denominado de representação) e o significado construído a partir do efeito interpretativo do signo (denominado de interpretante).

Nessa perspectiva, no primeiro momento em que os estudantes enxergam um estímulo visual pode se estabelecer uma relação de primeiridade. Nessa primeira impressão, ocorre o predomínio perceptivo sobre os seus atributos, como cores, disposição espacial, etc. O conhecimento sobre o objeto que está sendo representado está ausente. Em contextos como este, a relação do signo consigo mesmo é de qualidade, a do signo com o objeto expressa semelhança (com o ente químico que virá a ser representado) e a do signo com o interpretante é de uma hipótese baseada na compreensão descontextualizada do signo e inapta ao julgamento.

A inserção desse mesmo estímulo visual numa atividade de ensino que demarque um compromisso ontológico da existência dos entes químicos que o estímulo visual se propõe a representar promove uma nova e diádica relação. Nessa tarefa, os estudantes tomam conhecimento do objeto que está sendo representado,

são capazes de reconhecer os motivos de tais estímulos imagéticos e se lançam a investigá-lo. Os estudantes veem o estímulo visual e, instantaneamente, os relaciona com noções da química, sendo que, conforme Wartha (2013, p. 67), esse momento experiencial é marcado pelas ideias de “dependência, determinação e ação e reação”. Em situações de secundidade, a relação do signo consigo mesmo pressupõe a consciência da coisa representada, a do signo com o objeto pode indicar aspectos dos entes ou processos químicos ou, por analogia, mostrar semelhanças com eles (não são relações fixas) e a do signo com o interpretante é elevada a expressão de declarações passíveis de julgamento.

No caminho para a terceiridade, o estímulo visual é utilizado para resolver tarefas como problemas ou exercícios e é assumido na forma de regras e leis. Por isso, no contexto a terceiridade, a relação do signo consigo mesmo expressa convenção e generalização, a do signo com o objeto tem a força dos códigos e regras simbólicas, a relação do signo com o interpretante evoluiu para um argumento, um ato de generalização. Em outras palavras, na direção da efetivação dessa relação triádica entre objeto, signo e interpretante, o olhar para o estímulo visual deve estar “carregado de interpretação, de busca de explicações, de análise e generalizações, de modo que ele possa interpretar o fenômeno em questão” (WARTHA; REZENDE, 2011, p. 283).

Com esses fundamentos semióticos a crítica para a superação de alguns aspectos da proposta de Johnstone pressupõe que os três níveis de representação sejam assumidos como “processos de geração de signos interpretantes” (semiose). Em cada um dos níveis podem ocorrer relações de primeiridade, secundidade e terceiridade em sucessivas semioses e no sentido do aperfeiçoamento das construções conceituais sobre os objetos científicos estudados (WARTHA; REZENDE, 2011, p. 288). E, como vimos, cada semiose agrega relações entre representação (signos), entes ou processos químicos (dimensão ontológica) e a construção conceitual (dimensão epistemológica).

Depois de delineada uma noção geral da semiose nas relações entre signo, objeto e interpretante, observa-se que nessas categorias semióticas são ancoradas as relações entre *perceber*, *relacionar* e *conceituar* para dar corpo a tríade pedagógica e a sua contribuição no ensino e aprendizagem com representações

visuais. Nessa concepção, as diferentes estratégias de comunicação ou signos (experimento, animação, imagem, simulação, etc.) são apresentadas a percepção porque, a priori, não representam. Na tríade pedagógica, o ato de *perceber* os signos (estratégias de comunicação) implica no ato de *relacionar* o signo com o seu objeto (o objeto imediato relativo às qualidades percebidas e o objeto dinâmico como sendo a realidade representada e parcialmente acessada pelo objeto imediato). A relação triádica entre signo, objeto e interpretante pressupõe o ato de *conceituar*, ou seja, a elaboração conceitual, compreendendo de concepções alternativas dos estudantes até constructos científicos (WARTHA, 2013).

O debate estimulado pela proposta original de Johnstone, como vimos em Mahaffy (2004) e Talanquer (2011), sobre as dimensões sociológicas do conhecimento químico também sofreu ampliações. Na proposição de Sjöström e Talanquer (2014) o tetraedro de Mahaffy (2004) passa a abrigar escalas de *abordagens humanísticas*. Desde um nível zero (Química Pura) no qual o ensino e a aprendizagem se concentram principalmente na construção e no desenvolvimento de conhecimentos fundamentais da disciplina até o 3º nível (Química Crítica e Reflexiva) que apresenta duas perspectivas como expressão de maior grau de complexidade, a sociocultural filosófica que intenciona a compreensão e a problematização de ideias e práticas científicas e a sociopolítico ético que enfatiza a tomada de decisão e ação ideologicamente informadas acerca de assuntos na interface da ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

A proposta de Santos (2016) por meio de um hexagrama ilustra rotas alternativas para a superação do triângulo original, transcendendo e não o abandonando. Uma delas pressupõe uma abordagem histórica e epistêmica que evite “um esvaziamento da história por trás dos conceitos” e, com isso, evite a formação de “uma imagem presenteísta do conhecimento químico” (SANTOS, 2016, p. 46). Assim, a abordagem de aspectos históricos e epistemológicos inerentes ao desenvolvimento do conceito e dos modelos envolvidos nas representações intenciona a promoção nos estudantes de um entendimento crítico do ato de visualizar, o qual pode superar a noção realista de “real dado” e de “real visto” nas animações e simulações passando a uma noção de “real construído”, historicamente por meio da articulação entre formulações teóricas e resultados experimentais, isto

é, o sentido de “ver” abarcando uma teoria e estabelecendo com ela uma negociação acerca do que é “visto” (SANTOS, 2016, p. 69).

Essa confluência de diferentes demandas sobre o uso dos recursos visuais químicos, quais sejam, semióticas, epistemológicas, ontológicas, historicistas e didático-pedagógicas e ampliadas por meio do caráter sociopolítico da abordagem crítica reflexiva da Química não apenas confere ao professor uma função determinante, mas, sobretudo, tende a trazer implicações temporais para os processos em sala de aula.

3.1.2 O ato de visualizar e as capacidades metavisuais

Gilbert, Reiner e Nakhleh (2008, p. 02) assumem duas convenções para o termo visualização, uma como “substantivo” (algo que está no domínio público) e outra como “verbo” (agir mentalmente sobre algo). Então, uma visualização pode ser tanto uma representação externa “que foi colocada ao domínio público em qualquer objeto material, visual, verbal ou simbólico”, quanto pode ser considerada como a compreensão do significado atribuído a uma representação interna (mental) elaborada a partir de uma representação externa.

Se, por um lado, na língua portuguesa a palavra visualização nos remete a sua convenção como “verbo”, por outro, a simultaneidade de convenções como “verbo” e “substantivo” faz o próprio autor reconhecer posteriormente certa ineficácia destas distinções quando afirma que: “eu penso que é menos confuso usar *representação externa* para aquilo que as pessoas compartilham e reservar *visualização* para representação interna” (GILBERT, 2010, p. 05, tradução nossa e grifos do autor). Nesse sentido, poderia ser útil explorar o termo *visualização* como um *processo* que compreende representações internas e externas (criação de representações internas, expressão de representações externas e todo o conjunto de processos cognitivos e habilidades mentais envolvidos), ou seja, mostrando uma visão de conjunto relevante na perspectiva da formação de professores, em vez de “fixar o seu significado” ora num objeto físico externo e ora num objeto mental interno.

Posteriormente, Gilbert (2013) ressalta que o termo é utilizado tanto para designar a representação de um ente ontológico disposta à experiência e para a exibição pública de informações quanto para se referir ao significado construído a partir daquela representação experienciada, assumindo um caráter eminentemente mental, pessoal e privado. Se no primeiro caso a visualização se coloca à percepção visual como uma representação externa, o segundo diz respeito aos resultados dessa percepção na mente como a significação de uma representação interna (GILBERT, 2005a, 2010).

Essa formação de uma representação interna a partir de uma representação externa pressupõe que a natureza das entidades e as suas relações temporais e espaciais que constituem essa última sejam mantidas internamente (GILBERT, 2008). O ato de visualizar é uma experiência quase perceptual, no sentido em que se assemelha a uma experiência perceptiva, mas também pode ocorrer sem a presença de estímulos externos (THOMAS, 2014). Por conseguinte, a sua formação em uma dada situação pode ser evidenciada por meio da externalização de uma versão daquela representação interna original e o seu uso mental deve possibilitar a elaboração de predições acerca do comportamento de um fenômeno sob condições específicas (GILBERT, 2008).

De acordo com Gobert (2005) a visualização também compreende um tipo de habilidade espacial e, nesse sentido, Briggs e Bodner (2005) argumentam que a visualização atua na construção de modelos mentais auxiliando, por exemplo, em tarefas de rotação mental de representações bidimensionais de estruturas moleculares. Gilbert e Justi (2016) nos dizem que um modelo mental é retido como visualização e a disponibilização de uma versão de suas informações para o domínio público pressupõe a criação de uma representação externa da visualização.

A importância do processo de visualização se estende ao desenvolvimento de capacidades metavisuais o qual perpassa às ações de manipulação, seleção, avaliação e interpretação de representações visuais. De forma geral, essas ações envolvem as capacidades de compreender as convenções das representações utilizadas nos principais modos e submodos de representação externa, de traduzir uma dada representação entre os modos e submodos nos quais ela pode ser representada e de construir uma representação interna e uma externa para um

determinado propósito utilizando as convenções de qualquer um dos modos e submodos (GILBERT, 2008, 2013).

Dessa forma, diante do processo de visualização o professor atua como um mediador na construção das representações internas e dos modelos mentais dos estudantes, mediante a escolha e a disponibilização das representações externas necessárias, com as suas regras e convenções de uso, no plano social da sala de aula. Nessa mediação é fundamental que os estudantes não percebam as representações externas como simples cópias de fenômenos do mundo.

Esforços têm sido empreendidos para mapear as definições de visualização como, por exemplo, em Braga, Phillips e Norris (2012) quando agrupam as ocorrências na literatura científica em: *objetos de visualização* para objetos físicos que são vistos e interpretados, produzindo um entendimento diferente do próprio objeto, *visualização introspectiva* para objetos mentais criados, pretensamente similares aos objetos de visualização e de natureza imaginativa e *visualização interpretativa* para o ato de construir significado a partir de um objeto de visualização ou de uma visualização introspectiva, sendo que, os processos cognitivos da interpretação são inseridos no sistema de crenças, experiências e compreensões da pessoa.

Da mesma forma, Wang, Han e Chou (2018) levantam quatro aspectos (ou dimensões) que devem ser considerados numa visualização externa, quais sejam: *objetos visuais* (objetos externos exibidos em todos os tipos de mídia), *motivação visual* (típicas de ambientes de *e-learning*), *pensamento visual* (representação na mente dos objetos visuais [como objetos internos] para a sua compreensão por meio de processos lógicos de pensamento) e *internalização da visualização* (relacionada a uma memória duradoura dos objetos visuais obtida pelo pensamento visual e pela compreensão).

No intuito de avançar na compreensão sobre as relações entre os domínios externos (físicos) e internos (psicológicos) e fornecer um subsídio ao letramento visual baseado em processos cognitivos, uma contribuição teórica que concebe a visualização em estágios não lineares e sobrepostos de *internalização*, *conceitualização* e *externalização* de modelos visuais foi proposta por Mnguni (2014). De modo geral, enquanto que na internalização os órgãos do sentido

trabalham junto com a mente para “absorver” a informação do mundo externo, no estágio de conceitualização os processos cognitivos se voltam para a elaboração de significados e para a construção de modelos visuais. Nesse estágio, os modelos visuais preexistentes (conhecimentos prévios) podem ser revisados e reconstruídos com base em novos conhecimentos. Ainda, ao estágio de externalização cabe a expressão externa de modelos visuais (MNGUNI, 2014).

Além de propor uma visão de conjunto, o autor atribui níveis de internalização. Enquanto um *baixo nível* envolve a extração de características relativa às tarefas visuais pré-atentivas e de mínimo esforço cognitivo, um *nível alto* de interiorização (pós-atentivo) ocorre quando um grande esforço cognitivo é empregado, fazendo com que este estágio possa se conectar com o da conceitualização pelo fato de poder implicar numa interpretação do modelo visual usando aqueles já existentes. Por sua vez, a conceitualização pode assumir cinco tipos de processamento: *explicativo* quando se baseia no conhecimento prévio; *construtivo* quando o conhecimento é usado para fazer juízos sobre o modelo visual (e se não condiz com ele, a imagem não faz sentido); *classificativo* quando o modelo é classificado em categorias existentes; *interpretativo* quando os significados produzidos se expandem mais do que são impostos e; *recriativo* quando os significados variam cada vez que uma imagem é visualizada. No estágio de externalização, os modelos visuais (mentais) são expressos externamente na forma de desenhos ou descrições verbais (MNGUNI, 2014).

Essa abordagem intenciona uma compreensão integrada, o que torna pertinente associá-la às considerações sobre as semelhanças e as diferenças entre modelo e visualização, uma vez que ambas implicam representações internas e externas. De acordo com Rundgren e Yao (2014), algumas representações internas formadas a partir de imagens não podem ser consideradas como modelo, mas como visualização, pois quando interiorizadas não são confrontadas com um modelo preexistente na memória. Um modelo mental pode ser elaborado por meio das modalidades auditiva e tátil, não apenas pela modalidade visual. Ainda, uma representação interna pode não ser, necessariamente, um modelo ou uma visualização quando produzida pelos sentidos auditivo e tátil em significados pessoais ou pelo aspecto metafórico de algumas expressões.

Dessa forma, a visualização como um processo se afasta da simples exibição de imagens ou de apresentação de situações de apelo visual por parte do professor, mostrando-se como um movimento complexo que pode auxiliar na elaboração de modelos mentais, como um suporte para a potencial construção de significados abstratos, indispensáveis para a aprendizagem de conhecimentos químicos. Essa percepção processual se intensifica quando se considera a própria forma pela qual os modelos mentais podem ser construídos dentro de atividades de ensino. Por sua vez, Dori e Belcher (2005) destacam que as representações visuais podem propiciar a construção de modelos mentais para combinar com conceitos abstratos, além de elas capturarem e conservarem a essência dos fenômenos de forma mais eficiente do que a partir de descrições verbais.

A modelagem ou a criação de modelos é inerente à prática e ao desenvolvimento da Ciência. Conforme Justi e Gilbert (2002, p. 47) os químicos modelam tanto aquilo que observam quanto as ideias usadas para explicar os fenômenos por meio do uso de analogias com aquilo que já é conhecido, de forma a expressar o resultado em representações concretas, visuais, matemáticas e verbais, e junto com seus sistemas de símbolos formam uma linguagem especializada. No entanto, a capacidade de modelar é inerente ao conhecimento humano, sendo um tributo de todas as pessoas e não apenas de cientistas, e apresenta distintos níveis de complexidade e organização.

De acordo com Gilbert (2005b), os modelos podem funcionar como uma ponte entre teorias científicas e o mundo experienciado, pois podem ser representações simplificadas da realidade observada, nos quais, abstrações teóricas são aplicadas ou representações de uma realidade imaginada são produzidas por abstrações teóricas, assim como, podem ser usados para estabelecer comparações com a realidade observada (dar visibilidade a abstrações e fazer predições). De acordo com o autor, os modelos assumem amplas dimensões epistemológicas, dentre elas temos: *modelo mental*, uma representação pessoal, inacessível por outrem e construída de forma individual ou em grupo; *modelo expresso*, uma versão do modelo mental que é publicizada; *modelo consensual*, um modelo externalizado, com um fim específico, para um pequeno grupo social e aceito consensualmente (por exemplo, aula de Química); *modelo científico*, modelo expressado por grupo de

cientistas e consensual na comunidade científica; *modelo histórico,* modelo científico substituído, porém válido em situações específicas; e *modelo curricular*, versões simplificadas de modelos históricos ou científicos (GILBERT, 2005b).

Por sua vez, os modelos expressos podem ser representados de diferentes *modos* (e em diferentes *submodos*, como por exemplo, nas formas tri, bi e unidimensionais), ou ainda como uma cominação destes últimos, e perpassando as três dimensões do pensamento e das representações químicas (macroscópico, submicroscópico e simbólico). Segundo Gilbert (2005b) os modelos podem ser expressos no *modo concreto,* material resistente e tridimensional; no *modo verbal*, que consiste numa descrição escrita ou falada de entidades e suas relações com as representações, analogias e metáforas presentes no modelo; no *modo simbólico*, que consiste de fórmulas, equações e símbolos químicos e expressões matemáticas; no *modo visual*, que consiste no uso de gráficos, diagramas, animações, incluindo representações moleculares 2D e pseudo 3D e; no *modo gestual*, que consiste no uso do movimento do corpo ou de suas partes.

Um modelo é sempre uma representação parcial de objetos, eventos, ideias, "não é uma cópia da realidade, muito menos a verdade em si, mas uma forma de representá-la originada a partir de interpretações pessoais desta" (FERREIRA; JUSTI, 2008, p. 32). Nas etapas propostas por Justi (2006), a modelagem envolve a *criação do modelo mental*, a qual pressupõe i) ter ciência dos objetivos do modelo; ii) buscar em observações iniciais, no conhecimento prévio ou em fontes externas informações sobre a entidade que será modelada e o seu contexto; iii) selecionar os aspectos da realidade que serão usados para estabelecer uma analogia ou uma forma matemática; iv) utilizar o pensamento crítico e a criatividade para elaborar um modelo mental inicial.

Numa etapa seguinte, temos a *expressão do modelo mental*, na qual uma forma de representação é escolhida (concreta, visual, verbal, matemática, computacional) e o modelo mental é tornado público. Depois dessa externalização, experimentos mentais ou empíricos são realizados para *testar o modelo*, podendo o mesmo ser modificado ou rechaçado. Na etapa posterior, encontra-se um momento de *avaliação do modelo*, no qual, o alcance da validade do modelo, em relação ao

objetivo inicial, e os seus limites, mediante o seu emprego em novos contextos, são considerados, assim como, o convencimento sobre sua validade.

Gilbert e Justi (2016) ressaltaram as interfaces entre o processo de visualização e a modelagem a partir do fato de que ambas podem compartilhar um processo comum, a *experimentação de pensamento*. Da mesma forma que uma visualização interna, o experimento de pensamento pressupõe a capacidade de visualizar um mundo imaginado e de projetar e conduzir um experimento visualizado de forma que o engajamento dos alunos nessa tarefa mental facilita a criação de visualizações e, tautologicamente, o desenvolvimento da capacidade metavisual favorece a construção e a condução de experimentos mentais.

Os autores ainda elencaram alguns aspectos gerais que podem contribuir para a aquisição de um maior grau de capacidade de visualização. Para isso, as situações de ensino devem criar oportunidades para os alunos: i) encontrarem vários modos ou submodos, especialmente aqueles usados nos níveis representacionais macro, submicro, simbólico; ii) se familiarizarem com o uso dos códigos de interpretação que regem as relações entre os modos e submodos de representação; iii) encontrarem representações externas cujas naturezas distintas tenham sido enfatizadas para facilitar a memorização; iv) construírem visualizações com a maior frequência possível; v) “espelharem” e “girarem” as visualizações sempre que possível; e vi) realizarem práticas bem-sucedidas de modelagem (GILBERT; JUSTI, 2016, p. 137). Assim, conforme suas indicações, o desenvolvimento da competência metavisual é gradual, pressupõe a aquisição de uma ampla gama de conhecimentos e se manifesta também no desenvolvimento das habilidades de modelagem.

A capacidade metavisual (ou metavisualização) pode trazer uma ideia dos desafios postos ao letramento visual pertinente à Educação em Química. Ao envolver habilidade espacial, memória e pensamento, a metavisualização é assumida como uma forma de metacognição e, por isso, pressupõe a capacidade mental de simultaneamente o indivíduo *monitorar* os eventos na imagem externa, por meio da percepção visual, obtendo as informações necessárias para a sua elaboração mental, retida ou modificada num nível superior, e *controlar*, em um metanível, aquelas retenções alteradas ou inalteradas, que são percebidas no nível da imagem externa (GILBERT, 2005b).

Pode-se ainda acrescentar as habilidades necessárias para uma *competência representacional* definida por Kozma e Russell (2005, p. 131, tradução nossa) (Quadro 1), como sendo:

> […] um conjunto de habilidades e práticas que permite que uma pessoa use, reflexivamente, uma variedade de representações ou visualizações, isoladamente e juntas, para pensar, comunicar e agir sobre fenômenos químicos em termos subjacentes à percepção mental de entidades e processos físicos.

Quadro 1 - Habilidades representacionais

Competência representacional	**Habilidades**
Kozma e Russell	Nível 1: A capacidade de usar representações para descrever os fenômenos químicos observáveis em termos de entidades moleculares e processos. Nível 2: A capacidade de criar ou selecionar uma representação e explicar o porquê de ela é apropriada para um propósito específico. Nível 3: A capacidade de usar palavras para identificar e analisar as características de uma representação particular (tal como um pico num em um gráfico de coordenadas) e os padrões de características (tal como o comportamento molecular em uma animação). Nível 4: A capacidade de descrever como diferentes representações podem expressar o mesmo aspecto de formas diferentes e explicar como uma representação pode exprimir um aspecto de maneira diferente ou um aspecto que não pode ser expresso com outra representação. Nível 5: A capacidade de fazer conexões através de diferentes representações, mapear características de um tipo de representação para as de outras representações e explicar a relação entre elas. Nível 6: A capacidade de assumir a posição epistemológica de que as representações correspondem aos fenômenos observados mas são distintas deles. Nível 7: A habilidade de usar as representações e as suas características em situações sociais como evidência para sustentar asserções, provocar inferências e fazer predições acerca dos fenômenos químicos observados.

Fonte: Adaptado de Kozma e Russell (2005, p. 132).

O desenvolvimento de habilidades para manipular e raciocinar com as representações visuais é fundamental para a aprendizagem em Química. A competência representacional pressupõe a aquisição de habilidades para interpretar, construir, traduzir e avaliar representações que são necessárias ao letramento em Química. Os níveis de competência representacional vão desde a pouca experiência com um uso descritivo de representações baseado na superfície, por meio do uso

simbólico, sintático e semântico de representações, até um uso reflexivo e retórico de representações por parte de especialistas. No entanto, essa trajetória de desenvolvimento, ancorada numa perspectiva Histórico-Cultural, provavelmente não se reduz a uma mudança de etapas de forma automática ou num movimento uniforme, pois certamente dependerá das formas e do contexto de uso das representações químicas no ambiente de ensino e aprendizagem.

O desenvolvimento coordenado entre habilidades para modelar e para visualizar pode levar a formação nos alunos de competências de metavisualização, tais como: a de estabelecer os propósitos de uma visualização; a de usar os modos e os submodos na construção de uma visualização; a de testar uma visualização; e a de avaliar a validade de uma visualização (GILBERT; JUSTI, 2016).

Pelo exposto, percebe-se que a função metamediadora do professor transcende as habilidades sobre os aspectos técnicos das diferentes tecnologias educacionais e, na especificidade da Educação em Química, se amplia compreendendo demandas semióticas, epistemológicas, ontológicas, historicistas e didático-pedagógicas na abordagem de conceitos e representações. Considera-se que essas demandas devem ser inseridas no processo de visualização para juntos formarem uma noção de estratégia de visualização, como forma de demarcar do ponto de vista da pesquisa e da metodologia do ensino um lugar no tempo e no espaço que agrupe os estudos sob a perspectiva do professor e a sua prática educativa.

Nesse sentido, também observa-se que a tarefa de tornar “visível” o invisível domínio submicro prescinde de representações visuais não para reduzir o pensamento dos estudantes ao nível do concreto e do sensível porque, ontologicamente, seus entes não são observáveis, mas para servirem como mediadoras da construção e da mobilização dos conceitos abstratos e complexos da Química por meio do processo de visualização. Entretanto, o professor da Educação Básica como um sujeito social que vive cotidianamente esse desafio como um metamediador tem sido negligenciado nas pesquisas acadêmicas nos últimos tempos, quando são comparados com os demais enfoques relacionados aos estudos sobre visualização.

3.2 VISUALIZAÇÃO, PROFESSORES E TEMPO

Diante dessas considerações que retratam os fenômenos relacionados ao processo de visualização e que, portanto, aludem a demandas didático-pedagógicas para uma metamediação em Química, passaremos a explorar os estudos que completam a tríade: recursos visuais (demandas representacionais), estudantes (processo de visualização) e professores (estratégia de visualização). Para isso, apresentaremos uma revisão sobre os estudos do campo das visualizações (representações visuais) que colocam ênfase nos professores da Educação Básica. Posteriormente, tendo no horizonte a noção de estratégia de visualização como uma forma de demarcar um espaço-tempo curricular específico, relacionaremos as menções teóricas e as investigações que estabelecem relações entre os recursos visuais e implicações temporais.

3.2.1 Os professores nos estudos sobre visualização

Em um trabalho de revisão, Santos e Arroio (2016) constataram que, apesar do uso de ferramentas multimídias e de modelos ter ajudado no aumento do desempenho dos alunos com as representações visuais e do professor continuar sendo muito importante nesse processo, a maioria dos estudos se concentrou nos estudantes mostrando uma lacuna sobre pesquisas científicas relacionadas à formação de professores de Química no contexto da visualização.

Nesse sentido, Ainsworth e Newton (2014) analisaram 401 resumos de artigos publicados entre 2010 e 2012 sobre representações visuais na Educação STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) e encontraram poucos estudos sobre o papel do professor (8%), com a maioria das pesquisas voltadas para como o planejamento e a escolha de representações visuais influenciam na aprendizagem dos estudantes.

Em trabalhos pioneiros Dori e Barnea (1997) demonstraram que um curso de formação continuada acerca de representações visuais baseadas em computador

com um módulo sobre Polímeros produziu um efeito positivo no aumento da confiança e na disposição para o uso de computadores sendo que os professores de Química participantes empregaram o módulo estudado em suas aulas.

Em outro estudo, Barnea e Dori (2000) exploraram as percepções sobre a natureza e a função de modelos de 34 professores em formação inicial e continuada. Uma oficina de 14 horas sobre os seus diferentes significados e a experiência com vários tipos de modelos expandiu a percepção inicial dos professores. Isso foi corroborado por meio de uma marcante diferença entre um grupo experimental que explorou formas geométricas por meio de software de modelagem molecular e um grupo de controle no qual os professores conduziram um ensino do tipo tradicional.

Wu (2003) investigou como alunos e professores construíram interativamente os significados das representações químicas articulando-as com experiências da vida real e como o conhecimento do conteúdo dos professores molda as suas estratégias discursivas para construir ligações intertextuais com os estudantes. Isso indica que ligações intertextuais entre o domínio submicro e as experiências da vida real dos alunos podem ser iniciadas pelos alunos e instigadas pelos professores. Embora as ligações fossem construídas por professores e alunos, os termos e o conteúdo do domínio submicro foram principalmente fornecidos ou orientados pelos professores. De forma que as estratégias discursivas dos docentes foram cruciais para apoiar e mover as concepções dos alunos para além das experiências perceptivas.

Por sua vez, Cook (2011) investigou como sete professores da área de Ciências utilizaram representações visuais no Ensino Médio. Os resultados sugerem que a seleção e o seu uso em sala de aula são influenciados pelo conteúdo do curso, pela disponibilidade do recurso e pelas características dos estudantes, como estilos de aprendizagem, conhecimento prévio e nível de habilidade. No curso de Química, as representações usadas eram moleculares ou simbólicas e em muitos poucos casos eram macroscópicas. As características dos alunos pareceram ser as mais influentes no uso de representações visuais pelo professor.

Alguns estudos abordaram as diferentes dimensões da visualização e as suas relações com a formação de professores, como por exemplo, o levantamento realizado por Ferreira e Arroio (2009a, 2009b) com 24 professores de Química em

formação inicial, sendo que 16 deles já tinham experiência docente. Os resultados indicaram que as representações visuais são usadas com frequência, destacando-se as imagens estáticas em 2D e modelos concretos e os seus usos foram associados à conteúdos que requerem maior abstração. Entretanto, para um número significativo de respondentes elas servem para aumentar a concentração, quebrar a monotonia ou diversificar a aula.

Os autores ressaltam que alguns licenciandos apresentaram a noção de representações como cópias ou modelos do real e aparentaram não diferenciar a obtenção de informação por meio de visualização e de verbalização. A maioria se referiu ao termo visualização como uma representação externa e poucos o relacionaram ao ato de visualizar, como significação de representações internas. Os autores também apontaram a falta de conhecimentos sobre o desenvolvimento de capacidades metavisuais, sobre a necessidade do ensino de códigos e convenções das representações químicas e, sobretudo, acreditam que para os licenciandos a visualização é vista como uma ferramenta didática pontual e não como possibilidade de constituir uma estratégia de ensino mais ampla.

Nessa abordagem, Ferreira, Baptista e Arroio (2011) analisaram o impacto de um curso de formação continuada de 40 horas nas concepções e atitudes de professores sobre visualizações. A análise de comunicações orais, planejamentos de sequências didáticas e entrevistas de 14 professores em serviço mostrou que para a maioria dos professores as representações visuais eram usadas para “facilitar o entendimento dos conceitos” ou “melhorar a compreensão dos alunos sobre o conteúdo” e para alguns serviam para “tornar a aula mais agradável”, “despertar o interesse” ou “tornar o abstrato mais concreto”, sem alusão ao seu papel na construção de conhecimentos. O curso teve um impacto positivo ao amenizar as visões ingênuas iniciais, possivelmente advindas de um uso intuitivo desses recursos didáticos, e ao estender os repertórios teóricos dos professores que antes eram superficiais e por vezes errôneos.

Com a intenção de produzir uma visão geral das pesquisas envolvendo os estudos sobre visualização com um enfoque nos professores de Química da Educação Básica, em formação inicial (PI) e em serviço (PS), realizou-se um levantamento bibliográfico, apresentado a seguir. Os trabalhos selecionados se

distribuíram em pesquisas que exploraram as capacidades metavisuais de professores e as concepções de professores sobre visualização ou os seus usos. Essas últimas se dividiram naquelas que se valeram de questionários, entrevistas e planejamentos de ensino e em investigações que contemplaram a observação ou a supervisão de situações de ensino.

Nos estudos sobre as capacidades metavisuais, as habilidades dos PI em transitar entre os tipos de representações químicas foram pesquisadas por Keiner e Graulich (2020) a partir de suas explicações mecanísticas[11]. Os resultados com nove PI indicaram que a transição entre as representações era acompanhada por verbalizações muitas vezes vagas e sem ligações causais entre os recursos mecanísticos, além de discrepâncias entre seus desenhos e suas verbalizações. No estudo de Vladušić e Ožić (2016) trinta e sete PI demonstraram significados corretos e precisos para os símbolos de uso mais comum em equações e expressões químicas, entretanto, eles tiveram mais dificuldades em transitar de equações químicas para desenhos com representações do submicro, assim como, de declarações verbais ou simbólicas para expressões matemáticas.

Head et al. (2017) investigaram como dez PI perceberam a presença de cada um dos níveis representacionais por meio de uma metodologia de classificação de cartões. A presença ou a ausência do domínio macroscópico foi facilmente detectada pelos futuros professores. As maiores variações na percepção dos níveis ocorreram quando o simbólico e o submicro estavam presentes, sendo que aumentaram drasticamente quando múltiplos níveis constituíam uma única representação. Segundo os autores o conhecimento prévio e os aumentos da complexidade representacional e do grau de interpretação necessário para dar sentido à representação provavelmente contribuíram para os resultados encontrados.

O conhecimento sobre fórmulas e estruturas químicas de trezentos e vinte e dois PI e os fatores educacionais escolares e universitários que contribuíram para as diferenças de desempenho foram investigados por Taskin, Bernholt e Parchmann

11 De forma resumida as explicações mecanísticas (*mechanistic explanations*) se constituem pela descrição detalhada dos processos subjacentes que determinam um dado fenômeno. Elas se baseiam na identificação das entidades, suas propriedades e interações, isto é, das atividades nas quais estão envolvidas e da sua organização nesses processos. Os recursos mecanísticos como entidade, propriedade, atividade e organização podem ocorrer em explicações tanto no domínio macro, quanto no domínio submicro (KEINER; GRAULICH, 2020, p. 471).

(2017). O levantamento mostrou um nível bastante baixo de rendimento, sendo que 30,3% da variação dos resultados tiveram como preditores significativos a aprovação em exames de Química Orgânica, a nota do certificado de conclusão do Ensino Médio, o gênero e o estudo de Química no Ensino Médio (níveis básico e avançado). A influência dominante de fatores escolares indicou que o ensino nessa etapa de formação parece continuar importante após vários anos e pode não ser equalizada pelo ensino na universidade.

Pesquisas sobre a capacidade metavisual também colocaram enfoques sobre as representações e a aprendizagem conceitual de professores. Num estudo com quarenta PI, Derman e Ebenezer (2020) mostram que a aprendizagem com múltiplas representações de transformações físicas e químicas desenvolveu as estruturas cognitivas de professores com baixo e alto níveis de compreensão sobre a natureza particulada da matéria (NPM), sendo esses últimos os mais beneficiados.

Adadan (2014) realizou um estudo, também com quarenta PI, sobre como o conhecimento acerca da NPM afeta a aprendizagem de soluções químicas com o uso de múltiplas representações. Parte dos resultados revelaram que a natureza e a extensão da compreensão da NPM influenciam no nível de entendimento de solução química se não houver disponível uma representação visual do domínio submicro. As representações visuais apoiaram as explicações verbais e cerca de dois terços dos participantes desenvolveram o conhecimento de dissolução independentemente da extensão de sua compreensão sobre a NPM.

Yakmaci-Guzel e Adadan (2013) analisaram o efeito de um curso realizado em três aulas para dezenove PI e baseado em múltiplas representações sobre a estrutura da matéria. Os resultados mostraram que a experiência ajudou a desenvolver e a manter grande parte dos entendimentos científicos sobre a estrutura particulada da matéria ao longo de um período de dezessete meses. Por outro lado, a frequência de classificações cientificamente inapropriadas das representações visuais indicou uma eficiência maior do curso para mudar a compreensão em termos de estados físicos da matéria, uma menor eficiência para a composição física da matéria e uma mudança não duradoura em alguns professores sobre a composição química da matéria.

Os conhecimentos de vinte e cinco PI sobre as reações de oxidação-redução no domínio submicro e as maneiras como eles estabelecem relações com o domínio macro foram investigadas usando vídeos e *storyboards* por Akaygun, Adadan e Kelly (2019). Os futuros professores geralmente identificavam as evidências do domínio macro, porém mostravam dificuldades conceituais quando da interpretação e da representação das suas correspondentes evidências no domínio submicro. Poucos apresentaram uma compreensão científica ou moderada sobre reações redox.

Nakiboğlu e Nakiboğlu (2019) exploraram como quarenta e seis PI perceberam o fenômeno da precipitação e como conceituaram as reações de precipitação na forma simbólica e por meio de desenhos. O estudo destacou que a precipitação é percebida como uma reação entre duas soluções de sal, como sólido não dissolvido e como resíduo. A ausência do uso de símbolos de estado físico e a presença de representações atômicas e particuladas para a dissolução molecular em seus desenhos foram constatadas. Os autores sugeriram que o ensino deve incorporar as relações entre os níveis submicroscópico, simbólico e macroscópico usando as animações.

As representações mentais imediatas e as compreensões de PI e PS acerca de palavras e imagens relacionadas à Química foram investigadas por Vasconcelos, Santos e Arroio (2013). Apesar dos participantes possuírem níveis de formação diferentes os resultados indicaram que ambos mostraram limitações ao representarem seus modelos mentais. O desempenho dos PS foi aquém do esperado ao passo que muitos PI não conseguiram ou não souberam elaborar representações adequadas do domínio submicro.

As concepções de professores sobre visualização ou os seus usos foram investigadas a partir de dados de observação presencial, de registros audiovisuais ou da supervisão de situações de ensino. Parte dessas pesquisas colocou o seu enfoque no triplete químico, assim como a de Koopman (2017) que investigou o engajamento no triplete a partir de cinco aulas simuladas de um grupo de quinze PS em um curso de formação continuada. Os resultados mostraram engajamento principalmente nas dimensões simbólicas e submicroscópicas e não uma articulação dos conteúdos nos três níveis representacionais.

Lewthwaite, Doyle e Owen (2014) pesquisaram as tensões curriculares vivenciadas por três PS que em suas práticas de ensino no décimo segundo ano escolar predominavam as dimensões simbólicas e quantitativas da Química frente a um currículo oficial orientado para experiências nos domínios macro, submicro, simbólico e elemento humano. A preparação dos alunos para o Ensino Superior subsidiava o enfoque simbólico e um ensino centrado na aquisição de conteúdo a qual tensionava com a criação de oportunidades de engajamento que era respaldada em termos curriculares mas situada num ensino centrado no aluno e percebido como academicamente deficiente.

Duas investigações abordaram o uso do triplete químico partir das interações discursivas de professores. Dumon e Mzoughi-Khadhraoui (2014) realizaram uma análise comparativa entre os discursos de três PS em aulas sobre reações químicas. Majoritariamente, os objetos e eventos do campo experiencial eram descritos, interpretados e representados no domínio macroscópico e o vínculo entre esse domínio, dos reagentes e produtos, e o domínio submicro, das moléculas e íons, foi insuficiente.

Por sua vez, Thomas (2017) relata o uso da expressão *triangulação* por um PS para promover reflexões metacognitivas em estudantes e estimulá-los na articulação entre os domínios do triplete. O professor foi receptivo a essa estratégia, revisou sua abordagem pedagógica prévia e a maneira de falar com os alunos sobre Química. Os resultados indicaram que os estudantes construíram significados para o termo e perceberam a sua importância e o seu uso de formas variadas. O autor realça o potencial desse engajamento explícito com o triplete no desenvolvimento de metacognição.

Outras pesquisas incorporaram planejamentos de ensino implementados em sala de aula, como um estudo de caso comparativo entre dois PS realizado por Boesdorfer (2015) que investigou a relação entre as orientações de ensino e a escolha de representações. Representações como encenação, desenhos e analogias com objetos físicos foram usadas de formas distintas por cada professor, tanto para demonstrar conceitos, com uma orientação centrada no professor, quanto para envolver os estudantes com as representações, prover conexões entre ideias e ajudar na construção de conhecimentos, com um viés mais centrado no aluno. Os

resultados sugeriram que as escolhas das representações refletiram as orientações para o ensino de cada professor.

A análise de sequências didáticas fez parte de um estudo realizado por Ferreira, Baptista e Arroio (2013) acerca das concepções de quatorze PS sobre a natureza e o papel das visualizações em um curso de formação continuada. Inicialmente a maioria dos professores relacionou a visualização apenas com ferramentas visuais, com potenciais para ligar o conteúdo científico com o cotidiano, despertar a curiosidade e o interesse, tornar o abstrato ou o invisível real e com a função de facilitar a compreensão dos conceitos. Com o impacto positivo dessa experiência formativa os professores começaram a perceber a visualização como representação e não como reprodução da realidade, além de relacioná-la com maior ênfase à interpretação de imagens e à construção de modelo mentais.

Ao longo de um ano Waight et al. (2014) investigaram uma abordagem multi-instrucional imersiva e integrada para a implementação de modelos suportados por computador e de avaliação baseada em modelos conduzidos por um PS com experiência em tecnologias educacionais. As concepções do professor incluíram a função dos modelos como ferramentas e os seus benefícios em representar abstrações por meio de visualizações. Numerosos desafios foram encontrados ao conciliar os fenômenos macro, submicro e simbólicos e, embora ciente dos benefícios da visualização de fenômenos abstratos, o conhecimento no domínio macro foi o mais acessível e utilizável em contextos de ensino do submicro e simbólico. Com o esforço empreendido pelo professor a sua prática evoluiu no decorrer do estudo.

O estudo exploratório de Chang, Zhang e Chang (2014) compreendeu como um PS, não familiarizado com esse tipo de abordagem, personalizou e implementou uma unidade de ensino investigativa constituída por visualizações dinâmicas e interativas baseadas em computador. Inicialmente, as capacidades dos alunos criticarem as visualizações, construírem suas próprias representações visuais e o tempo alocado para essas atividades foram vistos com reservas pelo professor. Entretanto, o uso de um ensino híbrido centrado no aluno e no professor garantiu aos estudantes 53% do tempo das aulas para a condução de investigações, discussões e registros escritos em pequenos grupos. Ao final, o engajamento dos

alunos em toda a unidade em tarefas de desenhar, criticar e interpretar visualizações foi reconhecido pelo professor.

Na concepção do professor o tempo gasto foi manejável e valeu a pena, porém, a pressão para o ensino de todos os tópicos curriculares e a preparação para os exames o impediriam, em certas situações, de utilizar mais de uma ou duas unidades de ensino investigativas. Dessa forma, os autores exortam que apenas o planejamento e a personalização de um currículo existente podem não levar a sua adaptação substancial na prática pedagógica.

As concepções sobre visualização e os seus usos foram exploradas por meio de questionários e entrevistas. Em um levantamento com cento e trinta e cinco PS, Vasconcelos e Arroio (2013) constataram uma diversidade de percepções acerca das visualizações assim como dificuldades no entendimento da Química relacionando as dimensões macro, submicro e simbólica. Majoritariamente, o termo visualizações ficou direta e exclusivamente ligado a algum recurso didático com função auxiliar no ensino e usado para facilitar a compreensão dos fenômenos químicos. Nessa relação com a aprendizagem ele foi percebido como algo intrínseco aos métodos de ensino.

As visualizações também foram assumidas como formas de se “ver”, de se “enxergar” os fenômenos químicos e de tornar visível e concreto aquilo que não pode ser visto. A maioria dos professores não as perceberam como representações visuais do domínio submicro e apenas doze PS as referenciaram com interpretações internas que demandam habilidades espaciais.

Um grupo de trinta e três PI brasileiros e portugueses fez parte de um levantamento realizado por Vries, Ferreira e Arroio (2014) com um enfoque nas concepções sobre visualização. Os motivos para o uso de visualizações se basearam em ideias como facilitar a compreensão, tornar o ensino menos abstrato, quebrar a monotonia e deixar a aula mais dinâmica, além de suas potencialidades como linguagem visual. Entretanto, a falta de justificativas sugeriu reflexões insuficientes para relacionar as visualizações com a construção de conhecimento assim como as respostas reduzidas à alteração de rotina e dinâmica de aula omitiram ou subestimaram vastos aspectos teóricos inerentes aos seus usos.

O entendimento do termo visualização como representação externa foi predominante em PI brasileiros enquanto que para os PI portugueses ele foi mais equilibrado, isto é, visto como representação externa e como ato de significação. As opiniões sobre a necessidade de habilidades específicas para a aprendizagem com imagens foram generalistas para respostas afirmativas e foram baseadas na familiaridade com as mídias para respostas negativas, demonstrando a ausência de discussões sobre modelos, modelagem e as consideráveis diferenças entre a natureza das representações químicas e as diversas representações vivenciadas em outros contextos.

Ainda, a expressão *capacidades visuais* foi predominantemente relacionada com a ideia de interpretação correta daquilo que é visto e desconsiderando, por exemplo, o estímulo aos alunos para o trânsito entre as múltiplas representações, a reflexão sobre os seus limites e a construção e a reconstrução de representações, sugerindo, com isso, certa posição de passividade aos estudantes.

Dezenove PI eslovenos e finlandeses participaram de um levantamento feito por Savec et al. (2017) que explorou as suas percepções sobre a natureza tripla dos conceitos químicos. Ambos os grupos concordaram quase completamente que é sensato o uso de representações submicro em diferentes anos da Educação Básica e perceberam essas representações com as funções de facilitar a compreensão sobre a natureza da ciência, de apoiar o pensamento abstrato e de desenvolver nos alunos um entendimento sobre a natureza tripla da Química.

O grupo também convergiu na percepção de que as concepções alternativas mais comuns geradas pelas representações submicro eram sobre átomos, moléculas e íons e sobre a natureza particulada da matéria. A maioria dos futuros professores eslovenos e finlandeses foi capaz de perceber que concepções alternativas sobre o triplete químico poderiam ser causadas por uma representação mal elaborada e, da mesma forma, convergiram quando destacaram a dificuldade de distinção adequada entre os domínios macro e submicro. Os resultados positivos obtidos foram relacionados aos excelentes desempenhos escolares em avaliações internacionais de ambos os países e vistos como uma consequência de anos de esforços da área de Educação Química.

As concepções iniciais de seis PS sobre visualizações baseadas em computador e sobre múltiplas representações foram levantadas antes da intervenção de ensino com modelos *Flash* e *NetLogo* por meio de entrevistas no estudo de Waight e Gillmeister (2014). As características visuais e interativas foram reconhecidas como propósito dos modelos, entretanto, os recursos foram associados às práticas existentes como demonstrações, suporte para fala e elicitação de respostas corretas. Ao serem considerados como um suplemento para a introdução ou para a revisão de conteúdos ficaram relegados a abordagens processuais e passivas, se afastando de vieses investigativos e de exploração conceitual.

A experiência prévia dos alunos com o conteúdo, as representações visuais e as habilidades pertinentes foram vistas como um pré-requisito para a compreensão dos modelos, revigorando a ideia de seu uso para um reforço conceitual. Os estudantes também foram percebidos como incapazes de ordenar a grande quantidade de informações inerente aos modelos e que os mesmos exigiam uma demanda de aprendizagem adicional, uma reflexão profunda. Apenas dois professores fizeram breves referências às dimensões simbólica e submicro e sem conexões explícitas entre elas enquanto que as menções ao domínio macro foram abundantes.

No estudo de Patron et al. (2017), os raciocínios de doze PS sobre suas práticas com representações visuais no contexto do ensino de ligação química foram apreendidos e caracterizados por meio de entrevistas. Os resultados sugerem que os raciocínios sobre a prática tenderam a ser limitados ao passo que eles foram mais expressivos quanto ao potencial de construção de significados das abordagens de visualização utilizadas, tais como desenhar na lousa, mostrar imagens estáticas, usar objetos concretos, fazer experimentos e mostrar vídeos e animações.

Os professores distinguiram as características e a concepção de cada representação visual das suas abordagens de visualização e, dessa forma, pensaram menos sobre as vantagens e as desvantagens dos atributos particulares de uma dada representação. Os argumentos sobre as abordagens foram vagos e as razões de seus usos pareceram estar baseadas mais em experiências formativas e/ou convicções pessoais do que em demandas de aprendizagem dos alunos.

Essa distinção implicou a percepção do papel das múltiplas representações. Enquanto o uso de múltiplas abordagens de visualização foi assumido como essencial para a construção de significados o fato de mostrar diferentes representações visuais por meio da mesma abordagem foi visto como desafiador e confuso para os estudantes.

Quando se toma em conjunto os estudos sobre as capacidades metavisuais revelam dificuldades na conceitualização e no trânsito entre diferentes tipos de representações químicas e, em especial, com as do domínio submicro. Por outro lado, experiências formativas baseadas em múltiplas representações parecem contribuir para a aprendizagem conceitual dos futuros professores. Essas pesquisas foram quase que completamente desenvolvidas com professores em formação inicial.

Apenas professores em serviço fizeram parte dos estudos que envolveram as concepções sobre visualização e seus usos e que se valeram de informações obtidas a partir de práticas de ensino de Química. Nesse contexto, os professores encontraram dificuldades para articular pedagogicamente os domínios macro e submicro, ao passo que o uso explícito da expressão verbal *triangulação* foi relatado como uma alternativa potencial ao desenvolvimento dessa articulação e da metacognição em estudantes.

Pressões curriculares como exames e preparação para o ensino superior influenciaram na essencialização de uma abordagem simbólica da Química e foram vistas como obstáculos ao uso de visualizações numa perspectiva de ensino investigativo. Por outro lado, essa perspectiva ou alguns de seus aspectos foram favorecidos quando a orientação de ensino era centrada no aluno ou híbrida.

Os estudos que envolveram as concepções sobre visualização e seus usos e que obtiveram informações a partir de questionários e entrevistas contemplaram professores em serviço e em formação inicial. Quando o triplete químico foi explorado dificuldades de seu entendimento e de articulações explícitas entre os domínios foram constatados entre professores em serviço, ao passo que em um dos estudos com professores em formação inicial o conhecimento sobre o uso do triplete e a sua função foi satisfatório e relacionado a conquistas escolares e da comunidade de educadores químicos.

As concepções de professores em serviço e em formação inicial sobre visualização convergiram para entendimentos com ênfase em sua dimensão externa, restritos a um recurso didático, com a função de complementar as formas de ensino existentes e com os motivos de seu uso ligados a provisão de concretude aos fenômenos químicos e a facilitação da sua compreensão. De modo geral, as concepções foram limitadas quanto a referências sobre a construção de representações internas, as habilidades visuais, as competências representacionais em códigos e convenções, as potencialidades e limitações de representações externas particulares, a externalização de representações visuais e o papel das múltiplas representações.

Diante das possíveis questões relacionadas ao uso de visualizações pelos professores de Ciências, conforme Ainsworth e Newton (2014), apenas uma parte relativamente pequena foi investigada e ainda conhecemos muito pouco acerca dos processos pelos quais os professores decidem sobre quais e quando as representações visuais são usadas, de modo que as pesquisas deveriam se debruçar nas demandas desses profissionais para que os seus resultados pudessem ser amplamente utilizados de modo a contribuir com a formação de professores e a melhoria das práticas pedagógicas escolares.

3.2.2 O tempo nos estudos sobre visualização

Dentre os diversos aspectos que caracterizam o uso de representações visuais e o processo de visualização no ambiente escolar localiza-se a dimensão temporal. Ao longo dos desenvolvimentos teóricos relacionados à visualização, referências indiretas sobre a relevância de certa noção de tempo podem ser encontradas.

O trânsito eficiente entre as dimensões macro, submicro e simbólicas da Química tratadas como vértices de um triângulo por Johnstone (1991) remetem a um tempo implícito e rápido que pode ocultar as diferentes capacidades de transição entre professor e alunos. Em outras palavras, o tempo em que o professor referencia em sala de aula uma transição do macro para o submicro pode não ser,

necessariamente, o tempo suficiente para que os alunos o façam, pois, conforme Johnstone (1991, p. 78, tradução nossa), “[q]uase que num fôlego, o professor percorre o triângulo, mas o estudante pode ficar encalhado no vértice do macroscópico”.

De forma semelhante, a aprendizagem do complexo sistema simbólico da Química, assumido como uma linguagem não familiar e mediadora da construção de significados abstratos, revela implicações temporais, pois, ao ensinar as convenções simbólicas “é importante que o professor considere como é provável que leve tempo e prática, antes que o domínio da nova língua seja possível”, como indica Taber (2009, p. 101, tradução nossa).

O tempo também aparece sutilmente em recomendações quanto ao uso de múltiplas representações para a promoção do pensamento abstrato dos estudantes. Para isso, o professor deve disponibilizar um apoio considerável aos alunos, “fornecendo ajuda direcionada e apoio em como relacionar as representações e dando aos alunos um tempo suficiente para dominar este processo”, conforme vemos em Ainsworth (2008, p. 206, tradução nossa).

Por sua vez, inerente às aprendizagens no domínio submicro da Química encontra-se a compreensão da natureza particulada da matéria (NPM). Segundo Harrison e Treagust (2003, p. 207, tradução nossa), “os conceitos efetivos sobre partículas são desenvolvidos ao longo do tempo e envolvem crescimento epistemológico e mudança conceitual ontológica”. Assim como as transformações nas concepções de conhecimento e de realidade material podem não ser aprendidas de forma imediata pelos alunos o ensino da natureza corpuscular da matéria tão pouco deve ser célere, pois Harrison e Treagust (2003, p. 203, tradução e grifos nossos) pontuam claramente que

> […] o ensino de Química sobre a natureza particular da matéria deve dispensar *o conhecimento rápido* e encorajar os alunos a examinar a ampla gama de dados relativos a partículas e negociar entendimentos comuns compatíveis com a ciência e o nível intelectual dos alunos.

Depois de investigarem as dificuldades de estudantes em imaginar eventos do domínio macro em termos de modelos de partículas correspondentes ao domínio submicro, Onwu e Randall (2006, p. 237, tradução nossa) igualmente advertiram para os fatos de que “a pressa do professor” em cobrir os conteúdos de ensino e a

consequente introdução “muito rapidamente” dos conceitos sobre a NPM, provavelmente, inibirão ou produzirão pouca compreensão.

Sobretudo, a despeito dos desafios que caracterizam as aprendizagens do mundo atômico-molecular, a Educação em Química prescinde desse aporte conceitual do domínio submicro. Diante dessa complexidade em situações de ensino, Taber (2013, p. 166, tradução nossa) sugere que “pode ser melhor desacelerar o ritmo de introdução de novas ideias e fornecer oportunidades suficientes para reforçar as ideias-chave consideradas mais importantes em uma ampla gama de contextos”. Trata-se de uma redução na amplitude do material de ensino, mas que mantenha os conceitos nos domínios macro e submicro, bem como, as suas formas mediadoras de representação simbólica.

Harrison e Treagust (1996, p. 514, tradução nossa) ressaltam que, embora as fórmulas estruturais possam ser fácil e rapidamente desenhadas no papel, os “[…] estudantes precisam de tempo para desenvolver as capacidades de visualização necessárias para ler […]” essas representações visuais. Ao investigarem as concepções alternativas de alunos sobre modelos de átomos e de moléculas, os autores recomendam que o currículo escolar destine um tempo para o desenvolvimento de práticas de modelagem e para discussões sobre as noções de modelo. Em vez de evitar o uso de modelos, uma vez que eles são inerentes à Ciência Química e as suas ausências a resumiria à mera descrição de propriedades e transformações macroscópicas, Harrison e Treagust (1996, pp. 531 e 532, tradução nossa) afirmam que

> […] a melhor abordagem é tomar o tempo necessário para desenvolver as habilidades de modelagem com os estudantes. [Assim como,] [o]uvir os estudantes pode melhorar o Ensino das Ciências se os professores dedicarem tempo para considerar, cuidadosamente, os modelos mentais que os estudantes trazem à instrução ou constroem durante a instrução.

O conjunto dessas considerações vindas dos desenvolvimentos teóricos nos remete à localização de uma noção de tempo na dinâmica da sala de aula e com ela nas suas relações com as estratégias de ensino ligadas ao processo de visualização. Nesse contexto, os domínios representacionais químicos inerentes ao processo de visualização foram abordados por meio das interações verbais entre professor e alunos utilizando os conceitos de tempo de espera um e dois[12]. Os

12 De acordo com Rowe (1986) o tempo de espera um (*wait time one*) se refere a uma pausa (silêncio) realizada pelo professor após fazer uma pergunta aos alunos, até que os mesmos

tempos de pausa alocados após a pergunta do professor e após a resposta de um aluno são fundamentais para os estudantes entenderem os questionamentos e pensarem na elaboração e no conteúdo das respostas emitidas.

Li e Arshad (2014) constataram em docentes que desconheciam o termo *tempo de espera* que do total de questões sobre múltiplas representações por eles realizadas a maioria referenciava o domínio macro e poucas delas (6,8%) foram seguidas de tempo de espera um. Em contextos de ensino de reações redox usando experimentação e equações reacionais, quando a quantidade de tempo das declarações e questões dos estudantes foi superior (64,2%) a dos professores uma ênfase no domínio macro também prevaleceu em ambas as interações, de acordo com Li e Arshad (2014b). Por outro lado, em situações em que os professores praticaram os tempos de espera um e dois permaneceu o desafio de realizar perguntas abertas que favorecessem o pensamento divergente e avaliativo, evitando respostas curtas baseadas na memorização e inserindo as interações verbais efetivamente numa perspectiva investigativa de ensino Li e Arshad (2015).

As interações verbais também são exploradas em estratégias de ensino que se baseiam na construção de representações visuais de conceitos e de processos científicos pelos próprios alunos. Nesse contexto, a Abordagem de Construção de Representação aparece como um caso particular de processos de ensino por investigação orientada e se constituí por uma forte e explícita ênfase no trabalho de construção, na negociação e no refinamento das representações elaboradas pelos estudantes.

De modo geral, desafios representacionais são postos e os alunos são apoiados na identificação do problema e na coordenação das representações necessárias para a explicação dos fenômenos. As representações construídas pelos alunos são discutidas de forma guiada e explícita com um enfoque no refinamento representacional. Elas são criticadas por suas clarezas, abrangências e persuasões explicativas, em grupos e com a classe inteira e o professor auxilia no entendimento

---

iniciem suas respostas. Por sua vez, o tempo de espera dois (*wait time two*) é uma pausa feita pelo professor após o término das respostas dos alunos, até ele começar uma réplica ou fazer outra pergunta. Normalmente esses intervalos de tempo compreendem um segundo ou menos. A autora infere que: “[h]á um valor limite abaixo do qual as mudanças no tempo de espera produzem pouco efeito e acima do qual (2,7 segundos) há consequências marcantes tanto para os professores quanto para os alunos” (ROWE, 1986, p. 43, tradução nossa) no que diz respeito a qualidade dos seus discursos verbais, as suas atitudes e as suas expectativas.

do propósito seletivo, da forma e da função das representações. Essa abordagem pressupõe contextos experienciais e perceptivos fortes para um mapeamento constante de aspectos observáveis, de possíveis inferências e de representações, dentro de um processo de avaliação formativo e somativo contínuo (TYTLER et al., 2013a; TYTLER; HUBBER; PRAIN, 2013).

Algumas considerações sobre o tempo perpassaram em experiências com essa abordagem, como no estudo de Waldrip e Prain (2013) que relatou que um professor percebeu que inicialmente essa abordagem levou mais tempo em comparação com as suas tarefas anteriores e que um de seus benefícios foi o de localizar um tempo para os estudantes aprenderem as convenções representacionais. Dentre as considerações de três professores sobre o seu impacto em sala de aula, trazidas por Hubber (2013), destacamos que um tempo maior foi alocado para a negociação e a discussão de representações e que esse fator deveria ser considerado no planejamento das aulas de modo a permitir um tempo suficiente para os alunos formularem e consolidarem as suas ideias. Um dos professores percebeu que esse tempo disponível foi usado para ele realmente se conectar com os estudantes.

Nessa direção, Parnafes e Trachtenberg-Maslaton (2014) apresentaram uma abordagem de ensino com atividades envolvendo representações visuais geradas por estudantes, as quais se constituíam por tarefas introdutórias ao tema, criação de representações visuais pelos estudantes sobre um fenômeno experimentado, uma série de discussões em grupo e com a classe inteira e reelaborações individuais e em pares das representações construídas, assim como discussões com a classe inteira com o objetivo de desenvolver um conjunto de critérios para avaliar as representações visuais. Em uma das práticas pedagógicas observadas o ritmo das atividades pareceu ser mais lento e ditado pelos alunos, sugerindo certo deslocamento do controle sobre o tempo alocado por parte do professor e passando a considerar o tempo necessário para a realização das tarefas pelos estudantes.

Os autores reforçam que as representações visuais externalizadas pelos alunos funcionam como uma âncora para o discurso em sala de aula. Elas propiciam diálogos autênticos e provém de forma fácil e imediata a troca de ideias, os *feedbacks*, as argumentações e as correções pertinentes os quais, ao contrário, não

são garantidos apenas pelo aspecto transiente da fala. Parnafes e Trachtenberg-Maslaton (2014, p. 288, tradução nossa) nos dizem que a motivação e o engajamento dos alunos são estimulados num contexto de igualdade e de legitimidade que permeia aos diálogos autênticos produzidos, uma vez que

> […] centrar o discurso em torno de uma representação físico visual permite aos estudantes se responsabilizarem uns com os outros pelo que é desenhado, gerar discussões que são fundamentadas em algo concreto e visível e compartilhadas por todos na sala, fazendo perguntas e referências específicas a aspectos do desenho. […] Todos na sala de aula podem se envolver igualmente neste tipo de atividade e fazer um esforço para interpretar e dar sentido à situação à sua frente. […] O fato de cada estudante ou grupo de estudantes ter gerado uma representação única cria um senso de propriedade junto com um senso de competência.

De acordo com Braga, Phillips e Norris (2012) cabe ao professor refletir sobre as implicações que uma representação visual agrega ao processo de aprendizagem. Nesse sentido, o seu benefício educacional é medido não apenas pelo tempo e pelo esforço docente empregado na sua criação ou obtenção, mas, também, pelas demandas que o seu uso coloca aos estudantes, como os seus conhecimentos prévios, capacidades intelectuais e habilidades, e ao professor, como as exigências de apoio aos alunos no êxito do uso das representações visuais.

Ao investigar o uso de representações visuais em sala de aula, Eilam (2012) menciona que um uso intuitivo desses recursos pelos docentes, sem o devido planejamento prévio, por vezes não cumpria com os objetivos pretendidos, pois dificuldades de construção de sentido, a perda e a cópia ou articulação errôneas de informações eram constatadas por parte dos alunos. Referências temporais e intuitivas se destacaram como a de que uma representação visual poder encurtar o tempo de instrução, pois o aluno “[…] pode simplesmente olhar e ver, em vez de falar muito sobre o recurso” (EILAM, 2012, p. 75, tradução nossa).

Outros professores perceberam o seu uso como uma “perda de tempo da aula” (EILAM, 2012, p. 78, tradução nossa) uma vez que ela teria um potencial para atrair a atenção dos alunos para aspectos errôneos e a impossibilidade de verificar todas as suas interpretações deixaria alguns deles com compreensões equivocadas. Conforme a autora, os professores apresentaram conhecimentos limitados sobre representações visuais e as percepções expressadas derivaram das suas experiências anteriores como alunos e das próprias experiências de ensino como docentes.

O tempo curricular também tem sido visto por parte dos professores como um dos obstáculos ao uso de representações visuais, pois a falta de tempo para explicá-las ou para dedicar uma fração das aulas para estudá-las provém da pressão do tempo exercida pela grande quantidade de conteúdos de ensino e de objetivos de aprendizagem que devem ser atingidos (EILAM, 2012; EILAM; GILBERT, 2014).

Por outro lado, o campo de estudos sobre visualização vem demarcando a necessidade de se repensar o uso do tempo em sala de aula por meio do desenvolvimento de estratégias de ensino específicas. Na esteira da geração de representações visuais pelos próprios alunos, a criação de suas próprias animações tem sido uma alternativa viável a partir das experiências com *slowmation*[13]. Enquanto animações em *stop-motion* em padrões comerciais são complexas e a sua construção consumiria muito tempo das aulas de Ciências as animações com baixos custo e tecnologia envolvendo conceitos científicos oferecem uma forma de quebrar essas barreiras e serem exploradas por alunos e professores.

Loughran (2014) delineia uma estratégia de ensino com *slowmation* que parte da pesquisa das informações sobre um conceito e as formas de representá-los. Em um esboço sequencial (*storyboard*) posterior essas informações são distribuídas de modo que ilustrem a percepção dos alunos sobre as “partes” necessárias à explicação conceitual e que serão materializadas em representações. Então, criam-se os modelos representacionais com materiais de baixa tecnologia (argila, massa de modelagem, modelos existentes, desenhos e outros). Em um fundo no plano horizontal as cenas são montadas com os modelos, permitindo mudanças rápidas e fáceis, e pequenos movimentos nos modelos são produzidos seguidos de seus registros numa série de fotografias com uma câmera digital. Por fim, as fotografias são combinadas em qualquer software de edição de vídeos e a animação é criada.

De acordo com Loughran (2014), num primeiro momento, professores em formação inicial levantaram como possíveis dificuldades para o seu uso em aulas de Ciências os desafios técnicos e o consumo de tempo e após a sua implementação ficaram entusiasmados com os resultados obtidos. Em referência ao trabalho com *slowmation* Eilam e Gilbert (2014b, p. 52 - tradução nossa) mencionam que essa

13 A palavra é uma abreviação da expressão *slow animation.* Trata-se de uma versão digital do folioscópio e a sua origem remonta ao trabalho do Prof. Garry Hoban da Universidade de Wollongong, Austrália. http://www.slowmation.com/

> […] desaceleração das informações permite que o [aluno] compreenda mais claramente os conceitos individuais que estão sendo representados, transformando as ideias abstratas em uma forma concreta, tornando-as mais acessíveis mentalmente.

Loughran et al. (2012) constataram que os professores se tornaram mais sensíveis às concepções alternativas dos alunos por meio da apresentação da *slowmation* em sala de aula e na etapa de elaboração do esboço sequencial. Os futuros professores perceberam que "simplesmente falar aos seus alunos sobre um conceito não alterava necessariamente seu pensamento sobre o conceito de forma apreciável" (LOUGHRAN et al., 2012, p. 99-100, tradução nossa), de forma a se confrontarem com as limitações de abordagens de ensino meramente transmissivas.

As animações produzidas por especialistas também possuem um grande potencial de ensino, principalmente, para os conceitos científicos associados a fenômenos ou processos que se desdobram ao longo do tempo. Embora forneçam informações dinâmicas inacessíveis por meio de imagens estáticas, as animações acrescentam demandas de aprendizagem dentre as quais se destaca a garantia de um tempo necessário para que os alunos interpretem os fragmentos visuais que as compõem.

De acordo com Cook (2006, p. 1083, tradução nossa) para os alunos iniciantes pode ser "difícil extrair informações relevantes a um ritmo tão rápido, portanto, podem exigir um ritmo mais lento ou exibições sucessivas". No estudo de Sanger, Brecheisen e Hynek (2001), animações com representações moleculares foram mostradas três vezes consecutivas e com narração como forma de garantir um tempo suficiente para a sua interpretação. Conforme Tversky, Morrison e Betrancourt (2002, p. 258, tradução nossa) "as animações devem ser lentas e claras o suficiente para que os observadores percebam os movimentos, as mudanças e seu tempo, e compreendam as mudanças nas relações entre as partes e a sequência dos eventos".

Nesse contexto de utilização de animações, se destaca o projeto VisChem de Roy Tasker e colaboradores. Desde o seu pioneirismo no final da década de 1980 em ensinar Química explorando as suas múltiplas representações por meio de manuais de laboratório, demonstrações de reações químicas observáveis exibidas em retroprojetor, uso de modelos moleculares, Roy Tasker vivencia uma escassez de recursos didáticos, além de modelos concretos e imagens em livros didáticos. A

constatação de limites para representar a complexidade do mundo atômico-molecular estimulou, em meados da década de 1990, o surgimento do projeto VisChem voltado a produção de animações, descrevendo estruturas e processos físico-químicos para abordar concepções alternativas de estudantes (TASKER, 2014).

As animações foram projetadas com o desafio de equilibrar as demandas frequentemente concorrentes de *precisão científica* (por exemplo: muito pouco espaço entre moléculas adjacentes no estado líquido; vibrações internas de ligação molecular complicadas; e a natureza difusa de superfícies de nuvem de elétrons de átomos), *"licença artística"* (por exemplo: a ausência de vibrações internas de ligação molecular para reduzir o grau de movimento, uso de superfícies de contorno reflexivo em átomos em seus raios de van der Waals, redução da velocidade das moléculas no estado gasoso, ambas para facilitar a comunicação) e *restrições técnicas de computação* (por exemplo: a visualização em *close-up* para limitar o número de objetos em movimento a serem renderizados, a representação de eventos não-triviais em tempo mínimo para reduzir o número de quadros de animação, ambas as ações para otimizar a qualidade e o tamanho do arquivo) (TASKER, 2014).

O VisChem é um projeto de pesquisa e desenvolvimento voltado ao estudo da eficiência de visualizações em nível molecular, à produção de animações e à elaboração de propostas de ensino para uma compreensão profunda da Química (TASKER, 2019). Para isso, o referido projeto assume os pressupostos do triplete químico (JOHNSTONE, 1993, 2000) e da TCAM (MAYER, 2014) para produzir animações, inseri-las em videoaulas com narrações e construir uma estratégia de ensino intitulada Estratégia de Aprendizagem VisChem (EAV), conforme Quadro 2.

Quadro 2 - Etapas da Estratégia de Aprendizagem VisChem

Etapa	**Descrição**		
	Recursos	*Ações dos Alunos*	*Ações do Professor*
Observar	Demonstrações ao vivo ou em recursos audiovisuais	Estudantes **observam** um fenômeno em nível laboratorial e **registram** suas observações com palavras e/ou desenhos.	Introduzir o conceito com exemplos de reações ou propriedades de substâncias numa aula ou tutorial.
Descrever e Desenhar	Representações dos estudantes	Estudantes **desenham** representações sobre o que está ocorrendo em nível molecular e **descrevem** com palavras para explicar as observações.	Discutir as convenções necessárias para as representações (tamanho, movimento, número, agregação).
Discutir	Representações dos estudantes	Outros alunos dão ***feedback*** sobre as representações dos colegas.	Focar a atenção dos estudantes na identificação das características chaves nas representações elaboradas e que explicam as observações.
Visualizar	Animações VisChem	Estudantes **visualizam** o fenômeno abordado por meio de uma animação.	Apresenta a animação e ajuda os alunos a identificar as características chaves: i) primeira exibição sem narração; ii) segunda exibição com narração.
Refletir	Representações dos estudantes	Estudantes **refletem**, com colegas, sobre as diferenças entre a animação e os desenhos. Depois, discutem as discrepâncias com o professor. Melhoram os próprios desenhos.	Aponta concepções alternativas comuns, solicita que os alunos melhorem seus desenhos para incorporar as características chave.
Relacionar	Recursos multimídia online de acompanhamento	Estudantes **relacionam** os três níveis de pensamento por meio de folhas de anotações ou vendo outros exemplos. Relacionam a perspectiva molecular com a linguagem simbólica e matemática.	Professor resume as relações entre os níveis laboratorial, molecular e simbólico. Os alunos recebem uma folha resumindo as relações entre os níveis.
Adaptar	Demonstrações ao vivo ou em recursos audiovisuais	Os estudantes **aplicam** seus modelos mentais para explicar outros fenômenos e receber *feedback*.	Encoraja a transferência do modelo mental para novos, porém análogos, exemplos de fenômenos.

Fonte: elaborado a partir de Tasker e Dalton (2006).

Um estudo longitudinal com alunos de graduação sobre as animações do VisChem demonstrou que as suas exibições junto com oportunidades de praticar o desenho de representações atômico-moleculares aumentou significativamente a aceitabilidade das características chaves representadas, a confiança sobre o seu uso e o desenvolvimento de modelos pictóricos mais vívidos, ao longo da

investigação. Por outro lado, a potencialidade desse material didático insere-se numa estratégia de visualização a qual pressupõe: i) motivar a mobilização dos conhecimentos prévios (para a imaginação de modelos mentais) focando a atenção dos alunos nas características chaves do modelo mental inicial (antes da animação); ii) oportunizar a discussão de ideias entre os pares (e com o professor, identificando *misconceptions*); iii) praticar e aplicar (em novas situações) as habilidades de visualização desenvolvidas (modelos mentais aceitáveis), na perspectiva de que elas sejam valorizadas e, possivelmente, avaliadas (TASKER; DALTON, 2006.

Nesse sentido, em suas sete etapas, a EAV é utilizada para aprimorar os modelos mentais dos alunos no domínio submicro e pode fornecer um conjunto de ações articuladas que mobilizam habilidades envolvidas na escolha do propósito, na construção, no teste e na avaliação dos limites de representações visuais. Esse conjunto de ações pressupõem a observação de fenômenos, a explicitação das ideias prévias dos alunos, o engajamento na elaboração e reelaboração de modelos mentais e a aplicação do modelo construído em novas e semelhantes situações (TASKER, 2017).

Assim, na EAV descrita por Tasker e Dalton (2006, 2010) (Quadro 2) tem-se o seguinte movimento: inicialmente, os estudantes observam um fenômeno em vídeo ou por meio de demonstrações e registram as suas observações com palavras e/ou desenhos. A seguir, eles desenham representações em nível atômico-molecular e as descrevem com palavras para explicarem as observações. As representações construídas são discutidas entre os alunos. Logo, uma animação é exibida com o modelo explicativo para o fenômeno abordado. Posteriormente, os estudantes refletem com colegas sobre as diferenças entre a animação e as suas representações, discutem as discrepâncias encontradas com o professor e melhoram os próprios desenhos. A seguir, os alunos relacionam as diferentes representações químicas, ligando a perspectiva molecular com a linguagem simbólica e matemática, por meio de folhas de anotações ou outros exemplos. Por fim, os estudantes aplicam seus modelos mentais para explicar outros fenômenos.

Inicialmente, a EAV estava direcionada ao primeiro ano dos cursos de graduação, era usada amplamente nos últimos anos da Educação Básica e recomendada para o Ensino de Ciências pois, nesse último, é o momento no qual

surgiam as primeiras ideias fundamentais da Química e as respectivas concepções alternativas (TASKER et al., 2002a). Recentemente, o VisChem compreende um programa de desenvolvimento profissional e estudos que investiga como o uso de animações do domínio submicro por professores implica possibilidades e limites para a aprendizagem dos alunos, nas aulas de Química do Ensino Médio e Fundamental (VISCHEM, 2020).

A estratégia é implementada no ambiente de sala de aula, de forma presencial, com os alunos trabalhando em pares, recebendo o suporte de um professor para direcionar a atenção para as características chaves das animações e para facilitar as discussões. Quanto a sua duração a implementação da estratégia comporta “um pequeno período de tempo contíguo” dentro de uma aula, em uma semana de um tópico curricular, de uma unidade de ensino ou de um curso, devendo se repetir várias vezes e em diferentes contextos, ao longo da disciplina (TASKER et al., 2002a).

De acordo com Tasker et al. (2002c), as sete etapas da EAV podem ser realizadas em quarenta minutos. A última etapa que compreende a aplicação do modelo mental em novas situações pode ser realizada logo após esse período de tempo ou ser realizada em outra aula ou ainda como um item de avaliação. A Estratégia de Aprendizagem VisChem pode ser usada para qualquer tópico de Química que exija um modelo mental cientificamente aceitável do domínio submicro.

No ambiente escolar, as pressões curriculares (quantidade de aulas, conteúdo programático, avaliações), a organização (calendário escolar, número de alunos) e as condições infraestruturais (recursos didáticos, logística) podem condicionar ou determinar a implementação de estratégias de ensino como a EAV. Nesse sentido, uma pesquisa sobre o uso de animações VisChem dentro da EAV foi conduzida com um total de 261 estudantes do Ensino Médio em escolas rurais, urbanas e universitárias (Escola de Aplicação), na Tailândia (PHENGLENGDI, 2015).

O referido estudo informa uma disposição temporal para as ações do EAV baseada numa turma de 40 alunos divididos em grupos de 5 a 6 integrantes e lecionada por um professor. Num total de 80 minutos as ações assim se dividiram: passo 1 – observar um fenômeno (10 minutos); passo 2 – descrever e desenhar uma representação em nível molecular (10 minutos); passo 3 – discutir com os

colegas (10 minutos); passo 4 – visualizar um modelo de eventos moleculares (15 minutos); passo 5 – refletir sobre as diferenças (10 minutos); passo 6 – expressar ideias usando símbolos e termos científicos (15 minutos); e passo 7 – transferência de ideias para novas situações (10 minutos).

Dessa forma, o trabalho com animações se afasta de uma simples exibição do recurso visual e da sua interpretação e é inserido num conjunto de atividades sistemáticas de escrita, desenho e discussões orais que promovem a criação e a externalização de modelos mentais visuais, bem como, o processo de visualização como ato de construção de significados.

A dimensão temporal perpassou ao seu desenvolvimento, desde as recomendações de Milheim (1993, pp. 175–176, tradução nossa), como a de reservar "um tempo livre antes e depois da animação para permitir uma melhor compreensão [e interpretação]", isto é, tanto um tempo prévio para os estudantes predizerem os eventos quanto um tempo posterior para eles extraírem os significados da animação. Evidências da efetividade dessa desaceleração no uso pedagógico de animações podem ser vistas nos ajustes realizados na EAV e ressaltados por Tasker et al. (2002, p. 02, tradução nossa), como segue:

> A mudança mais significativa desde a sua criação [EAV], em 1994, foi a de reservar um tempo para suscitar as visões prévias do aluno antes de mostrar a animação VisChem e desenvolver itens de avaliação que realmente sondassem a compreensão do mundo molecular pelos estudantes.

O aumento das capacidades computacionais de uma ampla variedade de dispositivos como *iPads*, *tablets*, telefones inteligentes, lousas digitais e *laptops* potencializaram também o uso de ferramentas de visualização como as simulações, as quais permitem aos alunos inserirem variáveis e observarem os seus efeitos. Esses recursos permitem, por meio de simulação, aos alunos acessarem fenômenos que são muito pequenos ou grandes, lentos ou rápidos, perigosos, distantes ou invisíveis para serem observados no ambiente na sala de aula.

Uma estratégia de ensino flexível e dinâmica com simulações interativas e baseada em investigação de entrada aberta foi proposta por Geelan e Fan (2014). De modo geral, a sequência parte de discussões em pequenos grupos e com a classe inteira com o objetivo de elicitar e tornar claras as concepções prévias dos

estudantes e os conceitos científicos alvos da simulação. A seguir, previsões de comportamento do fenômeno são esboçadas pelos alunos em função de suas compreensões conceituais e registradas por escrito. Logo, as predições conceituais que competem entre si em termos explicativos são testadas usando a simulação.

No passo seguinte, os significados dos resultados obtidos nas simulações são compreendidos e as suas relações com o conhecimento alvo são estabelecidas, no sentido das evidências falsearem as concepções errôneas e apoiarem os conceitos científicos. Por último, testes adicionais podem ser realizados com a simulação para desenvolver e aprofundar a aprendizagem conceitual. O professor tem um papel mediador central no apoio às discussões e às argumentações desencadeadas ao longo de todas as etapas.

Geelan e Fan (2014, pp. 258 e 265, tradução nossa) tecem considerações temporais em face aos potenciais de aprendizagem com o uso de simulações interativas, pois da mesma forma que os alunos “aprenderam a ler e escrever textos, eles precisam de tempo e apoio para aprender a ‘ler’ representações visuais” e em currículos sobrecarregados de conteúdos “muitas vezes não há tempo suficiente para desenvolver conceitos de forma mais completa”, nas quais “uma passagem rápida e expositiva de conceitos não leva a um aprendizado real e internalizado”.

Pelo exposto percebemos que os enfoques das pesquisas sobre visualização vêm se centrando nos alunos e nos recursos visuais ao passo que os estudos acerca das concepções e das práticas pedagógicas dos professores têm sido incipientes e se mostrado desafiadores diante da amplitude de abordagens possíveis.

Apesar do processo de visualização prescindir tanto de recursos visuais não digitais, como as imagens inscritas em livros didáticos e lousas e os objetos e materiais físicos, quanto de recursos visuais digitais, como as animações, simulações, vídeos e imagens estáticas exibidas por meio computadores e outros dispositivos, os estudantes atuais fazem parte de uma geração conectada a diferentes veículos de comunicação, se mostrando como um público ativo que tem diversificado as formas pelas quais obtém informações e, em especial, por meio da internet (SILVA; PEREIRA; ARROIO, 2017).

Essa propensão ao acesso aos diferentes tipos de tecnologias visuais que os rodeiam vai de encontro com o atual potencial educativo dos recursos visuais digitais disponíveis na web e que podem melhorar a aprendizagem, pois segundo Al-Balushi e Al-Hajri (2014) os professores devem fazer uso dessas novas tecnologias, como as animações, para facilitar a entrada de seus alunos no mundo dos átomos e moléculas, no complexo domínio submicro da Química.

Entretanto, diante de um mundo marcado pela onipresença da linguagem visual e de uma crescente facilidade de acesso a novas tecnologias junto a um histórico de amplo uso de recursos visuais nas aulas de Química o repertório conceitual dos professores no campo da visualização tem sido incompleto e insuficiente, de modo que a vasta gama de conceitos relacionados a visualização se confronta com as poucas oportunidades formativas sistemáticas, intencionais e explícitas em cursos de formação inicial ou continuada sobre essa temática.

Nesse contexto percebe-se que o processo de visualização traz inferências sobre o tempo desde o seu desenvolvimento teórico e adquire, atualmente, um claro movimento de demarcação temporal próprio por meio das propostas de abordagens e estratégias de ensino que devem desencadear ações específicas e, com isso, disputar o tempo alocado em sala de aula com as demais atividades curriculares.

Dessa forma, as interações verbais, as práticas de criação de representações visuais por parte dos alunos e o uso de recursos visuais baseados em computadores ou dispositivos se distribuem em tarefas de percepção, de interpretação e de refinamento de informações visuais que medeiam a aquisição de competência representacional e de metavisualização e a criação de modelos mentais adequados para o desenvolvimento de um pensamento conceitual abstrato e complexo que caracteriza os domínios da Química.

Esses elementos constituem estratégias de ensino particulares e emergentes que exigem novas experiências com o tempo de sala de aula destinado ao uso de recursos visuais. Portanto, torna-se fundamental a exploração das concepções docentes na formação inicial sobre as relações entre o tempo e o uso de recursos visuais no intuito de constatar como o processo de visualização vem sendo apropriado pelos futuros professores de Química.

4 A METODOLOGIA DA PESQUISA

O processo de visualização emerge em sala de aula como reivindicador de um tempo ampliado, para além do tempo de disponibilização de imagens, objetos e fenômenos, e constituído por distintos percursos manuais (construção e refinamento de representações visuais) e intelectuais (criação e externalização de modelos mentais visuais) desencadeados por recursos visuais adequados aos conhecimentos prévios e as competências representacionais dos estudantes, conformando-se em alguma estratégia de visualização.

No entanto, os conhecimentos do campo de pesquisas sobre visualização (semióticos ou cognitivos) que podem orientar uma leitura crítica no uso do tempo escolar muito pouco constituem curricularmente os cursos de formação inicial de professores, ao menos de forma explícita e sistemática (EILAM, 2012), enquanto que algumas constatações mostram que o contato cotidiano com a mídia influencia a elaboração das percepções sobre uso didático desses recursos visuais (Seção 2.1).

Desse modo, explorar como os professores percebem as relações entre recursos visuais e tempo no âmbito da Educação em Química nos parece fundamental, entretanto, torna-se importante determinar o enfoque desta investigação e "estabelecer os contornos do estudo [, pois] nunca será possível explorar todos os ângulos do fenômeno num tempo razoavelmente limitado" (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p. 22).

Por isso, a partir da questão inicial: *em que medida as relações entre tempo e recursos visuais podem ser usadas para explorar as concepções e práticas de professores de Química em formação inicial acerca da natureza dos processos de visualização?* recortamos o objeto de estudo de dentro da formação inicial de professores para o âmbito das vivências de licenciandos em disciplinas de Metodologia de Ensino de Química. Essas disciplinas se apresentam como um *lócus* estratégico para as discussões sobre a natureza do ensino e propiciam momentos formativos de articulação entre experiências e diversos conhecimentos pedagógicos e químicos.

A centralidade destas disciplinas na formação de professores é respaldada com base em Roldão (2007, p. 95 e 100), na media em que o ato de ensinar ("fazer

aprender alguma coisa a alguém”) é a característica que forja a docência, a qual apresenta-se em constante desenvolvimento e assumindo uma dupla transitividade e um caráter mediacional, isto é, compreendendo sujeitos capazes de ensinar (“fazer aprender alguma coisa”) e de aprender (“alguém”), ao passo que, um dos aspectos do conhecimento profissional docente é a “capacidade de mútua incorporação, coerente e transformadora, de um conjunto de componentes de conhecimento”.

As disciplinas de Metodologia de Ensino de Química se constituem como um momento curricular para o futuro professor “pensar” sobre o quê, o como e o porquê ensinar junto a um “fazer” articulador de conhecimentos e vivências. Diante disto, empreendemos uma pesquisa de cunho qualitativo e numa abordagem de estudo de caso para explorar a percepção de licenciandos em Química sobre as relações entre recursos visuais e tempo.

4.1 PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS

Ao empreendermos esta investigação, procuramos nos afastar das abordagens empiristas e positivistas, nas quais, de acordo com Gamboa (2015, p. 45), os fatos e os objetos (e seus registros) são privilegiados em face do papel do sujeito, sendo que,

> [Tais] abordagens supõem que o objeto real e o objeto do conhecimento permanecem reduzidos à representação do primeiro sem permitir a interação do sujeito. Supõem, também, que a relação sujeito/objeto acontece numa relação de duplo empirismo entre indivíduo real e isolado (pesquisador) e um pedaço de realidade também real estática; entretanto, o sujeito empírico é portador de uma cultura, de uma linguagem, de uma estrutura de pensamento e uma escala de valores; sua relação com o objeto, nesse sentido, não é neutra.

Para o autor, o objeto do conhecimento e o sujeito constituem-se como dois aspectos de uma mesma realidade (formando uma unidade dialética). Além de os princípios do sujeito nortearem/influenciarem a pesquisa sobre o fenômeno educativo, este se caracteriza por ter um caráter complexo e de fluidez dinâmica, sob os quais, a própria concepção de causalidade, reduzida a um fluxo linear entre variáveis independentes e dependentes em abordagens empiristas/positivistas, é assumida sob a ação simultânea de múltiplas variáveis, uma vez que, o fenômeno

educativo encontra-se dentro de um contexto social, inserido numa realidade histórica e sofrendo uma série de determinações, conforme Lüdke e André (1986, p. 04–05).

Isso nos levou a adotar os pressupostos metodológicos de uma pesquisa qualitativa e exploratória. Em acordo com Gil (2002), estudos exploratórios intencionam buscar mais familiaridade com o problema, o que condiz com as poucas ou quase inexistência de pesquisas envolvendo as percepções de professores sobre o uso do tempo com recursos visuais químicos (Seção 3.2.2). Para o autor, o planejamento dessas pesquisas é bastante flexível para poder capturar variados aspectos do problema, podendo assumir a forma de estudo de caso.

Segundo Bogdan e Biklen (1994), cinco características podem definir os contornos dessa abordagem qualitativa, quais sejam: i) a fonte dos dados é o ambiente natural e o pesquisador torna-se o principal instrumento da pesquisa, de modo que, as informações obtidas pelo contato direto com a situação complementa os dados recolhidos e estes últimos são revisitados em sua totalidade; ii) os dados obtidos são descritivos e, dessa forma, são usados para uma análise minuciosa e para sustentar os resultados; iii) a investigação enfatiza mais o processo do que os seus resultados.

Ainda, na pesquisa qualitativa, iv) a análise dos dados tende a ser de forma indutiva, isto é, as abstrações emergem à medida que os dados particulares vão se agrupando e se relacionando, desenvolvendo-se de baixo para cima; e v) a pesquisa atribui importância ao significado, uma vez que, ao apreender as perspectivas dos sujeitos, adentra na dinâmica interna das situações, por vezes, inobservável em sua externalidade, de acordo com Bogdan e Biklen (1994).

Essas características podem ser corroboradas pelos doze núcleos estratégicos defendidos por Patton (2014), dentre os quais, aqueles relacionados à concepção da pesquisa se constituem pela *dimensão naturalística*, na medida em que o pesquisador não tenta afetar, controlar ou manipular aquilo que se desdobra naturalmente, isto porque as condições reais estão sujeitas à mudanças e redirecionamentos, cabendo uma “orientação dinâmica do processo investigativo que documenta operações reais e impactos ao longo de um período de tempo” (PATTON, 2014, p. 37, tradução nossa).

Também, pela *flexibilidade* da concepção, visto que a pesquisa não pode ser plenamente especificada antes do trabalho de campo, pois sua natureza aberta requer “alta tolerância à ambiguidade e à incerteza, bem como confiança no valor final do que a análise indutiva produzirá” (PATTON, 2014, p. 38, tradução nossa) e pela *amostragem intencional*, uma vez que essa abordagem, geralmente, se concentra em amostras, relativamente, pequenas e, propositalmente, selecionadas de forma que a “lógica e o poder” dessa amostragem reside na ênfase dada na compreensão profunda (ricos em informações) de casos específicos, conforme Patton (2014, p. 38–39).

Esses aspectos que cercam uma abordagem qualitativa em nossa investigação serão suportados pelo plano de fundo de um paradigma interpretativo. De acordo com Tracy (2013), esse paradigma pressupõe que o conhecimento sobre a realidade é sempre construído por meio da comunicação, da interação e da prática e, ainda, antes de refletirem um acesso pleno ao mundo através das percepções dos sujeitos os entendimentos são vistos como uma “prática de lutar por uma compreensão empática” (TRACY, 2013, p. 40–41, tradução nossa).

Esses pressupostos teórico-metodológicos de uma pesquisa qualitativa sob um paradigma interpretativo subsidiaram o desenvolvimento desta investigação na forma de um *estudo de caso*.

4.1.1 Natureza e contexto

Um estudo de caso pressupõe que o *caso* tenha seus contornos claramente delimitados e definidos no desenvolvimento do *estudo* quer seja simples e específico ou complexo e abstrato, de forma a constituir-se como uma unidade dentro de um sistema mais amplo (LÜDKE; ANDRÉ, 1986). Essa unidade pode ser entendida tanto como um constructo teórico quanto como uma unidade empírica, se localizando em níveis micro (relações pessoais e interpessoais), meso (organizações, instituições) ou macro (comunidades, sociedades, etc.). Portanto, uma distinção entre o fenômeno de interesse e a unidade estudada é pertinente (SCHWANDT; GATES, 2017).

Nesse sentido, o fenômeno de interesse, e que constituiu o caso, residiu na exploração das práticas e das percepções de licenciandos em Química sobre as relações entre o uso de recursos visuais e o tempo, com a intenção de fazer uma leitura desses achados sob o prisma do processo de visualização. Dentro do amplo contexto da formação inicial de professores com os seus múltiplos momentos de estudos sobre o campo da visualização ou de práticas envolvendo as representações visuais direta ou indiretamente, a unidade escolhida se localizou num nível micro e foi nucleada pelos processos de planejamento, de implementação e de reflexão sobre Sequências Didáticas (SD) por licenciandos no âmbito das disciplinas curriculares de Metodologia do Ensino de Química I e Metodologia do Ensino de Química II ofertadas pela Faculdade de Educação da USP, durante o ano de 2019.

Dentro das tendências teóricas de orientação realista crítica e de orientação interpretativa que desenvolveram e desenvolvem o estudo de caso, se assentam sobre esta última os pressupostos do paradigma interpretativo de pesquisa qualitativa. Numa orientação interpretativa, o conhecimento é historicamente situado e entrelaçado por relações de poder, conforme Schwandt e Gates (2017), embora persista a convenção de um foco no caso como um local imediato e circunscrito espacial e temporalmente a partir do qual se procura descrever e explicar as suas articulações com estruturas e processos mais amplos. Têm emergido novas abordagens como as multilocais, as quais intencionam colocar “a prática, de um local específico, em um contexto geográfico maior, iluminando ambos, simultaneamente – um pensamento estratégico, particularmente, útil para enfrentar os desafios da globalização em estudos baseados na dimensão local” (SCHWANDT; GATES, 2017, p. 605, tradução nossa).

Os usos dos estudos de caso se desdobram em diferentes finalidades como: descrição, desenvolvimento de teorias, teste de teorias e contribuição para teorias normativas. Ao favorecer o estudo de caso descritivo, essa orientação interpretativa levanta o aspecto da generalização dos resultados e dos seus constructos. Diante disso, Lüdke e André (1986) nos dizem que podem ocorrer dois tipos de generalizações na perspectiva do leitor do estudo, ou seja, primeiro, ele pode desenvolver novas compreensões usando seus conhecimentos formais e tácitos

(uma generalização naturalística, pelo envolvimento pessoal e uma experiência sentida com os relatos do caso) e, segundo, quando diferentes leitores identificam os seus aspectos comuns em outros casos.

Esse último tipo é usado para argumentar sobre outro aspecto vinculado à generalização que é a tipicidade do caso. Schwandt e Gates (2017) nos dizem que a busca por essa tipicidade não é uma intenção do pesquisador, entretanto, como o estudo de caso descritivo pressupõe a resolução de problemas, ele pode ser generalizado de modo analógico tornando-se uma base conhecimento para o raciocínio baseado em casos e, assim, o caso pode ser "típico ou médio (no sentido de ordinário ou indiferenciado) e, portanto, representativo de um conjunto mais amplo de casos" (SCHWANDT; GATES, 2017, p. 609, tradução nossa).

Ainda, as generalizações nos estudos de caso podem assumir um caráter analítico (e não baseado na dimensão estatística). Isso fica mais evidente quando saímos dos limites do estudo de caso descritivo e vamos em direção aos seus demais usos sob uma orientação realista crítica. O caso aparece como uma oportunidade de articular os achados empíricos a princípios teóricos e nessa orientação "generalizar não é o mesmo que universalizar. É importante ser capaz de desenvolver uma compreensão da causalidade que vá além da instância única [o caso] […]. No entanto, é igualmente importante poder especificar os limites dessa generalização" (BYRNE, 2009, p. 01, tradução nossa).

Nesse sentido, aproximamos o conceito de triangulação ao estudo de caso descritivo. Concebida como uma estratégia de validação de pesquisa, ela pode ser distinguida em vários tipos, quais sejam: quando se refere à combinação de diferentes fontes de dados (no tempo e no espaço), quando se refere ao emprego de diferentes pesquisadores (em observações, entrevistas, etc.) e quando se refere ao uso de diferentes pontos de vista teóricos. Entretanto, a triangulação pode ser assumida como uma maneira relevante de obtenção de um conhecimento adicional sobre a questão da pesquisa, não se limitando apenas a uma forma de confirmar aqueles existentes, conforme destaca Flick (2017).

Ao refletir sobre os desenvolvimentos e as críticas inerentes a esse conceito nas últimas décadas, o referido autor delineia a seguinte definição para a triangulação (FLICK, 2017, p. 788–789, tradução nossa):

> Triangulação significa que os pesquisadores adotam diferentes perspectivas sobre uma questão em estudo ou, de modo geral, ao responderem a questões de pesquisa. Essas perspectivas podem ser substanciadas usando vários métodos e/ou em várias abordagens teóricas. Ambos estão, ou deveriam estar, vinculados. Além disso, refere-se à combinação de diferentes tipos de dados no contexto das perspectivas teóricas, as quais são aplicadas aos dados. Na medida do possível, essas perspectivas devem ser tratadas e aplicadas em condição de igualdade e de maneira igualmente consequente. Ao mesmo tempo, a triangulação (de diferentes métodos ou tipos de dados) deve permitir um maior excedente de conhecimento. Por exemplo, a triangulação deve produzir conhecimento em diferentes níveis, o que significa que eles vão além do conhecimento possibilitado por uma abordagem e, assim, contribuem para a promoção da qualidade na pesquisa.

Com base nessas características de um estudo de caso descritivo e de orientação interpretativa selecionamos os procedimentos e os instrumentos que foram utilizados para a coleta de dados da pesquisa.

4.1.2 Instrumentos e procedimentos

De acordo com Patton (2014), os dados de natureza qualitativa podem ser obtidos por meio de entrevistas, uma vez que perguntas e sondagens abertas fornecem respostas detalhadas sobre as percepções, conhecimentos e sentimentos dos sujeitos, por meio de observações e de trabalho de campo pelo fato de descreverem as atividades, os comportamentos e as interações dos sujeitos envolvidos e através de documentos, ou seja, materiais e documentos escritos, pessoais ou oficiais, postagens em mídias sociais, trabalhos artísticos, fotografias e respostas escritas de levantamentos abertos. Essas informações constituem-se como dados qualitativos, respectivamente, na forma de citação literal das respostas, de notas de campo com descrições detalhadas e de trechos de documentos capturados, sendo que, em ambos, a exposição dos registros deve preservar o contexto de sua produção.

Nessa pesquisa, a observação se distribuiu ao longo de um ano e nas aulas das disciplinas Metodologia do Ensino de Química I e Metodologia do Ensino de Química II. Foram observadas as discussões sobre os conteúdos curriculares e sobre o processo de planejamento de sequências didáticas (SD). Quanto ao grau de

participação do observador, conforme Junker citado por Lüdke e André[14] (1986, p. 28-29), apesar de se apresentar num *continuum* entre o totalmente participante ou o totalmente observador, assumiu-se uma posição de participante como observador, isto é, pelos fatos de que se revelou apenas parte das intenções da pesquisa e de que nossas ações não ficaram totalmente ocultas, no intuito de não promover mudanças no comportamento dos sujeitos. Os documentos produzidos ao longo das duas disciplinas de graduação foram selecionados para a análise pois constituem-se como uma fonte "natural", estável e rica em informações, das quais "podem ser retiradas evidências que fundamentem afirmações e declarações do pesquisador" (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p. 39).

O conjunto de documentos se constituiu por: Relatórios de Estágio (RE) em escolas da Educação Básica; Plano de Atividades (PA) com o planejamento detalhado de cada SD que foi implementada; Relatórios Individuais (RI) com reflexões sobre a implementação da SD; Relatórios em Grupo (RG) com reflexões sobre a implementação da SD; Apresentação Oral e Arguição sobre a implementação da SD (AO) e os Registros Audiovisuais das implementações das SD (RAV), sendo que esses dois últimos serviram de base para os licenciandos redigirem os relatórios RI e RG.

Durante a disciplina Metodologia de Ensino de Química I, um *Questionário Inicial* (QI) foi implementado para explorar as concepções prévias dos licenciandos e considerando as indicações de Malheiros (2011), tais como: um questionário visualmente atrativo, curto, simples e de fácil preenchimento; o agrupamento de perguntas por assunto, evitando confusão nas respostas; com textos informativos indicando a mudança de tópicos; o uso de linguagem adequada e clareza das perguntas; e garantindo a neutralidade da forma e do conteúdo, para não induzir as respostas. Quanto a sua natureza, foram utilizadas perguntas abertas (permitem que o respondente se manifeste de forma livre) e fechadas (apresentam uma lista de respostas possíveis pré-definidas), conforme Apêndice B.

Uma tarefa de planejamento para o uso de três recursos visuais foi implementada (TRV) para complementar a coleta de dados do questionário inicial, ambos implementados no um intervalo de uma semana. Partindo de três recursos visuais específicos e disponibilizados no plano social da sala de aula, os

14 Junker, B. H. *A importância do trabalho de campo*. Rio de Janeiro: Lidador, 1971.

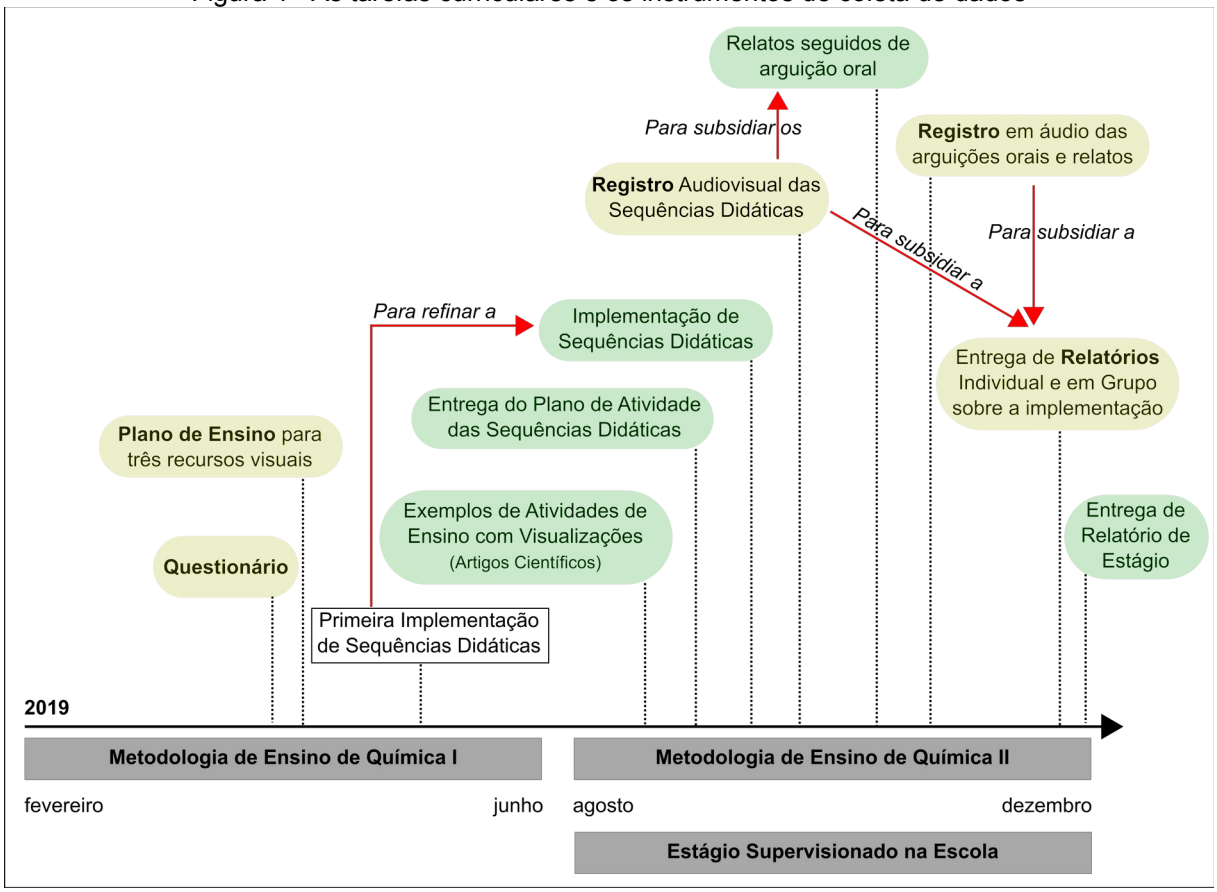
licenciandos redigiram um pequeno texto escrito e explicativo sobre como usariam cada um dos recursos em suas práticas de ensino, conforme Apêndice C. Na Figura 1, são apresentadas as distribuições dos instrumentos de coleta de dados ao longo do trabalho de campo.

Nessa pesquisa, os *procedimentos* adotados referentes ao primeiro semestre letivo consistiram na implementação do Questionário Inicial (QI) na forma de um formulário eletrônico com o prazo de uma semana para o envio das respostas e constituído por três questões fechadas e cinco abertas (Apêndice B). A participação foi voluntária e o mesmo obteve 12 respostas (em 22/04/2019).

Os objetivos do instrumento (QI) foram: i) explorar as percepções dos licenciandos sobre as funções das imagens (recursos visuais não verbais) suportadas por TDIC em suas vidas cotidianas e a transferências dessas mesmas funções para o Ensino de Química; ii) levantar compreensões acerca das formas de uso dos recursos visuais digitais ou não digitais nas aulas de Química e; iii) identificar nas respostas indícios de uma vinculação entre os recursos visuais (imagens) e uma noção de tempo “rápido” ou “acelerado”.

No dia seguinte, implementou-se uma atividade curricular que solicitou a redação de três textos escritos (TRV) com o planejamento individual para o uso em sala de aula de três recursos visuais (Apêndice C) e se constituiu pela disponibilização e exibição no plano social da sala de aula de uma animação com representações simbólicas e submicro, um vídeo retratando um experimento químico e outro vídeo de uma campanha de conscientização sobre o problema ambiental causado pelos microplásticos. Os textos escritos por 14 respondentes foram digitalizados (em 23/04/2019).

Figura 1 - As tarefas curriculares e os instrumentos de coleta de dados



Fonte: Autor.

Os objetivos do instrumento (TRV) foram: i) complementar as informações obtidas pelo questionário inicial sobre o planejamento do uso de recursos visuais a partir de exemplos concretos e; ii) identificar as possíveis diferenças e semelhanças nos tipos de tarefas propostas pelos licenciandos para o uso de cada um dos três exemplares de recursos visuais.

A observação participante prosseguiu com o acompanhamento das aulas e do processo de planejamento e implementação de sequências didáticas por grupos de licenciandos. Na intenção de tomar o devido cuidado com a validade dos dados que seriam levantados no segundo semestre letivo, ou seja, com o “compromisso de estarmos medindo realmente o que queremos medir” (CARVALHO, 2011, p. 28), estabeleceu-se um planejamento de sequências didáticas a partir de grandes temas predeterminados, ofereceu-se um período de tempo apropriado para o planejamento das sequências didáticas e disponibilizou-se um espaço-tempo adequado para a implementação dos planejamentos elaborados.

A proposição de temas como ponto de partida para os planejamentos de ensino implicou numa autonomia dos licenciandos em relação à escolha dos conteúdos conceituais químicos pertinentes aos fenômenos que seriam objetos de tematização. Os próprios temas preestabelecidos foram desdobrados em subtemas livremente escolhidos por parte dos licenciandos. Esse movimento lançou aos licenciandos o desafio da construção de propostas didáticas autorais e o mesmo foi prontamente assumido por eles. Com isso, a apreensão de propostas de ensino prontas e disponíveis na literatura ou em repositórios pôde ser conscientemente desestimulada durante a prática de planejamento, bem como, minimizado a inserção de tarefas e atividades nos planos de ensino de forma mecânica, direta e acrítica.

Ao contrário, nessa perspectiva temática, as contribuições trazidas pelos levantamentos bibliográficos eram constantemente confrontadas, assumidas, rejeitadas ou ajustadas ao planejamento autoral sempre numa disputa por espaço e tempo dentro da totalidade da sequência didática em construção, visto que esse tensionamento foi coerente com os objetivos dessa pesquisa na medida em que estimulou a emersão de crenças, saberes e valores dos licenciandos quando da escolha deste ou daquele recurso visual.

A elaboração de SD temáticas é uma tarefa dispendiosa de tempo e de dedicação intelectual. Para contornar essas potenciais interferências, as práticas de planejamento foram desenvolvidas em grupo de licenciandos e distribuídas ao longo do primeiro e do segundo semestres letivos, de forma que no primeiro semestre de 2019 fossem iniciados os planejamentos, implementada a primeira versão das SD para alunos da Educação Básica e uma reflexão crítica sobre as intervenções pudesse ser realizada no intuito de replanejar e melhorar as propostas elaboradas. No segundo semestre de 2019, as SD temáticas continuaram sendo aperfeiçoadas até a segunda implementação, a qual se constituiu como uma fonte de dados para a análise.

Ao ampliar o tempo e compartilhar a dedicação, essa estratégia anual e de trabalho em grupo promoveu um sentimento de pertença ao tema e ao planejamento necessário para escolhas mais autênticas e conscientes, o que poderia ter sido mascarado, em parte, se as tarefas tivessem sido feitas de forma rápida e num viés burocrático.

A disponibilização de um espaço-tempo adequado baseou-se no fato de que a organização e a infraestrutura escolar podem implicar em restrições quanto ao uso de recursos visuais. Como abordado anteriormente, o processo de visualização pode se valer de experimentos, demonstrações e representações ou figuras impressas, assim como esses recursos podem adquirir movimento e interatividade por meio de animações, simulações e vídeos, quando suportados por TDIC como projetores multimídia, computadores e dispositivos. Para isso, as dependências do Laboratório de Educação em Química da Faculdade de Educação da USP foram disponibilizadas aos licenciandos, um ambiente dotado tanto de bancada e equipamentos para experimentos didáticos quanto de projetor multimídia com acesso à internet para a exibição de recursos visuais digitais.

Nesse sentido, os demais obstáculos inerentes à dinâmica escolar, tais como o tempo gasto no manejo dos alunos ou em tarefas administrativas, o tempo fragmentado entre uma e outra aula semanal ou o tempo usado no deslocamento de alunos para os Laboratórios Escolares de Ciências, de Recursos Audiovisuais e de Informática ou na montagem de seus equipamentos em sala de aula foram minimizados pela fato de as SD temáticas terem sido implementadas para alunos da Educação Básica em dois dias e com a possibilidade de duração de mais de duas horas em cada dia de intervenção didática.

Os objetivos desses procedimentos foram: i) familiarizar os licenciandos com o planejamento de ensino de Química a partir de temas; ii) ambientar os futuros professores com a prática de ensino para estudantes da Educação Básica; iii) propiciar um tempo adequado para o refinamento dos planejamentos de ensino e; iv) minimizar os obstáculos e interferências infraestruturais e curriculares no uso dos recursos visuais.

Por sua vez, os *procedimentos* adotados nessa pesquisa durante o segundo semestre letivo consistiram no prosseguimento com a observação participante e o acompanhamento das aulas e das práticas de planejamento. No início das atividades da disciplina Metodologia do Ensino de Química II foram oferecidas aos licenciandos duas referências bibliográficas que relacionavam o processo de visualização com o planejamento das SD (06/08/2019). O primeiro referencial teórico descrevia uma atividade de modelagem sobre a estrutura e transformação da

matéria voltada ao Ensino Médio e baseada em práticas de incentivo à exposição e à negociação de significados produzidos por estudantes. O protagonismo dos alunos como participação ativa no processo de construção e de expressão de modelos foi posto dentro de uma aprendizagem significativa, na qual as tarefas em duplas, a socialização de significados em grupos de diferentes tamanhos, o uso de vídeos sobre experimentos e as intervenções explícitas do professor tiveram as suas dimensões pedagógicas valorizadas, conforme Vries e Arroio (2017).

O segundo referencial teórico complementou e ampliou a abordagem do primeiro descrevendo uma sequência didática elaborada a partir da temática dos cheiros e constituída por atividades de modelagem numa perspectiva multimodal. As concepções alternativas envolvendo os conceitos de estado de agregação da matéria e interações intermoleculares foram exploradas utilizando experimentos, software de simulação e análise dialogada sobre representações pictóricas construídas pelos alunos. O trabalho enfatizava a necessidade da diversificação dos modos de comunicação (desenho, texto escrito e fala) usados na criação de um SD como forma de potencializar o acesso a pistas acerca dos modelos mentais elaborados e externalizados pelos estudantes e, com isso, mediar os seus processos de construção conceitual em Química (PINTO et al., 2014).

Os objetivos deste procedimento foram: i) oferecer aos licenciandos exemplos de atividades de ensino de Química elaborados, implementados e fundamentados em referenciais teóricos sobre os domínios conceituais da Química (submicro e macro) e modelos e modelagem; e ii) ampliar o repertório dos licenciandos acerca do uso de recursos didáticos e de estratégias de ensino relacionados ao campo de estudos sobre visualização, fornecendo um subsídio teórico potencial às práticas de planejamento dos licenciandos.

A finalização dos planejamentos das sequências didáticas temáticas foi marcado pela entrega de um Plano de Atividades (PA) contendo os objetivos gerais, as intenções, a abordagem comunicativa e os recursos didáticos constituintes de cada uma das atividades propostas, bem como, uma descrição de seus desenvolvimentos e as suas disposições temporais ao longo da proposta de ensino, durante os dois dias de implementação.

Os Planos de Atividades desenvolvidos por grupo de licenciandos tiveram por influência teórica o Modelo Topológico de Ensino (GIORDAN, 2008), uma vez que ele foi adotado desde o primeiro semestre na disciplina Metodologia do Ensino de Química I. Dessa forma, as orientações feitas sobre as práticas de planejamento durante as aulas da disciplina de graduação e uma análise final dos PA na forma de uma devolutiva com propostas de ajustes foram realizadas de modo a preservar essa inspiração teórica, em especial, as ideias de narrativa e de continuidade, mas, no limite de não impor ou induzir alterações profundas na construção autoral dos licenciandos.

Os objetivos deste procedimento foram: i) o obter um suporte descritivo de cada atividade elaborada para auxiliar na análise das sequências didáticas; ii) fornecer aos licenciandos um registro escrito sobre as suas intenções de ensino previamente projetadas para estimular uma análise comparativa entre “o planejado” e “o implementado” durante a redação dos relatórios reflexivos finais.

A partir desta etapa, ocorreram as implementações das SD temáticas (de 19/08/2019 a 17/10/2019). Para cada uma das implementações foi feito o seu registro audiovisual (RAV), uma vez que, na pesquisa qualitativa esse tipo de registro de dados é relevante “sempre que algum conjunto de ações humanas é complexo e difícil de ser descrito compreensivamente por um único observador, enquanto ele se desenrola” (LOIZOS, 2002, p. 149). De acordo com Luckmann (2012, p. 29 e 31, tradução nossa) “as gravações preservam um traço essencial e constitutivo da interação, sua distinta estrutura temporal e sequencial” e tal preservação permite ao analista “reexperienciar” a interação original e empreender esforços para reconstruí-la. A natureza dos dados obtidos é interpretativa, uma vez que o conteúdo dessas interações é o conhecimento individual dos sujeitos, os quais constroem mutuamente sentidos ouvindo e vendo uns aos outros.

Quanto ao arranjo situacional, o tipo de vídeo produzido foi próximo ao de uma situação “natural”, pois os acontecimentos durante as implementações das SD não foram dependentes da filmagem e, ainda, considerando o fato de que “o efeito do vídeo se torna desprezível na maioria das situações, após uma certa fase de habituação”. Quanto à manipulação dos registros, a captura teve um ângulo fixo e o foco compreendeu uma visão geral da sala de aula (quadro verde, lousa digital,

bancada e mesas), conforme Knoblauch, Schnettler e Raab (2012, p. 11 e 12, tradução nossa).

Uma câmera GoPro Hero 6 Black, com bateria extra (recarregador) e acoplada em um tripé, foi posicionada em um dos lados da sala de aula e de forma paralela à posição dos licenciandos entre a lousa e as carteiras escolares. Com um ângulo de captura de imagens de 170 graus foi possível cobrir simultaneamente os eventos na bancada de experimentos, na lousa, nos slides projetados e nas carteiras escolares.

Os registros audiovisuais compuseram o conjunto de documentos curriculares da disciplina e foram disponibilizados aos grupos de licenciandos como um subsídio para a preparação de uma apresentação oral contendo a primeira reflexão sobre as experiências desencadeadas pela implementação e, posteriormente, eles subsidiaram a redação dos relatórios finais. Na tabela 1, encontra-se uma breve indicação das quatro sequências didáticas que foram analisadas nessa pesquisa.

Tabela 1 - Características gerais das sequências didáticas

Sequência didática	**Características**						
	Duração (em segundos)			Integrantes*		Tópicos de conhecimentos químicos abordados	Tema
	1° dia	*2° dia*	*Total*	*L*	*E*		
SD1	4476	5638	10114	04	23	1. Estruturas moleculares 2. Compostos inorgânicos	Arte
SD2	6731	7304	14035	03	05	1. Polaridade molecular 2. Interações intermoleculares	Etnoconhecimento
SD3	5093	6763	11856	04	36	1. Estados físicos da matéria 2. Difusão e efusão dos gases	Guerra
SD4	4669	4448	9117	03	22	1. Reações Químicas 2. Estados físicos da matéria 3. Modelo atômico e transições eletrônicas 4. Cinética Química	Mídia

Legenda: (*) Quantidade total de licenciandos (*L*) e de estudantes da Educação Básica (*E*) nos dois dias de implementação.
Fonte: Autor.

Os objetivos deste instrumento (RAV) foram: i) coletar dados sobre as relações entre o tempo e os usos dos recursos visuais na prática pedagógica dos

licenciandos; e ii) disponibilizar aos licenciandos um registro audiovisual para enriquecer em detalhes e em conteúdo a apresentação oral e a redação dos relatórios reflexivos finais.

Após as implementações, foram realizadas apresentações orais seguidas de arguição sobre as primeiras reflexões dos licenciandos acerca da experiência de planejar e implementar as sequências didáticas (de 22/10/2019 a 05/11/2019). Um registro em áudio da apresentação e da arguição foi disponibilizado para os licenciandos e, nesse momento, quatro questões nortearam o levantamento de dados acerca das percepções dos licenciandos sobre as relações entre recursos visuais e tempo, conforme Apêndice C.

Os objetivos deste instrumento (AO) foram: i) coletar dados sobre os critérios utilizados pelos licenciandos para o uso dos diferentes recursos visuais em função do seu tempo de exploração; e ii) disponibilizar aos licenciandos um registro em áudio das discussões desencadeadas para estimular e auxiliar a redação dos relatórios reflexivos finais.

A saída do trabalho de campo foi marcada pela entrega de relatórios finais por parte dos licenciandos. Os licenciandos elaboraram relatórios contendo uma análise crítica sobre o desempenho de seus planejamentos e de suas ações com base nos registros audiovisuais e nos registros em áudio. Esses dois tipos de registros propiciaram aos licenciandos se “reconhecerem” como futuros professores nos vídeos e refletirem sobre o uso da fala, dos gestos e dos recursos didáticos, bem como, estimarem o impacto dessa vivência na aprendizagem dos alunos e na própria formação docente.

Dessa forma, aos licenciandos foi oportunizado um tempo adequado para verem e reverem suas atuações, refletirem e expressarem na forma escrita as suas percepções, no sentido dos registros audiovisuais minimizarem os limites impostos por uma redação sobre os fatos baseada apenas na memória, ou seja, de forma a assegurar a validade dos dados brutos obtidos. Nas orientações para a redação do Relatório em Grupo (RG) foi inserida uma tarefa na qual os licenciandos deveriam analisar a sequência didática implementada sob o ponto de vista do tempo que cada tarefa envolveu e informarem quais foram as atividades mais adequadas e as menos adequadas, acompanhadas das devidas justificativas.

Por sua vez, além da tarefa citada anteriormente, nas orientações para a redação do Relatório Individual (RI) inseriu-se uma tarefa na qual os licenciandos deveriam fazer uma análise sobre os momentos em que o tempo destinado para a exploração dos recursos visuais não verbais haviam sido adequados e em quais momentos eles haviam sido inadequados, com as devidas justificativas. No relatório de Estágio (RE) realizado em escolas da Educação Básica no segundo semestre letivo, duas tarefas sobre o uso de recursos visuais e o tempo foram inseridas na ficha de orientação para o desenvolvimento das atividades no estágio.

A primeira tarefa consistia na descrição da forma como os recursos visuais eram utilizados pelo professor supervisor sob a perspectiva do tempo das ações em sala de aula, seguida de uma reflexão acerca da adequação ou inadequação dessas formas de uso do tempo. Por sua vez, a segunda reorientava esse olhar e essa mesma tarefa para a intervenção pedagógica do licenciando durante o estágio, conforme descrito no Apêndice C.

Os objetivos destes instrumentos foram: i) estimular nos licenciandos uma reflexão sobre o uso de recursos visuais e o fator do tempo numa visão retrospectiva acerca das práticas de ensino tanto na disciplina de Metodologia do Ensino de Química II (implementação das SD) quanto nas suas vivências durante o estágio; ii) coletar informações por meio de textos escritos sobre a percepção dos licenciandos acerca das relações entre o uso de recursos visuais não verbais e o tempo disponibilizado para a sua exploração.

Os instrumentos mencionados foram implementados numa amostra de 22 (vinte e dois) licenciandos em Química distribuídos ao longo de dois semestres letivos. Deste total, um grupo de 17 (dezessete) graduandos respondeu aos instrumentos implementados no primeiro semestre e um grupo de 18 (dezoito) aos instrumentos implementados no segundo semestre.

4.2 ESTRATÉGIA DE ANÁLISE

A organização e a análise dos dados foram conduzidas nos marcos de uma análise de conteúdo (AC) a partir dos pressupostos de Bardin (2011, p. 48) que a

considera como um conjunto de técnicas de análise das comunicações que intenciona a obtenção de “indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção” das mensagens comunicadas e utilizando para isso “procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo” dessas mensagens.

Ao longo de seu desenvolvimento histórico-filosófico, a AC rompeu com a rigidez metodológica vinda das influências positivistas que a impregnavam e passou a conceber a pesquisa como um processo epistêmico não engessado, mas sobretudo, como um processo que, “respeitando os critérios exigidos, procura valorar técnicas dotadas de capacidade de avaliar, de fato, determinada realidade, dentro dos padrões que norteiam o universo investigado” (PALMEIRA; CORDEIRO; PRADO, 2020, p. 19).

Dessa forma, a análise de conteúdo oscila entre “o rigor da objetividade e a fecundidade da subjetividade” e, nesse movimento, “[a]bsolve e cauciona o investigador” por uma “atração pelo escondido, o latente, o não aparente, o potencial de inédito (do não dito) retido por qualquer mensagem” (BARDIN, 2011, p. 15). De acordo com Palmeira, Cordeiro e Prado (2020, p. 21) a AC compreende “tanto a materialidade corporificada no texto, quanto as condições empíricas que deram origem ao mesmo, tentando captar seu sentido real na forma mais ampla possível”.

Cronologicamente, a AC se organiza em torno de três polos: a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados (inferência e interpretação). Na fase da *pré-análise*, uma leitura flutuante foi realizada sobre a produção escrita e os registros em áudio e em audiovisual e sensível às impressões e às orientações vindas dos documentos. Após esse momento, procedeu-se à escolha dos documentos que constituíram o corpus, que foram submetidos aos procedimentos de análise.

A seleção dos documentos seguiu as regras de exaustividade, pertinência, representatividade e homogeneidade. Na Tabela 2, apresenta-se uma visão geral da aplicação dessas regras nos instrumentos e nos documentos curriculares em função da quantidade final de materiais que foram selecionados nessa etapa, sendo que as fontes de dados principais desta pesquisa foram QI, TRV, RAV, AO, RE, RG e RI.

Um *corpus* de hipóteses não foi elaborado para guiar a investigação, dado que existe certo ineditismo de estudos sobre as relações entre tempo e visualização, o que não se constitui como uma obrigatoriedade na pesquisa, segundo Bardin (2011). Então, seguiu-se num viés procedimental exploratório buscando as ligações entre as variáveis emergidas dos documentos.

Tabela 2 - Resumo da aplicação dos instrumentos de coleta de dados

Instrumento	**Resultados da aplicação**			
	Quantidade implementada	Quantidade de devolutivas	Quantidade selecionada	Observações
QI	17	12	12	A participação foi voluntária.
TRV	14	14	14	Ausência de alguns licenciandos.
PA	05	05	04	Perda de homogeneidade, uma SD foi implementada em apenas um dia.
RAV	05	05	04	Perda de homogeneidade, uma SD foi implementada em apenas um dia.
AO	05	05	04	Perda de homogeneidade, uma SD foi implementada em apenas um dia.
RE	18	14	12	Alguns relatórios não foram entregues. Ausência de respostas.
RG	05	05	04	Perda de homogeneidade, uma SD foi implementada em apenas um dia.
RI	18	13	11	Perda de homogeneidade, uma SD foi implementada em apenas um dia. Alguns relatórios não foram entregues.

Fonte: Autor.

No momento seguinte, a referenciação dos índices e a elaboração de seus indicadores foram realizadas. As práticas de ensino e as percepções dos licenciandos formaram dois blocos de documentos. Para o primeiro, índices da estruturação das sequências didáticas implementadas numa perspectiva de narrativa foram relacionados a indicadores preestabelecidos e constituídos pelas intenções do professor referenciadas por Mortimer e Scott (2002) e a suas frequências de aparição. As ações dos alunos da Educação Básica e os recursos didáticos mobilizados não possuíram indicadores prévios, pois são de fácil detecção.

Nesse bloco, um segundo conjunto de indicadores foi estabelecido previamente para analisar o uso de recursos visuais em função do tempo. Os tipos de recursos visuais não verbais tiveram como indicadores os químicos (simbólico/icônico) e os temáticos, sendo que os primeiros foram baseados em Talanquer (2011). Os conteúdos semânticos do discurso verbal dos licenciandos em torno dos recursos visuais relacionados apenas ao conhecimento químico tiveram como indicadores a conceitualização nos domínios macro, submicro e experiencial, e foram inspirados em Taber (2013), além de um indicador para a ocorrência de interpretação ou de estímulo à interpretação verbal dos recursos visuais por parte dos licenciandos.

Por último, para os índices de usos do tempo com recursos visuais da Química que não se limitavam às interações verbais, mas que partilhavam o uso desse tempo com outros tipos de ações dos alunos, foram preestabelecidos indicadores inspirados nas setes etapas da estratégia de aprendizagem VisChem proposta por Tasker e Dalton (2010).

No segundo bloco de documentos, as percepções dos licenciandos acerca das relações entre o uso de recursos visuais não verbais e o tempo foram analisadas a partir dos registros orais transcritos e do material escrito em questionários, tarefas e relatórios curriculares. Não houve um amplo conjunto de indicadores preestabelecidos diante dos poucos (ou quase inexistentes) estudos específicos sobre visualização e tempo encontrados na literatura disponível. Entretanto, partiu-se de alguns indicadores como forma de orientar e organizar o plano de desenvolvimento da análise, como seguem:

a) noções de tempo associadas ao uso de recursos visuais não verbais. Assumindo como indicadores as ocorrências de palavras e expressões em dois polos, tais como: “rápido”, “acelerado”, “tempo menor” e “lento”, “tempo maior”, bem como, os seus respectivos sinônimos;

b) atributos dos recursos visuais não verbais com implicações temporais. Tomando como indicadores o surgimento de significados como: i) diminuição do tempo de instrução por meio da facilidade de sua compreensão (EILAM, 2012) e/ou por meio da familiaridade com as mídias (VRIES; FERREIRA; ARROIO, 2014); ii) aumento do tempo de instrução devido a dificuldades em sua compreensão e/ou por

pressupor tarefas de construção, negociação e consolidação de significados (HUBBER, 2013) e;

c) formas de uso do tempo com recursos visuais não verbais. Estabelecendo como indicadores os tipos (qualificadores) de ações desencadeadas no tempo disponível, por exemplo: fala, escrita, desenho, discussões orais entre professor e alunos, discussão dos alunos entre pares, auxílio do professor nas interpretações dos alunos, criação de representações pelos próprios alunos em grupo ou individualmente, refinamento de representações previamente elaboradas pelos alunos, debate sobre os limites e as funções das representações canônicas ou construídas pelos estudantes, ensino de códigos e convenções.

Após essa etapa, procedeu-se a preparação do material para a análise. Os textos escritos produzidos pelos participantes foram desidentificados com a atribuição de códigos (como L1, L2, L3… L22). O questionário inicial (QI), a tarefa de planejamento com três recursos visuais (TRV), os relatórios em grupos (RG), os relatórios individuais (RI) e os relatórios de estágio (RE) foram inseridos no software MAXQDA 2020 para a codificação e a análise.

Os registros em áudio da apresentação oral seguida de arguição e os registros audiovisuais das quatro implementações de sequências didáticas foram transcritos utilizando o software ELAN (versão 5.8), durante um período de seis meses. As transcrições foram inseridas no software MAXQDA 2020 (versão 20.4.0) e aquelas oriundas das sequências didáticas (SD) foram, também, associadas aos seus registros audiovisuais previamente importados para o respectivo software.

As interações verbais entre licenciandos e estudantes da Educação Básica das quatro SD foram transcritas com exceção das interações verbais que constituíram as trocas discursivas entre os estudantes em tarefas de discussão entre pares ou tarefas práticas, nas quais o enfoque não era a intervenção sistemática dos licenciandos. Após a codificação das SD, os resultados obtidos foram exportados para uma planilha. Foram adicionados os valores de tempo dos turnos de fala transcritos em cada SD que eram maiores ou iguais a um segundo. Então, o conjunto de dados obtidos em função do tempo pelos softwares MAXQDA 2020 e ELAN 5.8 e conjugados na referida planilha foi explorado com o software Orange (versão 3.22.0).

Na segunda fase da AC, denominada de *exploração do material*, a codificação foi processada nos dois blocos de documentos. O trabalho de codificação das unidades de registro preconizados pela AC foi auxiliado pelas considerações de Saldaña (2013) na perspectiva da realização de contínuos processos de codificação e recodificação dos dados na direção de construção de categorias, sistemas de categorias, temas e, possivelmente, conceitos. Por sua vez, os procedimentos técnicos no software MAXQDA 2020 foram realizados com o suporte das indicações de Kuckartz e Rädiker (2019).

A seguir, os códigos e as categorias utilizados nesses dois grupos de fontes de dados serão abordados separadamente, apresentando em detalhes suas origens teóricas, quando preestabelecidos, e as regras de inclusão de suas unidades de registro/codificação.

4.2.1 A codificação das sequências didáticas

A partir das transcrições das interações verbais em cada sequência didática e utilizando o software ELAN uma aproximação da quantidade de tempo das falas dos alunos e dos licenciandos foi realizada por meio da codificação do tempo dos turnos de cada falante ao longo das práticas de ensino (Quadro 3). Segundo Marcuschi (2003, p. 89), do ponto de vista estrutural e técnico, o turno é “a produção de um falante enquanto ele está com a palavra, incluindo a possibilidade do silêncio, que é significativo e notado [, sendo que, a] expressão ter o turno equivaleria então a estar na vez, ter a palavra e estar de fato usando-a”, ao passo que a manifestação do ouvinte no curso da fala daquele que está com a palavra deva ser desconsiderada como turno, embora influencie o falante. Assim, o tempo quantificado foi constituído pelas pausas, silêncios e hesitações inerentes à prática de conversação.

Por sua vez, a troca de turnos entre os sujeitos não ocorre de forma linear e sequenciada, do tipo *fala um de cada vez*. Durante a tomada de turno, podem surgir sobreposições de vozes e falas simultâneas. Nesse caso, o tempo das sobreposições não foi quantificado pelo fato de se tratarem de pequenas produções

dos ouvintes endossando, discordando ou concordando com o falante ao longo de seu turno ou de pronúncias simultâneas durante a finalização do turno do falante.

Por outro lado, foram consideradas as falas simultâneas entre alunos e licenciandos, ou seja, quando o turno é iniciado por mais de um sujeito ao mesmo tempo, formando turnos superpostos ainda que logo um dos falantes desistisse e cessasse a simultaneidade, conforme Marcuschi (2003). Nesse sentido, o tempo quantificado foi o do turno com maior duração e codificado como falas simultâneas.

Quadro 3 - Categoria interações verbais e seus códigos

Códigos	Regra de inclusão
Falas dos Alunos (A)	Turno de fala maior ou igual a um segundo dos estudantes da Educação Básica.
Falas dos Licenciandos (L)	Turno de fala maior ou igual a um segundo dos licenciandos.
Falas Simultâneas (SLA)	Turnos de fala maiores ou iguais a um segundo simultâneos entre licenciandos e estudantes.
Falas Simultâneas (SA)	Turnos de fala maiores ou iguais a um segundo simultâneos entre estudantes.
Falas Simultâneas (SL)	Turnos de fala maiores ou iguais a um segundo simultâneos entre licenciandos.

Fonte: Autor.

Após essa etapa de codificação das transcrições, e que serviu para ampliar a familiarização com os dados audiovisuais e fornecer um apoio escrito para a localização dos conteúdos conceituais e pedagógicos manifestos em cada momento das práticas de ensino dos licenciandos, uma segunda etapa de codificação do tempo nas SD utilizando o software MAXQDA 2020 foi realizada, primeiramente, para a demarcação de sua Narrativa (Quadro 4).

Quadro 4 - Categoria narrativa e seus códigos

Códigos	Regra de Inclusão
Introdução	Esse código mensura o intervalo de tempo constituído desde o início das atividades de formulação e entendimento do problema inicial (ou geral) e de levantamento das ideias dos estudantes até o início as atividades que começam a disponibilizar as ideias científicas.
Desenvolvimento	Esse código mensura o intervalo de tempo constituído desde o início das atividades que começam a disponibilizar as ideias científicas até o momento de finalização de todas as atividades de disponibilização de ideias científicas e de suporte à apropriação de significados.
Conclusão	Esse código mensura o intervalo de tempo constituído desde o fim das atividades de disponibilização de ideias científicas e de suporte à apropriação de significados, incluindo o tempo da última atividade de aplicação, e se estende até o término das ações de fechamento da sequência didática.

Fonte: Autor.

Dessa forma, a categoria narrativa foi elaborada sob inspiração (adaptadas) das considerações relativas ao Modelo Topológico de Ensino (MTE), introdução, desenvolvimento e conclusão (GIORDAN, 2008; GIORDAN; GUIMARÃES, 2012). Depois de uma visão geral dos momentos da narrativa que ajudaram a dar forma e conteúdo à sequência didática, adentramos em instantes de tempo menores que auxiliaram na caracterização do encadeamento das ações do licenciandos na condução das atividades de ensino (Quadro 5).

Quadro 5 - Categoria intenções dos licenciandos e seus códigos

Códigos	Regra de Inclusão
Criar um problema	Mensura a quantidade de tempo destinada à formulação e à exploração do problema inicial, de eventuais problemas menores ao longo da sequência didática e, quando constituídos por interações discursivas, não apresentam uma abordagem comunicativa predominante.
Explorar as ideias dos alunos	Mensura a quantidade de tempo destinada aos momentos de levantamento e/ou exploração das ideias dos estudantes e, quando constituídos por interações discursivas, a abordagem predominante é a interativa dialógica (expressa mais de um ponto de vista e com a participação de mais de uma pessoa).
Disponibilizar as ideias científicas	Mensura a quantidade de tempo destinada aos momentos de disponibilização de ideias científicas (sobre a Química ou o Tema) e, quando constituídos por interações discursivas, a abordagem predominante é a não interativa de autoridade (expressa um ponto de vista e com a participação de uma pessoa).
Guiar a apropriação das ideias científicas	Mensura a quantidade de tempo destinada ao suporte à apropriação das ideias científicas pelos alunos e, quando constituídos por interações discursivas, a abordagem predominante é a interativa de autoridade (expressa um ponto de vista e com a participação de mais de uma pessoa). São momentos para monitorar os entendimentos por meio de questionamentos, discussões com toda a turma, tarefas de papel e lápis em pequenos grupos ou individuais de escrita, segundo Leach e Scott (2002).
Guiar a aplicação das ideias científicas	Mensura a quantidade de tempo destinada às atividades que fornecem suporte aos estudantes para aplicarem as ideias científicas trabalhadas ao longo da sequência didática, no sentido da expansão do seu uso e da transferência gradual da responsabilidade e do controle sobre a sua aplicação e, quando constituídos por interações discursivas, não apresentam uma abordagem comunicativa predominante.
Manter a narrativa	Mensura a quantidade de tempo destinada à realização de comentários sobre o andamento da “estória científica”, por meio dos quais os licenciandos auxiliam os estudantes no estabelecimento de relações entre os entendimentos que estão sendo construídos e o desenvolvimento da narrativa, assumindo uma abordagem comunicacional não interativa de autoridade (expressa um ponto de vista e com a participação de uma pessoa).

Fonte: Autor.

Para explorar esses instantes menores da narrativa, utilizou-se um dos cinco aspectos da ferramenta analítica de Mortimer e Scott (2002) que aborda o papel do

professor, o aspecto denominado de *Intenções do professor* (Quadro 5) uma vez que esse arcabouço teórico pode ser usado para pensar e analisar o ensino de Ciências após o planejamento e a sua implementação (MORTIMER; SCOTT, 2003).

A ferramenta analítica não é uma receita algorítmica a ser seguida no planejamento e na implementação de uma sequência didática, conforme indicam Mortimer e Scott (2003). Dessa forma, os códigos que seguem mensuram quantidades de tempo que perpassam momentos com ou sem interações discursivas entre licenciandos e alunos, de forma que esses intervalos de tempos foram constituídos pela combinação ou não da fala dos licenciandos e dos alunos com os usos de recursos didáticos e materiais de aprendizagem e a execução de atividades de ensino.

As ações dos alunos também formaram outra categoria e com ela foram mensuradas as quantidades de tempo nas quais a participação dos alunos assume marcadamente um caráter ativo e se mantém ao longo de uma tarefa de aprendizagem, tratando-se de um tempo coletivo constituído pelo engajamento de mais de um aluno e, em alguns casos, por interações discursivas com os licenciados (Quadro 6).

Quadro 6 - Categoria ações dos alunos e seus códigos

Códigos	Regra de Inclusão
Escrever Ler Desenhar Discutir entre pares Manipular Observar Falar	O intervalo de tempo é compreendido pelo início da tarefa proposta e o término da ação do último aluno.

Fonte: Autor.

Os recursos didáticos e materiais de aprendizagem constituiriam a última categoria desta terceira etapa de codificação. Ao conferir forma à sequência didática introduzindo e desenvolvendo a “estória científica” a narrativa se materializa na prática pedagógica por meio da “disposição temporal de diversos meios de representação e veiculação de ideias” (GIORDAN, 2008, p. 299), considerando suas singularidades e funções na elaboração de significados.

No sentido da apreensão de seus propósitos e de suas especificidades, assumimos que, em acordo com Alves (2018), os recursos didáticos são meios concretos e físicos que veiculam algum conteúdo e auxiliam o processo de ensino e aprendizagem dando suporte para o desenvolvimento das estratégias didáticas, ao passo que, os materiais de aprendizagem são aqueles elaborados pelo professor ou pelos alunos para a realização de atividades específicas, sendo que, a importância dos mesmos, comumente menosprezada, perpassa as suas disponibilidades, características formais e o grau de flexibilidade de suas finalidades intrínsecas, "chega[ndo] a configurar, e muitas vezes a ditar, a atividade dos professores" (ZABALA, 2014, ps. 3710) (Quadro 7).

Quadro 7 - Categoria recursos didáticos e seus códigos

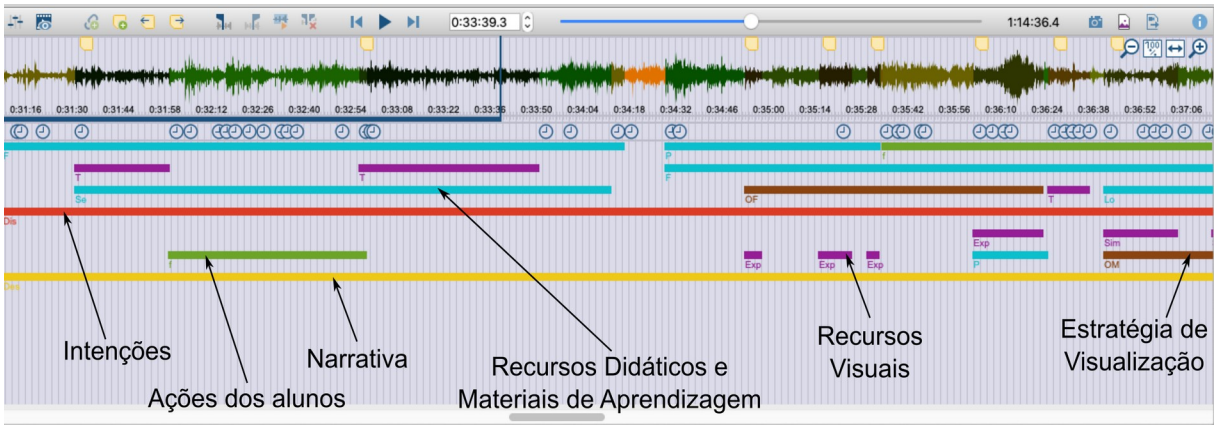
Códigos	Regra de Inclusão
Reagentes, vidrarias e equipamentos Vídeo com narração Vídeo Fala do licenciando Objetos concretos Simulação Projeção de slide Lousa Papel impresso Aparelho de telefone celular	O intervalo de tempo pelo qual os recursos e materiais são disponibilizados e referenciados por meio da fala em interações discursivas entre licenciandos e alunos ou disponibilizados em atividades interativas ou não interativas entre os alunos durante os desdobramentos da sequência didática.

Fonte: Autor.

Com isso em vista, registraram-se as ocorrências dos tipos de recursos didáticos e a natureza física dos materiais de aprendizagem (Quadro 7). Incluímos a fala do licenciando como um dos recursos didáticos pelo fato de também ser um meio material envolvido na mediação do processo de construção de significados. Para intervalos de tempo constituídos por múltiplos e simultâneos recursos didáticos e materiais de aprendizagem os primeiros códigos exibidos foram os não verbais e depois os verbais, priorizando aqueles que estimulam, primeiro, o canal visual, seguidos daqueles que estimulam o canal auditivo.

Com o término da primeira (transcrições) e da segunda (narrativa e seus componentes) etapas de codificação, um aumento da familiaridade com as características particulares de cada sequência didática foi adquirido. Esse processo criou as bases (dentro desta camada mais ampla de tempo) para a localização mais segura dos contextos referentes aos momentos de uso de recursos visuais e de atividades de visualização, no sentido de orientar a imersão em uma camada de tempo menor, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Layout parcial da codificação de uma SD no MAXQDA



Fonte: Autor.

Assim, nessa terceira etapa de codificação, criou-se uma categoria para contemplar o tempo em que os recursos visuais foram disponibilizados no plano social da sala de aula e/ou referenciados por meio da fala pelos licenciandos e estudantes, durante a implementação da sequência didática.

Os recursos visuais não verbais relacionados aos conhecimentos químicos foram codificados com inspiração em ideias de Talanquer (2011). Nessa perspectiva, o domínio experiencial se relaciona com a Química e suporta um conhecimento descritivo, concreto e empírico adquirido por meio dos sentidos ou mediado por instrumentação. Trata-se apenas da dimensão concreta da Química entendida por Johnstone como situação experiencial (do observável e tangível), quando diz que: “[…] é o que você faz no laboratório, na cozinha ou no clube de lazer. Esta é a situação experiencial à qual estamos acostumados na maioria dos aspectos da vida” (JOHNSTONE, 2000, p. 11). Assim, os recursos visuais não verbais codificados como domínio experiencial se constituíram por objetos (como vidrarias, reagentes), fenômenos (como mudança de cor em soluções) ou as suas representações visuais

(como registro em vídeo de experimentos didáticos, fotografias de amostras sólidas de substâncias).

Por sua vez, Talanquer (2011) considera que as representações químicas (as visualizações externas) estáticas e dinâmicas podem ser pensadas como sendo compostas de símbolos e ícones. Entretanto, muitas representações visuais se apresentam de forma híbrida por combinarem tanto valores simbólicos quanto icônicos nos processos de significação e comunicação.

Mesmo assumindo essa ambiguidade, consideraram-se as características predominantes dos recursos visuais e codificou-se a forma de apresentação dessas representações externas em simbólicas e icônicas. Assim, os recursos visuais não verbais codificados como representações simbólicas foram: fórmulas moleculares, fórmulas estruturais, equações reacionais e gráficos. Os recursos visuais não verbais codificados como representações icônicas foram: representações moleculares do tipo bastão-bola e representações particuladas da matéria (Quadro 8).

Quadro 8 - Categoria recursos visuais e seus códigos

Códigos	Regra de Inclusão
Domínio Experiencial (Exp)	Esse código mensura a quantidade de tempo na qual os objetos, fenômenos ou suas representações associadas aos significados químicos são disponibilizados e/ou referenciados pela fala do licenciando e/ou pela fala dos alunos ou por meio de narração.
Representações Simbólicas (Sim)	Esse código mensura a quantidade de tempo na qual as representações simbólicas da Química são disponibilizadas e/ou referenciadas pela fala do licenciando e/ou pela fala dos alunos ou por meio de narração.
Representações Icônicas (Ico)	Esse código mensura a quantidade de tempo na qual as representações icônicas da Química são disponibilizadas e/ou referenciadas pela fala do licenciando e/ou pela fala dos alunos ou por meio de narração.
Recursos Visuais Temáticos (T)	Esse código mensura a quantidade de tempo na qual quaisquer tipos de recursos visuais não verbais associados aos significados do tema são disponibilizados e/ou referenciados pela fala do licenciando e/ou pela fala dos alunos ou por meio de narração.

Fonte: Autor.

Após a demarcação dos intervalos de tempos relativos a cada um dos recursos visuais ao longo das sequências didáticas, iniciou-se um trabalho de localização das interações verbais correspondentes àqueles recursos relacionados apenas aos conhecimentos químicos. Nesse momento, o enfoque foi posto na

prática de ensino dos futuros professores de forma que os conteúdos semânticos considerados para a codificação foram aqueles encontrados nos turnos de fala dos licenciandos.

Aqui, os intervalos de tempo foram menores do que na codificação anterior pelo fato de corresponderem apenas aos tempos dos turnos de fala das interações verbais (aos tempos codificados na Tabela 6 e agora com novas qualificações) e não ao tempo total da disponibilização dos recursos visuais no plano social da sala de aula.

Se, por um lado, o tempo de disponibilização dos recursos visuais tem implicações na distribuição das ações no tempo total da sequência didática e reflete as opções assumidas no seu planejamento prévio, por outro, a apresentação desses recursos visuais é um ponto de partida potencial para os atos de visualização dos estudantes, isto é, para a criação de significados a partir da percepção e da interpretação de suas informações visuais. A mediação do professor por meio da fala é uma das formas de auxiliar os estudantes na elaboração e reelaboração desses significados, por isso investigamos o conteúdo semântico das falas dos licenciandos nesses processos interativos relacionados aos recursos visuais.

Dessa forma, o estudo ancorou-se nas considerações de Taber (2009, 2013) acerca do fato de que os fenômenos observados no domínio experiencial podem ser reconceitualizados no domínio macro o que pressupõe um nível teórico-descritivo com alta demanda de aprendizagem, envolvendo, por exemplo, conceitos como solução, reação reversível. Essa reconceitualização também pode ocorrer no domínio submicro com um caráter teórico explicativo e com base em modelos teóricos da estrutura da matéria, se valendo, por exemplo, de conceitos como elétron, orbital, íon, etc. Para o autor, o conjunto de representações simbólicas não se constitui como um nível discreto de conhecimento químico e sobre sua ambiguidade recaem as tarefas mediadoras de representar e de comunicar os conceitos e os modelos elaborados nos domínios macro e submicro.

Da mesma forma, para Talanquer (2011), os conceitos e as ideias relativos a uma escala macroscópica da Química não se confundem com os conceitos emergidos do domínio experiencial e descritos por ideias intuitivas e termos coloquiais. Para o autor, esses constructos macroscópicos constituem modelos

teóricos explicativos e seus conceitos (como substância, elemento, energia, entropia) que são tão abstratos quanto aqueles encontrados nos modelos teóricos de escala subatômica (como átomo, molécula, elétron).

Assim, as interações verbais relacionadas a cada recurso visual químico foram codificadas em função da natureza dos conceitos mobilizados nos turnos de fala dos licenciandos, quais sejam: macro, submicro e fenômeno. Este último para caracterizar os conceitos no domínio experiencial. O código interpretação foi acrescentado a esse conjunto para identificar na fala dos licenciandos a tarefa de leitura/interpretação das informações visuais dos recursos ou a tarefa de estimular os estudantes na realização de suas próprias interpretações sobre esses conteúdos, fossem eles representacionais ou conceituais, conforme o Quadro 9.

Num primeiro momento, as interações verbais foram codificadas com os subcódigos M (macro) e S (submicro) e MS (macro e submicro). Num segundo ciclo de codificação, foi explorada a ocorrência dos conteúdos semânticos relativos aos subcódigos M, S, MS, Fe (domínio fenomenológico) e I (interpretação e/ou estímulo à interpretação de representações visuais) e, quando constatada, a ocorrência de combinações entre os mesmos conteúdos semânticos foram codificadas.

O último ciclo de codificação da terceira etapa foi marcado pela busca por atividades ou tarefas de aprendizagem que se constituíssem como estratégias de ensino envolvendo o processo de visualização e que, sob a perspectiva temporal, compreendessem um conjunto de ações articuladas de percepção e interpretação de fenômenos ou representações visuais e que fossem seguidas de tarefas de construção e refinamento de representações visuais por parte dos alunos.

Os diferentes recursos visuais não verbais disponibilizados ao longo das aulas e as interações verbais sobre eles desencadeadas podem cumprir funções pedagógicas específicas nos movimentos internos da narrativa que estruturam a sequência didática. No entanto, os recursos e as interações relacionados à construção de conhecimentos químicos em sala de aula podem ser explorados profundamente em abordagens de ensino que favoreçam a elaboração de modelos mentais.

Quadro 9 - Categoria conteúdo semântico e seus códigos

Códigos	Extrato representativo	Regra de Inclusão
Domínio Macro (M)	A1M6: é: só que... ele é uma coisa que chama sublimação e ressublimação L6: é então, esse rê, na verdade, ele é um opcional... pode ser... num... não precisa por... separar sublimação L13: então, mas... eh... que é esse... o que é essa ressublimação ou sublimação? como é que é? A1M2: sublimação é quando passa do sólido direto para o gasoso *Relacionado ao recurso visual Sim23*	Esse código indica a presença de conceitualizações no domínio macro nas interações verbais.
Domínio Submicro (S)	A2M2: por causa que ele tem o carbono L20: ele tem uma? A2M2: a mesma cadeia L20: uma cadeia longa A2M2: isso! L20: então, ele consegue fazer interações... com cadeias de alcanos, por essa grande porção… L20: mas ele também tem… um ácido carboxílico 1[... então] ele conseguiria fazer, interações de hidrogênio A2M2: 1[isso! aham!] L20: mas a molécula como um todo, tem uma certa polaridade *Relacionado ao recurso visual Sim11*	Esse código indica a presença de conceitualizações no domínio submicro nas interações verbais.
Em ambos os domínios (MS)	L20: e aí, o solvente com quem ele teve mais... afinidade, foram os solventes (apolares)... no caso com interações de hidrogênio, mas também não são totalmente apolares. *Relacionado ao recurso visual Exp8*	Esse código indica a presença de conceitualizações nos domínios macro e submicro nas interações verbais.
Fenômenos (Fe)	L3: o açafrão é aquele ali, ó L10: olhem! esse é o açafrão L20: ele também é utilizado como corante alimentício L10: esse é o urucum... e esse é o chá-mate *Relacionado ao recurso visual: Exp9*	Esse código indica a presença de conceitualizações no domínio fenomenológico nas interações verbais.
Interpretação e/ou estímulo à interpretação de representações visuais (I)	L10: olhando para a molécula... essa aqui, ó L10: ó ((aponta com o dedo para a representação molecular)) L10: o que você mais vê, aqui? o que mais... aparece? A1M2: tem o agá ó no final ((HO))… *Relacionado ao recurso visual Sim12*	Esse código indica a presença de interpretação ou estímulo à interpretação dos recursos visuais nas interações verbais.

Fonte: Autor.

Como foi abordado, a Estratégia de Aprendizagem VisChem pode criar no ambiente de sala de aula oportunidades concretas para os alunos desenvolverem as habilidades relacionadas às competências de metavisualização dentro de um enfoque no uso do modo de representação visual dinâmica, no submodo animação, e envolver a externalização de modelos mentais visuais combinados em desenhos, textos escritos e discurso interativo/dialógico. Essa estratégia privilegia os

movimentos de construção de visualizações pelo fornecimento dos códigos de interpretação (convenções), de revisão da visualização construída mediante confronto com o fenômeno observado e com o modelo científico/curricular e o da criação autônoma de visualizações para explicar fenômenos semelhantes.

Esse processo de criação de visualizações pelos alunos é mediado pelo professor o qual direciona a atenção deles para os aspectos chaves das suas próprias visualizações externalizadas, auxilia na identificação das características fundamentais do modelo científico/curricular apresentado, explora as concepções alternativas emergidas da primeira externalização, estimula o estabelecimento de relações entre os três níveis representacionais e encoraja o uso da visualização (representação interna) em novos e semelhantes contextos.

Assim, considera-se que a EAV se constitui como um conjunto de ações articuladas no tempo que organiza e materializa no plano da sala de aula os princípios da criação de visualizações envolvidos na elaboração de modelos mentais visuais. Ao trazer o suporte adequado para isso, essa estratégia se coloca como um ponto de partida coerente e necessário para disputar um lugar no tempo total das sequências didáticas e ser incorporado por elas, propiciando um caminho fértil para o desenvolvimento das capacidades metavisuais dos alunos.

A partir das características da Estratégia de Aprendizagem VisChem (EAV) elaborou-se por inspiração códigos que generalizassem os tipos de representações externas ou fenômenos envolvidos e preservassem a natureza das ações dos alunos em cada uma das etapas da EAV. Com isso, buscou-se dentro da implementação das sequências didáticas temáticas a ocorrência de momentos similares, no intuito de qualificar o uso do tempo de sala de aula destinado ao processo de visualização (Quadro 10).

Quadro 10 - Categoria Estratégia de Visualização e seus códigos

Códigos	Regra de inclusão
Observar	Observar um fenômeno ou a sua representação como um alvo conceitual da Química.
Elaborar e Externalizar	Elaborar e externalizar uma representação que explique um fenômeno observado.
Discutir	Estabelecer relações entre a representação externalizada e o fenômeno observado.
Observar o(a) modelo/representação visual canônico	Observar o(a) modelo/representação visual canônico que explica o fenômeno observado.
Refletir e Revisar	Identificar as limitações de uma representação externalizada em contraste com o modelo visual científico/curricular apresentado e, em seguida, elaborar e externalizar uma nova e revisada representação.
Relacionar	Relacionar uma representação visual externa com outra, ambas representando o mesmo fenômeno.
Adaptar	Adaptar e externalizar uma representação para explicar outro fenômeno semelhante a um fenômeno observado anteriormente.

Fonte: Autor.

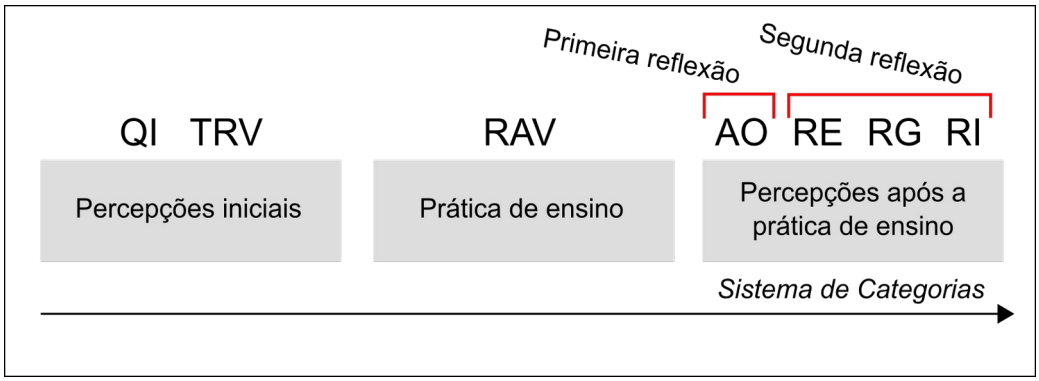
O conjunto de categorias e seus códigos expostos compuseram a base da análise das sequências didáticas implementadas pelos licenciandos a partir dos seus respectivos registros audiovisuais (RAV). As informações obtidas nesse bloco de documentos foram cotejadas com as informações vindas das produções textuais orais e escritas dos licenciandos.

4.2.2 A codificação das produções textuais orais e escritas

O conjunto de documentos produzidos pelos licenciandos antes de um contato com a literatura relacionada ao campo da visualização e da implementação de planejamentos de ensino foram agrupados com a denominação de *percepções iniciais* (Figura 3).

Nesse grupo, o Questionário Inicial (QI) apresentou três perguntas fechadas sendo que uma delas exigia apenas uma resposta diante de quatro alternativas. As demais perguntas fechadas também foram constituídas por quatro alternativas, porém, múltiplas opções poderiam ser escolhidas.

Figura 3 - Dois momentos de reflexão após a prática de ensino



Fonte: Autor.

Nas outras cinco perguntas abertas do QI, a codificação foi centrada nos significados múltiplos emergidos do texto escrito e não em apenas uma ideia dominante, permanecendo a codificação de, pelo menos, um código temático por resposta de cada licenciando. Em ambos os tipos de questões, a enumeração se baseou na frequência livre da ocorrência de respostas codificadas.

No planejamento de uso de três recursos visuais (TRV) realizado em sala de aula, a forma de uso do tempo para cada recurso visual produziu três textos escritos como respostas para cada licenciando. A codificação de cada texto escrito se baseou na ideia dominante de cada licenciando, porém, os códigos foram constituídos por um ou mais verbos que caracterizaram o conteúdo das ações desencadeados no tempo para o uso de cada um dos recursos visuais, como exemplo, tem-se: observar, discutir, explicar. A enumeração se baseou na frequência da ocorrência de uma resposta codificada por licenciando (n=14) para cada um dos três recursos visuais.

Após a implementação das sequências didáticas no primeiro e no segundo semestres e após um contato com a literatura científica do campo da visualização, os licenciandos produziram dois blocos de documentos que foram denominados como *percepções após a prática de ensino*. Foram explorados dois momentos distintos, com formas de expressão diferentes (oral e escrita) e complementares.

Ao término das experiências em sala de aula com a implementação das sequências didáticas temáticas foi realizada uma apresentação e arguição oral (AO) na qual os quatro grupos de licenciandos apresentaram inicialmente uma descrição e a primeira reflexão sobre a prática de ensino e, em seguida, responderam a perguntas previamente elaboradas ou oriundas das discussões desencadeadas com os demais colegas licenciandos. O conteúdo reflexivo da apresentação oral e as respostas aos questionamentos foram codificados e a frequência livre da ocorrência dos códigos foi considerada.

Os registros em áudio da apresentação e da arguição oral (AO) e os registros audiovisuais (RAV) da implementação das sequências didáticas temáticas foram disponibilizados aos licenciandos como documentos curriculares para fomentar e subsidiar a redação dos relatórios finais e que constituíram uma segunda reflexão sobre a prática de ensino. Novamente, o conteúdo reflexivo dos relatórios finais (RE, RG e RI) foram codificados considerando a frequência livre de ocorrência dos códigos.

Um sistema de categorias foi elaborado a partir da análise temática dos códigos produzidos com as fontes de dados AO, RE, RG e RI (Quadro 11). Seguindo as indicações de Bardin (2011), o sistema compreendeu a exclusão mútua entre as categorias e a sua pertinência residiu no fato de os níveis das subcategorias se adaptarem ao material e refletirem as intenções da pesquisa. A objetividade foi assegurada mantendo a mesma maneira de codificar, isto é, preservando os critérios de inclusão dos códigos temáticos emergidos ao longo dos diferentes tipos de fontes de dados do *corpus* (AO, RE, RI e RG) e considerando a frequência livre de suas ocorrências em um mesmo documento de cada grupo de documentos. Os códigos exploraram a presença de significados e não foram atribuídos valores distintos entre eles.

Quadro 11 - As categorias de análise da produção textual escrita e oral

Sistema de Categorias	Regra de inclusão
Categorias	
Considerações sobre a prática de ensino	Percepções sobre recursos visuais, atividades de ensino ou experiências formativas sem uma referência temporal.
Percepções do tempo e do processo de visualização	Percepções sobre recursos visuais, atividades de ensino ou experiências formativas com uma referência temporal.
Subcategorias (nível 1)	
Percepções com o tempo escolar	Percepções oriundas de experiências na escola.
Percepções após a implementação da SD	Percepções oriundas da primeira reflexão após a implementação da SD e expressas de forma oral.
Percepções emergidas nas reflexões finais	Percepções oriundas da segunda reflexão e expressas de forma escrita.
Subcategorias (nível 2)	
O uso do tempo com RVQ na prática de ensino	Percepções acerca do uso do tempo com RVQ nas intervenções do licenciando no estágio supervisionado.
A observação do uso do tempo com RVQ	Percepções sobre o uso do tempo com RVQ a partir das observações da prática de um professor no estágio supervisionado.
Considerações relacionadas ao processo de visualização	Percepções relacionadas à visualização, sem uma referência temporal e oriundas da implementação da SD.
Considerações sobre as atividades da SD	Percepções não relacionadas à visualização, sem uma referência temporal e oriundas da implementação da SD.
Considerações sobre a experiência	Percepções não relacionadas à visualização, sem uma referência temporal e relacionadas à experiência formativa resultante da implementação da SD.
Percepção sobre o uso do tempo com RV	Percepções relacionadas ao uso de RVQ e RVT, com uma referência temporal e oriundas da implementação da SD.
Percepção do tempo em atividades da SD	Percepções relacionadas às atividades da SD, não relacionadas à visualização, com uma referência temporal e oriundas da implementação da SD.
Percepção do tempo em atividades de visualização	Percepções relacionadas a princípios ou atividades não restritas ao uso da fala e inerentes a uma estratégia de visualização, com uma referência temporal e oriundas da implementação da SD.
Percepção do tempo em interações verbais com RVQ	Percepções relacionadas a atividades restritas ao uso da fala com RVQ e inerentes a uma estratégia de visualização, com uma referência temporal e oriundas da implementação da SD.

Sequência didática (SD), recursos visuais (RV), recursos visuais da Química (RVQ) e recursos visuais do tema (RVT).
Fonte: Autor.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, apresentamos os resultados obtidos por meio da codificação temática. Inicialmente (seção 5.1), os resultados das percepções iniciais dos licenciandos sobre os recursos visuais e as noções de tempo levantadas em momentos anteriores ao planejamento e a implementação das sequências didáticas (SD) são apresentados.

Na seção seguinte (5.2), os resultados dos registros audiovisuais (RAV) das quatro SD implementadas pelos licenciandos são mostrados articulados com aqueles provenientes dos relatórios e da arguição (AO, RG e RI). Assim, os resultados da prática de ensino são mostrados por meio de uma leitura da sua dimensão temporal enquanto aqueles oriundos da produção oral e escrita os complementam mediante as reflexões dos licenciandos sobre as atividades de ensino implementadas, as ideias relacionadas ao processo de visualização e as experiências docentes oriundas dessa prática de ensino.

A seção 5.3 completa a apresentação dos resultados com as reflexões dos licenciandos com um enfoque específico acerca das relações entre o tempo e o processo de visualização vindas dos relatórios de estágio (RE) e da prática de ensino (RG e RI) e da arguição (AO).

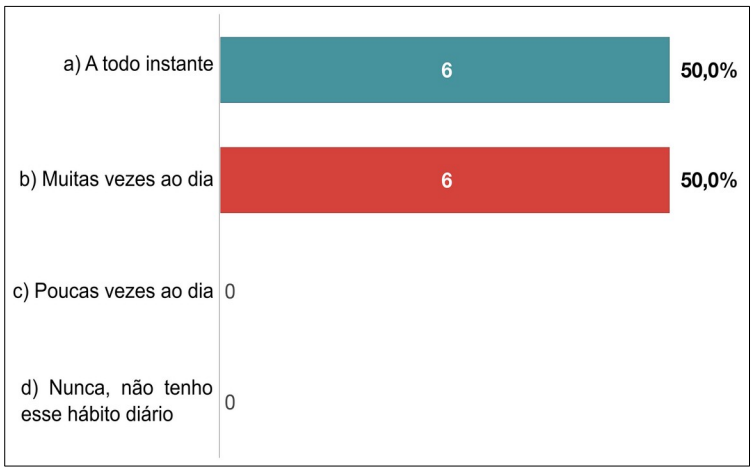
A discussão dos resultados é realizada em dois enfoques distintos e complementares. Na sua primeira seção (5.4), a discussão intenciona, por um lado, comparar as percepções iniciais com as percepções finais dos licenciandos e, por outro, articular os resultados da prática de ensino com essas últimas percepções à luz da literatura e das pesquisas científicas correntes.

Na segunda seção (5.5), o enfoque da discussão é deslocado para as implicações potenciais dos resultados analisados acerca das relações entre noções de tempo e o processo de visualização para a formação de professores de Química.

5.1 RESULTADOS DAS PERCEPÇÕES INICIAIS

As percepções iniciais dos licenciandos sobre as relações entre o processo de visualização e o tempo de ensino foram exploradas por meio de uma amostra constituída por doze respondentes a um questionário. Na primeira questão, fechada e de múltipla escolha, foi levantada a frequência de acesso diário à internet dos futuros professores com a pergunta: *No seu dia a dia, você tem o hábito de utilizar o computador ou o celular com acesso à internet para se comunicar e/ou obter informações com qual frequência?* Conforme pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 - Frequência de acesso diário à internet com TDIC



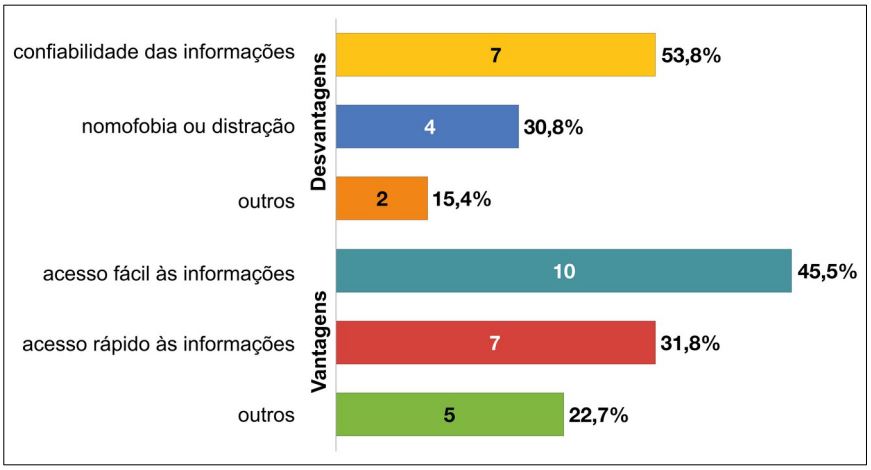
Fonte: Autor.

Os resultados expressos na Figura 4 mostram que 50% (6) dos licenciandos responderam que a acessam a todo instante e os 50% (6) restantes afirmaram acessar a internet muitas vezes ao dia. A ausência do hábito diário em acessar informações por meio da internet ou o seu acesso durante poucas vezes ao dia não foram constatados, sugerindo que o conjunto dos licenciandos possui familiaridade com o uso cotidiano de tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

Em seguida, uma pergunta aberta e de cunho dissertativo explorou a percepção dos licenciandos sobre as vantagens e as desvantagens do uso de dispositivos móveis para acesso a informações no dia a dia por meio da questão (Figura 5): *quais são as principais vantagens e as desvantagens do uso de*

dispositivos móveis (smartphones, notebooks, tablets, etc.) com acesso à internet na vida cotidiana das pessoas, quando se trata da busca por informações?

Figura 5 - TDIC na vida cotidiana



Fonte: Autor.

Com a Figura 5 vemos que a desvantagem mais evocada (7) foi a confiabilidade das informações por meio de expressões como: “o risco de alguma matéria conter uma informação errada é alta” (L4), “a imprecisão das informações e o grande volume de informações incorretas” (L21) e “a confiabilidade dessa informação pode ser duvidosa e gerar concepções erradas mais facilmente” (L18).

A segunda maior ocorrência (4) residiu em implicações geradas pelos hábitos de uso dos dispositivos móveis como a nomofobia, sugerida nas respostas: “o celular ter se tornado uma parte das pessoas” (L6) e “uma dependência desses dispositivos” (L22), e a capacidade de gerar distração nas pessoas, nas respostas: “a fácil distração” (L2) e a “possibilidade de distração” (L5). Em menor frequência (2) outras desvantagens foram constatadas como o excesso de diversidade informacional, como a “quantidade de informações diferentes sobre um mesmo assunto” (L17), e as eventuais limitações infraestruturais dos dispositivos, como na expressão “problemas técnicos” (L5).

A principal vantagem no uso das TDIC com acesso à internet e referenciada pelos licenciandos com maior frequência (10) foi o acesso fácil às informações, como em respostas como: “acesso às informações em qualquer momento que precisem durante o dia e, no caso dos smartphones e tablets, na palma da mão”

(L4), “o fácil acesso à informação” (L6), “acessibilidade, informação na palma da mão” (L9), “praticidade e facilidade no acesso de informações” (L22) e “agilidade, acesso a um grande número de informações, praticidade” (L5). A segunda maior ocorrência (7) se caracterizou pelo acesso rápido às informações e foi sustentada por ideias como as de: “resultados relevantes em pouco tempo” (L16), “a imediata disponibilidade” (L21), “eu incluo a informação rápida” (L13), “a tendência da sociedade atual ao imediatismo, se não fosse tão rápido obter informação, provavelmente teríamos deixado de procurá-la [informação] com o avanço da tecnologia”(L1), “rápido acesso a informações” (L2) e “rapidez de consulta” (L17).

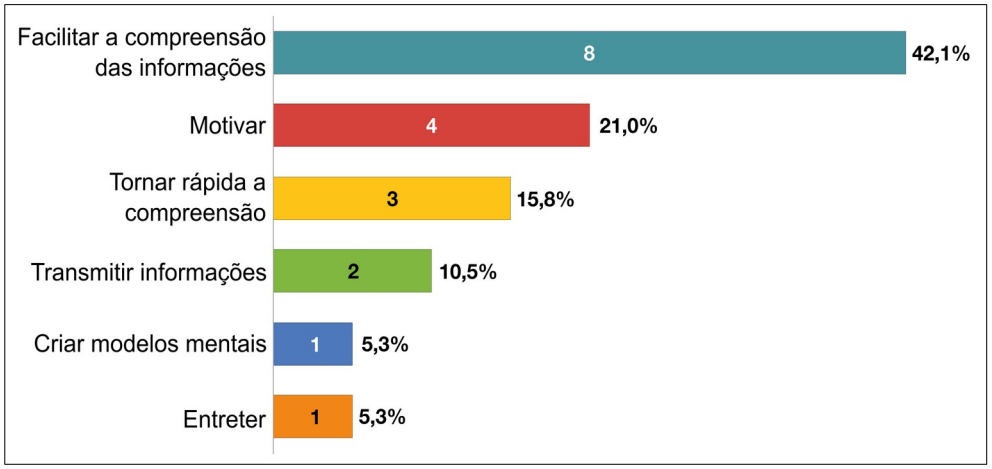
Um grupo menor com outras ideias (5) se dividiu em vantagens sobre as características das informações veiculadas nesses dispositivos (3) como as de organização, abrangência e diversidade, respectivamente, em respostas como: “de maneira organizada e sem poluição” (L16), “alcance mundial em sua pesquisa” (L17) e “ter acesso a uma grande variedade de informações sobre determinado assunto” (L4). Duas outras ideias versaram sobre a potencialidade da democratização do acesso à informação, como em: “a ‘socialização’ do conhecimento, [pois o] acesso à informação não é mais tão elitizado, o conteúdo não está mais guardado [...] nas estantes das famílias de classe média-alta” (L1), e sobre a facilidade de comunicação, tal como sugere o trecho: “a facilidade de conectar-se com outras pessoas” (L9).

Depois de explorar as percepções sobre o uso dos dispositivos tecnológicos e ambientar a leitura e a escrita dos respondentes nesse contexto, foi realizado um direcionamento para as especificidades das imagens (recursos visuais não verbais) por meio de duas perguntas abertas. A primeira delas questionou acerca da função das imagens na vida cotidiana (Figura 6) da seguinte forma: *nesses dispositivos móveis, plataformas como WhatsApp, Instagram, Facebook, Twitter, YouTube, entre outras, são exemplos de meios para obtenção de informações fortemente baseados em imagens (fotos, figuras, vídeos, etc.). Qual(is) é(são) a(s) função(ões) das imagens nestes contextos?*

A percepção de facilitar a compreensão das informações obteve a maior ocorrência (8) nas respostas, como: “difundir informações com um teor mais simples e fácil de ser lida e entendida” (L13), “acredito que as imagens ajudem no

entendimento do contexto e complementem informação" (L18) e "facilitar a compreensão, pois é mais fácil entender uma imagem do que um texto" (L6). A função de motivar obteve a segunda maior frequência (4) a partir de expressões como: "chamar a atenção do leitor, ilustrar ideias descritas em formas de texto" (L5), "imagens 'enfeitam' mais e dão mais incentivo" (L16) e imagens são "mais chamativas" (L1). Com uma ocorrência aproximada (3) emergiu a percepção de tornar rápida a compreensão de informações ou de emoções expressas por meio de afirmações como: "passar a informação/mensagem ao usuário da forma mais clara, rápida e dinâmica possível" (L4), "uma rápida interpretação" (L17) e "passar sentimentos ou emoções instantaneamente" (L16).

Figura 6 - Função das imagens (nas TDIC) na vida cotidiana



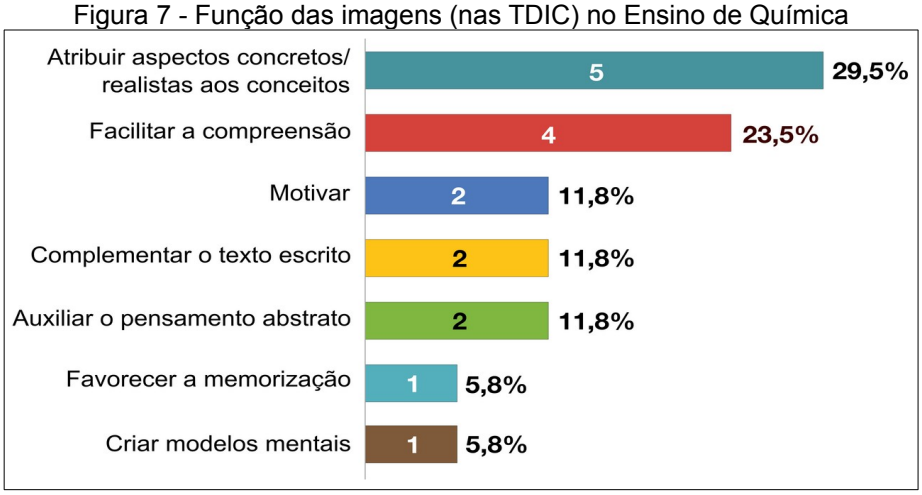
Fonte: Autor.

Em menor ocorrência (2) emergiu a ideia de transmitir informações, nos casos de: "transmitir uma mensagem/opinião/informação" (L22) e "transmissão de ideias não verbais" (L9). Com apenas uma menção encontramos as funções das imagens para entreter e para criar modelos mentais, respectivamente, em: "entretenimento" (L2) e "fomentam a criação de modelos mentais em conjunto com as informações fornecidas" (L21).

Inserida nesse contexto sobre a função das imagens acessadas por meio de TDIC na vida cotidiana, a segunda pergunta aberta procurou dar ênfase à função desses recursos visuais não verbais no âmbito do Ensino de Química. Nessa

ocasião, os licenciandos encontraram a seguinte questão (Figura 7): *qual função (ou quais dessas funções, respondidas na questão anterior) que as imagens possuem nessas plataformas poderiam ser utilizadas para auxiliar o ensino e a aprendizagem de Química na Educação Básica? Explique:*

Figura 7 - Função das imagens (nas TDIC) no Ensino de Química



Fonte: Autor.

Os resultados mostraram duas maiores ocorrências. A ideia de atribuir aspectos concretos ou realistas aos conceitos químicos (5) se baseou em excertos como: “exemplificação […] de forma bastante palpável. O aluno não precisa apenas recorrer a sua imaginação para concretizar uma informação” (L16), a “imagem é muito útil no entendimento, pois deixa aquele conhecimento mais real” (L17), “tornaria possível uma melhor visualização da informação” (L4). A segunda maior ocorrência enfatizou o papel das imagens em facilitar a compreensão, como em: “uma grande ferramenta para a compreensão e a real aprendizagem da química” (L1), “o uso de imagens facilitaria o processo de ensino e aprendizagem” (L4) e para “reunir informações desconexas […] que facilitem os alunos a realizar tais conexões” (L22).

Num segundo bloco com menores ocorrências (2), vemos o papel das imagens como um complemento ao texto escrito, como nas funções de “ilustrar ideias descritas em forma de texto” (L5) e “levar representações da química em imagens e não em textos extensos como o que ocorre em alguns livros didáticos, pode ser uma grande ferramenta” (L1). Ainda, aparecem as ideias acerca de uma

função motivadora das imagens, conforme vemos nos trechos: “podem funcionar como um meio de descontração” (L2) e “essa linguagem visual pode ser usada de forma a tornar algumas coisas mais atrativas e interessantes” (L13), e ideias sobre o papel das imagens no auxílio ao pensamento abstrato dos alunos, tal como em: “vários conceitos em Química exigem uma grande capacidade de abstração, de imaginar algo que não se conhece, portanto o recurso de imagens pode auxiliar” (L18) e “ajuda muito, ainda mais pensando que muitos alunos têm dificuldades em abstrações” (L6).

Com apenas uma ocorrência encontramos a criação de modelos mentais e o favorecimento da memorização como funções das imagens, conforme as expressões, respectivamente, as imagens “fomentam a construção de modelos mentais e elas podem ser de grande ajuda, por exemplo, para destacar o caráter dinâmico do equilíbrio químico” (L21) e “imagens também têm a característica de serem mais marcantes, ficando mais tempo na memória do aluno” (L16).

Ao refletirmos sobre o conjunto desses resultados concluímos que os licenciandos possuem o hábito diário (Figura 4) de utilização de TDIC e a partir dessa relação com os dispositivos eles tendem a assumir como as vantagens principais de seu uso a facilidade e a rapidez com que acessam as informações, muito embora a confiabilidade dessas informações tendam a serem vistas com cautela e consideradas a desvantagem mais referenciada pelos respondentes (Figura 5). Dessa forma, uma noção de tempo rápido com o uso de TDIC é constatada em 53,8% (7) das ocorrências.

Entretanto, quando o enfoque é direcionado para a função das imagens (recursos visuais não verbais) nessa relação diária dos licenciandos com os dispositivos a ocorrência da noção de um tempo rápido diminui para 15,8% (3) das ocorrências que enfatizam o seu papel em tornar rápida a compreensão de informações e emoções expressas. A função predominante para as imagens é a de facilitar a compreensão das informações 42,1% (8) seguida por seus atributos motivacionais 21,0% (4) (Figura 6).

Seguindo com as questões abertas, os licenciandos foram convidados a refletirem sobre quais das funções atribuídas às imagens nessa relação diária com os dispositivos digitais poderiam ser utilizadas em sala de aula para favorecer a

aprendizagem em Química. Nesse movimento, a noção de um tempo rápido não emerge nas respostas e a função de motivar é transferida, porém, diminui quase pela metade e fica em 11,8% (2). Da mesma forma, a ideia de facilitar a compreensão é transferida e também diminui quase pela metade, mas compreende a segunda maior ocorrência 23,5% (4) (Figura 7).

A função das imagens em atribuir aspectos concretos ou realistas aos conceitos químicos foi a maior ocorrência em 29,5% (5) das respostas. Junto a essa ideia surgem ideias inéditas como as de auxiliar o pensamento abstrato, de complementar o texto escrito e de favorecer a memorização, ambas sugerindo certo esforço argumentativo dos licenciandos em abandonar as ideias anteriores vagas e genéricas como as de transmitir informações e as de facilitar e tornar rápida a compreensão das informações.

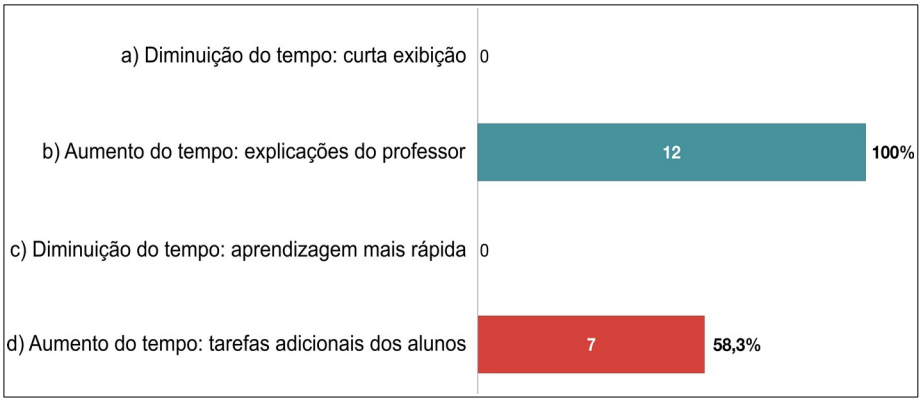
Ao final do bloco de questões abertas foi explorada uma pergunta fechada (Figura 8), de múltipla escolha e com a intenção de colocar um enfoque no levantamento mais explícito e direto de percepções sobre o uso recursos visuais e uma noção de tempo. A pergunta explorava as possíveis implicações sobre o tempo disponível em sala de aula quando as imagens eram usadas com a intenção de favorecer a aprendizagem de conceitos químicos no Ensino Médio, sendo que os motivos do uso de imagens poder contribuir para um aumento ou para uma diminuição do tempo nas atividades de ensino se distribuíram em quatro alternativas de livre escolha.

As respostas poderiam ser constituídas pela escolha de mais de uma das seguintes opções:

> a) as atividades baseadas em imagens (vídeos, animações, representações moleculares, etc.) promovem uma aprendizagem mais rápida e, por isso, liberam tempo para que outros tipos de atividades possam ser realizadas;
>
> b) as atividades baseadas em imagens (vídeos, animações, representações moleculares, etc.) levam mais tempo do que a simples exibição dos materiais didáticos porque o professor precisa explicar o significado de suas características;
>
> c) as atividades baseadas em imagens (vídeos, animações, representações moleculares, etc.) promovem uma aprendizagem mais rápida porque se baseiam na exibição dos materiais didáticos por um curto intervalo de tempo, por isso, liberam tempo para que outros tipos de atividades possam ser realizadas e;
>
> d) as atividades baseadas em imagens (vídeos, animações, representações moleculares, etc.) levam mais tempo do que a simples exibição dos

materiais didáticos porque os alunos necessitam fazer tarefas adicionais, que não apenas observar os materiais e ouvir explicações do professor.

Figura 8 - O uso das imagens em função do tempo



Fonte: Autor.

Os resultados mostram (Figura 8) a ausência de ocorrências das opções “a” e “c”, sugerindo uma resistência em vincular o uso de imagens a uma noção de tempo rápido, seja pela curta exibição dos recursos visuais ou pelo fato de os mesmos favorecerem uma rápida aprendizagem dos conceitos químicos. Por sua vez, a maior ocorrência (12) da opção “b” mostra que o uso de imagens foi percebido como um fator de aumento do tempo disponível pelo fato do professor realizar explicações sobre as características dos recursos visuais mobilizados no plano social da sala de aula.

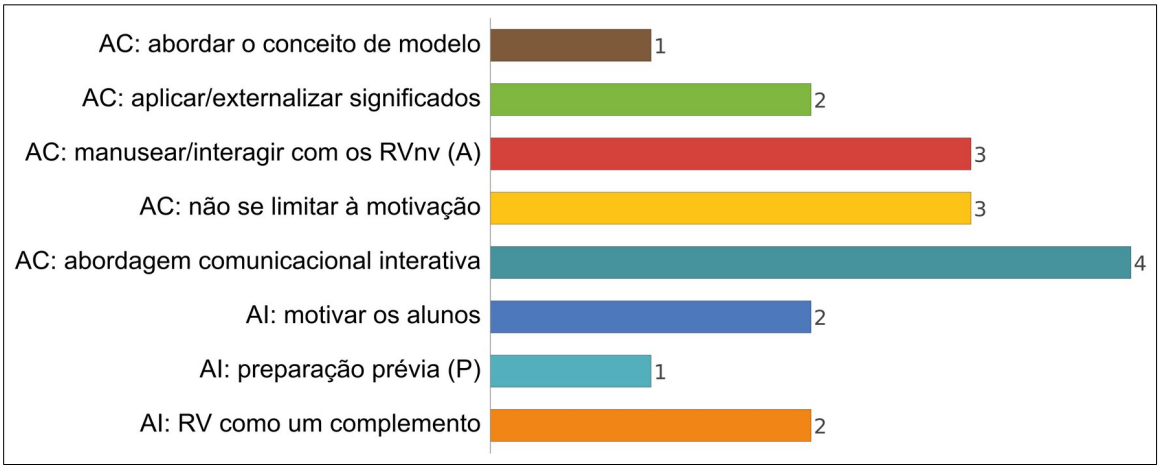
Entretanto, se, por um lado, vemos que 100% (12) dos licenciandos perceberam que o aumento do tempo estaria vinculado à fala do professor e à exibição do recurso visual, por outro, com a ocorrência da opção “d” vemos que 58% (7) dos licenciandos perceberam que o aumento do tempo disponível poderia estar vinculado a tarefas realizadas pelos próprios estudantes e que tais tarefas estariam para além daquelas de ouvir o professor e de observar as imagens exibidas em sala de aula.

O questionário inicial também compreendeu dois momentos para explorar as percepções dos licenciandos sobre as formas de uso dos recursos visuais verbais e não verbais a partir de duas perguntas abertas, sendo que uma era relacionada aos recursos visuais digitais (suportados por computadores, celulares, *tablets* e demais

dispositivos similares) e a outra tinha como enfoque os recursos visuais não digitais (ou analógicos). Nas duas situações, a seguinte questão foi inserida: *na sua percepção, quais procedimentos metodológicos de ensino devem ser adotados em sala de aula para que o uso desses recursos visuais contribua para a aprendizagem dos alunos da Educação Básica?*

O conjunto dos resultados obtidos nas duas questões (Figuras 9 e 10) mostram a emergência de seis aspectos críticos (AC), sendo que quatro deles foram comuns a ambos os tipos de recursos visuais, os digitais e os não digitais. Por outro lado, apenas três aspectos potencialmente insuficientes ou acríticos (AI) emergiram das respostas dos licenciandos, sendo que esses últimos se mostraram comuns a ambos os tipos de recursos visuais.

Figura 9 - Formas de uso dos RV digitais



Legenda: aspectos críticos (AC), aspectos insuficientes (AI), alunos (A), professor (P), recursos visuais não verbais (RVnv), recursos visuais (RV).
Fonte: Autor.

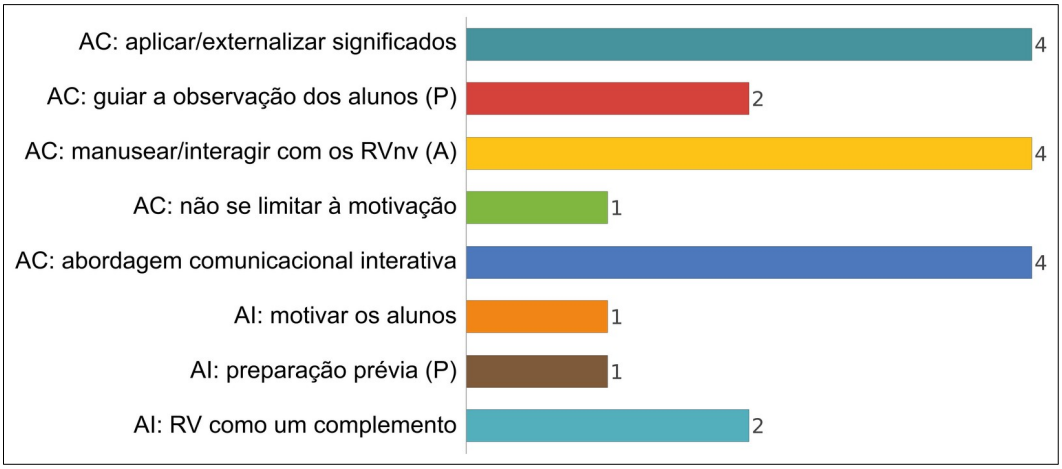
Na categoria denominada de aspectos críticos a maior ocorrência (8)[15] foi do código intitulado de *abordagem comunicacional interativa* sobre o qual os licenciandos expressaram a necessidade de interações discursivas durante o uso dos recursos visuais, em excertos como: “é preciso pensar nessas interações então, de forma que haja comunicação e diálogo durante a atividade” (L6), “é preciso que haja interação dos alunos sobre o conteúdo mostrado, através de algum questionário ou discussão em sala” (L13), “início da aula com discussão e

15 Sendo 4 ocorrências para RV digitais e 4 ocorrências para RV não digitais

levantamento de concepções prévias" (L5) e "o uso desses recursos deve ser acompanhado de outras atividades interativas entre os alunos" (L9).

A segunda maior frequência (7)[16] ocorreu com ideias que enfatizavam a ação dos alunos em *manusear ou interagir com os recursos visuais não verbais* durante a prática de ensino por meio de exemplos como: "chegando a acordos com os alunos de como manusearão seus recursos dentro do propósito da aula" (L18), "softwares de representação de moléculas em 3D, em que os estudantes podem rotacionar a molécula e visualizá-la melhor" (L1), "os alunos mesmos podem montar as moléculas dadas pelo professor e isso pode ser feito com um kit de montagem" (L4) e "todos os alunos devem ter acesso ao recurso" (L22).

Figura 10 - Formas de uso dos RV não digitais



Legenda: aspectos críticos (AC), aspectos insuficientes (AI), alunos (A), professor (P), recursos visuais não verbais (RVnv), recursos visuais (RV).
Fonte: Autor.

A terceira maior ocorrência (6)[17] residiu em ideias que demarcavam momentos para o estudante *aplicar ou externalizar significados* químicos durante o trabalho pedagógico com os recursos visuais, conforme os seguintes excertos: "do lado dos alunos é necessário que eles interajam e exteriorizem o conhecimento que está sendo construído" (L21), "o uso de softwares de representação e simulação para aplicação dos conceitos" (L5), "e que os estudantes consigam transpor o que veem concretamente em sala para a folha de papel, aplicando aquele conhecimento sob outra forma" (L1).

16 Sendo 3 ocorrências para RV digitais e 4 ocorrências para RV não digitais
17 Sendo 2 ocorrências para RV digitais e 4 ocorrências para RV não digitais

Por sua vez, o último código pertencente à categoria aspectos críticos e ao mesmo tempo comum a ambos os tipos de recursos visuais foi o denominado de *não se limitar à motivação* (4)[18] o qual reuniu considerações sobre o fato de não resumir o uso desses recursos didáticos a uma dimensão meramente motivacional, de acordo com os seguintes exemplos: “deve ter um bom planejamento para que a aula interativa com essas mídias não se torne uma distração” (L6), “o uso dessas ferramentas deve ser feito com um propósito claro para que não seja banalizado e nem se tornem distrações para os alunos” (L18) e “a atividade deve ter uma finalidade dentro do planejamento do professor e não só um momento de ‘descontração’, os alunos devem levar a sério” (L22).

Por fim, foram encontradas ocorrências (2) do código *guiar a observação dos alunos* apenas para os recursos visuais não digitais o qual expressa a ideia do professor auxiliar os estudantes na leitura das informações visuais disponibilizadas nos recursos didáticos, como sugerem os excertos: “os alunos devem interagir [com os recursos] [e] essa interação deve ser direcionada pelo professor, com o uso de perguntas verbais ou na forma de questionário para que os alunos possam refletir” (L13) e “o professor deve de certa forma direcionar o olhar do aluno para o que é de interesse no recurso utilizado” (L22). A ocorrência (1) do código *abordar o conceito de modelo* se deu apenas em referência aos recursos visuais digitais, como sugere o trecho do respondente: “explicar o conceito de modelo que está sendo usado, seja um simulador ou um gráfico” (L22).

A segunda categoria intitulada aspectos insuficientes foi constituída por códigos com ocorrências em ambos os tipos de recursos visuais (digitais e não digitais). Com a maior frequência (4)[19] emergiu o código que retratava a ideia do uso dos *recursos visuais como um complemento* nas atividades de ensino ou em declarações evasivas sugerindo um papel acessório, conforme os exemplos: “introduzir a teoria do assunto abordado com recursos visuais estáticos para complementar” (L17), “como forma de exemplificação [...] para o aluno, o professor pode utilizar de recursos visuais” (L2).

18 Sendo 3 ocorrências para RV digitais e 1 ocorrência para RV não digitais
19 Sendo 2 ocorrências para RV digitais e 2 ocorrências para RV não digitais

Embora tivesse sido constatada a ocorrência (4) do código *não se limitar à motivação*, a frequência (3)[20] de ideias opostas e que foram no sentido de vincular o uso dos recursos visuais com a intenção de motivar a aprendizagem ou prender a atenção dos estudantes foi codificada em *motivar os alunos,* como exemplo temos: os recursos visuais "devem ser usados primeiramente com o objetivo de atrair a atenção dos alunos" (L13) e "uma justificativa plausível [para o uso dos recursos visuais] seria a motivação dos alunos, diante de temas mais densos ou abstratos" (L9).

Por último, o conjunto de aspectos insuficientes contou com a ocorrência (2)[21] do código *preparação prévia do professor* que retratou apenas ideias gerais com menções a princípios metodológicos de ensino ou a aspectos técnicos dos recursos didáticos e ficando insatisfatórias ou vagas as descrições solicitadas acerca dos procedimentos adotados em sala de aula envolvendo os alunos, o professor e os recursos visuais, de acordo com os excertos: "tem que haver um preparo tanto do professor quanto do aluno, como, por exemplo, introdução ao assunto, trabalhos dos alunos […] o professor também deve testar os vídeos e softwares antes do início da aula" (L16) e o professor deve "simular uma aula antes, sem os alunos, [...] isso o ajuda a organizar a continuidade […], descobrir possíveis erros […]. O professor deveria desenhar como a lousa ficará antes da aula" (L16).

Com o auxílio de uma matriz que relaciona os códigos com os seus respectivos respondentes (Figura 11) podemos constatar que 25% (3) dos licenciandos (L16, L17 e L2) inferem em suas ideias apenas aspectos insuficientes, além de eles reforçarem, individualmente, as suas ideias repetindo-as para ambos os tipos de recursos visuais não verbais (digitais e não digitais), quais sejam, *preparação prévia* do professor e *recurso visual como um complemento* ou acessório.

20 Sendo 2 ocorrências para RV digitais e 1 ocorrência para RV não digitais
21 Sendo 1 ocorrência para RV digitais e 1 ocorrência para RV não digitais

Figura 11 - Matriz de códigos das formas de uso dos RV digitais e não digitais

Lista de Códigos	L16	L6	L17	L1	L2	L13	L18	L21	L5	L22	L9	L4
Questionário												
Formas de uso dos recursos visuais não verbais (RVnv) digitais												
AI: Motivar o alunos						●					●	
AI: RV como complemento			●		●							
AI: Preparação prévia (P)	●											
AC: Usar abordagem comunicacional interativa		●		●		●		●				
AC: Manusear/interagir com os RVnv (A)				●			●					●
AC: Aplicar/externalizar significados químicos								●	●			
AC: Não se limitar à dimensão motivacional		●					●			●		
AC: Abordar o conceito de modelo										●		
Formas de uso dos RVnv não digitais												
AI: Motivar o alunos						●						
AI: RV como complemento			●		●							
AI: Preparação prévia (P)	●											
AC: Usar abordagem comunicacional interativa						●		●	●		●	
AC: Manusear/interagir com os RVnv (A)						●	●			●		●
AC: Aplicar/externalizar significados químicos		●		●				●				●
AC: Não se limitar à dimensão motivacional							●					
AC: Guiar a observação dos alunos (P)						●				●		

Legenda: aspectos críticos (AC), aspectos insuficientes (AI), alunos (A), professor (P), recursos visuais não verbais (RVnv), recursos visuais (RV).
Fonte: Autor.

A ocorrência de respostas em ambas as categorias se deu nas respostas de 17% (2) dos licenciandos (L13 e L9), quando os códigos *motivar os alunos* e *usar uma abordagem comunicacional interativa* foram comuns para ambos os respondentes para denotar, respectivamente, aspectos insuficientes e aspectos críticos. Por outro lado, constatamos que 58% (7) dos licenciandos inferiram em suas respostas apenas aspectos críticos para ambos os tipos de recursos visuais não verbais (L6, L1, L18, L21, L5, L22 e L4).

Esses dados reforçam tanto a ocorrência pontual de dois dos aspectos insuficientes quanto o predomínio da ideia de *abordagem comunicacional interativa*, uma vez que ela apareceu inclusive quando o único aspecto insuficiente (*motivar os alunos*) emergiu junto a outras respostas com aspectos críticos. Assim, o uso de uma abordagem comunicacional interativa, a manipulação ou interação dos alunos com os recursos visuais e o uso dos recursos visuais para aplicar ou externalizar significados químicos predominaram nas respostas dos licenciandos.

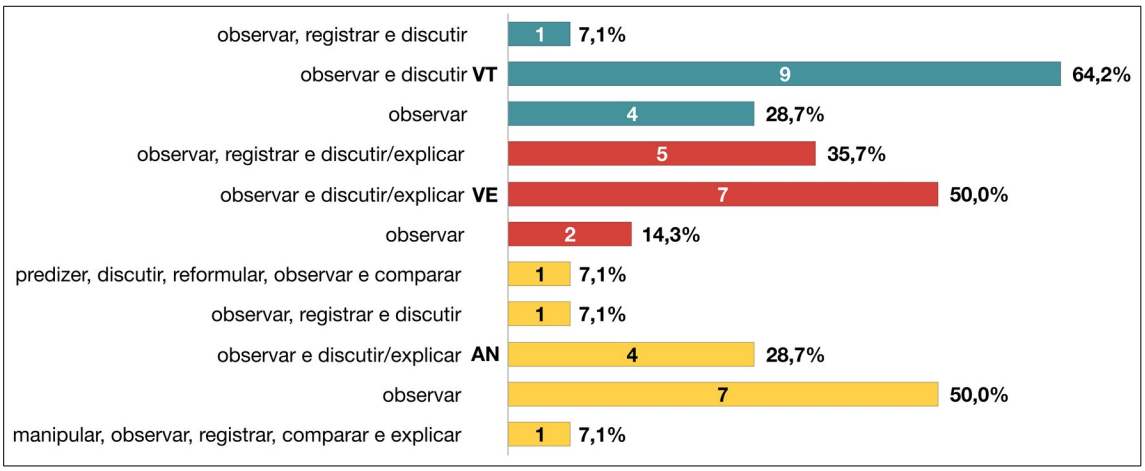
As informações obtidas nessas duas últimas questões foram cotejadas com aquelas provenientes de uma tarefa de planejamento do uso de três recursos visuais (TRV) realizada em sala de aula e a partir da exposição prévia de cada um dos referidos recursos, quais sejam: um vídeo temático acerca de uma campanha sobre o impacto ambiental dos plásticos, um vídeo de um experimento simples do fenômeno da eletrólise e uma animação interativa sobre o efeito tampão com equações reacionais e representações estruturais (bola e bastão).

Nessa atividade curricular, apenas uma resposta por licenciando foi codificada para cada um dos três planejamentos elaborados e os licenciandos (n=14) seguiram a seguinte orientação: *proponha um planejamento didático para o uso [de cada um dos recursos visuais]. Descreva as ações do professor, dos alunos e as tarefas que serão desenvolvidas e faça uma estimativa do tempo que será necessário para que o planejamento aconteça. Justifique o seu planejamento*.

Os resultados obtidos (Figura 12) mostram que para o planejamento do uso do vídeo temático a maior ocorrência (9) foi a do código *observar e discutir* que demarcava a presença de uma discussão ou debate entre professor e alunos ou dos alunos entre si sobre o conteúdo do recurso exibido, de acordo com os trechos: “esse vídeo poderia ser utilizado para iniciar uma discussão sobre o ciclo de vida

dos produtos industrializados” (L3), usaria com a intenção de “despertar o senso crítico nos alunos a respeito do que eles assistiram e gerar um debate sobre o vídeo” (L4) e “iniciaria a aula com o vídeo e logo a seguir provocaria uma discussão acerca do lixo produzido” (L22).

Figura 12 - As formas de implementação de três RV



Legenda: vídeo temático (VT), vídeo de experimento químico (VE), animação interativa com representações estruturais (AN).
Fonte: Autor.

A segunda maior ocorrência (4) foi de propostas que enfatizavam apenas a exibição do recurso visual para a observação dos estudantes. Com o código *observar* foram agrupadas respostas como: “o recurso é usado como algo demonstrativo e como algo para ajudar na conscientização. Neste planejamento, o professor mostraria o vídeo enquanto os alunos o assistiriam” (L13) e “Por fim, mostrar o vídeo como maneira de exemplificação” (L16). Por sua vez, para o vídeo temático apenas um licenciando enfatizou a necessidade de registro pessoal por parte dos alunos das informações disponibilizadas ou suscitadas pelos recursos visuais. Essa ocorrência (1) foi codificada como *observar, registrar e discutir*, conforme o trecho: “Exibição: tomar nota de suas reflexões a respeito; Discussão: dividir seu ponto de vista com os colegas” (L9).

Nos planejamentos sobre o vídeo de um experimento de eletrólise da água a maior ocorrência (7) foi do código *observar, discutir e explicar* o qual preserva a ideia anterior de discussões entre professor e alunos ou dos alunos entre si acerca das informações visuais dos recursos observados, porém, adiciona a ela momentos nos

quais o professor ou os alunos devem empreender explicações sistemáticas, de acordo com os excertos representativos: “pediria para os alunos me explicarem o que aconteceu a nível submicroscópico. Se a discussão não avançasse eu perguntaria coisas mais específicas” (L21), que cada aluno “proponha estratégias para explicar a transformação. Após a discussão […], o professor abre o diálogo mediado por ele, com toda a turma, e tenta alcançar a conclusão, a eletrólise da água” (L20) e “que os alunos tenham que explicar o fenômeno que ocorre no vídeo […][.] [O vídeo] poderia servir para o professor identificar possíveis dúvidas […] as quais seriam trabalhadas na discussão final” (L3).

A segunda maior ocorrência (5) foi constatada pelo código *observar, registrar, discutir e explicar*, o qual compreende os aspectos do código citado anteriormente além de acrescentar uma ênfase nas tarefas de registro escrito ou pictórico das informações ou dos entendimentos suscitados na observação dos recursos visuais, conforme os seguintes extratos: “os estudantes deverão assistir ao vídeo, fazer anotações sobre o que observaram e, ao final, haverá uma discussão sobre essas observações e quais conclusões os estudantes tiram dessa experiência” (L1), “Na exibição: tomar nota sobre o ocorrido e buscar hipóteses que possam explicá-lo. Na discussão: dividir com os colegas suas ideias e participar criticamente da exposição das teorias de todos” (L9), bem como, no registro abaixo:

> o vídeo será descrito pelo professor e os alunos devem anotar as suas observações. Em seguida, o professor ouve dos alunos todas as suas observações. A terceira etapa consiste em representar com os alunos as reações químicas que ocorrem em cada um dos eletrodos utilizando as observações da etapa anterior e guiando os alunos. A aula finaliza com o professor explicando as reações (L15)

A menor ocorrência (2) se deu com o código *observar* o qual, como citado anteriormente, compreende respostas que colocam ênfase apenas na exibição do recurso visual para a observação dos estudantes, conforme vemos nos registros codificados: “esse vídeo seria reproduzido, assim como, um de pilhas para que os dois pudessem ser mais facilmente visualizados pelos alunos, auxiliando no processo de aprendizagem” (L4) e “perguntar para os alunos […] como eles fariam um experimento de eletrólise usando instrumentos de suas casas […]. Por fim, mostrar o vídeo e enumerar os materiais (pilha, bicarbonato de sódio, copo plástico)” (L16).

A animação interativa constituída por equações de reação químicas e representações estruturais (bola bastão) para descrever o equilíbrio químico em um sistema tampão foi objeto do terceiro planejamento e teve como maior ocorrência (7) o código *observar*. Como mencionado anteriormente, as respostas enfatizam apenas a observação do recurso visual, conforme exemplificam os excertos: “o professor utilizaria o recurso […] e então deixaria para os alunos a tarefa de ver que esses conceitos estão interligados através da interação dos alunos com a atividade, observando o que acontece” (L13), “a exibição da animação como forma de apresentar o que ocorreu no experimento[, realizado previamente,] com uma representação submicroscópica” (L2), “mostrar a animação em paralelo com a titulação como uma maneira de os alunos visualizarem no nível microscópico (animação)” (L16) e “os guiaria [(os alunos)] no uso da animação, direcionando o olhar deles para as representações, que podem parecer confusas” (L22).

A segunda maior ocorrência (4) de respostas foi codificada como *observar, discutir e explicar*, de forma que as respostas se afastavam da simples observação, propondo tarefas de discussões e demarcando sobre elas uma explicação intencional sobre o recurso visual por parte dos alunos ou do professor, conforme representam os seguintes excertos:

> […] o programa seria utilizado para ilustrar o ambiente submicroscópico de uma solução [e com uma] abordagem dialógica interativa, em que os alunos devem explicar o que ocorre na tela (L1)
>
> […] utilização da animação em questão para facilitar o entendimento do tampão e discussão com os alunos sobre onde ocorre e fazendo conexões com conceitos de acidez e basicidade e pH (L6)
>
> […] aplicação da animação sobre o efeito tampão com uma abordagem interativa de autoridade para conduzir a construção de significados preestabelecidos pelo professor (L10).

As menores ocorrências (1) emergiram para três códigos e dentre eles o *observar, registrar e discutir* por meio do qual a necessidade de registro das informações visuais disponibilizadas é enfatizada na resposta do licenciando, conforme vemos em: “Ações dos alunos: […] Exibição: anotar uma descrição do processo e tirar as dúvidas remanescentes” (L9). Nesse conjunto, os dois códigos restantes apresentaram a maior quantidade de ações no tempo disponível para o uso da animação interativa.

O código *predizer, discutir, reformular, observar e comparar* insere a tarefa de predição ou de levantamento de hipótese explicativa sobre o comportamento do fenômeno representado na animação, a reformulação desta predição mediante a discussão entre os alunos e, após a observação do recurso visual, a comparação entre as predições reformuladas e as informações vindas da animação interativa. Nessa proposta, vemos que

> […] os alunos fazem uma suposição do que ocorrerá na titulação. Em seguida, se reunirão em grupos, discutirão suas suposições e apresentarão para a turma a suposição do grupo. Após a turma ter ouvido cada um dos grupos e discutido as suposições, os grupos reformulam suas suposições. É feita a simulação com a animação. Os alunos discutem o que ocorre na animação e escrevem as semelhanças e diferenças com a suposição feita (L15).

Por sua vez, em *manipular, observar, registrar, comparar e explicar* o planejamento elaborado transfere diretamente para os estudantes as tarefas de manipulação da animação interativa[22] mediante o registro de suas observações. Uma ação de comparação entre reações previamente conhecidas e aquela representada na animação é realizada e, ao final, uma explicação é solicitada em termos de estrutura atômico-molecular. De acordo com o planejamento do licenciando, vemos que o

> […] professor pede que os alunos brinquem com a animação e elaborem uma tabela descrevendo o estado inicial, o que está sendo variando e qual é o estado final. Depois da tabela, os alunos deverão responder quais as semelhanças e diferenças com as reações de equilíbrio utilizadas nas aulas anteriores e se todas as reações demonstram uma resistência em reagir totalmente como aquela visualizada na animação. A questão final é pedir a proposição de explicação microscópica com o porquê daquele efeito acontecer (L20).

Quando refletimos sobre os códigos das Figuras 9, 10 e 12 em conjunto constatamos que a ideia de uma abordagem comunicativa interativa tende a se manter no verbo de ação *discutir*, a do uso de recursos visuais não verbais para aplicar ou externalizar significados químicos (ou não químicos) a se expressar na ação de *explicar* a ideia dos alunos ao manusearem ou interagirem com o recurso visual não verbal tende a aparecer potencialmente nos verbos *manipular* e *registrar*.

22 A animação que foi objeto de planejamento é do tipo interativa, possui botões (*links*) para fazer avançar ou retroceder o movimento das representações atômico-moleculares e assim se adequar ao ritmo do próprio aluno quando o mesmo a manipula.

A despeito desse primeiro conjunto de códigos se referir a recursos visuais não verbais gerais, o segundo se distribuiu entre três recursos visuais específicos e seus códigos variaram significativamente de acordo com a especificidade dos recursos didáticos. Com a Figura 12, vemos que o uso do tempo disponível em sala de aula para explorar o vídeo temático (VT) foi majoritariamente (9) atribuído às ações de *observar* e *discutir* o seu conteúdo enquanto a sua simples exibição obteve uma menor ocorrência (4) nas respostas. Por sua vez, o uso do tempo para *explicar* de forma sistemática o seu conteúdo não emergiu nas respostas dos licenciandos, possivelmente por se tratar de um recurso visual propenso para ser usado na introdução de um problema inicial ou em atividades de aprofundamento de cunho sócio cientifico.

Com o vídeo de um experimento de eletrólise da água (VE) e com a animação interativa contendo representações atômico-moleculares (AN), o uso do tempo passa a compreender a ação de *explicar,* possivelmente, pelo fato de suas informações visuais remeterem a conceitos químicos. Entretanto, a tendência de diversificação do uso do tempo é constatada em favor do VE. Quando tomados em conjunto os códigos que contêm as ações de *discutir* ou *explicar,* vemos que para o VE são encontradas doze (12) ocorrências em comparação com as seis (6) ocorrências da AN. Da mesma forma, os códigos que contemplam a ação de *registrar* o conteúdo imagético do recurso visual são inferidos por cinco (5) licenciandos quando se trata do VE e por apenas dois (2) quando o recurso é a AN.

Essa tendência é reforçada pelo fato de que a simples exibição do recurso visual para a observação dos estudantes é referenciada por apenas dois (2) licenciandos quando o recurso é o VE, ao passo que, quando se trata da AN, essa ocorrência sobe para sete (7). Ainda, com a Figura 13, verificamos que dos sete licenciandos que optaram pela simples exibição da AN, apenas dois deles (L4 e L16) também o fizeram quando o recurso visual foi o VE, porém, os outros cinco (L2, L3, L13, L17 e L22) associaram o uso do tempo para o VE com a discussão e a explicação de seu conteúdo, sugerindo que esses últimos respondentes optaram pela simples exibição da AN mesmo tendo qualificado o uso do tempo com outras ações na situação anterior.

Figura 13 - Matriz de códigos com as formas de implementação de três RV

Lista de Códigos	L1	L2	L3	L4	L6	L9	L10	L13	L16	L15	L17	L20	L21	L22
O uso do tempo na implementação de três RV														
VT: observar, registrar e discutir						●								
VT: observar e discutir	●	●	●	●	●		●			●			●	●
VT: observar								●	●		●	●		
VE: observar, registrar e discutir/explicar	●	●				●		●		●				
VE: observar e discutir/explicar			●		●		●				●	●	●	●
VE: observar				●					●					
AN: predizer, discutir, reformular, observar e comparar										●				
AN: observar, registrar e discutir						●								
AN: observar e discutir/explicar	●				●		●						●	
AN: observar		●	●	●				●	●		●			●
AN: manipular, observar, registrar, comparar e explicar												●		

Legenda: vídeo temático (VT), vídeo de experimento químico (VE), animação interativa com representações estruturais (AN).
Fonte: Autor.

Por outro lado, constatou-se que os dois códigos que mais diversificaram o uso do tempo em propostas de ações ocorreram quando o recurso visual foi a AN, de forma que os licenciandos (L15 e L20) também não reduziram, em suas respostas, o uso do VE à sua mera exibição aos estudantes. Ao considerar as ações inerentes em cada código constata-se a predominância de discussão oral (28), seguida pela explicação sistemática (17) dos conteúdos visuais, sendo que a simples exibição seguida de apenas a observação dos alunos (13) superou as ocorrências que preconizavam o registro (8) das informações.

Posto dessa forma, podemos considerar as principais características levantadas sobre as percepções iniciais dos licenciandos. Para o indicador noção de tempo, vimos que um tempo rápido na obtenção de informações com TDIC na vida cotidiana emergiu nas respostas de 58% (7) dos licenciandos, enquanto a facilidade de acesso às informações com TDIC apareceu nas respostas de 83% (10) dos licenciandos. Um tempo rápido também emergiu no consumo de imagens em contextos cotidianos, porém, nas respostas de apenas 25% (3) dos licenciandos e quando a função das imagens em facilitar a compreensão das informações foi a ideia predominante, ou seja, nas respostas de 67% (8) dos licenciandos.

Uma noção de tempo rápido com a função das imagens (recursos visuais não verbais) em contextos de ensino de Química não emergiu nas respostas dos licenciandos. Corroborando isso, no momento em que os licenciandos tiveram que optar pelo efeito do aumento ou o da diminuição do uso do tempo em sala de aula quando recursos visuais não verbais (como vídeos, animações, representações moleculares) eram utilizados a opção pela tendência de um aumento do tempo foi unânime e todos os respondentes justificaram esse aumento por meio da necessidade das explicações fornecidas pelo professor.

Dessa forma, considera-se que:

a.1) a noção explícita de um tempo rápido com o uso de TDIC e na função dos recursos visuais não verbais na vida cotidiana está presente nas percepções dos licenciandos, porém, tende a não se transferir para a dimensão pedagógica do ensino de Química;

a.2) a noção de um aumento do tempo com o uso dos recursos visuais foi evidenciada para contextos de ensino de Química em contraposição à presença de uma noção de tempo rápido;

Para o indicador atributos dos recursos visuais, vimos que a ideia de que as imagens têm a função de facilitar a compreensão das informações emergiu nas respostas de 33% (4) dos licenciandos, porém, não esteve associada explicitamente a uma diminuição do tempo de instrução. Nesse momento, a função predominante foi a de atribuir aspectos concretos ou realistas aos conceitos químicos, nas respostas de 42% (5) dos licenciandos. De tal forma, considera-se que:

b.1) atributos dos recursos visuais com implicações no tempo de instrução não foram referenciados pelos licenciandos.

Para o indicador *formas de uso dos recursos visuais,* constatamos que a discussão oral foi predominante no uso do tempo com os recursos visuais e apoiada pela ênfase no uso de uma abordagem comunicativa interativa. De modo semelhante, o uso do tempo para explicar sistematicamente o conteúdo dos recursos visuais emergiu como segunda maior ocorrência e foi suportado pela ideia de aplicar ou externalizar os significados químicos. Esse comportamento sugere uma tendência em considerar a fala como principal mediadora do trabalho pedagógico com recursos visuais.

Nessa tendência, o uso do tempo para a criação de registros sobre o conteúdo visual exibido obteve pouca ocorrência ao passo que a simples exibição do recurso visual dinâmico constituído por representações moleculares obteve uma expressiva ocorrência em oposição ao recurso visual dinâmico que representou um experimento químico. Assim, consideramos que:

c.1) as formas de uso do tempo predominantes foram as discussões e as explicações dos conteúdos vinculados aos recursos visuais sugerindo uma ênfase no uso da fala como o mediador principal;

c.2) o uso do tempo com tarefas de registro, manipulação ou construção de representações pelos próprios estudantes obteve uma baixa ocorrência sugerindo a pouca valorização de atividades como as de escrita e de desenho;

c.3) o uso do tempo para a simples exibição de recurso visual dinâmico constituído por representações atômico-moleculares obteve uma ocorrência

expressiva sugerindo a percepção, em uma parte dos licenciandos, de uma relativa facilidade de compreensão de seu conteúdo em comparação com o recurso visual dinâmico do domínio fenomenológico (vídeo do experimento da eletrólise).

Com isso, apresentamos os resultados obtidos nos primeiros momentos do semestre letivo e anteriores às tarefas de implementação das sequências didáticas para estudantes da Educação Básica, no intuito de levantarmos as percepções iniciais dos licenciandos sobre o uso de recursos visuais não verbais e suas implicações temporais. Na próxima seção, apresentaremos os resultados oriundos da prática de ensino com as sequências didáticas e das experiências desencadeadas nos licenciandos durante esse processo.

5.2 RESULTADOS DAS SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS

O trabalho de planejamento de sequências didáticas iniciado no primeiro semestre letivo junto a suas respectivas implementações para estudantes da Educação Básica forneceram um suporte experiencial aos futuros professores para o prosseguimento das ações de planejamento com ajustes, melhorias e ampliação nas atividades propostas, mudanças de temas, troca de integrantes na formação dos grupos e a inserção de novos licenciandos ingressantes na disciplina.

No segundo semestre letivo, as novas implementações foram acompanhadas presencialmente pelo pesquisador e os seus registros audiovisuais (RAV) serviram de base para a codificação dos eventos em função de valores de tempo. Nessa seção (5.2.1), apresentaremos os resultados da análise das sequências didáticas temáticas numa perspectiva geral buscando caracterizar o movimento da sua narrativa e articulando as intenções dos licenciandos com as ações dos alunos. Ao final, trazemos as reflexões que emergiram nos relatórios (RG, RI) e na arguição oral (AO) dos licenciandos sobre o processo de planejamento e as suas experiências formativas.

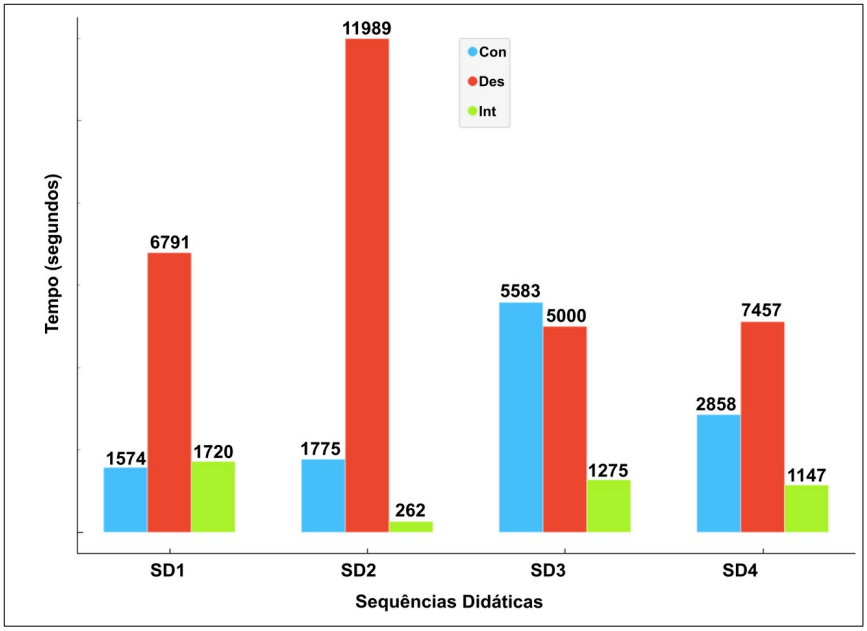
Na seção seguinte (5.2.2), colocaremos o enfoque no processo de visualização de modo a retratar os tipos de recursos visuais mobilizados, as interações discursivas desencadeadas nessas mobilizações e as ações que foram

oportunizadas aos estudantes e são pertinentes a uma estratégia de visualização. Ao final, apresentaremos as considerações dos licenciandos sobre as atividades implementadas que possuem implicações com o processo de visualização, com base nos resultados dos relatórios e da apresentação e arguição oral.

5.2.1 A estrutura da narrativa nas sequências didáticas

Nos momentos iniciais das sequências didáticas, encontra-se um intervalo de tempo destinado à introdução da narrativa, o qual consideramos como aquele que vai desde o início das atividades de formulação e entendimento do problema inicial e de levantamento das ideias dos estudantes até o início das atividades que começam a disponibilizar as ideias científicas (químicas ou temáticas), conforme a Figura 14.

Figura 14 - O tempo e os elementos da narrativa



Legenda: conclusão (Con) e desenvolvimento (Des) e introdução (Int) da narrativa.
Fonte: Autor.

Os resultados das sequências didáticas (Figura 14) mostra que os tempos da introdução em SD4 e SD3 foram similares, com uma diferença de 128 seg, e ambos se aproximaram do intervalo de tempo utilizado por SD1 por até 573 seg. Entretanto,

o tempo em SD2 foi de 262 seg, ficando cerca de 4 vezes abaixo do segundo menor tempo, o de SD4. Essa discrepância em SD2 não comprometeu a estrutura geral da narrativa uma vez que outros momentos de criação e de levantamento de ideias dos alunos se distribuíram ao longo da proposta, como veremos mais adiante. Por sua vez, vemos similaridades nos tempos destinados ao desenvolvimento da narrativa, isto é, ao intervalo de tempo constituído desde o início das atividades que começam a disponibilizar as ideias científicas do tema ou da Química até o momento de finalização de todas as atividades de disponibilização de ideias científicas e, quando for o caso, de suporte à apropriação de significados.

Enquanto os tempos de SD4 e SD1 são similares, com uma diferença de 666 seg, e ambos se aproximam do tempo de SD3 por até 2.457 seg, o tempo de desenvolvimento da narrativa em SD2 fica em 11.989, ou seja, 4.535 seg a mais que o segundo maior tempo, o de SD4. Ainda que o seu tempo destinado à introdução tivesse sido similar aos das demais sequências didáticas, o desenvolvimento ainda ficaria com aproximadamente 3500 seg a mais do que o segundo maior tempo, o de SD4. Isso sugere que a discrepância de tempo em SD2 tenha sido influenciada pela própria diferença entre os tempos totais de cada sequência didática, quais sejam 10.114 seg para SD1, 11.856 seg para SD3, 9.117 seg para SD4 e 14.035 seg. para SD2 (Tabela 1, na Seção 4.1.2). De forma que a SD2 foi implementada em uma quantidade de tempo maior.

A conclusão da narrativa é o intervalo de tempo constituído desde o fim das atividades de disponibilização de ideias científicas e de suporte à apropriação de significados, incluindo o tempo da última atividade de aplicação, e que se estende até o término das ações de fechamento da sequência didática. Os tempos para a conclusão da narrativa em SD1 e SD2 foram similares com diferença de apenas 202 seg e ambos se distanciaram dos tempos alocados em SD3 e SD4.

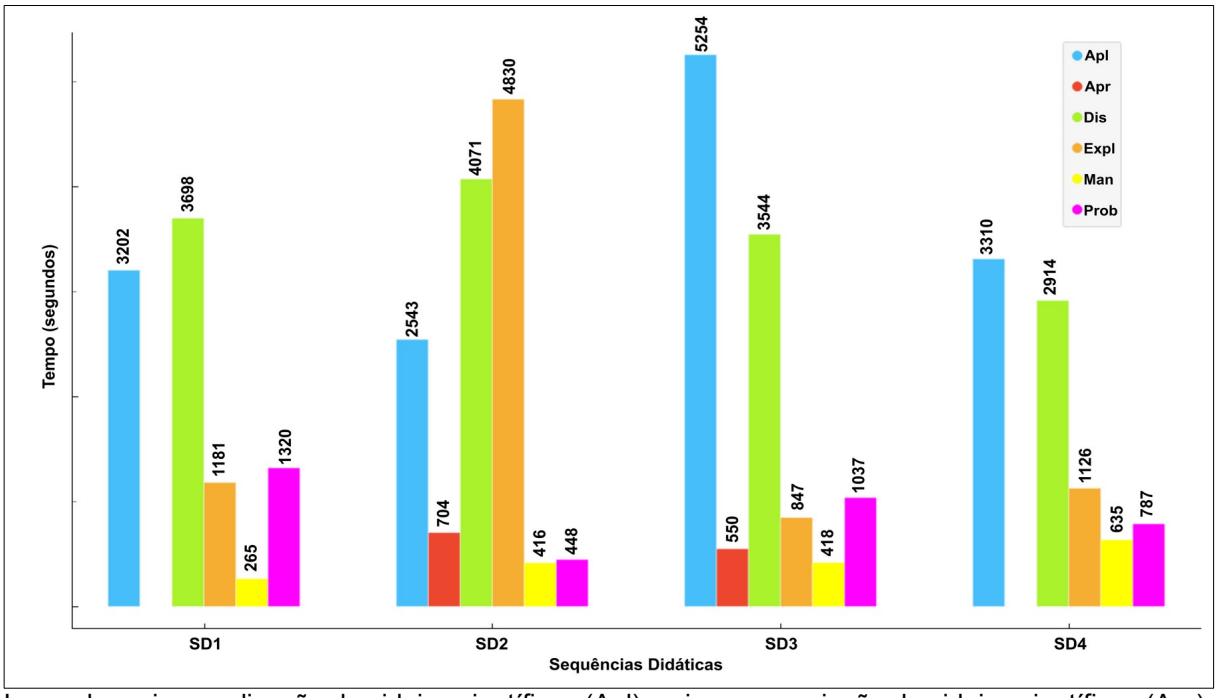
O tempo reservado em SD3 foi cerca de três vezes superior ao tempo de SD2 indicando que a natureza da última atividade de aplicação de ideias científicas tenha determinado essa discrepância. Uma atividade de aplicação baseada em tarefas de papel e lápis foi realizada em grupo por alunos da Educação Básica para a confecção de cartazes no tempo disponível em sala de aula e, após esse momento, os estudantes procederam com uma apresentação oral de cada um dos cartazes

explicativos elaborados, fato que evidencia o aumento de tempo alocado no intervalo de conclusão da narrativa em comparação com as demais sequências didáticas.

O tempo alocado em SD4 foi próximo da metade do tempo em SD2 e, nesse outro contexto, uma tarefa de papel e lápis para a resolução de estudos de caso foi implementada e um tempo menor foi dispendido para as discussões finais, sugerindo a alocação de um tempo maior em relação à SD1 e SD2, as quais, respectivamente, se materializaram em discussões orais entre licenciandos e estudantes. De modo geral, as distribuições dos elementos da narrativa no tempo disponível para cada uma das sequências didáticas se aproximaram em determinados aspectos e os seus afastamentos foram determinados pelas demandas emergidas da prática de ensino.

Outro aspecto que evidencia certa homogeneidade nos planejamentos e nas implementações foi a ocorrência das intenções de ensino que caracterizaram as ações e as atividades ao longo das sequências didáticas, como evidenciamos na Figura 15.

Figura 15 - O tempo e as intenções de ensino



Legenda: guiar a aplicação das ideias científicas (Apl); guiar a apropriação das ideias científicas (Apr); disponibilizar as ideias científicas (Dis); explorar as ideias dos alunos (Expl); manter a narrativa (Man); criar um problema (Prob).
Fonte: Autor.

Enquanto o tempo total destinado às atividades de aplicação (Apl) foi similar entre SD1, SD2 e SD4, o tempo alocado em SD3 foi superior (com 5.254 seg) à média daqueles três últimos (que foi de 3018 seg). Aqui, novamente, a atividade de confecção de cartazes e a subsequente apresentação oral de seus conteúdos por parte dos alunos indica a causa do aumento de tempo constatado em SD3.

As atividades de disponibilização sistemática das ideias científicas acerca das temáticas ou da Química (Dis) se distribuíram de forma mais homogênea, enquanto os tempos em SD1 e SD3 foram similares entre si, os tempos de SD2 e SD4 variaram, respectivamente, em aproximadamente 500 seg para cima e 600 seg para baixo da média dos tempos entre SD1 e SD3.

O levantamento e a exploração das ideias prévias dos alunos (Expl) fizeram parte das atividades em ambas as sequências didáticas. Os tempos totais foram similares entre SD1 e SD4 sendo que o tempo em SD3 ficou abaixo da média desses últimos em apenas 306 seg. Por outro lado, o tempo encontrado em SD2 (4.830 seg) foi quatro vezes superior à média entre SD1 e SD4 (1.153 seg). Dois fatores influenciaram essa discrepância. O primeiro, mencionado anteriormente, foi o fato de a sequência didática ter sido implementada em um tempo total maior em relação às demais. O segundo fator residiu na opção dos licenciandos pelo uso de um experimento investigativo o qual pressupõe a livre manipulação, teste e proposição de sistemas químicos por parte dos estudantes, apenas essa etapa com a experimentação levou 2.789 seg.

Outro aspecto fundamental para o estabelecimento da continuidade entre as atividades e entre as aulas que compõem uma sequência didática é a localização de atividades para manter a narrativa (Man), isto é, momentos nos quais os licenciandos auxiliam os estudantes no estabelecimento de relações entre os entendimentos que estão sendo construídos e o desenvolvimento da narrativa. Nesse contexto, os tempos totais destinados em SD2 e SD3 foram similares e com uma média de 417 seg, ao passo que o tempo total ficou abaixo dessa média em apenas 152 seg, para SD1, e superior em 218 seg, para SD4.

As atividades destinadas à criação de problemas são importantes tanto no início quanto ao longo da sequência didática, pois, ao demarcarem um tempo oportuno para a formulação e a exploração do problema inicial (ou geral) ou de

eventuais problemas menores (ou específicos), ajudam na construção do interesse e no engajamento dos estudantes com a narrativa, além de subsidiar os momentos para explorar as ideias dos alunos (Expl).

Nesse aspecto, os tempos constatados para SD3 e SD4 foram similares, com uma diferença de apenas 250 seg, sendo que em SD1 o tempo ficou em 408 seg superior à média entre SD3 e SD4. Por outro lado, o menor tempo ocorreu em SD2, ficando com apenas 448 seg. Esse fato está alinhado com o seu menor tempo para a introdução (Int) da narrativa (Figura 14) uma vez que esse momento compreende o primeiro problema da sequência didática.

Por último, constatamos que as atividades destinadas à guiar ou à dar suporte à apropriação das ideias científicas pelos alunos, como em momentos para monitorar os entendimentos utilizando questionamentos, discussões com toda a turma ou tarefas de papel e lápis em pequenos grupos ou individuais, ocorreram apenas em SD2 e SD3, respectivamente, numa atividade com interpretação do significado de representações moleculares e numa atividade de preparação para a aplicação das ideias científicas baseada na confecção de cartazes realizada na aula seguinte.

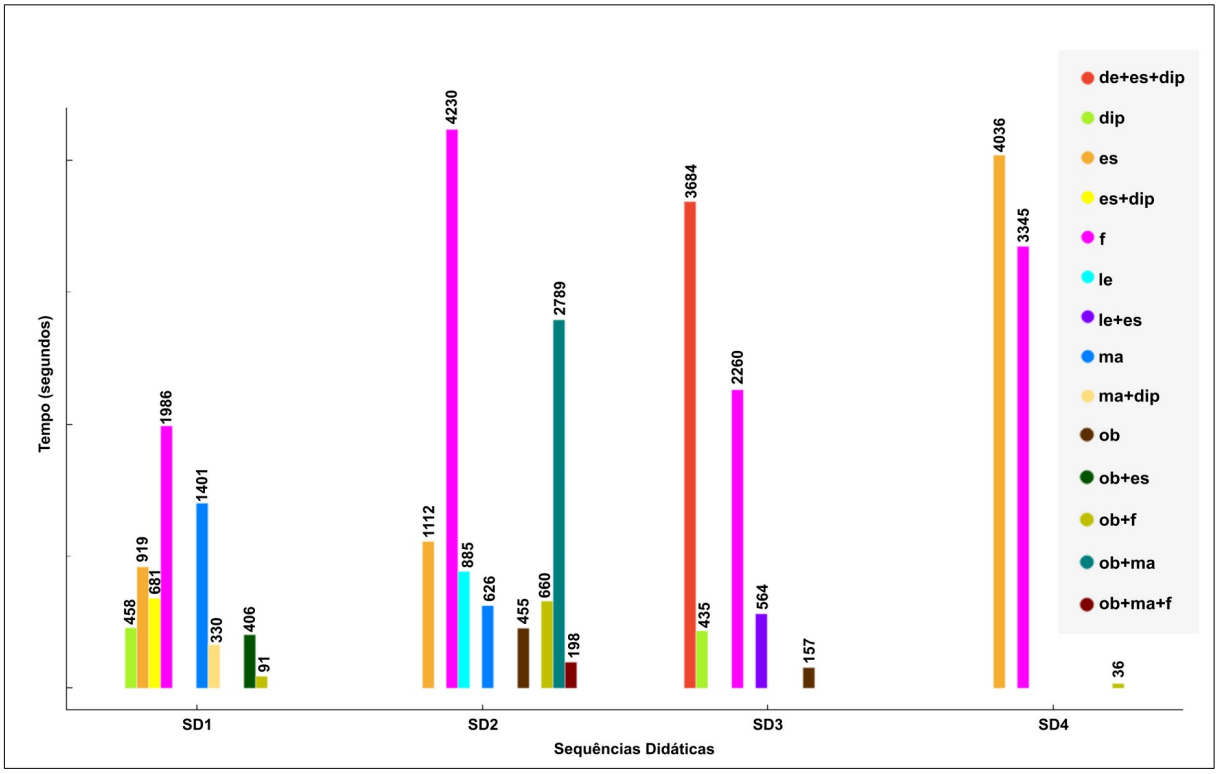
O terceiro aspecto que nos auxilia na caracterização da narrativa das sequências didáticas é o papel desempenhado pelos estudantes nas atividades implementadas. Na Figura 16, constatamos que SD1 e SD2 apresentaram momentos com oito diferentes combinações de ações dos alunos. Nessas duas SD os estudantes tiveram a oportunidade de realizar tarefas como as de: discussão entre pares, tarefas de escrita, o uso da fala em trocas discursivas envolvendo os licenciandos, a manipular e a observação sistemática de recursos didáticos, ao passo que em SD2 encontramos ainda um tempo para a tarefa de leitura sistemática de textos escritos.

Por sua vez, vemos que em SD3 os estudantes puderam, por meio de cinco combinações de ações, realizar tarefas de discussão entre pares, de escrita e de desenho, de uso da fala em trocas discursivas envolvendo os licenciandos e de observação sistemática de recursos didáticos. Por outro lado, constatamos que em SD4 os estudantes tiveram um número reduzido de possibilidades de ações, isto é,

centrado na fala e na escrita, além de um breve intervalo de tempo para a observação sistemática de recursos didáticos.

Ao analisarmos a distribuição dos tempos em cada bloco de ações dos alunos foram constatadas algumas variações que se articulam às características abordadas anteriormente. O uso da fala pelos estudantes em trocas discursivas envolvendo os licenciandos foi maior em SD2 (4.230 seg) e em SD4 (3.345 seg). No primeiro contexto, o tempo total da SD foi maior do que o tempo das demais, bem como, a quantidade de estudantes da Educação Básica presente nos dois dias foi expressivamente menor do que o público-alvo das outras SD, ficando em cinco alunos (Tabela 1, na Seção 4.1.2), fato que tende a favorecer os diálogos em sala de aula.

Figura 16 - O tempo e as ações dos alunos



Legenda: desenhar (de); escrever (es); discutir com pares (dip); falar (f); ler (le); manipular (ma); observar (ob).
Fonte: Autor.

No segundo caso, o amplo tempo de fala dos alunos ocorreu em conjunto com a ausência de uma diversificação de ações envolvendo outras formas como a

leitura, a escrita, a manipulação e a discussão entre pares. Quando uma observação sistemática foi posta, ela foi breve. Essa ocorrência de pouca diversificação de ações dos alunos em SD4 acompanhou o surgimento do maior tempo destinado a tarefa de escrita (4.036 seg) em comparação com as demais SD. Nesse caso, o problema inicial e a atividade de aplicação final das ideias científicas se basearam em tarefas de escrita, contribuindo também para o expressivo tempo destinado a esse tipo de tarefa.

O amplo tempo destinado à conclusão da narrativa de SD3 (Figura 14) também se relaciona com o expressivo tempo encontrado no bloco de tempo de tarefas de desenhar, escrever e discutir com pares (de+es+dip) com 3.684 seg, uma vez que se trata da atividade de aplicação final envolvendo, conforme citado anteriormente, a tarefa de confecção de cartazes em grupo para mediar a posterior apresentação oral dos estudantes. Por último, constatou-se que dentre as ações dos alunos envolvendo a observação e a manipulação de recursos didáticos o bloco de ações de observar e manipular (ob+ma) em SD2 ocupou um tempo maior (2.798 seg) em relação as demais SD. Esse aumento foi determinado pela implementação do experimento investigativo mencionado anteriormente, ao passo que também contribuiu para o aumento da intenção de ensino denominada explorar as ideias dos alunos (Expl) constatadas nessa mesma SD, com a Figura 15.

Pelo exposto, vemos que as sequências didáticas apresentaram certa homogeneidade em suas características, ainda que em uma ocorrência maior e, alternadamente, em aspectos particulares entre SD1, SD2 e SD3. Uma diminuição na diversificação de ações dos alunos e na disponibilização de diferentes recursos didáticos e materiais de aprendizagens (veremos esse aspecto adiante) faz com que a estrutura da narrativa de SD4 seja ligeiramente distinta daquelas primeiras. Esse fato está ancorado na ideia de preservar a autoria dos planejamentos e das implementações de forma a assegurar que as percepções emergidas sobre essas práticas de ensino sejam autênticas e não corramos o risco de analisar ideias oriundas das validações de especialistas.

5.2.1.1 As reflexões acerca do planejamento e da prática de ensino

Dos resultados obtidos a partir das transcrições da apresentação e arguição oral (AO) emergiram ocorrências para três códigos: *Problema*, *Aplicação* e *Engajamento* dos alunos, ambos foram agrupados na subcategoria *Considerações sobre as atividades da SD*. Nesse primeiro momento de reflexão após a prática de ensino, um dos licenciandos do Grupo 1 (G1) que implementou a SD1 evidenciou a eficiência da atividade de criação do problema inicial implementada por eles, conforme ilustra a ocorrência sob o código *Problema*:

> L19: […] os recursos que eles usaram para criar essa sequência [a proposta de modelo explicativo], foram muito interessantes, muito mesmo... enfim, quando a gente questionou sobre os aspectos químicos, surgiram duas principais hipóteses, um grupo falou sobre a deterioração das obras, o que... foi muito legal, eles observaram que as obras rupestres... estavam mais desgastadas que as egípcias, que, por sua vez, estavam mais desgastadas que as europeias, que, por sua vez, estavam mais desgastadas que as modernas.
> L19: e isso foi muito interessante, porque é de fato, um aspecto químico, e eu ainda não tinha falado sobre isso.

O reconhecimento da eficiência dessa atividade é corroborado pelo expressivo tempo alocado nesse tipo de tarefa dentro da SD1, como vimos na Figura 15. As atividades relacionadas à aplicação de ideias científicas, sob o código *Aplicação*, foram referenciadas distintamente. Enquanto o G1 fez três menções à importância atribuída à aplicação final no planejamento (L12: “e eu senti que essa necessidade, de a gente passar tudo, ali… era porque eu acho que essa atividade final, a gente tinha um carinho, um apreço grande por ela”; L19: “pela argumentação que seria desenvolvida…”) o G2 fez uma menção à falta de registros escritos dos alunos na atividade de aplicação final.

> L20: então! Um dos problemas que nós tivemos foi a escassez de material de registro físico, para a gente ter uma avaliação melhor
> L20: estava muito tarde pra eles irem embora… e aí a gente acabou mudando a estratégia e pedindo pra eles fazerem só uma síntese verbal e uma discussão…

Por sua vez, três ocorrências nas falas do G3 enfatizaram o forte engajamento dos estudantes durante a atividade de aplicação final. A atividade mencionada anteriormente da SD3 relacionada à confecção de cartazes e apresentação oral, conforme o excerto:

> L2: […] tinham grupos mais entusiasmados do que outros. Vocês verão que uns cartazes estão cheio de desenhos, outros estão um pouquinho mais simples, mas todos se empenharam bastante… tanto que a gente tinha disponibilizado, acho que cerca de quarenta minutos para fazer esses cartazes e eles acabaram precisando de um pouco mais […]
> L2: […] mas eles nem reclamaram, porque realmente eles estavam bem engajados com isso…

Num sentido contrário, o pouco engajamento dos alunos na aplicação final da SD4 foi referenciado por quatro vezes durante as falas dos licenciandos do G4 (L6: "o problema foi que… o que eu senti é que a atividade não parecia interessante para eles, então, penso que eles não viram sentido em refletir sobre um caso… sobre as técnicas…"). Por fim, para o código *Engajamento* dos alunos em todas as atividades obtivemos três ocorrências para o G1, de forma que a diversificação das ações dos alunos (vistas anteriormente) os colocaram e os demandaram como protagonistas ativos do processo de aprendizagem, conforme um dos trechos codificados:

> L19: […] a gente observou um grande engajamento… os alunos vieram muito interessados em participar… não ofereceram nenhuma resistência à nenhuma atividade proposta e era uma aula que demandava muito deles…
> L19: o tempo todo… a gente não teve nenhuma dificuldade com isso, eles estavam participativos e isso foi muito legal…

Os relatórios reflexivos finais (RG e RI) ampliaram as considerações acerca das atividades implementadas em cada SD e perpassaram aos códigos *Problema*, *Sistematização*, *Manter a narrativa* e *Aplicação*, conforme a Figura 17.

Figura 17 - Considerações sobre as atividades das SD

Lista de Códigos	SD4	SD3	SD2	SD1
Considerações sobre a prática de ensino				
Percepções emergidas nas reflexões finais				
Considerações sobre as atividades da SD				
Problema				
Levantamento de poucas ideias (A) no problema inicial			1	
Dificuldade com a escrita (A) em problema			2	
Pouca eficiência do problema inicial	1			
Pouco engajamento (A) no problema inicial		1		
Sistematização (disponibilização de ideias científicas)				
Pouca interatividade (A) em atividades de sistematização		2		
Dificuldades (L) com RVT em atividade de sistematização				4
Manter a narrativa				
Importância da atividade de retomada				2
Aprimorar a continuidade entre atividades	2			
Aplicação				
Engajamento (A) na aplicação final		3	1	
Pouco engajamento (A) na aplicação final	1			
Ausência de registro escrito (A) na aplicação final			1	
Dificuldades (A) em atividade de aplicação				1
SOMA	4	6	5	7

Legenda: alunos da Educação Básica (A); licenciandos (L); recursos visuais não verbais sobre o tema (RVT).
Fonte: Autor.

Sob o código *Problema*, um dos licenciandos do G4 percebeu que a atividade com o problema inicial da SD4 obteve uma eficiência aquém daquela projetada, conforme o trecho: "para mim o problema desta atividade é que no final das contas… […] não teve conexão com o que pretendíamos…" (L17). O pouco engajamento dos estudantes durante o problema inicial da SD3 também foi referenciado por um licenciando

> [...] acredito que não atingimos o objetivo do planejamento, que era instigar os alunos e promover uma discussão. Ao assistir o vídeo percebo que tive muita dificuldade em inserir os alunos na discussão e em passar a palavra para eles. Além disso, também estávamos nervosos… (L2)

O levantamento de poucas ideias prévias dos estudantes durante a atividade com o problema inicial da SD2 foi constatado em seu relatório de grupo. Essa constatação potencialmente se correlaciona com o baixo tempo destinado à introdução da sua narrativa (Figura 14) em relação às demais SD, na medida em que esse momento compreende o problema inicial (RG2, p. 8).

> A análise mais atenta das gravações demonstra que falamos muito mais do que os alunos. Embora isso possa ter sido motivado porque o número de alunos era inferior, a sua releitura demonstrou que, diferente da proposta apresentada logo ao início da aula [aqui, se refere a uma atividade anterior

> que preparou a inserção da “principal problemática”], não foram captadas tantas experiências das alunas como o objetivo desta atividade.

Ainda, com a SD2, duas ocorrências versaram sobre a dificuldade com as tarefas de escrita dos estudantes durante a resolução de um problema envolvendo a criação de modelos explicativos, conforme um dos excertos: “pretendíamos obter, através de um registro escrito, as observações e decisões dos alunos a respeito dos testes realizados no experimento, porém, observamos certa dificuldade deles exporem, com palavras, suas ideias” (RG2, p. 4).

Em atividades de disponibilização das ideias científicas, sob o código *Sistematização*, o G3 reforçou com duas ocorrências a pouca interatividade dos alunos nesses momentos da SD3, conforme: “as aulas expositivas devem ser mais envolventes, visto que houve muito pouca interação dos estudantes com [os licenciandos] e a turma, apesar de estarem em sua maioria atentos à aula” (RG3, p. 14). Durante a disponibilização de ideias científicas sobre o tema da SD1 quatro menções fortaleceram a percepção de que o uso de um dos recursos visuais sobre a temática abordada ofereceu dificuldades ao trabalho pedagógico dos licenciandos.

Apesar de um rico e dedicado tratamento prévio sobre o recurso didático, como a realização de edições para ele se adequar ao tempo alocado em sala de aula e a criação de dublagem de sua narração para a redução da carga cognitiva no canal visual dos estudantes, a percepção crítica de sua função durante a implementação emergiu nos relatórios finais, como vemos por meio de L19:

> O vídeo, que foi o outro grande recurso audiovisual utilizado neste projeto, por sua vez, não foi tão bem aproveitado quanto deveria. […] Na minha opinião, particularmente, a opção pelo vídeo em si não foi apropriada. Isto porque as análises [(o conteúdo do vídeo)] foram explicadas de maneira muito técnica, de modo que o vídeo não era capaz de reter a atenção dos alunos. […] As soluções que conseguimos oferecer foram a edição do material, que era mais longo, e a dublagem como forma de torná-lo mais inclusivo, mas estas medidas não foram suficientes e durante a exibição do vídeo, bem como as explicações referentes ao mesmo, os alunos pareceram pouco interessados. A atividade que se seguiu mostrou […] que um vídeo mais simples talvez fosse mais efetivo […].

Um dos momentos importantes na manutenção da continuidade entre as aulas e as atividades foi assegurado nas estruturas das sequências didáticas (Figura 14) e também foi alvo de considerações nas reflexões finais dos licenciandos. Na SD1, sob o código *Manter a narrativa*, os licenciandos perceberam que um momento

de retomada das ideias da aula anterior extrapolou em parte o planejamento prévio e mesmo assim isso foi fundamental, uma vez que deixou "[…] evidente que apenas uma retomada burocrática e superficial seria possível no tempo previsto e, neste caso, ela se esvaziaria de sentido" (RG1, p. 17). Por outro lado, para a SD4, os licenciandos demarcaram dificuldades nesses momentos e apontaram a necessidade de terem sido realizadas melhorias nesse tipo de atividade, conforme mencionaram: "discutimos sobre essa retomada e o que concluímos foi que a nossa 'revisão' deveria ter sido pensada e produzida […] para que a conexão [(entre as duas aulas)] fosse realizada de forma coesa" (RG4, p. 13).

Por último, com o código *Aplicação*, emergiram as ocorrências de reflexões sobre as atividades constituídas pela intenção de guiar a aplicação das ideias científicas. Nesse contexto, três grupos reforçaram nos relatórios as constatações mencionadas, anteriormente, na apresentação oral, ou seja, a ausência de registro escrito dos estudantes durante a aplicação final na SD2, o engajamento dos alunos durante a atividade de aplicação final da SD3 e, ao contrário, o pouco engajamento empreendido no momento da aplicação final da SD4.

Por sua vez, o G1 constatou dificuldades por parte dos estudantes durante a realização de uma das atividades de aplicação da SD1. Um dos motivos apontados foi "a dificuldade com a escrita e, consequentemente, o acanhamento em entregar aos professores algo que pudesse apresentar erros de ortografia", bem como, o entendimento do nível de elaboração das respostas solicitado pela tarefa, pois, nas palavras dos licenciandos: "não conseguimos apontar, com eficácia, aos alunos que a nossa proposta era apenas instigadora, não sendo necessárias respostas com um grau de complexidade tão alto quanto talvez eles estivessem pensando" (RG1, p. 11).

Com a apresentação e a arguição oral (AO) e os relatórios finais (RG e RI) também foram exploradas reflexões acerca de aspectos gerais que o planejamento e a implementação de sequências didáticas proporcionaram em termos de *experiência formativa* (Figuras 18 e 19).

Figura 18 - Considerações sobre a experiência (AO)

Lista de Códigos	SD4	SD3	SD2	SD1
Considerações sobre a prática de ensino				
Percepções após a implementação da SD				
Considerações sobre a experiência				
Ampla pesquisa sobre o Tema			2	
Facilidades em articular Tema e Química		2	1	2
Dificuldades em articular Tema e Química	1	1		
Dificuldades nas interações verbais	5			
Divisão das aulas em Química e Tema			2	
Excesso conceitos químicos	5			
Falta de experiência docente	1			
Importância de construir interações dialógicas				2
Importância dos RAV na percepção da prática		2		
Preferência a uma visão geral sobre a SD				1
Tempo para refinar o planejamento da SD			1	
SOMA	12	5	6	5

Legenda: registros audiovisuais (RAV); sequência didática (SD).
Fonte: Autor.

As ocorrências desse tipo de código temático foram agrupadas na categoria *Considerações sobre a experiência* a qual se aninhou em duas outras categorias para demarcar os momentos de emergência dos dados codificados. Parte dos códigos emergidos da AO (Figura 18) se repetiram nos RG e nos RI (Figura 19) sugerindo certo reforço e valorização de ideias e outros ocorreram pontualmente ampliando o espectro de informações obtidas. A partir deles, delineamos as percepções em cada um dos grupos de licenciandos.

Os licenciandos do G1 referenciaram a *Importância do planejamento coletivo*, considerando o trabalho realizado “verdadeiramente enriquecedor” o qual, segundo o grupo: “nos forneceu uma visão da docência como um trabalho coletivo, feito a diversas mãos, o que, em uma sociedade individualista, vem diminuindo cada vez mais, inclusive no âmbito da educação” (RG1, p. 13). A *preferência a uma visão geral sobre a SD* durante a reflexão sobre a prática de ensino com a SD1, bem como, a constatação da *importância de construir interações dialógicas* com os alunos foram demarcadas, em suas falas:

> L12: […] eu acho que uma aula, ela não é feita de pegar certos momentos específicos, e falar, aqui não foi legal, aqui foi legal […] é necessário ver como um todo…
> L19: eh! eu acho que todos nós estávamos muito confortáveis para flexibilizar a discussão no sentido do que vinha… eu acho que ninguém

> estava tentando canalizar o discurso deles… para o que a gente esperava… isso ajudou muito na construção da discussão…

Duas menções referenciaram as *Facilidades em articular Tema e Química* e se basearam na maior familiaridade de dois licenciandos com o domínio fenomenológico por meio de suas experiências escolares ou com a divulgação científica (L8: "trabalhar com coisas temáticas… eu meio que trabalho […] e a divulgação científica, então, é tudo meio ligado a realidade, o tema sempre fez parte dessa história, né?"). Por outro lado, três ocorrências enfatizaram a *Dificuldade do manejo das atividades em grupo*, uma vez que, segundo eles: "em uma prática individual, a gestão é muito mais tranquila, pois o encurtamento e o prolongamento de atividades podem ser feitos a qualquer momento, sem a necessidade de um consenso" (RG1, p. 13).

A implementação da SD2 levou os licenciandos ao empreendimento de uma rica e profunda imersão em sua temática. Com o código *Ampla pesquisa sobre o tema* registramos as menções à amplitude do trabalho de planejamento na apresentação oral (L20: "a gente teve que pesquisar bastante…"; L20: "então a gente fez um trabalho, assim, de quebra-cabeça para montar as peças e conseguir fazer um trabalho em que a gente se sentisse segura, para falar sobre o tema…") e no relatório final (RG2, p. 8):

> Através de uma colcha de retalhos criada sob referências de diversas naturezas (dissertações e teses, publicações, livros, artigos de blogs e jornais, entre outros), foi possível compreender que as nossas dificuldades são a própria essência do ensino do Etnoconhecimento, e que essa construção carregaria tal essência para aplicação da atividade. Durante a execução, encontramos um livro que demonstrava a genialidade em olhar científico para as tradições de diversos povos do mundo – nesse caso, voltado para corantes – mostrando que, sim, há uma lógica nos procedimentos artesanais passados ao longo das gerações e, além disso, podemos fazer muito mais, se soubéssemos aplicar os conhecimentos científicos em benefício mútuo do homem e da natureza. Ao mesmo tempo, uma dissertação que possuía objetivos muito semelhantes aos nossos (conciliar os conhecimentos populares e o Ensino de Química), nos motivava e fazia-nos sentir seguras de que o caminho estava certo.

Figura 19 - Considerações sobre a experiência (RI e RG)

Lista de Códigos	SD4	SD3	SD2	SD1
Considerações sobre a prática de ensino				
Percepções emergidas nas reflexões finais				
Considerações sobre a experiência				
Importância do planejamento coletivo				1
Dificuldade no manejo das atividades em grupo (L)				3
Dificuldades nas interações verbais	5	2	4	
Falta de experiência docente	8			
Aprimorar os instrumentos avaliativos			1	
Promover a motivação (A)		1		
Tempo para refinar o planejamento da SD			2	
Ampla pesquisa sobre o Tema			1	
Importância do RAV na percepção da fala		1		
Dificuldade em articular Tema e Química	2			
Excesso de conceitos químicos	4			
SOMA	19	4	8	4

Legenda: registros audiovisuais (RAV); alunos (A); licenciandos (L); sequência didática (SD).
Fonte: Autor.

Alinhada a essa ampla pesquisa emergiu a constatação da importância de destinar *Tempo para refinar o planejamento da SD*. A possibilidade da permanência com um mesmo tema ao longo de um ano foi evidenciada em momentos como: “o maior foco no planejamento e a possibilidade de permanecer com o mesmo tema para aprimorá-lo e adaptá-lo para uma sequência mais longa, tornaram o campo mais tranquilo para realização da intervenção” (RG2, p. 6).

Outro aspecto evidenciado com o código *Divisão das aulas em Química e Tema* foi uma distribuição intencional no planejamento da predominância dos conteúdos conceituais temáticos e químicos, conforme o excerto: L20: “isso! como a gente tinha basicamente uma organização, que a primeira aula era focada na atividade experimental e a segunda numa reflexão de caráter mais social e político do etnoconhecimento…”. Nesse contexto, em *Facilidades em articular Tema e Química*, novamente, o tempo disponível para o planejamento foi evocado como um fator que auxiliou na familiarização com o tema e na sua inserção no currículo escolar da Química.

> L10: é, então! Como a gente disse… isso já vem do primeiro semestre, né? … […] até assim, nossa! Etnoconhecimento! Até buscarmos o que significa isso, né? […] mais a Química dentro disso…
> L20: então, foi desafiador nesse sentido… mas depois que a gente foi buscando na literatura, se familiarizando com o que era o tema, a gente decidiu… dentro de tudo, o que iríamos abordar…

As limitações da prática de ensino também foram trazidas à tona. Enquanto o código *Aprimorar os instrumentos avaliativos* demarcou o reconhecimento da "ausência de material suficiente", no sentido de registro escrito ou pictórico, "que permitisse uma avaliação mais efetiva do grau de aproveitamento de cada estudante" (RG2, p. 19), o código *Dificuldade nas interações verbais* retratou um excesso da quantidade de falas dos licenciandos em alguns momentos da SD2 e, de modo pontual, a dificuldade de um deles em oralizar explicações aos estudantes sobre conceitos químicos, conforme ilustram, respectivamente, os excertos: "a dificuldade em conduzir a aula com apenas duas alunas […] e cinco alunos no segundo [dia] […], pois visualiza-se nos vídeos uma tendência de as professoras sobreporem-se à fala dos alunos, buscando, na ausência de fala dos alunas, manter o desenvolvimento do tema" (L20) e "por mais que eu tenha me preparado para minha atuação, no ato, percebi que a tensão e o nervosismo ainda podem me atrapalhar, principalmente, em relação à explanação, de maneira clara, dos conceitos químicos" (L10).

No grupo de licenciandos que implementou a SD3 foi evidenciada a *Importância dos RAV na percepção da prática*, em excertos como: com os registros audiovisuais "tenho o poder de parar o tempo, ou seja, de pausar o vídeo e refletir sobre tudo o que foi falado e como foi falado. Esse tempo de reflexão é algo que não acontece na hora da aula, justamente, por você estar muito inserido na situação, exposto e com o tempo escorrendo pelas mãos" (L2). Em uma relação com o pouco engajamento dos alunos no problema inicial e à pouca participação nas atividades de disponibilização de ideias científicas (Figura 17) emergiu o código *Promover a motivação* como a percepção da necessidade de aperfeiçoamento desses aspectos mediante a variação no uso de recursos didáticos, pois: "uma das soluções seria fazer mais questionamentos, mostrar vídeos durante as aulas, isto é, outros tipos de recursos devem ser explorados para engajar os estudantes" (RG3, p. 14).

O código *Facilidades em articular Tema e Química* constatou a experiência prévia de licenciandos com os significados do tema, bem como, a familiaridade com o domínio fenomenológico, isto é, em relacionar conceitos químicos com exemplos ou ilustrações do mundo experiencial. Vemos isso, respectivamente, nos excertos: "ah! Então! a primeira matéria que eu fiz da licenciatura [teve um enfoque

sociológico] […] então essa parte sociológica, para mim fluiu muito bem…" (L3) e "eu saí zero, da minha zona de conforto porque é o que eu faço normalmente… […] sou sempre eu que entro com uma curiosidade… […] então, foi muito confortável para mim" (L1).

Por outro lado, uma ocorrência em *Dificuldades em articular Tema e Química* foi trazida sob o argumento de que o licenciando possui maior familiaridade com o ensino de conceitos químicos em face a significados temáticos em geral, pois, em suas palavras, essa articulação: "não é muito difícil, mas é difícil porque eu sou muito presa ao conteúdo, mesmo […] pra mim é um pouco difícil ir para essa coisa da contextualização, de gerar uma discussão […] eu sou bem voltada assim para o conteúdo…" (L2). Por fim, em *Dificuldade nas interações verbais* foram codificadas afirmações de "que as falas para a aula sejam melhor planejadas previamente para que não aconteçam casos como o citado da primeira aula" (RG3, p. 14), no sentido de evitar algumas interrupções de turno de fala entre os integrantes do grupo.

O grupo de licenciandos que implementou a SD4 apresentou sob o código *Dificuldades em articular Tema e Química* menções acerca de uma não familiaridade com planejamento de ensino a partir de temas pré-determinados, conforme o excerto: nessa articulação "tive alguma dificuldade em definir conteúdos químicos a serem abordados […] acho difícil realizar uma proposta com um tema central designado por alguém de fora […] tenho mais facilidade em definir entre nós […] e a partir disso planejar" (L13). Em correlação a esse código, os licenciandos demarcaram com várias ocorrências e de forma crítica um *Excesso de conceitos* químicos ao longo planejamento, o qual deveria ser evitado em práticas futuras (RG4, p. 14)

> […] após a sequência ser aplicada, notamos que os conteúdos não foram tão simplificados no planejamento e isso pode ter dificultado o aprendizado, pois abordamos muitos conteúdos e ficou muita informação para os alunos assimilarem. Isso nos deixa alertas para, numa próxima sequência, tentarmos definir melhor um conteúdo e simplificar este para que o tema seja favorecido.

Sob o código *Dificuldade nas interações verbais* os licenciandos enfatizaram a necessidade de mais entrosamento entre eles durante as discussões orais para evitar interferências nos turnos de fala, assim como, dificuldades em manter, em momentos específicos, a abordagem comunicacional previamente planejada,

conforme nos mostram, respectivamente, os trechos: “[…] durante as discussões propostas aos alunos, tivemos dificuldades na condução destas, pois, cada integrante interagia de forma diferente e também houve algumas interrupções por parte de nós mesmos” (RG4, p. 14) e “após a reflexão sobre a minha atuação, consegui perceber que meu discurso algumas vezes era não interativo, quando meu objetivo era que fosse interativo” (L13).

Com o código *Falta de experiência docente* foram agrupadas as ideias que denotavam a postura crítica dos licenciandos em assumir a necessidade de ampliar suas experiências formativas. De forma recorrente, foram constatadas individualmente, em trechos como: “ainda sou muito inexperiente e tenho muito que melhorar” (L6), “minha atuação como docente é bem iniciante ainda” (L17), “após o uso dos registros audiovisuais minha visão é a de que ainda é preciso vivenciar a docência para, de fato, poder aplicá-la com maior maestria” (L13) e também no âmbito do grupo (RG4, p. 18), em trechos como:

> Cremos que as atividades no geral foram bem planejadas, porém, talvez pela inexperiência, não conseguimos dar a devida importância e engajamento para as atividades de forma a motivar os alunos para responder as questões e se interessar pelo conteúdo das aulas.

Na seção 5.2.1, caracterizamos a estrutura da narrativa das sequências didáticas enfatizando os seus aspectos comuns e que lhes conferiram certa homogeneidade. Na atual seção (5.2.1.1), retratamos as considerações dos licenciandos sobre os desempenhos das atividades implementadas e as experiências formativas relacionadas a essas práticas de ensino com as sequências didáticas. Dessa forma, apresentamos o contexto no qual se desenvolveram os resultados posteriores sobre o uso dos recursos visuais e as suas relações com o tempo alocado em sala de aula, com o intuito de investigar as oportunidades reservadas nessa alocação ao processo de visualização, ou seja, aos atos de construção de significados com recursos visuais.

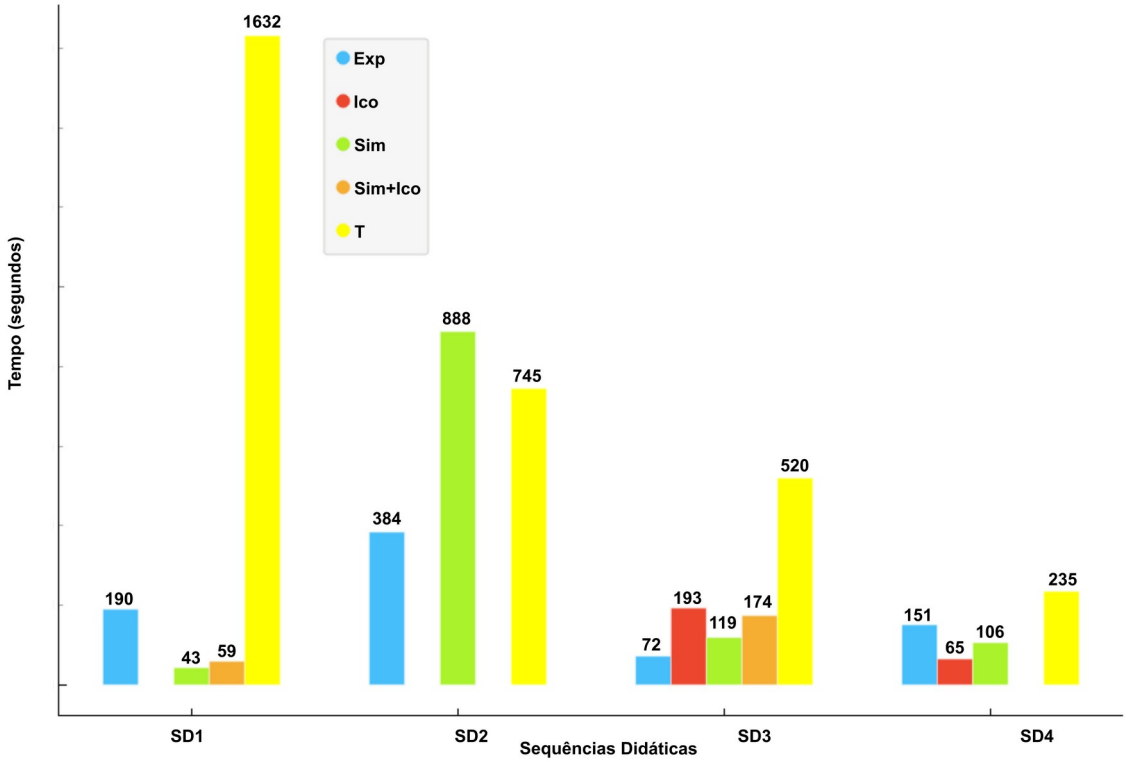
5.2.2 O processo de visualização nas sequências didáticas

Ao longo do desenvolvimento da narrativa das sequências didáticas temáticas foram distribuídos diferentes recursos visuais e em atividades com intenções de ensino variadas, que foram desde a criação de um problema até a aplicação de ideias científicas. Entretanto, agora analisaremos sob a perspectiva do tempo a forma como os recursos visuais não verbais da Química foram disponibilizados no plano social da sala de aula como objetos de visualização, as interações discursivas desencadeadas pelos licenciandos e que mediaram essa disponibilização e as ações oportunizadas aos alunos em favor de uma estratégia de ensino com o processo de visualização.

5.2.2.1 A disponibilização dos recursos visuais

Com a codificação do tempo em que os recursos visuais foram disponibilizados no plano social da sala de aula e referenciados pelos licenciandos e estudantes durante a implementação da sequência didática (Figura 20), constatamos na SD4 a ocorrência em 42% (235 seg) do tempo de disponibilização com o uso de recursos visuais temáticos e 58% (322 seg) com o uso de recursos visuais químicos. Dentre estes últimos, observamos um equilíbrio de tempo entre recursos visuais do campo experiencial (151 seg) e as representações químicas (171 seg), quando tomamos as representações simbólicas e icônicas em conjunto.

Figura 20 - O tempo de disponibilização dos recursos visuais



Legenda: objetos, fenômenos ou as suas representações visuais (como registro em vídeo de experimentos, fotografias de amostras sólidas de substâncias) (Exp); fórmulas moleculares, fórmulas estruturais, equações reacionais e gráficos (Sim); representações moleculares do tipo bastão-bola e representações particuladas da matéria (Ico); recursos visuais não verbais associados aos significados do tema (T).
Fonte: Autor.

Constatou-se na SD3 a ocorrência em 48% (520 seg) do tempo de disponibilização para o uso de recursos visuais temáticos (RVT) e 52% (558 seg) para o uso de recursos visuais químicos (RVQ). Nestes últimos, evidenciamos um significativo deslocamento do uso do tempo em favor da disponibilização das representações químicas (486 seg), quando consideramos as representações simbólicas, icônicas e múltiplas (icônicas e simbólicas) em conjunto, ficando o uso de recursos visuais do campo experiencial com apenas 72 seg.

Quando os recursos visuais foram disponibilizados na SD2, vemos que 37% (745 seg) do tempo total de disponibilização foram usados com recursos visuais temáticos e 63% (1.272 seg) com recursos visuais químicos. Nesse caso, constatamos também um deslocamento do uso do tempo, porém menor que na SD3, em favor da disponibilização das representações químicas (888 seg), ficando o uso de recursos visuais do campo experiencial com 384 seg.

Por último, os resultados da SD1 nos mostraram um comportamento contrário às SD anteriores, uma vez que 85% (1.632 seg) do tempo total de disponibilização foram usados com recursos visuais temáticos e 15% (292 seg) com recursos visuais químicos. Nesse contexto, outra tendência contrária foi a disponibilização de recursos visuais do campo experiencial (190 seg) ter sido maior do que a de representações químicas, ficando em 102 seg e tomando as simbólicas e as icônicas em conjunto.

Dessa forma, nas SD3 e SD2 temos o predomínio dos recursos visuais da Química sobre os temáticos o qual foi acompanhado pelo predomínio de representações químicas sobre os recursos visuais do campo experiencial. Enquanto que a SD4 se diferenciou daquelas por apresentar um equilíbrio de tempo no uso de representações químicas e recursos visuais do campo experiencial. Na SD1 ocorreu uma dupla inversão, ou seja, os predomínios dos recursos visuais temáticos sobre os da Química e dos recursos visuais do campo experiencial sobre as representações químicas.

Dentre os fatores que podem influenciar a ampliação ou a diminuição do uso do tempo com cada um dos recursos visuais na prática de ensino encontra-se a forma ou o suporte pelo qual se processou a disponibilização (exibição) e/ou a referencialidade (menção) desses recursos por meio de fala ou narração. Na Tabela 3, vemos que na SD4 ambos os RVT e os RVQ foram suportados majoritariamente como representações visuais estáticas por meio da projeção de slide (Se).

Novamente, vemos entre a SD3 e a SD2 um comportamento similar, em que os seus RVT foram majoritariamente suportados por apenas um tipo de recurso didático, respectivamente, projeção de slide (489 seg) e vídeos com narração (562 seg). Entretanto, o uso de um vídeo com narração promoveu uma ampliação do uso do tempo disponível em 100 seg devido ao trabalho de interpretação do seu conteúdo visual após a sua exibição[23]. A semelhança quanto ao uso dos RVQ se deu pelo fato de que a SD3 e a SD2 usaram de forma predominante quatro tipos de suporte, respectivamente, vídeo, simulação, projeção de slide e papel impresso e, por outro lado, lousa, papel impresso, projeção de slide e reagentes e vidrarias.

23 No Apêndice D, a Figura D2 mostra o tempo do recurso visual T33 e o respectivo tempo associado com fala de licenciando.

Tabela 3 - O tempo de uso dos recursos didáticos e o tipo do recurso visual

Recurso Didático	**Recurso Visual**																			
	SD1					SD2					SD3					SD4				
	Exp	Sim	Ico	Sim +Ico	T	Exp	Sim	Ico	Sim +Ico	T	Exp	Sim	Ico	Sim +Ico	T	Exp	Sim	Ico	Sim +Ico	T
	Tempo (s)																			
F	-	-	-	-	322	-	-	-	-	100	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-
Lo	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lo+F	-	43	-	-	52	-	221	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	111	-	-	-	-	-	-	-	-
O+F	81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O+P+F	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P+F	94	-	-	-	545	-	243	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R+F	-	-	-	-	-	384	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Se	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27	-	-	-	-	-
Se+F	15	-	-	-	284	-	410	-	-	83	-	8	-	174	489	115	106	65	-	235
Se+Lo+F	-	-	-	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sm+F	-	-	-	59	-	-	-	-	-	-	-	-	193	-	-	-	-	-	-	-
V+F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72	-	-	-	-	36	-	-	-	-
VN	-	-	-	-	406	-	-	-	-	562	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
total	**190**	**43**	**-**	**59**	**1632**	**384**	**888**	**-**	**-**	**745**	**72**	**119**	**193**	**174**	**520**	**151**	**106**	**65**	**-**	**235**

Legenda: F – fala do licenciando; Lo – lousa; P – papel impresso; O – objeto concreto; R – reagentes e vidrarias; Se – projeção de slide; Sm – simulação; V – vídeo; VN – vídeo com narração; (-) ausência. Com apenas F denotamos que o recurso não está disponível ao campo visual. A ausência de combinações com F denota a predominância de referencialidade do recurso pelos alunos. Em VN a referencialidade é feita pela narração do vídeo. Fonte: Autor.

Ao contrário das SD anteriores, na SD1 vemos que o aumento do tempo para o uso de RVT, em comparação com os RVQ (Figura 20), foi acompanhado de uma diversificação do uso de recursos didáticos, predominando quatro tipos de suportes: lousa, papel impresso, projeção de slide e vídeo com narração. Nesse caso, uma diversificação de recursos didáticos no uso dos RVQ também foi constatada, por meio de lousa, objeto concreto, papel impresso, projeção de slide e simulação (representação molecular 3D virtual). Entretanto, essa diversificação não foi capaz de igualar, superar ou reduzir a diferença de tempo de 70% em relação aos usos de RVT e RVQ (Figura 20).

Os recursos visuais dinâmicos (vídeos, animações) tendem a ampliar o tempo de seu uso em sala de aula, uma vez que possuem um tempo inerente, que é o da sua exibição. De modo geral, eles possuem maior quantidade de informações visuais exibidas em movimento o que implica um tempo para a sua interpretação posterior à exibição. Como vimos, anteriormente, o uso de animações pode requer mais de uma exibição.

Entretanto, um dos vídeos com narração de 365 seg gerou 100 seg de discussões na SD2 sendo que cinco vídeos mais curtos com narração total de 331 seg geraram 445 seg de discussões para a interpretação de seu conteúdo visual na SD1[24]. Essa diferença de 311 seg em favor do aumento de tempo na SD1 oriunda do uso de recursos visuais dinâmicos é menor quando a comparamos com o uso dos recursos visuais estáticos na SD1, como a projeção de slide (284 seg) e o papel impresso (545 seg), pois juntos contribuíram com 829 seg para o deslocamento do tempo em favor dos RVT. Isso sugere que o planejamento prévio da SD1 tendia a uma maior abordagem dos RVT em comparação com os RVQ.

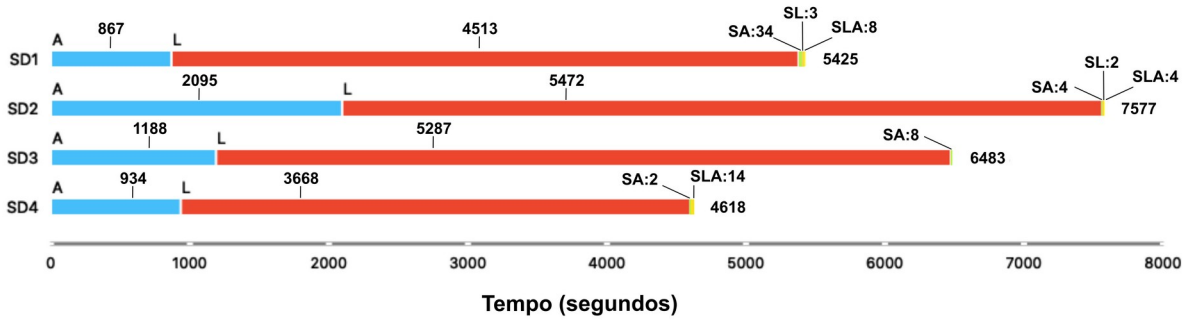
5.2.2.2 As interações verbais com os recursos visuais

Os tempos alocados em sala de aula para a disponibilização e a referencialidade dos recursos visuais não verbais vistos na seção anterior se

24 No Apêndice D, a Figura D1 mostra o tempo dos recursos visuais T22, T27, T28, T29 e T30 e os respectivos tempos associados com a interpretação de seus conteúdos visuais por parte dos licenciandos.

constituíram por momentos com fala e com a sua ausência. Em um bloco menor de tempo localizamos as interações verbais entre licenciandos e estudantes por meio do tempo de seus turnos de fala, maiores ou iguais a um segundo, em interações discursivas com a turma inteira e desconsiderando os diálogos entre os alunos em tarefas individuais ou em grupos (Figura 21).

Figura 21 - O tempo (em segundos) total de fala nas interações verbais



Legenda: A – turnos de fala dos alunos; L – turnos de fala dos licenciandos; S – falas simultâneas.
Fonte: Autor.

Na Figura 21, vemos as interações verbais para todas as atividades de cada uma das SD, envolvendo ou não recursos visuais não verbais. Nessas interações verbais o tempo de participação dos estudantes da Educação Básica foi similar em SD1 (867 seg) e SD4 (934 seg) e ambos se aproximaram do tempo da SD3 (1.188 seg), por uma diferença de 287 seg em relação a suas médias. Por outro lado, a participação dos estudantes em SD2 (2.095 seg) foi superior a participação na SD3 por 907 seg. Os dados sugerem que, novamente, a presença de no máximo cinco alunos em sala de aula e o maior tempo total de implementação da SD tenha favorecido esse aumento do tempo de fala dos alunos.

Entretanto, nos interessa o direcionamento do olhar sobre essas interações verbais, primeiro, para a forma como elas se distribuíram quando foram suportadas pelos recursos visuais não verbais (Químicos e Temáticos) e, segundo, para o conteúdo semântico mobilizado pelos licenciandos nessas interações durante o uso de recursos visuais não verbais da Química. A Tabela 4 mostra os resultados dos tempos de turnos de fala em função do tipo de recurso visual.

Tabela 4 - O tempo dos turnos de fala em função do tipo de recurso visual

Sequência didática	**Recurso visual**									
	Exp		*Sim*		*Ico*		*Sim+Ico*		*T*	
	A	L	A	L	A	L	A	L	A	L
	Tempo (s)									
SD1	21	155	3	38	-	-	0	59	394	796
SD2	40	262	263	508	-	-	-	-	15	207
SD3	0	72	111	8	0	191	5	169	2	481
SD4	24	122	12	91	0	64	-	-	54	151

Legenda: A – turno de fala de aluno; L – turno de fala de licenciando; (-) ausência do recurso visual.
Fonte: Autor.

De tal forma que, com a Tabela 4, constatamos dois comportamentos preponderantes. No primeiro, a maior participação oral dos estudantes quando da disponibilidade de recursos visuais temáticos foi em SD1 e SD4, com, respectivamente, 394 seg e 54 seg. Observando a Figura 20 vemos que o maior dos tempos de disponibilização de RVT da SD1 foi acompanhado pelo maior tempo de participação oral dos estudantes e, por outro lado, o menor dos tempos de disponibilização de RVT observados na SD4 se converteu no segundo maior tempo de participação dos estudantes.

No contexto dos recursos visuais da Química, as maiores ocorrências de participação oral dos estudantes foi em SD2 (263 seg) e SD3 (111 seg), e ambas com o uso de representações simbólicas. Entretanto, os valores de tempo da SD2 tendem a ser mais significativos do ponto de vista interativo uma vez que o tempo observado em SD3 foi caracterizado pelo predomínio de fala dos estudantes (93%) sobre a dos licenciandos, pois se tratava da apresentação oral dos cartazes confeccionados e neles estavam inscritas as representações estruturais referenciadas[25]. Com a Figura 20, vemos, portanto, que o primeiro e o segundo maiores tempos de disponibilização de representações simbólicas no plano social da sala de aula foram acompanhados dos maiores tempos de participação oral dos estudantes com recursos visuais da Química.

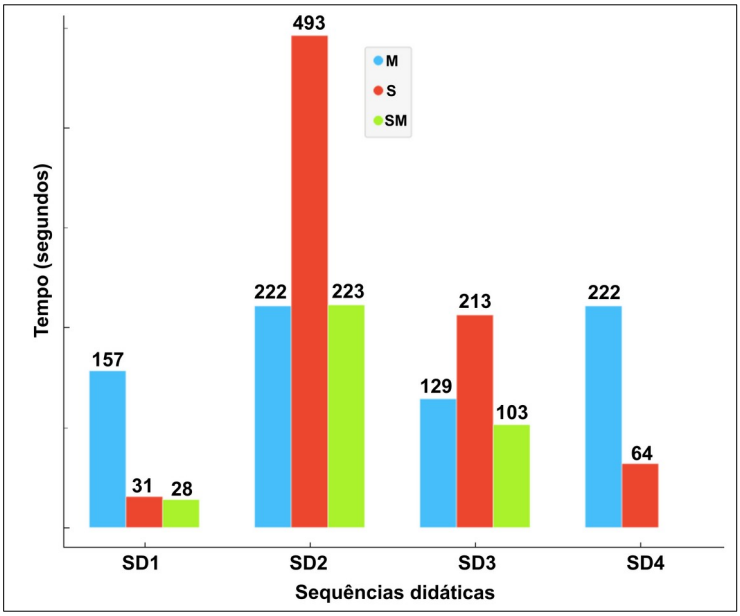
Esses dados não demarcam um perfil comunicativo dialógico ou de autoridade e interativo ou não interativo predominante nas práticas de ensino e nem descrevem

25 No Apêndice D, a Figura D3 mostra os tempos dos recursos visuais Sim2, Sim3, Sim4, Sim5, Sim6 e Sim7 que foram mobilizados e constituem o tempo total de 111 seg.

uma tendência de quantidade de tempo de participação oral dos estudantes durante a implementação das SD com um todo, mas, apenas retratam as interações verbais em função dos recursos visuais não verbais disponibilizados e referenciados em discussões com a classe inteira. Por outro lado, esse momento de interação verbal é imprescindível e, geralmente, é uma situação oportuna para a disponibilização das ideias científicas (expressão dos significados científicos por parte do licenciando) e, em nosso caso, de significados da Química com o suporte de recursos visuais.

Dessa forma, ao investigarmos os significados científicos presentes nos turnos de fala dos licenciandos durante a mobilização desses RVQ procuramos retratar o tipo de conceitualização promovida, ou seja, nos domínios macro, submicro e em ambos os domínios, em episódios de trocas verbais interativas (entre alunos e licenciandos) ou em episódios não interativos (falas dos licenciandos), conforme pode ser observado na Figura 22.

Figura 22 - A conceitualização macro e submicro com os RVQ



Legenda: M – domínio macro; S – domínio submicro; SM – Ambos.
Fonte: Autor.

Com a Figura 22, constatamos comportamentos semelhantes nas SD1 e SD4, pois em ambas as conceitualizações no domínio macro predominaram nas falas dos licenciandos durante as trocas verbais ao mobilizarem os RVQ. Por outro lado, na SD2 e na SD3 predominaram as conceitualizações no domínio submicro e

ambas apresentaram para esse domínio o primeiro e o segundo maiores valores de tempo (493 e 213 seg).

Da mesma forma, a SD2 e a SD3 apresentaram as duas maiores ocorrências para as conceitualizações em ambos os domínios, respectivamente, 223 seg e 103 seg. Esse comportamento se destaca pelo fato das conceitualizações no domínio submicro poderem estimular a construção de significados abstratos por parte dos alunos no âmbito dos modelos atômico-moleculares da estrutura da matéria e de que a mobilização de ambos os domínios pode favorecer aprendizagens sobre o trânsito entre as múltiplas representações e entre os domínios conceituais da Química.

Podemos descrever o predomínio das conceitualizações no domínio macro da SD1 e da SD4 com os resultados mais detalhados das interações verbais a partir do tipo de recurso visual mobilizado, conforme a Tabela 5.

Tabela 5 - O tempo das conceitualizações em função do tipo de recurso visual

Sequência didática	**Recurso visual**											
	Exp			*Sim*			*Ico*			*Sim+Ico*		
	M	S	SM	M	S	SM	M	S	SM	M	S	SM
	Tempo (s)											
SD1	116	0	0	41	0	0	-	-	-	0	31	28
SD2	222	0	51	0	493	172	-	-	-	-	-	-
SD3	72	0	0	8	0	0	0	88	103	49	125	0
SD4	119	0	0	103	0	0	0	64	0	-	-	-

Legenda: conceitualização nos domínios macro (M), submicro (S) e em ambos (SM); (-) ausência.
Fonte: Autor.

As duas SD se aproximaram pelo fato das representações simbólicas terem sido usadas para conceitualizações apenas no domínio macro e, somadas com aquelas oriundas dos recursos visuais do domínio experiencial, contribuírem para o aumento total e o predomínio do domínio macro.

Por sua vez, a SD1 diferiu de SD4 por utilizar uma parcela do tempo com o uso de representações múltiplas da Química para conceitualizar ambos os domínios, macro e submicro, enquanto que, na SD4, o tempo com representações químicas icônicas foi usado apenas para as conceitualizações no domínio submicro.

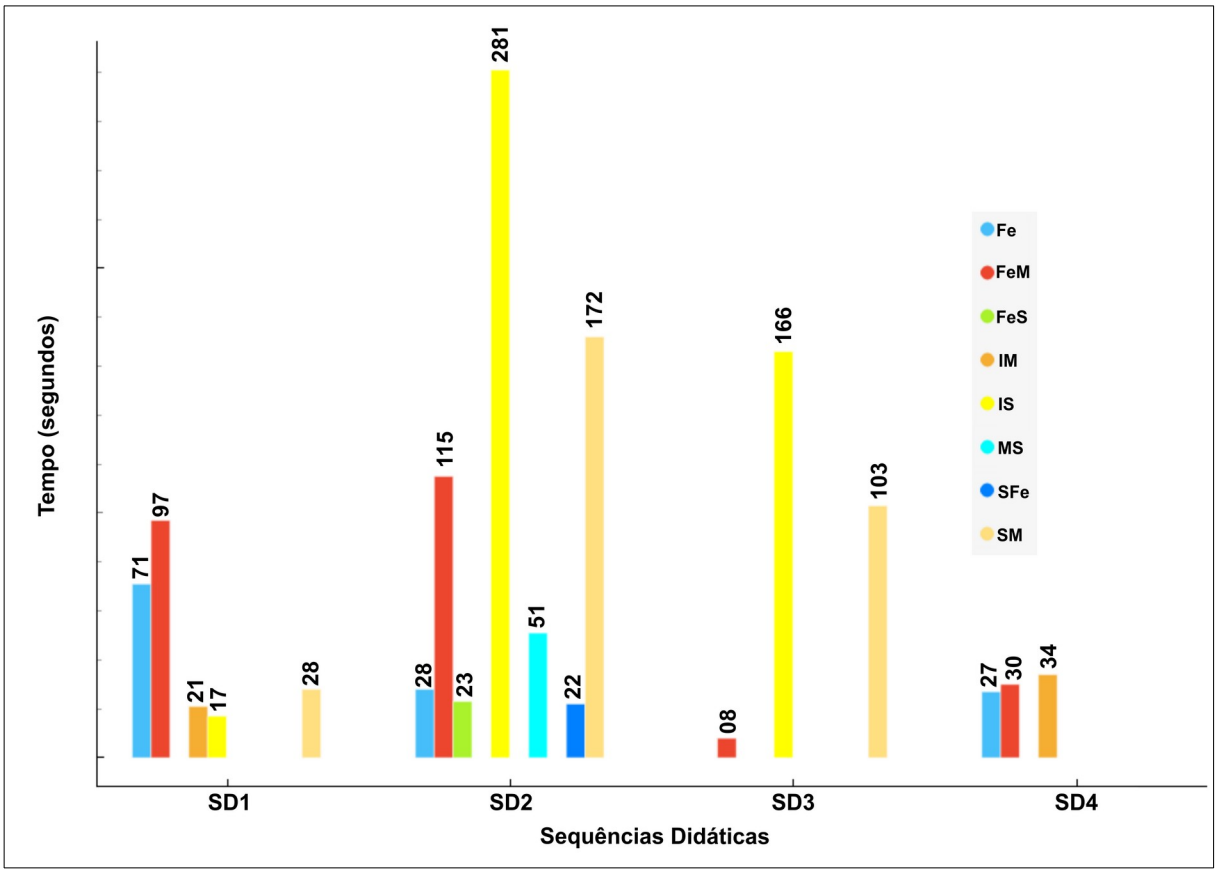
Por outro lado, a SD2 e a SD3 apresentaram um comportamento similar pelo fato de priorizarem conceitualizações no domínio submicro em oposição ao domínio macro quando consideramos em conjunto a mobilização de representações químicas simbólicas, icônicas e múltiplas. Muito embora na SD3 tenham ocorrido conceitualizações no domínio macro durante a exploração de representações simbólicas (8 seg) e múltiplas (49 seg), essas não foram suficientes para deslocar o tempo para um predomínio do domínio macro.

Outro aspecto que aproxima a SD2 da SD3 é a ocorrência dos maiores intervalos de tempo com as conceitualizações em ambos os domínios durante a mobilização de representações químicas. Ainda, uma tendência na SD2 para a exploração do domínio submicro é sugerida pelo fato de que parte do tempo usado para explorar os recursos visuais do domínio experiencial foi utilizado para a conceitualização em ambos os domínios (51 seg) enquanto que nas demais SD as conceitualizações foram apenas no domínio macro.

O resultado das interações verbais a partir do conteúdo semântico da fala dos licenciandos também nos leva a uma abordagem dos movimentos de transição entre os domínios experiencial, macro e submicro e o da presença de interpretação das características dos recursos visuais mobilizados, esta última podendo ser tanto uma interpretação realizada pelo licenciando quanto um estímulo proferido durante as interações verbais para uma interpretação por parte dos estudantes. Dessa forma, esses movimentos discursivos para a interpretação e a transição entre domínios formam combinações que ampliam a descrição das mediações oportunizadas pelos futuros professores (Figura 23).

Dentro do comportamento previamente destacado de predomínio tanto de disponibilização de recursos visuais do domínio experiencial (fenômenos, objetos e suas representações) quanto de conceitualizações verbais no domínio macro (Figuras 20 e 22), constatamos na SD1 e na SD4 um significativo uso do tempo para conceitualizações apenas no domínio fenomenológico (Fe) quando esses valores são comparados com as demais ocorrências em cada SD. Enquanto que na SD1 ele ocupa o segundo maior valor (71 seg), na SD4 a sua diferença para a segunda maior ocorrência é de apenas 3 segundos (27 seg). Esse comportamento não ocorre na SD3 e não tem a mesma expressividade na SD2 (28 seg).

Figura 23 - O conteúdo semântico das interações verbais com RVQ



Legenda: domínio macro (M), domínio submicro (S); interpretação ou estímulo à interpretação do recurso visual (I); domínio fenomenológico (Fe).
Fonte: Autor.

Essa ênfase na conceitualização no domínio macro sugere uma possível promoção de interações verbais com a interpretação dos recursos visuais nesse mesmo domínio (IM), uma vez que é uma ocorrência inerente apenas à SD1 (21 seg) e à SD4 (31 seg). Muito embora a ocorrência da transição do domínio experiencial para o macro (FeM) tenha sido comum a todas as SD e com o predomínio na SD2 (115 seg) e na SD1 (97 seg).

Um ligeiro afastamento de SD1 em relação à SD4 ocorre pelo fato de, somente na primeira, ocorrerem interpretações no domínio submicro (IS), em 17 seg, e transição do domínio submicro para o macro (SM), em 28 seg., ainda que essas ocorrências se mostrem quantitativamente pouco expressivas quando comparadas com as correspondentes encontradas na SD2 e na SD3.

Por outro lado, o predomínio tanto da disponibilização de representações químicas simbólicas ou icônicas e múltiplas quanto de conceitualizações verbais no

domínio submicro (Figuras 20 e 22) constatado previamente na SD2 e na SD3 foi acompanhado da ocorrência dos dois maiores valores para a interpretação dos recursos visuais no domínio submicro (IS), respectivamente, 281 seg e 166 seg. Da mesma forma, nessas SD encontram-se as duas ocorrências mais significativas de transição do domínio submicro para o macro (SM), 172 seg e 103 seg.

Um afastamento da SD2 em relação à SD3 ocorre devido ao fato da primeira apresentar a maior diversidade de transições entre os domínios, com um total de cinco tipos. Em adição às transições citadas anteriormente (FM e SM), ocorrem na SD2 as transições do domínio experiencial para o submicro (FS) com 23 seg, do domínio macro para o submicro (MS) com 51 seg e do domínio experiencial para o submicro (FeS) e do domínio submicro para o experiencial (SFe), sugerindo evidências de um comportamento favorável ao desenvolvimento nos estudantes de habilidades metavisuais relativas à transição entre múltiplas representações e modos representacionais.

No intuito de ampliarmos a reflexão sobre a utilização da fala como uma ferramenta essencial para mobilizar e explorar sentidos e significados dos recursos visuais não verbais, olharemos para os tipos de recursos didáticos que suportaram esses movimentos discursivos de interpretação e de transição entre os domínios da Química (Tabela 6[26]).

Quando assumimos em conjunto as conceitualizações e as transições que envolvem o domínio fenomenológico (Fe, FeM, FeS e SFe) constatamos que em todas as SD os recursos visuais que lhes suportavam eram estáticos, por meio de papel impresso, projeção de slide, objeto concreto e reagente e vidraria. Como vimos antes, as interpretações no domínio macro ficaram restritas a SD1 e SD4 e, quando ocorreram, foram apoiadas, respectivamente, por recursos visuais estáticos (lousa) e dinâmicos (vídeo).

26 Os recursos visuais referentes aos grupos de conceitualizações analisados na Tabela 18: *Fe, FeM, FeS e SFe* (SD1: Exp2, Exp3, Exp4, Exp5 e Exp7; SD2: Exp8, Exp9, Exp10, Exp11, Sim11, Sim16; SD3: Sim1; SD4: Exp14, Exp16, Exp17, Exp18, Exp19); *IM* (SD1: Sim8; SD4: Exp15); *IS* (SD1: Sim+Ico7; SD2: Sim12, Sim13, Sim14, Sim15, Sim17, Sim19, Sim20; SD3: Ico1; Sim+Ico2, Sim+Ico4, Sim+Ico5) e *MS e SM* (SD1: Sim+Ico7; SD2: Exp12, Exp8, Sim10, Sim9; SD3: Ico2). A descrição dos recursos visuais encontra-se no Apêndice D.

Tabela 6 - O conteúdo semântico com os RVQ e os recursos didáticos

Conteúdo semântico	**Recursos didáticos e materiais de aprendizagem**														
	SD1					SD2					SD3			SD4	
	Lo+F	O+F	P+F	Se+F	Sm+F	Lo+F	P+F	R+F	Se+F	Se+Lo +F	Se+F	V+F	Sm+F	Se+F	V+F
	Tempo (s)														
Fe	-	11	45	15	-	-	-	28	-	-	-	-	-	27	-
FeM	-	69	28	-	-	-	-	115	-	-	8	-	-	30	-
FeS	-	-	-	-	-	-	-	-	23	-	-	-	-	-	-
IM	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34
IS	-	-	-	-	17	13	16	-	240	12	78	-	88	-	-
MS	-	-	-	-	-	-	-	51	-	-	-	-	-	-	-
SFe	-	-	-	-	-	-	-	-	22	-	-	-	-	-	-
SM	-	-	-	-	28	172,0	-	-	-	-	-	-	103	-	-
M	20	-	19	-	-	-	-	107	-	-	49	72	-	158	-
S	-	-	-	-	14	-	104	-	63	-	47	-	-	64	-

Legenda: F – fala do licenciando; Fe – conceitualização no domínio fenomenológico; FeM – transição do fenomenológico para o macro; FeS – transição do fenomenológico para o submicro; IM – Interpretação ou estímulo à interpretação no domínio macro; IS – Interpretação ou estímulo à interpretação no domínio submicro; MS – transição do domínio macro para o submicro; SFe – transição do domínio submicro para o fenomenológico; SM – transição do domínio submicro para o macro; (-) ausência; M – conceitualização no domínio macro; S – conceitualização no domínio submicro.
Cores dos planos de fundo: Amarelo: ausência de transição entre domínios; Verde: transições entre domínios submicro e macro; Laranja: presença de domínio fenomenológico (conceitos cotidianos); e Roxo: presença de interpretação e/ou estímulo à interpretação dos recursos visuais.
Fonte: Autor.

Por outro lado, as interpretações no domínio submicro (IS) e as transições entre os domínios macro e submicro (MS e SM) mostraram uma tendência oposta entre a SD2 e as demais (SD1 e SD3). Enquanto que na SD1 e na SD3 as interpretações no domínio submicro foram mobilizadas por meio de recursos visuais dinâmicos (respectivamente, simulação de molécula 3D virtual e de modelo particulado da matéria), na SD2 os recursos visuais foram os estáticos (lousa, papel impresso e projeção de slide).

Os resultados das transições entre os domínios macro e submicro (MS e SM) reforçam essa tendência envolvendo o domínio submicro, pois enquanto na SD2 foram usados recursos visuais estáticos (lousa e reagente e vidraria) na SD1, na SD3, novamente, as transições entre macro e submicro foram suportadas por recursos visuais dinâmicos (simulações).

Esses últimos resultados mostraram uma associação entre o predomínio do uso de recursos visuais estáticos com a maior ocorrência de intervalos de tempo para interpretações do domínio submicro e para transições entre os domínios macro e submicro durante as interações verbais dos licenciandos com a sala inteira, sendo que a referida associação se constituiu como uma característica preponderante da SD2.

5.2.2.3 As ações com os recursos visuais

Nas seções anteriores, abordamos os resultados sobre os intervalos de tempo alocados no plano social da sala de aula para a disponibilização dos recursos visuais e a mobilização de significados químicos mediante as conceitualizações verbais, por parte dos licenciandos, nos domínios macro e submicro e os movimentos discursivos de transição entre domínios e de interpretação.

Sob a perspectiva dos tipos de recursos didáticos que suportaram os recursos visuais da Química, constatou-se que os recursos dinâmicos foram mobilizados apenas na SD3 (263 seg), na SD1 (59 seg) e na SD4 (34 seg) e as maiores alocações de tempo para conceitualizações no domínio submicro, para a transição entre os domínios da Química e para movimentos discursivos de interpretação ou

estímulo à interpretação das características dos recursos visuais ocorreram na SD2 que, por sua vez, mobilizou apenas recursos visuais estáticos.

Ao compararmos a SD2 com a SD4, desconsiderando o valor de tempo de uso de recursos visuais dinâmicos (34 seg) desta última, verificamos que os seus comportamentos destoantes (Figuras 22 e 23) seriam respaldados pelo predomínio do uso de recursos visuais estáticos, de tal forma que apenas o uso desse tipo de recurso visual seria insuficiente para entender, sob a perspectiva do tempo, as relações entre os objetos de visualização (recursos visuais) e a qualidade das interações verbais sobre eles desencadeadas.

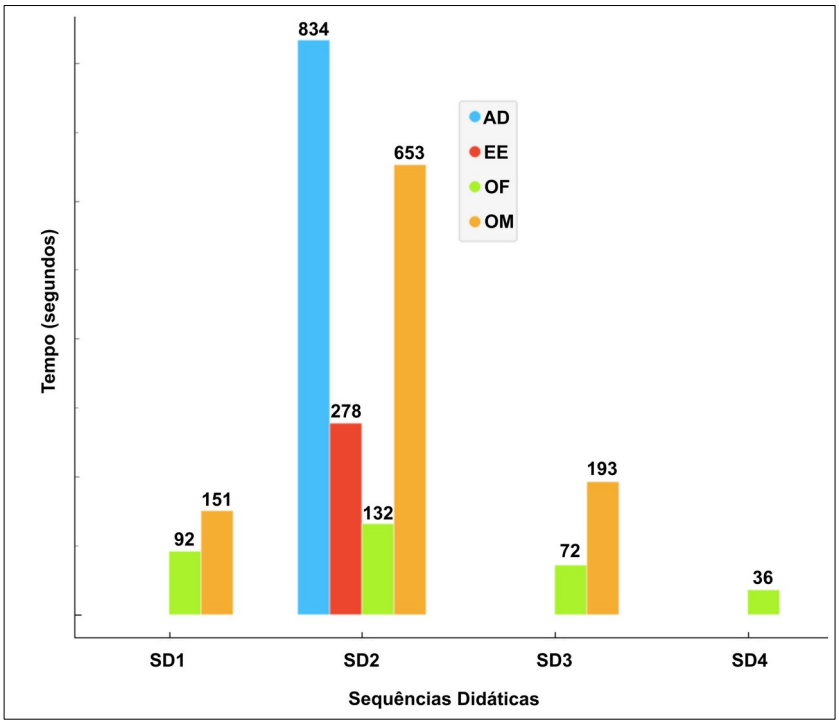
Da mesma forma que o planejamento prévio insere uma demanda de tempo potencial vinculada à natureza (estático ou dinâmico) e à quantidade dos recursos visuais selecionados para o uso em sala de aula e que a mobilização de sentidos e significados sobre as suas informações visuais reivindica para as interações verbais parte do tempo alocado na prática de ensino, uma terceira dimensão dos resultados conserva essas anteriores colocando-as numa perspectiva que contempla o deslocamento do controle sobre a utilização do tempo da fala do professor para as ações dos alunos com os recursos visuais da Química.

Nesse sentido, analisamos os momentos nos quais a forma de exploração dos objetos de visualização se aproximou de uma estratégia de visualização, ou seja, se constituiu pela disponibilização para os estudantes de um conjunto de tarefas, temporal e conceitualmente articuladas, envolvendo a percepção, a interpretação, a construção e o refinamento representacional. A garantia desse “bloco de tempo” formado por tarefas de escrever e/ou desenhar em grupo ou individualmente, que aproximam o trabalho de percepção, interpretação e construção representacional ao próprio ritmo dos alunos, e constituído por ciclos de discussões entre pares e com o professor, que suscitam o aprofundamento da prática representacional, podem refletir na melhoria da qualidade das interações verbais sobre os recursos visuais e na aprendizagem conceitual.

Assim, com os resultados expressos na Figura 24 observamos que as SD reservaram parte do tempo disponível para a disponibilização de no máximo quatro tipos de ações dos alunos voltadas ao processo de visualização. Não foram alocados tempos para os estudantes discutirem entre si e estabelecerem relações

entre representações criadas por eles e um fenômeno observado e objeto de explicação (ação: *discutir*). Tampouco foi reservado tempo para a identificação das limitações das representações criadas em comparação com o modelo ou com a representação canônica e no intuito de produzir uma nova representação reformulada e melhorada (ação: *refletir e revisar*). Da mesma forma, não foi garantido tempo para tarefas de papel e lápis nas quais os estudantes relacionassem representações em diferentes domínios da Química (ação: *relacionar*).

Figura 24 - Ações dos alunos em estratégia de visualização



Legenda: OF – Observar um fenômeno ou a sua representação como um alvo conceitual da Química; EE – elaborar e externalizar uma representação que explique um fenômeno observado; OM – observar o(a) modelo/representação visual canônico que explica um fenômeno observado; AD – adaptar e externalizar uma representação para explicar outro fenômeno semelhante a um fenômeno observado anteriormente.
Fonte: Autor.

Esse resultado quanto à não ocorrência de todos os tipos de ações dos alunos inspiradas pela Estratégia de Aprendizagem VisChem (PHENGLENGDI, 2015; TASKER, 2017) era esperado, uma vez que a obrigatoriedade de uso de uma estratégia de visualização pré-determinada não foi vinculada à prática de planejamento das SD. Isso porque o levantamento das percepções sobre as

relações entre tempo e o processo de visualização pressupôs a livre escolha de abordagens e atividades de ensino, sob pena de, em situação contrária, estarmos mensurando e explorando mais as influências externas desses condicionantes do que o pensamento autêntico dos licenciandos.

Entretanto, a análise pertinente ao nosso estudo se debruça sobre a comparação entre as ações e os seus tempos em cada uma das SD[27]. Assim, novamente, vemos um destaque na SD2 para o conjunto de ações disponibilizado, com o tempo total de 1.897 seg. Por sua vez, enquanto a SD1 e a SD3 apresentaram tempos similares, respectivamente, 243 seg e 265 seg, o tempo garantido na SD4 foi o menor, ficando em 36 seg.

De maneira semelhante, a maior variedade de ações ocorreu na SD2, a qual compreendeu as tarefas de observar um fenômeno como um alvo conceitual da Química (OF) para em seguida os estudantes elaborarem e externalizarem em uma tarefa de papel e lápis um modelo explicativo para o referido fenômeno (EE). Posteriormente, sob a mediação dos licenciandos com interações verbais, os alunos observaram as representações visuais canônicas que eram necessárias para explicar o fenômeno observado (OM). Os mesmos significados e algumas de suas representações visuais retornaram na atividade seguinte, na qual os alunos externalizaram um modelo explicativo para outra situação semelhante àquela observada inicialmente (AD).

Por outro lado, na SD1 e na SD3 apenas as ações de observar um fenômeno (OF) e em seguida de observar os modelos ou representações visuais canônicas que o explicam cientificamente (OM) foram propiciadas dentro do tempo total de implementação. Por último, o predomínio do uso de projeção de slides na SD4 foi acompanhado apenas pela disponibilização de tempo para a observação de um fenômeno (OF).

Pelo exposto, vemos que os comportamentos destoantes mencionados anteriormente entre a SD2 e a SD4 se confirmam e se acentuam sob a perspectiva da quantidade de tempo e do tipo de ações desencadeadas pelos estudantes. Na

27 Os recursos visuais mobilizados nas ações dos alunos mencionadas na Figura 24 foram: *SD1* (OF: Exp3; OM: Sim+Ico7, Sim8); *SD2* (OF: Exp8; OM: Sim11, Sim12, Sim13, Sim14, Sim15, Sim16, Sim17, Sim18, Sim19); *SD3* (OF: Exp1; OM: Ico1, Ico2); *SD4* (OF: Exp15). Na SD2, as ações de EE (834 seg) e de AD (278 seg) juntas correspondem aos 1.112 seg das ações de escrever encontrados na Figura 16.

primeira SD, a escolha pelo uso de recursos visuais estáticos foi acompanhada pela disponibilização de num conjunto de ações aos estudantes que favorecem um maior engajamento dos alunos com os recursos visuais mobilizados nessas tarefas e, na segunda, a opção pelo uso predominante de recursos visuais estáticos implicou apenas na ação de observação de um fenômeno específico e, ainda, baseado em um recurso visual dinâmico.

Nesse sentido, um incremento na quantidade de tempo destinada ao trabalho autônomo dos estudantes com os recursos visuais da Química e a sua localização num conjunto articulado de ações coincidiu com o aumento dos tempos de disponibilização de representações químicas no plano social de sala de aula, de conceitualização e interpretação dos recursos visuais no domínio submicro e de movimentos discursivos com transição entre os domínios da Química.

No outro extremo tendencial, a diminuição desse tempo e da diversidade de ações oportunizadas aos alunos foram acompanhadas, em parte, de um predomínio de conceitualizações no domínio macro e, de forma geral, de uma menor quantidade de tempo para as transições[28] entre os domínios da Química durante as interações verbais dos licenciandos.

5.2.2.4 As considerações relacionadas ao ato de visualizar

Diante desse segundo grupo de resultados sobre as sequências didáticas e com um enfoque nos recursos visuais não verbais aproximamos os resultados sobre as percepções dos licenciandos acerca do processo de visualização em Química que foram obtidos a partir das transcrições da apresentação e arguição oral (Figura 25) e dos relatórios em grupo e individuais (Figura 26), mas que emergiram sem o estabelecimento de relações ou referências a uma dimensão temporal.

28 Os tempos dos diferentes tipos de transição entre os domínios envolvendo Fe, M e S, quando tomados em conjunto, foram de: 383 seg na SD2, 142 seg na SD1, 111 seg na SD3 e 30 seg na SD4. Os valores se referem aos tempos das transições FeM, FeS, MS, SFe e SM na Tabela 6.

Figura 25 - Considerações pertinentes ao processo de visualização (AO)

Lista de Códigos	SD4	SD3	SD2	SD1
Considerações sobre a prática de ensino				
Percepções após a implementação da SD				
Considerações relacionadas ao processo de visualização				
Convergentes				
Importância de abordar a ideia de modelo	1			
Externalização de significados com representações (A)			2	
Interpretação de representações (A)		2	2	
Construção de representações (A)			2	
Potencialmente convergentes				
O uso de RVQ dinâmico de forma expositiva (L)		2		
Conhecimentos prévios (A) e representações				2
Interpretação de representações (A)				4
Potencialmente divergentes				
Pouca ênfase na construção de representações (A)		1		
Pouca ênfase na externalização de significados com repres. (A)				2
SOMA	1	5	6	8

Legenda: SD – sequência didática; A – estudantes da Educação Básica; L – licenciandos; RVQ – recursos visuais não verbais da Química.
Fonte: Autor.

Os resultados foram agrupados na subcategoria *Considerações relacionadas ao processo de visualização* e em três códigos: *convergentes*, para declarações explícitas e diretamente vinculadas, *potencialmente convergentes,* para inferências tênues e/ou indiretamente vinculadas e *potencialmente divergentes,* para enunciados com ideias potencialmente desfavoráveis ao processo de visualização em Química.

Os resultados sobre a produção textual do grupo que implementou a SD1 constatou duas principais ocorrências para o código *potencialmente convergente*. A primeira retratou o reconhecimento da importância dos conhecimentos prévios dos estudantes para o trabalho com recursos visuais. Em dois momentos esse reconhecimento foi associado à percepção de que a falta desses conhecimentos dificultou a exploração de representações estruturais[29] em sala de aula, levando a uma abordagem insuficiente nessa etapa da prática de ensino, conforme sugere o trecho:

> L19: […] aí tentei dar uma simplificada, a gente trouxe o pigmento orgânico para comparar as ligações duplas e… […] essa parte eu acho que eles não

29 Esse recuo nas ações de ensino causado pela ausência de conhecimentos prévios dos alunos sugere influências nos baixos tempos de disponibilização de recursos visuais simbólicos e icônicos observados na Figura 20. Entretanto, se fossem inexistentes, possivelmente, seriam incapazes de incrementar esses tempos com as representações estruturais ao ponto de superar aqueles atribuídos aos RVT, constituídos pela exibição de sete pequenos vídeos com narração e atividades com imagens impressas (Apêndice D).

> retiveram muito e foi planejado em função da gente ter achado que eles tinham visto... ligações [químicas]... não viram... a gente tentou adaptar ali…

Figura 26 - Considerações pertinentes ao processo de visualização (RI e RG)

Lista de Códigos	SD4	SD3	SD2	SD1
Considerações sobre a prática de ensino				
Percepções emergidas nas reflexões finais				
Considerações relacionadas ao processo de visualização				
Convergentes				
Percepção do papel dos modelos mentais			1	
Eficiência do uso do vídeo (RVQ)		1		
Percepção do limite do uso da fala (L)			1	
RVQ dinâmico auxilia na abstração (A) do domínio submicro		1		
Elicitar concepções (A) do domínio submicro		1		
Elicitar concepções (A) do domínio macro	1			
Abordagem intencional dos domínios macro e submicro			4	
Externalização de significados com representações (A)			4	
Potencialmente convergentes				
O uso de RVQ dinâmico de forma expositiva (L)		2		
Menção a uma abordagem multimodal				1
Menção à modelagem			1	
Menção ao triplete químico				1
Importância da leitura ativa dos RVT (A)				1
Qualidade dos RVT como suporte a discussões				1
Potencialmente divergentes				
RVT para a motivação	1	2		
RV com função ilustrativa			1	2
RVQ e RVT usados para motivação (A)		1		
SOMA	2	8	12	6

Legenda: A – estudantes da Educação Básica; L – licenciandos; RVQ – recursos visuais não verbais da Química; RVT – recursos visuais não verbais da temática.
Fonte: Autor.

Aspectos relacionados à interpretação de representações por parte dos estudantes obtiveram quatro ocorrências e corresponderam a dois tipos de recursos visuais temáticos (RVT), imagens impressas e vídeos com narração. O reconhecimento da ambiguidade interpretativa das informações visuais apareceu, primeiro, como uma conquista pedagógica em uma atividade para criação de um problema e exploração de ideias dos alunos, a qual promoveu diferentes leituras sobre os recursos visuais. Na segunda situação, a ambiguidade surge como uma desvantagem momentânea dentro de uma atividade de disponibilização de ideias científicas sobre a temática, conforme os excertos:

> L19: a gente esperava que o critério deles, de organização dessa linha do tempo, fosse ser estético e não foi. Eles foram observar o assunto das imagens, majoritariamente… então, eles usaram muito, assim… ah! Não é que os traços foram evoluindo, é que as roupas usadas estavam evoluindo… […] o que foi uma surpresa muito boa também…
> […]

> L19: e a gente esperava que eles simplesmente conseguissem articular, a gente não achou que a dúvida seria, se é falso ou verdadeiro… a gente achou que todo mundo concordaria que é falso…

O código *potencialmente convergente* foi completado por mais três subcódigos temáticos emergidos do relatório em grupo. Ao refletirem sobre suas experiências, os licenciandos fizeram menções acerca da multimodalidade e do triplete químico. A diversidade de recursos didáticos (Tabela 3) e os múltiplos tipos de tarefas disponibilizadas aos alunos (Figura 16) ao longo da SD1 os levaram a reconhecer que a proposta pareceu ser "bem construída e pertinente para uma abordagem multimodal" (RG1, p. 18). Por outro lado, as limitações vivenciadas os fizeram mencionar os desafios inerentes ao ensino no domínio submicro como as demandas em habilidades representacionais, pois presumiram que os estudantes "já teriam certa familiaridade com representações submicroscópicas e simbólicas de um composto químico" (RG1, p. 9).

Em reflexões oriundas de uma atividade com criação de um problema e exploração de ideias científicas a partir de tarefas de discussões entre pares e de elaboração de modelos explicativos, outro subcódigo emergiu do reconhecimento da importância da leitura ativa sobre os recursos visuais temáticos por parte dos alunos, conforme RG1 (p. 19):

> Do ponto de vista do material didático, o oferecimento de imagens físicas, livres para manuseio e interação também se mostrou muito rico como ferramenta de aprendizado. A relação dos alunos com o objeto de estudo se tornou mais próxima, pessoal e ativa do que uma projeção de imagens permitiria.

Por fim, a qualidade desses mesmos recursos foi percebida como um suporte fundamental para as discussões que os estudantes desencadearam sobre eles. Uma atenção especial recaiu sobre as suas características durante o planejamento prévio da SD1. De acordo com L19, esses recursos visuais utilizados

> […] foram escolhidos com mais detalhamento desde o planejamento. Era unânime que [esses recursos visuais] deveriam ser impressos para serem manuseados pelos alunos e que a qualidade da impressão fosse boa […]. Isto porque eles fundamentaram as discussões que foram realizadas durante toda a atividade. Observando as discussões dos alunos sobre (esses recursos visuais), ficou claro que a opção pela impressão foi acertada, pois o manuseio das obras os permitiu explorar mais detalhadamente cada um […]

Como ideias *potencialmente divergentes* foram constatadas duas ocorrências que retrataram a pouca ênfase dada a externalização de significados com

representações químicas por parte dos estudantes. Em uma atividade com a aplicação de ideias científicas, disponibilizadas anteriormente por meio de recursos visuais da Química, a ausência de mobilização de significados e de exploração de representações visuais não foi percebida como um aspecto pedagógico pertinente. Como vemos no trecho:

> L19: marcou [nos alunos] muito mais a experiência, do que propriamente o óxido de ferro, o carbonato de cobre que foi mencionado… então, não surgiu, eu acho que… nenhuma palavra, nenhum dos conceitos que a gente trouxe, como a gente esperava… mas surgiu a relação deles com a aula, o que foi muito interessante.

Por sua vez, em duas ocasiões emergiram ideias que atribuíram aos recursos visuais da Química uma função ilustrativa. Em trechos que os referenciavam como "imagens ilustrativas dos conceitos trabalhados", surgiram considerações como as de que: "estas últimas foram recursos secundários, utilizados apenas como suporte às explicações oferecidas" (L19).

A análise sobre o grupo que implementou a SD2 constatou, para o código *convergente,* seis ocorrências com o subcódigo *externalizar significados com representações* e em três contextos distintos. No primeiro, a importância de planejar diferentes formas de tarefas para o registro das ideias dos estudantes foi mencionada, como no relatório individual de L20: "o elemento que mais faltou na atividade foram as outras formas de avaliar o aluno" […], "seria importante encontrar maneiras de estimular o aluno a elaborar formalizações escritas". A pertinência da externalização de significados por meio da fala durante o trabalho com representações químicas também foi demarcada no relatório em grupo. De tal forma que, na ação de observar o modelo ou a representação visual canônica (Figura 24), a importância dada à exploração de significados foi condizente com a intenção de ensino de guiar a apropriação de ideias cientificas (Figura 15) e com a presença de conteúdo semântico de interpretação (Figura 23) observadas. Sobre esse momento da SD2, o grupo escreveu:

> Neste diálogo, com maior participação dos alunos, a abordagem adotada é do tipo interativo de autoridade, pois busca conduzir o olhar dos alunos sobre os aspectos que devem buscar para realizar conexões entre os aspectos macro e micro dos materiais[,] […] pois esperava-se que os alunos prosseguissem com sua explanação ou reelaborassem sua fala, caso demonstrassem equívocos quanto ao conteúdo químico. Assim, nota-se a construção do conhecimento químico com a formalização e aplicação de conceitos como polaridade, grupos funcionais, estrutura química, colocadas de maneira progressiva e autônoma pelos alunos.

A externalização de significados também foi valorizada durante uma atividade com a intenção de aplicar as ideias científicas. Na apresentação oral, os licenciandos enfatizaram, em relação ao momento da ação dos alunos de adaptar (Figura 24), as suas percepções sobre o papel das oportunidades de externalização na sondagem de aprendizagens com representações químicas ("eles realmente lembraram das estruturas"), conforme o seguinte trecho ilustra:

> L20: e aí eles se reuniram em duplas, trios e os alunos começaram a ajudar, e a explicar como foi a aula, e como resolver… e ai eles vinham na estrutura…
> L20: eles rabiscavam, explicando para os colegas… olha! Aqui tem um anel aromático, mas aqui tem hidroxila… então, tem apolar, mas tem polar e aqui, oh! Aqui tem isso, tem aquilo… então, eles realmente lembraram das estruturas orgânicas, tentando prever o comportamento delas…

Ainda, durante a comunicação oral, emergiram ideias sobre a interpretação e a construção de representações. A criação de oportunidades para os alunos interpretarem as representações químicas inscritas na lousa e na projeção de slides foi percebida como um momento interativo (entre estudante e representação), enriquecedor de discussões e questionamentos e propício ao desenvolvimento de raciocínios. Muito embora, os licenciandos tenham reconhecido a influência do fato de essa vivência ter ocorrido com a presença de apenas dois estudantes.

Por sua vez, a construção de representações emergiu como uma opção de atividade bem consolidada no planejamento prévio da SD2, uma vez que a consciência da complexidade representacional ("certo medo de incluir estruturas") não fora um impeditivo para a sua exploração em tarefa de papel e lápis. Assim, podemos ilustrar a interpretação e a construção, respectivamente, com os seguintes trechos:

> L20: e os alunos ficaram na lousa… aqui tem tal coisa, aqui tem tal coisa, aqui tem um anel…
> L20: então a gente conseguiu enriquecer bem essa discussão, porque eles interagiram bem com a estrutura e conseguiram levantar questionamentos, de forma mais sensível…
> L10: olhando, se a molécula tinha um caráter mais polar, apolar… e aí, eh! Com isso, olhando a estrutura das moléculas… então a gente desenvolveu esse raciocínio e eles interagiram bastante, assim… tiraram dúvidas…
> L10: dois alunos, né?… então eles se sentiram, foram se soltando ao longo desse processo… Se sentiram à vontade para interagir, vir aqui e apontar, para falar com a gente… foi bem legal!

> L20: foi bem interessante, porque nós podemos ter certo medo de incluir estruturas tão complexas, em aulas de orgânica… mas os alunos não tiveram esse medo de, realmente, sentar com a estrutura… e tentar propor hipóteses de com quais solventes elas interagiriam…

Dentre as ideias convergentes ao processo de visualização em Química encontramos a percepção do papel dos modelos mentais e dos limites do uso da fala por parte do licenciando. No relatório individual de L20, um olhar retrospectivo para a prática de ensino considerou que "o emprego de instrumentos para auxiliar o aluno na construção de seus modelos mentais e a análise do discurso discorrido dentro da sala de aula foram chaves importantes para a compreensão do papel do professor" (L20). Nesse contexto, os recursos visuais são admitidos como "ferramentas de suporte ao aprendizado", as quais permitem que os estudantes "[…] construam uma rede de significados que não se resuma a uma corrente linear baseada na fala do professor" (L20).

Por fim, a abordagem intencional dos domínios macro e submicro durante a prática de ensino surgiu como um aspecto convergente. Vemos em L20, L10 e no RG2 (p. 18), respectivamente, trechos representativos:

> A aula foi seguida de maneira fiel ao planejamento [...]. […] diferente da primeira aula executada [(em referência ao semestre letivo anterior)], o foco esteve na integração dos diferentes níveis do conhecimento químico.
>
> […] devo me atentar mais ao uso de termos subjetivos […] principalmente ao tentar estabelecer um paralelo entre o macroscópico, microscópico e as simbologias que envolvem os conceitos químicos.
>
> […] as discussões motivadas pelos alunos tiveram menor caráter procedimental e maior teor conceitual, relacionando, frequentemente, os aspectos macro e microscópico da matéria.

Um aspecto *potencialmente convergente* foi uma menção à modelagem e sem um aprofundamento descritivo ou explicativo de seus fundamentos teóricos ou pedagógicos. No relatório em grupo os licenciandos inferiram que o professor pode "utilizar diferentes recursos para ajudá-lo na construção do conhecimento como vídeos, projeções, representações, imagens, gráficos e modelagens" (RG2, p. 19), desde que estejam em acordo com as intenções de ensino projetadas sobre cada um deles.

A atribuição de uma função ilustrativa aos recursos visuais temáticos específicos assumiu um caráter *potencialmente divergente* quando L3 afirmou que

“os vídeos foram muito importantes para ilustrar essa relação entre etnoconhecimento e a química, pois apresentavam as ferramentas criadas pelo conhecimento desenvolvido pelas culturas indígenas e [como ele] está presente na sociedade”.

A análise sobre a produção textual dos licenciandos que implementaram a SD3 revelou quatro subcódigos para a subcategoria *convergente*. Durante a comunicação oral, uma atenção foi dispensada para o momento no qual os estudantes realizavam uma tarefa de papel e lápis, quando dificuldades na interpretação de representações químicas foram percebidas nas ações de um grupo de alunos, conforme o trecho de fala:

> L1: nesses alunos aí, a gente percebeu... porque nenhum dos outros colocou modelo de bastão e bola… nesses alunos a gente percebeu que... ou... os professores não abordaram... esse... essa representação... ou eles não aprenderam…
> L1: isso para eles foi um transtorno... tipo, eles estavam com uma imagem da internet... e estavam copiando...
> L1: e depois eles ficavam me perguntando... tá! esse aqui é o? tá! esse aqui é o? eles foram decorando o que que era o quê... mesmo tendo exatamente a mesma coisa embaixo…

A eficiência no uso do vídeo de um experimento que embasou a ação de observar um fenômeno ou a sua representação como um alvo conceitual da Química (na Figura 24) foi enfatizada em um relatório individual: “o uso do vídeo sobre o gás cloro se mostrou bastante eficaz […] eu comento sobre ele com os estudantes para comparar com o gás bromo e eles entendem o deslocamento” (L1).

Por outro lado, o domínio submicro também emergiu subsidiando duas ideias convergentes. Primeiro, vemos que o uso de representações químicas pode auxiliar os alunos na construção dos pensamentos abstratos deste domínio, conforme mencionou L2: “esse tipo de simulador é muito bom para ajudar na abstração dos alunos, principalmente, quando é necessário pensar em nível submicroscópico” e, em segundo, temos a importância em explorar as concepções dos alunos no referido domínio, a qual apareceu no relatório em grupo, quando refletiram sobre a prática de ensino da seguinte forma (RG3, p. 12):

> Nesse momento e nos que se seguem, é possível ver que a todo momento o integrante tenta levantar as concepções que os alunos possuem a respeito da matéria, da sua organização microscópica e como os átomos se comportam, por meio de perguntas […] ele busca desenvolver o

> pensamento deles com o objetivo de chegar em uma concepção científica ou próxima dela.

Um único aspecto *potencialmente convergente* ocorreu com o uso expositivo de um recurso visual da Química por parte dos licenciandos. A exposição dialogada com o suporte de uma simulação não envolveu tarefas de construção de representações pelos próprios estudantes, mas serviu como ferramenta para eles observarem o modelo canônico que explicava o fenômeno observado anteriormente (conforme a Figura 24). Os respectivos excertos do relatório individual de L4 e da comunicação oral exemplificam essa intencionalidade posta sobre o recurso visual:

> Como o foco do conteúdo eram gases, o grupo diferenciou os fenômenos de efusão e difusão, que ficaram mais claros com o uso da mesma plataforma usada anteriormente, mas com a função de representar estes fenômenos. Com o fim dessa parte expositiva [...]
>
> L2: eh! Nesse [simulador] específico, a gente consegue simular o que acontece com as moléculas… […] então a gente vê as moléculas, se agitando muito, cada vez mais, até que elas se soltam e viram… estado gasoso… então, a gente usou desse artifício para conseguir aguçar aí, a visão submicroscópica deles…

Por fim, as ideias *potencialmente divergentes* ao processo de visualização em Química residiram sobre a criação de representações e o uso dos recursos visuais para fins de motivação. Constatamos a pouca ênfase dada à construção de representações, uma vez que quando os estudantes as elaboraram, o fizeram num contexto de ações não sistemáticas, como a de desenhar a partir de uma cópia de referência, e como parte de uma atividade com aplicação de ideias científicas. Na comunicação oral, vemos que: L2: "[…] então, esse grupo já trouxe a estrutura molecular… eles se preocuparam em trazer", de forma que a construção representacional foi facultativa ou uma "preocupação" dos alunos, em termos do planejamento prévio da SD3.

Por sua vez, os recursos visuais temáticos que referenciavam significados sobre História da Ciência e aplicações tecnológicas foram assumidos como instrumentos para promover a motivação, em duas ocorrências, conforme o excerto: "para que esta etapa da aula não ficasse muito cansativa, pensamos em tentar sempre trazer imagens e vídeos para complementar as explicações" (L2). De maneira semelhante, constatamos uma ocorrência que considerou o uso dos recursos visuais temáticos citados anteriormente e das representações moleculares

estáticas para fins de motivação dos alunos, conforme retrata o excerto seguinte: "[…] foi falado sobre propriedades físico-químicas, estrutura das moléculas, aplicações além daquelas do contexto de guerra e se utilizou recursos visuais para tornar o conteúdo menos maçante e repleto de textos" (RG3, p. 8).

Dois aspectos *convergentes* emergiram para o grupo de licenciandos que implementou a SD4. Durante a comunicação oral, a importância de abordar a ideia de modelo foi enfatizada, ainda que tenha sido suficientemente explorada na prática de ensino, conforme demarcou L13:

> L13: […] a nossa ideia era trazer os conteúdos de forma simples, né? Só que, por exemplo, a gente para falar do luminol, tinha a fluorescência, a gente tentou abordar o modelo atômico de Bohr… só que a gente só falou desse modelo, a gente não falou de nada do conceito de modelo, de nada… e ali, eu acho que ficou meio difícil falar disso, a não ser falar de forma simples…

Nesse sentido, o segundo aspecto retratou a pertinência de elicitar as concepções dos alunos do domínio macro, durante a exibição de um recurso visual dinâmico que constituiu a ação dos alunos de observar um fenômeno como alvo conceitual da Química (na Figura 24), conforme o excerto encontrado no relatório em grupo (RG4, p. 17):

> Neste trecho, há a necessidade de abordar o conceito de precipitação […] dá para notar que os alunos estão sempre procurando conectar com a técnica [...] Isso é importante, pois, aparentemente, eles demonstram interesse no conteúdo […] A construção do conhecimento, aqui, se deu mais por um discurso interativo, onde os alunos precisaram descrever e dizer o que estavam entendendo da reação mostrada no recurso visual.

O aspecto codificado como *potencialmente divergente* se baseou na atribuição de uma função motivadora para o uso dos recursos visuais temáticos. No relatório individual de L17, o aumento do interesse causado pelos recursos visuais foi destacado, conforme o excerto: "[…] utilizamos desenhos relacionados aos seriados policiais famosos […], e essa parte da aula foi exatamente como havia pensado […] os alunos se interessaram muito, identificaram os personagens das imagens e participaram bastante" (L17).

Assim, analisamos a distribuição dos tempos alocados na prática de ensino para a disponibilização dos recursos visuais não verbais, para o conteúdo semântico das interações verbais desencadeado nessa disponibilização e para as ações dos

alunos relacionadas a uma estratégia de visualização, no sentido de retratar o contexto sobre o qual se desenvolveram as análises posteriores acerca das percepções dos licenciandos sobre as relações entre o tempo alocado em sala de aula e o processo de visualização.

5.3 RESULTADOS DAS PERCEPÇÕES DOS LICENCIANDOS

Nessa seção, apresentamos as percepções dos licenciandos sobre as relações entre o tempo e o uso de recursos visuais emergidas das suas experiências na escola, por meio das práticas desenvolvidas no estágio supervisionado (5.3.1), e da implementação das sequências didáticas (5.3.2), a partir da análise dos relatórios de estágio e dos relatórios individuais e em grupo.

5.3.1 Percepções a partir do tempo escolar

O trabalho de planejamento e de implementação das sequências didáticas temáticas ocorreu paralelamente ao desenvolvimento de uma parte da carga horária destinada ao estágio supervisionado no curso de Licenciatura em Química. Na ficha de observação, foram introduzidas algumas questões orientadoras e preparatórias para a elaboração do relatório de estágio, sendo que, o resultado da análise desses documentos curriculares é mostrado na Figura 27.

Figura 27 - O tempo e os RVQ nas intervenções escolares

Lista de Códigos	L13	L17	L6	L1	L2	L4	L20	L10	L3	L8	L12	L19	SOMA
Percepções do tempo e do processo de visualização		SD4			SD3			SD2			SD1		
Percepções com o tempo escolar													
O uso do tempo com RVQ na prática de ensino													
Tempo adequado (Intervenção)													
Demanda de tempo com experimentos ou simulações		■					■	■					3
Demanda de tempo com vídeos ou imagens estáticas									■			■	2
Demanda de tempo com representações estruturais	■			■							■		3
Não responderam					■								1
Percepção da fala rápida			■										1
Não realizou intervenção de ensino						■				■			2
Uso adequado (Intervenção)													
Leitura e familiaridade com imagens estáticas	■			■								■	3
Modelagem							■	■					2
Não responderam									■				1
Abord. Interativa de autoridade em aula de revisão											■		1
Suporte aos alunos no uso de simulações		■											1
Segurança do licenciando com a lousa			■										1
Experimentação aumenta o interesse/compreensão					■								1
Não realizou intervenção de ensino						■				■			2
A observação do uso do tempo com RVQ													
Tipos de recursos visuais (Observação)													
Apenas lousa	■		■					■		■		■	5
Experimentos (Exp.)						■					■		2
Exp., vídeos, kit molecular 3D e proj. slide									■				1
Vídeos e simuladores					■								1
Vídeos				■									1
Projeção de slides (proj. slide)		■											1
Exp. e objetos concretos							■						1
SOMA	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	

Fonte: Autor.

Com os resultados apresentados na Figura 27, constatamos que 42% (5) dos professores supervisores de estágio utilizaram apenas a lousa como suporte aos recursos visuais não verbais da Química no período de observação de regência, enquanto que 58% (7) utilizaram a lousa junto a outros tipos de suporte. O uso de experimentos teve uma ocorrência de 33% (4), seguido pelo uso de vídeos com 25% (3), de objetos concretos e projeção de slide com 17% (2) e de simuladores com 8% (1). A variação de tipos de suporte ocorreu em favor aos experimentos didáticos e aos vídeos, enquanto recursos visuais dinâmicos, interativos e, geralmente, mediadores do ensino com modelos científicos complexos tiveram baixa ocorrência, como os simuladores computacionais.

A exclusividade do uso da lousa também foi marcante nas observações da regência do supervisor, entretanto, nessas situações apenas dois licenciandos seguiram com o uso exclusivo desse recurso durante suas intervenções de ensino (L13, L6), uma vez que um licenciando não realizou intervenção (L8) e os demais fizeram uso de experimentos (L10) ou de imagens impressas, software para elaboração de gráficos e projeção de slides (L19).

Dentre a totalidade de intervenções de ensino realizadas pelos licenciandos (n=11) apenas três (3) se basearam no uso exclusivo de representações visuais não verbais suportados por lousa (L13, L6, L12). De modo geral, os resultados sugerem que a maioria dos licenciandos possui familiaridade com a utilização de diferentes tipos de recursos visuais da Química e a vivenciou por meio da observação de regência e durante as suas próprias intervenções de ensino no estágio.

Na amostra de relatórios de licenciandos que implementaram a SD1, vemos que a vivência com apenas o uso da lousa foi adequada aos propósitos colocados pela escola, pois tratavam-se de aulas para “a revisão de conteúdos de Química”, nas quais “o conteúdo de Química Orgânica foi apresentado de forma mais direta, complexa e pragmática, através do uso de giz e lousa e interações de autoridade” (L12). Nesse contexto, o uso de representações estruturais foi percebido com uma demanda de tempo por parte dos estudantes e mediada pelas interações verbais, com as quais se buscava “esmiuçar os conceitos e apresentá-los de forma lenta e

calma, tendo em vista que os alunos solicitavam uma abordagem que permitisse um tempo maior para entender algumas informações” (L12).

O uso de gráficos apoiados por projeção de slides e representando as propriedades periódicas foi visto como adequado, esse uso pressupôs as suas criações por meio de software pelos alunos e foram inseridos em uma sequência de ações de leitura, de criação de hipóteses explicativas e de discussões com a turma inteira. A observação orientada se constituiu por uma “leitura preliminar” do recurso visual sobre “eixos, escala, periodicidade, pontos extremos e agrupamento de semelhanças” (L19), por parte do licenciando. Em seguida, os estudantes criavam hipóteses explicativas para os comportamentos que estimulavam discussões posteriores.

Quando refletida sob a perspectiva do tempo, essa forma crítica de uso de gráficos em sala de aula foi percebida junto a uma demanda de tempo para o ensino de procedimentos e para a inserção sistemática de discussões. Nessa tarefa de repensar o tempo, “haveria uma ampliação em duas aulas”, sendo uma delas para “uma instrução mais completa sobre a confecção de gráficos” e a outra para “garantir uma discussão profunda sobre as consequências das propriedades periódicas trabalhadas”, uma vez que não fora prevista, porém, “se mostrou tão rica que deve ser incorporada já no planejamento” (L19).

Os resultados sugerem que parte do grupo de licenciandos percebeu que o trabalho em sala de aula com representações estruturais químicas e com gráficos de propriedades periódicas dos elementos demandavam tempo, respectivamente, sustentado por exigências de aprendizagem e por ações de criação de modelos explicativos e discussões com a turma inteira. No entanto, essas concepções não levaram a um aumento do tempo de disponibilização de representações químicas simbólicas ou icônicas (Figura 20) e para um incremento no tempo e na diversificação das ações dos alunos com recursos visuais da Química (Figura 24), no contexto de implementação da sequência didática temática (SD1).

Por outro lado, todos os licenciandos que implementaram a SD2 realizaram intervenções de ensino no estágio que não se limitaram ao uso exclusivo da lousa como suporte aos recursos visuais. Na experiência de L3, vemos que para o uso de vídeos e imagens estáticas “considerou-se a baixa adesão dos alunos [...] e optou-

se por passar uma pré-atividade para ser feita em classe", a qual teve "o objetivo de levantar os conhecimentos prévios dos alunos e de incentivar uma primeira reflexão sobre o tema da aula" (L3). A seguir, um vídeo foi exibido com o experimento de Becquerel e, logo, imagens estáticas em projeção de slides foram usadas para o ensino de aspectos históricos da Química e decaimento radioativo, tempo de meia vida e os processos de fissão e fusão nuclear.

Embora um argumento mais elaborado sobre a adequação dessa forma de uso não tenha sido enunciado, uma referência a demanda de tempo para a discussão com os estudantes sobre os conteúdos do vídeo e das imagens foi inferida, pois "a pouca disponibilidade de tempo e a baixa adesão às atividades […] acabaram prejudicando", porém, os "alunos que participaram [(das discussões)] apresentaram bons resultados" (L3).

Os demais licenciandos do grupo tiveram vivências com o uso de experimentos didáticos envolvendo destilação simples, criação e análise de misturas com produtos domésticos ou de fácil obtenção, dentro do tópico curricular de separação de misturas (L10) e a abordagem de modelo atômico por meio dos fenômenos de sublimação, ressublimação, desidratação e reidratação de substâncias (L20). O uso desses recursos visuais foi considerado adequado pelo fato de estarem inseridos em práticas de modelagem, conforme inferiram, respectivamente, L10 e L20:

> Como no caso desta experiência […][,] a modelagem com o uso de experimentos demonstrativos ou a elaboração de práticas experimentais com materiais de fácil acesso […] trouxe repercussões muito positivas, quando comparadas às aulas em que a proposta é simplesmente a transmissão de informação.
>
> Assim, foram pensadas atividades com teor investigativo e que tratassem de discutir o emprego de modelagem para visualização, compreensão, previsão e explicação de fenômenos químicos.

As considerações sobre o tempo colocaram, por um lado, enfoque sobre as discussões realizadas antes e durante a exploração dos recursos visuais. De acordo com L10, "as discussões renderam um tempo além do planejado pela proposta inicial", entretanto, o licenciando assume que é "[…] pertinente utilizar mais tempo nas discussões [...]", uma vez que "a discussão foi fundamental para analisar e

avaliar as observações dos alunos durante a atividade prática e a relação com os conceitos químicos” (L10).

Por outro lado, uma distribuição de tempo satisfatória é percebida numa abordagem de ensino por modelos. Constata-se que, para L20, “os recursos escolhidos para as atividades de modelagem demonstraram-se suficientes” e demandaram “informações suficientes para que os alunos pudessem trabalhar e gerar conclusões durante uma hora-aula”. Uma alteração nessa distribuição temporal foi percebida apenas para recursos verbais, como um aumento de tempo para a leitura de pequenos textos escritos com sínteses conceituais auxiliares para a criação dos modelos, pois, em suas palavras: “se mais tempo fosse disponível, seria possível chamar a atenção dos alunos para os textos norteadores ao início do roteiro” (L20).

O tempo referenciado com o uso do experimento ficou assim estabelecido: a realização e a observação de um experimento por cada grupo de estudantes, seguidos de uma exploração oral dos comportamentos observados (15 minutos); a elaboração de representações na dimensão atômico-molecular para explicar os fenômenos anteriores e o posterior registro fotográfico desses desenhos (30 minutos) e; a exposição oral com a explicação de cada modelo expresso seguida de discussão, com a turma inteira, sobre as características e as limitações de cada modelo criado, usando a projeção de slide (15 minutos).

Em conjunto, esses resultados mostram que o uso de recursos visuais não verbais da Química esteve associado a uma percepção de reserva do tempo necessário para discussão oral e para a prática de modelagem. Ambos os aspectos são condizentes com as ideias de externalização de significados com representações e de construção de representações pelos próprios estudantes demarcados na apresentação e arguição oral (Figura 25), bem como, a menção à modelagem e a reafirmação do papel da externalização de significados com representações trazidas nos relatórios finais (Figura 26). Da mesma forma, as vivências de práticas inspiradas na modelagem (L10 e L20) durante o estágio corroboraram a presença da maior quantidade de tempo e da maior diversidade de ações dos alunos envolvidos numa estratégia de visualização (Figura 24) como uma característica distintiva na implementação da SD2.

Parte do grupo de licenciandos que implementou a SD3 realizou no estágio suas intervenções de ensino com um enfoque no uso de experimentos didáticos. De acordo com o L2, o uso de experimentos aumentou o interesse dos estudantes e auxiliou na compreensão dos conhecimentos químicos sobre ácidos e bases abordados previamente, em suas palavras, nos diz que "[…] foi possível observar que os alunos ficaram animados com a prática, tiveram interesse em realizá-la" e, também, que "os experimentos os auxiliaram na compreensão dos temas abordados anteriormente em aulas expositivas, fazendo a relação entre a teoria e a prática" (L2).

Na intervenção de ensino do L1, o experimento esteve articulado com o uso de representações estruturais químicas do DNA, no sentido de mobilizar significados sobre interações intermoleculares para explicar os fenômenos observados na atividade prática. A adequação do uso desses recursos visuais recaiu sobre o fato de os estudantes estarem familiarizados com estruturas de biomoléculas, pois, segundo o licenciando, essa "representação não causou estranhamento nos estudantes por conta da professora […] que sempre desenha biomoléculas na lousa ou leva impressões com as representações [...]" (L1).

Considerações sobre as demandas de tempo ocorreram apenas na vivência do L1 e retrataram a falta de tempo para avaliações baseadas em estruturas químicas. Para o licenciando deveria ter existido "um questionário após a discussão, talvez parecido com o prévio [(com representações estruturais)], para verificar a evolução dos estudantes nas concepções sobre o conteúdo", pois o recurso "estava planejado, mas foi retirado da prática por conta da falta de tempo", sendo que "as questões resolvidas durante a prática tiveram o intuito de otimizar o tempo" (L1).

A atividade referenciada se constituiu pela resolução de questões iniciais, envolvendo a representação estrutural do DNA, e uma breve discussão sobre seus conteúdos (15 minutos). Após a entrega das fichas de procedimentos o experimento foi realizado pelos estudantes (55 minutos) e, ao final, uma discussão sobre os fenômenos observados e os conceitos químicos foi implementada (25 minutos).

Por sua vez, não foram emitidas considerações sobre a adequação do uso do tempo com recursos visuais pelo L2. A atuação de L4 se desenvolveu na forma de auxílio a aulas expositivas, com experimentos e com resolução de exercícios

ministradas pelo supervisor e pouco protagonismo didático do licenciando, de forma que não foram consideradas como intervenções de ensino e, no relatório, não foram emitidas tanto considerações sobre as adequações do tempo quanto das formas de uso dos recursos visuais da Química mobilizados.

Nas experiências desse grupo de licenciandos vemos o predomínio do uso de experimentos, embora esse tipo de recurso didático não tenha sido adotado na implementação da SD3, ao não ser por meio da sua exibição em vídeo. Assim como, a percepção da importância da reserva de tempo alocado para a leitura e discussão sobre representações estruturais químicas em articulação com fenômenos experienciados foi enfatizada por apenas um dos licenciandos (L1). Essas ocorrências se coadunam com a pouca ênfase dada à construção de representações por parte dos estudantes e um enfoque na interpretação de representações explicitados na apresentação oral (Figura 25), bem como, com a ausência de ações dos alunos de elaboração e externalização de representações para explicar fenômenos previamente observados durante a SD3 (Figura 24).

Do grupo que implementou a SD4, dois licenciandos desenvolveram suas intervenções de ensino com o suporte apenas da lousa (L13 e L6) e um utilizou simulações (L17). O uso adequado da lousa como suporte para a inscrição de representações estruturais se fundamentou na mediação de uma leitura crítica desses recursos visuais em “aulas expositivas”, baseadas na “representação de estruturas químicas de substâncias com funções conhecidas pelos alunos” e na intenção de que “[…] os alunos compreendessem o sentido da classificação desses padrões como funções orgânicas, para que compreendessem que não é apenas uma classificação e, sim, propriedades relacionadas à reatividade” (L13). Por outro lado, também emergiram fatores pessoais como a segurança atribuída ao emprego da lousa, conforme nos diz o L6: “[…] como era a minha primeira experiência sozinho, resolvi utilizar um método que me deixava pelo menos confortável e mais seguro” (L6).

Quando a simulação computacional foi mobilizada, a adequação do seu uso foi percebida mediante o suporte necessário aos alunos para o seu manuseio e a exploração individual. Esta etapa é descrita por L17 dessa forma: “[…] nesse momento eu abri os slides no site do simulador, para ensiná-los como seria a

atividade. Fui passando entre as carteiras para poder ir auxiliando, muitos alunos iam chamando para tirar dúvidas" (L17).

Considerações sobre o tempo e o uso desses recursos visuais foram trazidas por todos os licenciandos do grupo. Para o L13, o trabalho com representações estruturais na lousa demanda tempo e, por isso, a falta de tempo implicou no uso de poucas representações estruturais. Segundo o licenciando, "[…] a escola não possuía recursos de projeção e, portanto, não havia a possibilidade de utilizar muitas estruturas químicas devido à dificuldade representacional e o tempo que isso tomaria da aula" (L13), no sentido de que a projeção de imagens reduziria o tempo gasto com a sua inscrição na lousa com o giz.

Por outro lado, o uso da lousa para a exploração de representações químicas no ensino de classificação de cadeias carbônicas foi associado ao tempo da fala e, com isso, emergindo a percepção de um tempo rápido e inadequado, conforme o excerto: "[…] não tenho muita experiência como professor, então o quesito do tempo foi algo com o qual tive problemas […], pois tendia a falar muito rápido e sobrava tempo, [entretanto,] eu consegui ir melhorando com o passar das aulas" (L6).

Na intervenção de ensino com o uso de simulação, o tempo para a sua exploração foi percebido como insuficiente. Nos diz o L17 que "o tempo foi bem apertado para fazer tudo que eu havia planejado", sendo que "a revisão foi feita de modo rápido e com a ajuda dos próprios alunos e o restante do tempo foi para mostrar a montagem do átomo, [por isso] gostaria de ter mais uma aula para poder realizar as atividades com mais calma" (L17).

De modo geral, as experiências majoritárias desse grupo de licenciandos com o uso exclusivo da lousa foi condizente com o predomínio do uso de recursos visuais estáticos (projeção de slides) durante a implementação da SD4 (Tabela 3), de modo que a única vivência com simulação não contribuiu para a sua inclusão na sequência didática. A atenção dispensada ao uso de representações estruturais com um enfoque intencional na aprendizagem conceitual e sem a sua redução às dimensões perceptual e representacional se coaduna com uma ocorrência do código temático sobre a importância de abordar a ideia de modelo (Figura 25), na apresentação oral.

Entretanto, a inexistência por parte de todos os integrantes de vivências com demandas de tempo para os estudantes observarem fenômenos, criarem e

refinarem suas próprias representações ou modelos explicativos corroboraram com as ocorrências da menor quantidade de tempo e da menor diversificação das ações dos alunos relacionadas a uma estratégia de visualização que formaram uma característica distintiva da SD4.

5.3.2 Percepções a partir da implementação de sequências didáticas

Após a implementação das sequências didáticas, os licenciandos expuseram suas primeiras considerações sobre a prática de ensino por meio de uma comunicação oral. No contexto de uma retomada sistemática com o resgate de impressões e descrições detalhadas de episódios e de atividades de ensino uma arguição oral foi realizada no intuito de aprofundar o debate acerca dessas reflexões iniciais.

Questões sobre a percepção do uso do tempo com os recursos visuais não verbais foram inseridas e a discussão foi impulsionada por perguntas como: *quando vocês escolheram os recursos visuais não verbais que fizeram parte da proposta implementada, quais foram os critérios utilizados para estipular a quantidade de tempo em que cada recurso visual seria explorado, do tempo necessário para a sua exibição e manipulação até o tempo para o desenvolvimento de tarefas associadas ao seu conteúdo visual?* Da mesma forma, um direcionamento das discussões para a especificidade dos recursos visuais da Química foi realizado por meio da pergunta: *e quando os recursos visuais não verbais estavam relacionados aos conceitos químicos qual foi o critério utilizado para destinar o tempo em que cada recurso visual seria explorado?*

As respostas e argumentações dos licenciandos foram codificadas e os resultados apresentados na Figura 28. Os resultados mostraram a predominância de ocorrências (13) de uma percepção do tempo de uso de recursos visuais da Química (RVQ) centrado no tempo da fala do licenciando e apenas duas (2) ocorrências para uma percepção do uso do tempo a partir de outros fatores. Por outro lado, quando os recursos visuais não verbais referenciavam significados e sentidos acerca da temática (RVT) da sequência didática o tempo de uso foi percebido em

correspondência com os tempos da fala do licenciando ou das ações desencadeadas pelos estudantes por meio cinco (5) ocorrências.

Figura 28 - O tempo e o uso de recursos visuais (AO)

Lista de Códigos	SD4	SD3	SD2	SD1
Percepções do tempo e do processo de visualização				
Percepções após a implementação da SD				
Percepção sobre o uso do tempo com RV				
O tempo dos RVQ centrados na fala (L)				
O tempo do RVQ é o tempo da explicação verbal	4	3		2
Mais tempo para discutir RVQ (submicro) não familiares			2	
Mais tempo para interpretar (L) RVQ (macro) não familiares		1		
Mais tempo quando RVQ são dinâmicos	1			
O tempo dos RVQ influenciado por outros fatores				
A qualidade do RVQ em vez do tempo de exploração	1			
Tempo menor para RVQ devido a uma ênfase nos RVT				1
O tempo dos RVT centrados na fala (L) ou nas ações (A)				
Tempo maior para explicar (L) RVT não familiares			1	
Tempo rápido com RVT que exemplificam			2	
Mais tempo para manusear e interpretar RVT não familiares				2
Diferenciação temporal entre RVT e RVQ				
Reservar mais tempo para os RVT	1			1
Tempo equilibrado entre RVQ e RVT e para abordar macro/submicro			1	
Não houve um critério de tempo para RVT e RVQ		1		
SOMA	7	5	6	6

Fonte: Autor.

Na subcategoria *O tempo dos RVQ centrados na fala do licenciando,* constatamos o predomínio (9) da ideia de que o tempo de exploração dos RVQ é o tempo decorrente de sua explicação verbal por parte do licenciando. Uma percepção compartilhada por integrantes de todos os grupos com exceção daqueles que implementaram a SD2, em excertos como: “L1: a gente tentou dar um tempo, que desse para gente explicar direitinho o que estava acontecendo”, “L19: a gente sabia que o tempo delas era o tempo da explicação ali... e essa imagem está sendo usada para auxiliar um discurso... […] eu acho que foi, mais ou menos, esse o critério”.

Por sua vez, em duas (2) ocorrências os licenciandos do grupo da SD2 qualificaram o tempo de exploração do recurso visual por meio do tempo da fala a partir da possível não familiaridade dos estudantes com representações estruturais químicas, de forma que o incremento do tempo de fala serviu também para sondar as compreensões dos alunos, conforme o trecho:

> L3: acho que dependeu da demanda dos alunos... do que surgia deles... e dúvidas...

> L20: a gente deixou de uma forma bem flexível... tanto é que na segunda aula, a gente retomou esse slide… […] enquanto a gente viu que estava fluindo bem, a gente deixou...
> AI: em função de perguntas... ou dúvidas sobre o recurso?
> L20: sim!… até porque a gente não sabia... o quanto eles se sentiriam confortáveis em trabalhar com essas estruturas químicas...

Em menor ocorrência (1) duas qualificações foram inferidas por licenciandos dos grupos da SD3 e da SD4, respectivamente, por meio de um aumento do tempo da fala para o licenciando interpretar no domínio macro o conteúdo de recursos visuais não familiares aos alunos e, no outro caso, por meio de um incremento no tempo de fala do licenciando quando o recurso visual era de natureza dinâmica, uma vez que o fluir do tempo dependia da compreensão do seu conteúdo visual por parte dos estudantes enquanto que o uso dos demais recursos visuais estáticos se pautou pelo tempo de sua explicação proferida pelos licenciandos, conforme os excertos:

> L2: então... essa foi uma imagem que a gente realmente levou mais tempo para trabalhar
> AI: porque tinham mais informações nela?
> L2: mais informações... 1[era realmente] era realmente uma interpretação muito subjetiva do quadro... e que resumia muito o efeito, e aí, o quadro era todo laranja, assim, bem esfumado... você via as pessoas muito pequenas, ali
> L18: 1[para decifrar]
> L2: então, a gente realmente quis trazer o quadro... […] então, e essa foi uma imagem que a gente realmente demandou mais tempo…
>
> L13: […] a minha ideia era passar o guife para ele ficar sendo reciclado
> AI: ele repete, né?
> L13: é! ele repete... ele acaba, e vai repetindo… e… […] quando eu quis… levar para o guife, a atenção deles… a minha ideia era que houvesse uma compreensão do procedimento que estava sendo mostrado no guife… então, o tempo era mais qualitativo mesmo… até todo mundo entender, o que estava acontecendo naquele experimento, ali…

Nessa subcategoria, destaca-se o fato de que não ocorreram qualificações do uso do tempo com RVQ centrados na fala, para além da ideia de “explicação verbal do licenciando”, por parte dos integrantes do grupo da SD1. As duas (2) ocorrências na subcategoria *O tempo dos RVQ influenciado por outros fatores* se distribuíram em percepções baseadas na qualidade do recurso visual e na ênfase dada a outros tipos de recursos visuais, por licenciandos dos grupos da SD4 e da SD1. A simplicidade e a facilidade de entendimento dos recursos visuais auxiliavam no fluxo de tempo ritmado pela fala do licenciando e, por outro lado, o menor tempo destinado ao uso de RVQ foi atribuído ao peso dado aos recursos visuais do tema e

ao seu maior tempo de disponibilização, como vemos, respectivamente, nos seguintes excertos:

> L6: o que eu sinto é que a gente focou foi na clareza da imagem, assim... usar, uma mais colorida, 1[mais... fácil de] entender…
> L13: 1[mais simples, também]

> L12: […] já essas outras imagens, elas tinham um peso maior e eram elas que regiam a nossa aula... então, a qualquer momento o aluno, ele precisava ter essa possibilidade de visualizar... visualizar as cores… […]
> L12: então elas precisavam estar ali, sempre no espectro do aluno, né?

Na subcategoria *O tempo dos RVT centrados na fala dos licenciandos ou nas ações dos alunos,* três códigos temáticos se distribuíram em inferências de licenciandos dos grupos da SD2 e da SD1. No primeiro grupo, uma (1) ocorrência se referiu a um tempo maior para explicar os licenciandos explicarem RVT não familiares (o recurso T43), conforme nos mostra o trecho: “L3: ali por exemplo, essa aqui a gente já demorou mais tempo porque precisava explicar os conceitos... relacionados ao que elas fizeram…”. Por outro lado, duas (2) ocorrências no mesmo grupo de licenciandos demarcaram a atribuição de um tempo rápido com o uso de recursos visuais (imagens estáticas e objetos concretos) que ilustravam ou exemplificavam significados ou eventos sobre o tema, conforme os excertos:

> L3: essas imagens do começo são só exemplos… então, a gente não focou muito nelas, a gente passou rápido…

> L20: as embalagens... elas já... a gente apresentou, mas já foi direcionado... […] nesse caso... a gente também já tinha uma... uma pontuação bem definida, para não… ter que gastar muito tempo, ter que desviar muito tempo... para esse tipo de interação…

Por sua vez, duas (2) ocorrências no grupo de licenciandos da SD1 inferiram a atribuição de mais tempo para os estudantes manusearem e interpretarem recursos visuais não familiares e sobre o tema. A reserva de tempo para o contato direto por meio do manuseio de diversas imagens impressas foi fundamental para estimular a construção de argumentos e de modelos explicativos, durante uma atividade que envolvia a criação de um problema e a exploração das ideias dos alunos, de acordo com o trecho a seguir:

> L19: a gente não queria chapar... a obra num slide... [...] para não... não... castrar, digamos assim, a imaginação na interpretação... uma coisa muito legal que aconteceu […] é que eles ficavam discutindo... a orientação

> [(espacial)]... da obra... por exemplo, uma coisa que não seria... possível no slide...
> L19: então assim, eh... isso, foi muito legal... porque eles estavam buscando... na forma de posicionar... a coisa... o argumento que eles precisavam... […] aí outro falava... mas é uma paisagem! olha aqui, é claramente uma paisagem... e outro, mas é uma tela... tem que ser em pé…

A exploração sobre as relações entre o tempo alocado em sala de aula e o uso de recursos visuais não verbais foi direcionada para o tipo de significado para o qual o recurso visual havia sido usado como mediador do ensino, por meio da seguinte pergunta: o *fato de um recurso visual não verbal estar diretamente relacionado ao tema ou estar diretamente relacionado a um conceito químico foi utilizado como um critério para determinar a quantidade de tempo em que ele seria explorado?*

Os resultados compuseram a subcategoria *Diferenciação temporal entre RVT e RVQ* e, com ela, vemos que os licenciandos dos grupos da SD1 e da SD4 inferiram como critério uma reserva maior de tempo para os recursos visuais do tema, conforme as respectivas afirmações: L19: “mas acho que todo mundo tinha, bem claro, que a gente estava muito mais preocupado em dar ênfase para as imagens do tema... do que para as imagens científicas”; L13: “o nosso critério maior era ficar mais nas técnicas… […] era que a gente abordasse mais, que houvesse uma maior explicação pela técnica... então, eu preferi... queria tomar mais esse tempo…”.

Para os licenciandos do grupo da SD3 não houve um critério de tempo claro entre esses dois tipos de recursos visuais, pois ficaram em consenso com a seguinte expressão: L4: “aconteceu de forma um pouco natural, assim, a gente não escolhia… vamos focar mais nessa imagem do nosso contexto e essa da Química”. Por outro lado, o critério assumido pelos licenciandos da SD2 se baseou em dois aspectos, quais sejam, a busca por um equilíbrio na distribuição dos tempos com os recursos visuais da Química e do tema e, em referência aos primeiros, a promoção do uso de um tempo adequado para estabelecer relações entre os domínios macro e submicro durante as interações verbais, conforme os excertos:

> L10: a gente não determinou, assim, para cada recurso o quanto exatamente, pensando no tempo que a gente demandaria com ele ou não... mas […] pensando mais no fato da funcionalidade ou então do quanto aquele recurso poderia nos ajudar, na hora de conseguir explicar um

> conceito químico e fazer essa relação entre o macro e o micro... porque na Química a gente tem essa dificuldade, muitas vezes de relacionar... né?... o macroscópico e o microscópico… e desenvolver no aluno esse pensamento…
> L20: […] não ficamos tão presos ao tempo, mas sim... a importância e ao porquê que a gente estava utilizando aquilo... qual a função daquele recurso... e o que a gente queria apresentar…
> L20: tanto, até que... intuitivamente falando... isso acabou sendo uma... consequência, porque a gente queria fazer uma aula equilibrada... então, a primeira aula era muito focada na Química, enquanto que na segunda, a gente estava focando na contextualização…

Em linhas gerais, esses resultados demarcaram a centralidade do tempo de fala do licenciando quando o mesmo reflete sobre o uso do tempo com os recursos visuais da Química, bem como, a inexistência, majoritariamente, de uma distinção explícita e fundamentada entre a exploração do tempo alocado em sala de aula para os recursos visuais mediadores de significados da Química e os mediadores dos demais significados, quando os futuros professores estiveram diante do planejamento e da implementação de sequências didáticas temáticas.

Com a oportunidade de realização de novas leituras críticas sobre os registros audiovisuais e, com isso, analisarem a sua própria prática pedagógica como um subsídio à redação de relatórios finais reflexivos, novas questões foram inseridas como guias para suas elaborações.

Nesse contexto, foi solicitada aos licenciandos uma análise acerca da sequência didática implementada sobre o ponto de vista do tempo que cada tarefa envolveu em sala de aula, de modo a descreverem as tarefas que foram mais adequadas e menos adequadas, ou seja, aquelas que atingiram ou não atingiram as intenções previamente planejadas em relação ao tempo com elas dispensadas. Da mesma forma, uma análise foi solicitada aos licenciandos acerca dos momentos nos quais o tempo destinado a exploração dos recursos visuais não verbais foram adequados e inadequados, justificando as respostas e usando trechos dos registros audiovisuais que contivessem evidências de seus argumentos.

A codificação temática realizada sobre os relatórios finais com um enfoque sobre o tempo resultou em três subcategorias (Figura 29). A subcategoria *Percepção do tempo em atividades da SD* retratou as percepções sobre o uso do tempo em tarefas ou atividades de ensino não relacionadas ao processo de visualização em Química. Essas considerações auxiliaram na construção de uma visão sobre o uso

do tempo em diversos momentos ao longo do desenvolvimento da sequência didática (*macrotempo*).

Figura 29 - O tempo e as atividades com recursos visuais (RI e RG)

Lista de Códigos	SD4	SD3	SD2	SD1
Percepções do tempo e do processo de visualização				
Percepções emergidas nas reflexões finais				
Percepção do tempo em atividades da SD (macro tempo)				
Percepção de fala (L) rápida	7	6		2
Reservar tempo para levantar concepções prévias (A)	1			4
Tarefas de discussão (A) demandam tempo na aplicação	3		1	1
Atividades suportadas oralmente (L) levam um tempo menor		4		
Dificuldade de escrita (A) demanda tempo na aplicação				3
Tarefas autônomas (A) levam um tempo maior		2		
Percepção do tempo em estratégia de visualização (meso tempo)				
Reservar tempo para articular representações macro e submicro			2	
Reservar tempo para externalizar significados com RVQ			1	
Reservar tempo para a ideia de modelo e modelagem	1			
Percepção do tempo em interações verbais com RVQ (micro tempo)				
Reservar tempo para a interpretação (A) dos RVQ	5			
Reservar tempo para discussões orais sobre RVQ		1	3	
SOMA	17	13	7	10

Fonte: Autor.

Nesse olhar amplo e orientado para as atividades que compuseram cada uma das sequências didáticas se destacou, com quinze (15) ocorrências distribuídas nas SD4, SD3 e SD1, a percepção de que a fala dos licenciandos se processou com rapidez, por meio do código *Percepção de fala rápida,* em trechos como: “durante as explicações, pude notar uma espécie de discurso apressado, pois falava muito rápido, devido à empolgação talvez, isso é algo que só notei com os vídeos” (L13).

A percepção de que as discussões orais empreendidas por estudantes em atividades de aplicação de ideias científicas são dispendiosas de tempo emergiu em três dos grupos (SD4, SD2 e SD1) em um total de cinco (5) ocorrências por meio do código *Tarefas de discussão demandam tempo na aplicação*, conforme exemplifica o L10:

> Diante da minha reflexão, acredito que seria necessário mais tempo para esta atividade. Analisando os vídeos podemos notar que os alunos demonstraram entusiasmo no compartilhamento de suas ideias e nas reflexões que realizaram sobre a problemática da biopirataria, sendo que a discussão precisou ser encerrada, pois já estávamos excedendo o tempo do término da aula.

Por sua vez, a percepção da necessidade de se reservar um tempo adequado para o levantamento de ideias prévias dos alunos foi comum a dois dos grupos (SD4

e SD1) e pode ser vista por meio das cinco (5) ocorrências do código *Reservar tempo para levantar concepções prévias*, cujo excerto representativo pode ser encontrado no relatório de L19, pois, a atividade

> […] foi idealizada para consumir a maior parte da aula. O grande intervalo destinado a esta etapa se deveu às discussões em grupo e depois com a sala. Quando se opta por passar a palavra aos alunos de forma livre, especialmente em uma turma desconhecida, fica muito difícil prever o comportamento da sala. Com isto em mente, o tempo planejado para esta atividade foi estendido para evitar que a discussão precisasse ser interrompida.

Os demais códigos temáticos foram exclusivos a apenas um dos grupos. O grupo que implementou a SD3 mencionou que as atividades de ensino que foram centradas na exposição oral dos licenciandos demandaram um tempo de sala de aula menor do que o tempo estimado no planejamento. Assim, essa percepção foi reforçada por meio de quatro (4) ocorrências do código *Atividades suportadas oralmente levam um tempo menor,* conforme vemos nos excertos: “essa sequência expositiva teve duração de 33 minutos, quase 20 a menos do que o esperado. Essa redução do tempo se deu, principalmente, pela falta de participação dos estudantes” (RG3, p. 8), e em: “Quanto à real duração das atividades planejadas, o tempo daquelas que dependiam apenas de nós [(no sentido de ‘nossas interações verbais’)] foi menor que o pensado” (L1).

Por outro lado, o referido grupo também foi capaz de pensar sobre o controle do fluxo do tempo em sala de aula numa dimensão oposta, ou seja, em ações centradas nos estudantes. Nesse sentido, a percepção de que o tempo dessas tarefas de aprendizagem tendem a demandar mais tempo alocado foi inferida por meio das duas (2) ocorrências do código *Tarefas autônomas dos alunos levam um tempo maior*, exemplificadas com o fragmento textual: “Já o tempo da confecção e apresentação dos cartazes foi um pouco maior na prática do que na teoria, já que era totalmente dependente dos estudantes” (L1).

Por fim, apenas no grupo da SD3 encontramos uma inferência sobre a demanda de tempo em sala de aula quando os estudantes realizaram tarefas de papel e lápis baseadas na produção de textos escritos. Uma percepção reiterada por meio de três (3) ocorrências do código *Dificuldade de escrita dos alunos demanda tempo na aplicação* e ilustradas por meio de afirmações como: o grupo de

licenciandos “[...] se deparou com uma forte resistência por parte dos alunos[, pois] atividades que haviam sido previstas para serem finalizadas em cinco minutos, […] levaram quase trinta, muito por conta do receio dos alunos em formalizarem suas discussões em um texto breve” (L12).

A subcategoria intitulada *Percepção do tempo em estratégias de visualização* reuniu as considerações temporais dos licenciandos sobre princípios ou atividades não restritas ao uso da fala e inerentes ao processo de visualização em Química. Esses resultados ajudaram na elaboração de um panorama sobre a percepção dos licenciandos acerca dos aspectos necessários a um conjunto articulado de ações dos alunos com os recursos visuais da Química, envolvendo percepção, interpretação, construção e refinamento representacional, bem como, inserido em um nível de tempo menor que o tempo total da sequência didática, porém, maior que os tempos das interações verbais particulares (*meso tempo*).

Apenas licenciandos dos grupos da SD4 e da SD2 inferiram considerações nesse âmbito, sendo que houve uma (1) ocorrência para o código *Reservar tempo para a ideia de modelo e modelagem,* por meio do qual o L13 reconhece criticamente que a complexidade do modelo científico abordado[30] remetia a uma prática de modelagem ou, nos limites do planejamento implementado, a um tempo maior para a inserção de “uma noção básica”, provavelmente, de forma oral. Conforme o L13, essa necessidade foi apontada tendo

> […] em vista a complexidade do modelo e também do conceito de modelagem, pois os alunos ainda não haviam tido contato com este conceito [(modelo atômico)], […] então eu devia ter gasto um pouco mais de tempo para dar uma noção mais básica do conceito de modelagem para a compreensão dos alunos e, por isso, julgo a utilização deste recurso inadequada do ponto de vista temporal.

No grupo da SD2, duas (2) ocorrências demarcaram a importância de se assegurar parte do tempo alocado em sala de aula para mediar a transição entre os domínios da Química. Essa percepção do uso do tempo foi assinalada por meio do código *Reservar tempo para articular representações macro e submicro,* no relatório em grupo (RG2, p. 6) e em trechos como:

> […] agora com tempo disponível de quatro horas, cuidadosamente, pensamos no desenvolvimento da sequência […]. Para isso, consideramos relevante abordar mais a Química Orgânica durante a discussão dos resultados obtidos na parte experimental, detalhando e fundamentando as explicações com uso de estruturas químicas [...], ajudando na

30 Refere-se ao recurso visual *Ico3* (estrutura atômica e transições eletrônicas).

> referencialidade entre o macroscópico, microscópico e as simbologias presentes na Química.

Além da promoção intencional dessas articulações outro aspecto relevante encontrado foi o da valorização do tempo destinado aos estudantes para realizarem tarefas de construção e comunicação de representações ou modelos explicativos. Durante a implementação da SD2, dois momentos envolvendo tarefas de papel e lápis foram oportunizados para as ações dos alunos de elaborar e externalizar (EE) e a de adaptar (AD) representações, conforme a Figura 24. Apenas este último foi referenciado por meio de uma (1) ocorrência do código *Reservar tempo para externalizar significados com recursos visuais da Química.*

No relatório em grupo (RG2, p. 13), primeiro, os licenciandos consideraram "apropriado" o tempo demandado por essa tarefa durante a prática de ensino, em função da participação ativa dos alunos presentes na aula anterior e do uso da tarefa como "uma forma de avaliação" da aprendizagem. Em seguida, "o tempo destinado à produção textual" dos alunos contendo as respostas para um problema envolvendo a análise de representações estruturais de diferentes solventes e a de essências extraídas foi demarcado, muito embora, um peso valorativo maior tenha sido posto em um dos resultados dessa tarefa de papel e lápis, isto é, na comunicação oral dos modelos explicativos criados, uma vez que "os diálogos construídos foram o ápice", conforme nos mostra o excerto:

> […] essa flexibilidade no tempo foi apropriada para que houvesse uma retomada das discussões […]. Nesse ponto, a execução da atividade foi melhor do que o planejado, uma vez que os próprios alunos presentes em ambos os encontros auxiliaram a levantar os aspectos das primeiras atividades [...]. Esse tipo de atitude demonstra a segurança que os alunos sentiram naquele ambiente, como também proporcionou uma forma de avaliação da sua assimilação. […] Dessa forma, embora tenha sido mantido o tempo destinado à produção textual, os diálogos construídos foram o ápice da sequência didática.

A subcategoria intitulada de *Percepção do tempo em interações verbais com recursos visuais da Química* agrupou as percepções dos licenciandos relacionadas a atividades restritas ao uso da fala com os objetos de visualização e inerentes aos atos de construção de significados. Essas considerações auxiliaram na elaboração de uma visão sobre uma dimensão temporal (*microtempo*) das interações verbais que não se limita ao tempo para a fala do licenciando ou ao tempo de disponibilização dos recursos visuais no plano social de sala de aula.

Com cinco (5) ocorrências exclusivas ao grupo da SD4 o código *Reservar tempo para a interpretação dos recursos visuais da Química* compreendeu ideias que referenciavam a necessidade de assegurar tempo para que os estudantes "interpretassem", "entendessem" ou "lessem" as informações visuais não verbais disponibilizadas, conforme constatamos em reflexões sobre diferentes momentos da prática de ensino, por meio do relatório de L6: "vi que não dei tempo o suficiente para os alunos interpretarem as imagens que utilizei, passando muito rápido pelas explicações e nas trocas de slides", "Não demos tempo suficiente para eles processarem a imagem e nem confirmamos o que eles entenderam também (recurso Ico3)" e "não demos tempo suficiente para os alunos sequer lerem todos os itens da imagem (recurso Sim21)".

Por outro lado, essa percepção também foi reforçada pelo reconhecimento da presença dessa forma de uso do tempo em um momento específico da prática de ensino. Nas considerações do L13 sobre as interações verbais desencadeadas entorno de um recurso visual dinâmico (recurso Exp15) utilizado para caracterizar a ação dos alunos de observar um fenômeno como alvo conceitual da Química (na Figura 24) emergiu a percepção de que o tempo disponibilizado permitiu uma interpretação razoável que foi verificada por meio das descrições emitidas pelos estudantes, conforme o trecho:

> Apenas um recurso não verbal utilizado teve um tempo mais determinado, que foi […] sobre uma reação de precipitação do cloreto de prata […]. O tempo utilizado foi pensado para durar até o entendimento do processo que estava sendo realizado no recurso visual e, portanto, foi adequado, pois houve uma compreensão descritiva razoável do processo.

Diferentemente da ideia anterior que sugere um tempo para a obtenção de um *feedback* ou de uma confirmação das interpretações oportunizadas, o código *Reservar tempo para discussões orais sobre os recursos visuais da Química* demarcou ideias que sugerem o uso sistemático e intencional do tempo com interações verbais para elicitar e desenvolver significados químicos apreendidos pelos alunos. Em momentos anteriores e durante a exploração sistemática de recursos visuais dinâmicos (recursos Ico1 e Ico2) o licenciando consegue "coletar algumas coisas que os alunos sabiam, instigando-os a responder algumas perguntas" (L2). Da mesma forma, a discussão sistemática relacionada aos recursos

visuais estáticos (recursos Sim11, Sim12… Sim18) serviu como um “guia” aos estudantes “no desenvolvimento de suas ideias e explicações” (L10).

Com três (3) ocorrências em licenciandos que implementaram a SD2 e uma (1) para outro da SD3, a presença do referido código foi condizente com os resultados da prática de ensino, nos quais ambas as SD apresentaram no conteúdo semântico das falas dos licenciandos as maiores quantidade de tempo para interpretação ou estímulo à interpretação das informações presentes ou suscitadas pelos recursos visuais da Química (Figura 23). Os códigos podem ser exemplificados em trechos escritos por, respectivamente, L2 e L10:

> No início da segunda aula me vejo ministrando a parte da sequência didática que envolve a apresentação do conteúdo de gases. Ao assistir este momento fiquei surpreendida […] houve vários momentos em que acho que eu deveria ter dedicado mais tempo, mas acredito que consegui incluir [(no sentido de estabelecer abordagens interativas e dialógicas)] mais os alunos do que na aula anterior. Achei que o gancho feito da aula anterior para a aula presente foi feito de forma eficaz e também que na introdução do assunto, consegui coletar algumas coisas que os alunos sabiam, instigando-os a responder algumas perguntas.

> […] acabamos excedendo o tempo planejado para a utilização deste recurso, mas considerei este excesso totalmente pertinente ao desenvolvimento da aula e à construção do conhecimento, já que os alunos se mostraram confortáveis em prosseguir com a discussão, inclusive chegando a se aproximar do quadro e utilizando o recurso audiovisual como artifício e guia no desenvolvimento de suas ideias e explicações.

Uma análise comparativa das ocorrências entre as três subcategorias nos mostra que a percepção do uso do tempo se distribuiu em maior frequência (34) por tarefas e atividades de ensino que não envolveram o processo de visualização em Química em comparação com aquelas (13) que o envolveram. Nesse olhar reflexivo para o *macrotempo* da sequência didática, a percepção de um tempo rápido com o uso da fala durante toda a implementação das sequências didáticas foi predominante (SD4, SD3 e SD1), seguida pela demanda de tempo requerida em discussões orais com os estudantes durante atividades de aplicação de ideias científicas (SD4, SD2 e SD1), bem como, pela necessidade de se reservar tempo para levantar as concepções prévias dos alunos (SD4 e SD1).

Em resumo, o uso do tempo disponível para explorar conhecimentos prévios e a constatação da demanda de tempo em tarefas autônomas dos estudantes ou em tarefas de discussões orais e produção textual escrita em momentos de aplicação de

conhecimento são pertinentes para a inserção de estratégias de visualização na prática de ensino embora não tenham sido referenciadas nesse contexto.

Por outro lado, as percepções sobre a rapidez da fala do licenciando e dos momentos centrados em exposições orais dos licenciandos em comparação com o tempo estimado no planejamento se colocam criticamente favoráveis a uma valorização dos atos de visualização, uma vez que na primeira oportunidade de reflexão (Figura 28) o tempo de exploração dos recursos visuais da Química foi reduzido ao tempo da fala do licenciando, ou seja, sugerindo uma exploração mais subordinada ao controle de tempo pela fala do licenciando do que distribuída temporalmente em tarefas de construção e refinamento representacional ou falas realizadas pelos estudantes.

As percepções do uso do tempo envolvendo o processo de visualização em Química obtiveram uma frequência menor (13) e se distribuíram em quatro (4) ocorrências para os licenciandos da SD4 e SD2, quando tarefas ou atividades foram referenciadas (*mesotempo*), e nove (9) ocorrências entre os licenciandos da SD4, SD3 e SD2, quando as ideias foram atribuídas às interações verbais (*microtempo*).

Quando esses dois blocos de ocorrências são analisados em conjunto e a partir das características manifestas na implementação das sequências didáticas vemos que dois comportamentos distintos emergiram nas percepções dos licenciandos da SD2 e da SD3, as quais apresentaram os maiores tempos alocados para a disponibilização de representações químicas simbólicas ou icônicas, para a conceitualização no domínio submicro, para transição entre os domínios macro e submicro e para a interpretação ou estímulo à interpretação no domínio submicro.

Enquanto as percepções temporais no grupo da SD3 se concentraram nas demais tarefas e atividades (12), nenhuma percepção emergiu para os aspectos de uma estratégia de visualização e apenas uma (1) evocou o tempo para discussões orais com os recursos visuais da Química. Ao contrário, as percepções no grupo da SD2 se concentraram nos processos de visualização em Química (5) e apenas uma (1) ocorrência foi inferida para as demais tarefas e atividades da sequência didática, sendo que constituiu a maior diversidade (3) de percepções dentro desse bloco de códigos (*meso* e *micro*).

Os resultados sugerem que as causas desse “deslocamento” das percepções podem residir nos fatos de que a vivência de aspectos práticos e o exercício teórico relacionados a uma estratégia de visualização marcou a trajetória dos licenciandos da SD2, uma vez que a sua SD oportunizou mais ações dos alunos nesse tipo de estratégia (Figura 24) e desenvolveram práticas de modelagem no estágio escolar (Figura 27, ver L20 e L10). Do ponto de vista da apreensão de aspectos teóricos os licenciandos apresentaram tanto na comunicação oral (Figura 25) quanto nos relatórios finais (Figura 26) o maior número de inferências convergentes (6 e 10) ao processo de visualização em Química, em contextos que não referenciavam a dimensão temporal.

Por outro lado, as implementações da SD1 e da SD4 foram marcadas pelos menores tempos alocados para a disponibilização de representações químicas simbólicas ou icônicas em favor a uma maior quantidade proporcional de tempo com recursos visuais no domínio experiencial, pelos menores tempos alocados para a conceitualização no domínio submicro, a transição entre os domínios macro e submicro e a interpretação ou estímulo à interpretação dos recursos visuais.

Nesse contexto, as percepções temporais emergidas no grupo da SD1 se concentraram exclusivamente nas demais tarefas e atividades (10). Em posição contrária, as percepções no grupo da SD4 se distribuíram ao longo dos três blocos de códigos (*macro*, *meso* e *micro*), com destaque a uma (1) ocorrência sobre as estratégias de visualização em Química e cinco (5) perfazendo a ideia de se reservar tempo para os estudantes interpretarem os recursos visuais da Química durante as interações verbais.

Os resultados sugerem que a diferenciação temporal (Figura 28) que emergiu em ambos os grupos em favor de uma ênfase no uso do tempo com os recursos visuais temáticos pode ter influenciado a ausência de reflexões sobre as relações entre o tempo e os recursos visuais da Química no grupo da SD1, corroborada pela evocação de apenas considerações potencialmente convergentes ao processo de visualização em Química na comunicação oral (Figura 25) e nos relatórios finais (Figura 26), isto é, em momentos que não referenciavam a dimensão temporal.

Entretanto, essa ênfase colocada sobre o uso do tempo com os recursos visuais temáticos na SD4 não foi capaz de suprimir a inferência de percepções temporais acerca do processo de visualização. Nesse sentido, a atenuação da possibilidade de vivências significativas com aspectos de uma estratégia de visualização expressa pela oferta das menores quantidade de tempo e de diversidade em ações dos alunos (Figura 24) nos sugere que uma reflexão sistemática sobre a própria prática pedagógica influenciou num posicionamento crítico frente ao processo de visualização.

Depois do grupo referenciar criticamente a sua pouca experiência formativa por meio de ocorrências como a falta experiência docente (8), exemplificada em dificuldades encontradas nas interações verbais (5) e na organização dos conceitos químicos (4) que foram objeto de ensino (Figura 19), a mesma atitude foi capaz de reconhecer a percepção da fala rápida dos licenciandos ao longo das demais atividades da sequência didática (7) e, logo, demarcar a importância de se reservar tempo durante as interações verbais para os estudantes interpretarem (5) os recursos visuais da Química (Figura 29). Da mesma maneira, a importância de abordar a ideia de modelo ressaltada na comunicação oral (Figura 25) é reposicionada para adquirir contornos temporais com a percepção de que é necessário reservar tempo para discutir a noção de modelo e a prática de modelagem em sala de aula (Figura 29).

Em síntese, a partir dos resultados obtidos com as práticas de ensino e as percepções dos licenciados acerca das relações entre o tempo e o processo de visualização podemos inferir considerações para os seguintes indicadores:

1. noção de tempo: o predomínio da percepção de um tempo rápido para a fala do licenciando nas demais atividades da sequência didática (*macro*) conjugado com uma ênfase na percepção do tempo de uso de recursos visuais em Química restritos ao tempo das interações verbais (*micro*) sugerem uma tendência de exploração rápida de imagens enquanto que vivências práticas com aspectos de estratégias de visualização podem atenuar essa forma de exploração;

2. atributos dos recursos visuais e tempo: a ausência de diferenciação temporal entre os tipos (químicos e temáticos) de recursos visuais não verbais e uma diferenciação em favor dos recursos visuais temáticos podem deslocar a

percepção da importância do uso do tempo alocado da perspectiva da visualização em Química (*meso* e *micro*) para a relevância do uso do tempo nas demais atividades de uma sequência didática temática (*macro*);

3. formas de uso dos recursos visuais e tempo: a vivência prática e a apreensão teórica no campo da visualização podem reforçar enquanto que uma análise crítica sobre a própria prática de ensino por meio de registros audiovisuais pode estimular a percepção da importância de se reservar parte do tempo alocado em sala de aula para a implementação de estratégias de visualização em Química.

5.4 DISCUSSÃO SOBRE AS PRÁTICAS E AS PERCEPÇÕES

Nessa seção, discutiremos os resultados obtidos a partir das práticas de ensino, ou seja, com base nas características das implementações das sequências didáticas e, posteriormente, outro grupo de resultados apresentados na forma de uma tabela sobre as percepções dos licenciandos será discutido em função do referencial teórico mobilizado nos Capítulos 2 e 3.

5.4.1 As práticas de ensino dos licenciandos

De forma geral, os resultados apontaram que uma potencial sobrevalorização das tecnologias digitais pode ofuscar os papéis específicos que os recursos visuais da Química requerem em meio ao mar de imagens que podem disputar o tempo em sala de aula e caracterizar a Educação em Química atual, temática, contextual e articulada com a vida social. Os resultados desta amostra não podem ser generalizados e devem ser considerados em um contexto de elaboração e implementação de sequências didáticas temáticas, o qual intencionou emular o cenário de uso de múltiplas imagens veiculadas em tecnologias digitais e analógicas com distintas e variadas funções pedagógicas no ambiente escolar.

Os resultados corroboram a constatação de que a inserção de novas TDIC no âmbito escolar deve ser acompanhada de processos formativos que ajudem a

transformar essas tecnologias em ferramentas de ensino (ARROIO, 2012; GOUVÊA; SANTOS; ARROIO, 2013), e as estratégias de visualização em Química podem auxiliar nesse desafio pelos fatos de pretenderem plasmar em seus arranjos os aspectos teóricos oriundos de pesquisas e, ao mesmo tempo, manter uma visão de conjunto entre recurso visual, professor e estudantes.

Os *recursos visuais químicos* podem ser empregados junto aos demais tipos de recursos visuais, como no caso das quatro sequências didáticas. Os resultados sobre a disponibilização dos recursos visuais em SD1 (Figura 20) mostraram um deslocamento do uso do tempo em favor dos recursos visuais temáticos (1632 seg). O tema Arte incluiu uma série de obras em projeção de slide e papel impresso e vários vídeos com técnicas de análise de telas, porém, um maior equilíbrio na distribuição do tempo poderia ter favorecido uma experiência mais intensa dos estudantes com os recursos visuais da Química.

Dessa forma, os resultados sugerem a pertinência de certa diferenciação temporal no planejamento didático entre, de um lado, os recursos visuais químicos, para resguardar os tipos de ações convenientes em cada contexto de ensino (do tempo para o ensino de convenções e códigos até blocos de tempo mais extensos constituídos por tarefas de criação e refinamento de representações pelos próprios estudantes) e, de outro lado, os demais recursos visuais, para assegurar o tempo adequado de uso em tematizações (desde o tempo para funções ilustrativas ou exploração de sentidos até as suas inserções em tarefas de maior duração envolvendo a construção de significados não químicos).

Esse indício da importância de uma *diferenciação temporal* pode ser potencialmente respaldado com o estudo de Vries, Ferreira e Arroio (2014) no qual licenciandos brasileiros e portugueses afirmaram não serem necessárias habilidades específicas para a aprendizagem com imagens em vista da familiaridade dos estudantes com as mídias e, segundo os autores, não foram demonstradas menções sobre as consideráveis diferenças entre a natureza das representações químicas e as diversas representações vivenciadas em outros contextos.

Na especificidade da disponibilização dos recursos visuais da Química, o tipo de tecnologia digital que os suportam não adiciona um valor pedagógico aprioristicamente para recursos visuais dinâmicos ou estáticos e os resultados com o uso de simulações e projeções o confirmam. Os resultados mostraram que a SD4 e a SD3 usaram recursos visuais dinâmicos como simulações, mas numa inserção restrita à observação (do fenômeno [OF] e da representação/modelo canônico [OM]) e à mediação com a fala. Ao contrário, a SD2 fez o uso de projeção de slide e papel impresso com recursos visuais estáticos sendo que os mesmos foram inseridos em mais ações (OF, EE [externalização de representação], OM, AD [adaptar e externalizar uma representação para explicar outro fenômeno semelhante]) de estratégia de visualização (Figura 24), isto é, próximo a uma abordagem investigativa. A SD2 também se diferenciou da SD4 com o uso majoritário de projeção de slide, pois a SD4 obteve o menor tempo e a menor diversificação de ações dos alunos com recursos visuais químicos (Figura 24), reforçando a ideia de que as diferentes formas de uso de uma mesma TDIC produzem mudanças radicais na arquitetura dos processos de ensino.

Por sua vez, na SD1 e na SD3 os recursos visuais dinâmicos compuseram a ação dos alunos OM e serviram para explicar os fenômenos vistos previamente em OF (Figura 24). Apesar de que a simples exibição e o recebimento de *feedback* possam provocar alguma compreensão, estudos vêm apontando que a ação dos alunos de crítica aos recursos dinâmicos pode favorecer a um ganho conceitual substancial e a promoção de conexões entre domínios macro e submicro (CHANG; LINN, 2013), assim como, as ações dos alunos de comparar e contrastar recursos dinâmicos conflitantes e de crítica e reflexão a partir de questões orientadoras podem favorecer um pensamento profundo acerca das informações apresentadas e a integração de mais dos seus atributos nos repertórios conceituais dos estudantes (AKAYGUN; ADADAN, 2019; KELLY et al., 2017).

Por fim, os aspectos simbólicos das representações químicas não condicionam a exploração dos significados nelas embutidos ou por elas suscitados. Os resultados corroboram com esse pressuposto mediante o caso da SD2, na qual as representações simbólicas do tipo fórmula estrutural (Figura 20) foram inseridas em maiores intervalos de tempo tanto para conceitualizações verbais no domínio

submicro quanto em interações promovendo a transição entre macro e submicro (Figura 22) quando comparadas com o uso das representações simbólicas na SD1 e na SD4 e múltiplas em SD3 para o domínio macro (Tabela 5). Esse fato está de acordo com Taber (2013), pois a ambiguidade do campo simbólico permite-o referenciar simultaneamente ambos os domínios e em uma mesma representação, fornecendo um apoio mediacional para a articulação entre as descrições teóricas e as explicações baseadas em modelos teóricos (LIU; TABER, 2016).

A *metamediação do licenciando* nas interações discursivas com os estudantes é fundamental para fornecer descrições verbais ou explicações sobre as representações visuais, pois a fala (linguagem) pode atuar como a "cola semântica" que mantém unidas as diferentes representações químicas (KOZMA; RUSSELL, 1997). Enquanto a compreensão da função de uma representação e da relação com o seu referente pode ser clara e óbvia para o professor, para o estudante ela pode ser opaca e restrita aos atributos superficiais dos objetos em vez do ente representado ou das intenções de ensino (UTTAL; O'DOHERTY, 2008).

Os resultados mostraram que na SD2 e na SD3 ocorreram a predominância e os maiores valores de tempo de interações verbais nas quais os licenciandos referenciaram o domínio submicro da Química (Figura 22). Em acordo com isso, o estudo de Wu (2003) mostrou que os raciocínios nesse domínio tendem a ser oferecidos e instigados pelo professor e são cruciais para mover o pensamento conceitual dos alunos para além do campo da percepção imediata. Um olhar sobre esse tempo também é respaldado pelo fato de que a linguagem química envolve um nível de detalhamento de difícil acesso aos alunos e, de acordo com as constatações de Locatelli, Gomes e Arroio (2018, p. 62), apenas falar sobre um conceito ou representação da química pode não ser suficiente, pois

> […] é necessário reafirmar [a] explicação várias vezes para que cada estudante possa recriar o significado, em seu próprio tempo e maneira, adquirindo proficiência significativa, se valendo da linguagem adequadamente em cada contexto utilizado, tornando a aprendizagem significativa. Assim, o estudante poderia ser capaz de prever o que acontece em outras situações semelhantes, mas diferentes.

Por outro lado, os resultados também mostraram que na SD1 e na SD4 predominaram interações dos licenciandos estimulando trocas verbais no domínio macro (Figura 22) constituído por conceitualizações abstratas que formam a

dimensão teórico-descritiva da Química. Dumon e Mzoughi-Khadhraoui (2014) também constataram que nos discursos de três professores em aulas sobre reações químicas (objeto de ensino na SD4), majoritariamente, os objetos e eventos do campo experiencial eram descritos, interpretados e representados no domínio macro e o vínculo entre esse domínio, dos reagentes e produtos, e o domínio submicro, das moléculas e íons, foi insuficiente.

Por sua vez, nas concepções iniciais de seis professores da Educação Básica sobre recursos visuais baseados em computador (modelos em *Flash* e *NetLogo*) que envolviam múltiplas representações, Waight e Gillmeister (2014) evidenciaram poucas menções ao domínio submicro enquanto que as do domínio macro foram abundantes. Em um estudo complementar, e ao longo de um ano letivo, Waight et al. (2014) constataram que um professor com experiência em tecnologias educacionais enfrentou desafios para articular os domínios macro e submicro. Embora ciente dos benefícios das TDIC com múltiplas representações para a visualização de fenômenos abstratos (em escala atômico-molecular), o conhecimento no domínio macro foi o mais acessível e utilizável em contextos propícios ao ensino e à avaliação da aprendizagem naquele domínio submicro.

O auxílio ao trânsito entre os tipos de conceitualizações e ajuda na “leitura” das informações visuais também são fundamentais e os resultados mostraram que a SD2 e a SD3 apresentaram os maiores intervalos de tempo para as interações verbais dos licenciandos em ambos os domínios macro e submicro, bem como, para o estímulo à interpretação das representações (respectivamente, nas Figuras 22 e 23). Nesses contextos, a mediação dos licenciandos foi, comparativamente, destacada uma vez que a simples disponibilização dos recursos (ferramentas) visuais não garante *de per se* a aprendizagem dessas relações, pois, de acordo com Santos e Arroio (2016, p. 5)

> […] as ferramentas visuais não podem substituir o papel do professor. Os professores são responsáveis por introduzir atividades que utilizam ferramentas visuais e, portanto, sua prática também determinará a capacidade dos alunos de perceber, compreender e transitar entre as representações visuais.

A importância desses estímulos e ajudas na interpretação de representações visuais (Figura 23) com vistas à construção de significados têm sido sugeridas pelas pesquisas. Pelo fato de não ser uma tarefa fácil e trivial, segundo Stylianidou (2002,

p. 20), cabe “aos professores gastar tempo e esforço” explorando os significados e os falsos significados que podem emergir do carácter ambíguo das imagens e, em especial, do vasto sistema simbólico (TABER, 2013), das múltiplas escalas (TALANQUER, 2011) e das múltiplas representações (GABEL, 1999; GILBERT; TREAGUST, 2009; JOHNSTONE, 2007) que caracterizam o conhecimento químico. O professor tem sido percebido como um metamediador fundamental quando se faz sensível às dificuldades de leitura de imagens dos estudantes (PINTÓ; AMETLLER, 2002) e às interpretações equivocadas (COLIN; CHAUVET; VIENNOT, 2002), bem como, quando oferece ajuda explícita em aprendizagens envolvendo múltiplas representações (SEUFERT, 2003).

Enfim, a garantia de tempo adequado para a interpretação por parte dos alunos dos recursos visuais, inscritos em TDIC ou a partir de objetos e fenômenos do campo experiencial, junto a um trabalho pedagógico por parte do professor para a sua facilitação podem apoiar o desenvolvimento da competência representacional e a aprendizagem conceitual em sala de aula.

Os resultados mostraram outro nível que não se esgota nos tempos relativos à fala do licenciando e à disponibilização dos recursos visuais, ou seja, aquele relativo ao tempo alocado para *as ações dos alunos com os recursos visuais da Química*. Os resultados mostraram que a SD2 reservou os maiores intervalos de tempo e a maior diversificação para essas ações (Figura 24) e, para ela, se correlacionaram as maiores quantidades de tempo com a transição entre os domínios macro e submicro, a conceitualização no domínio submicro (Figura 22) e a conceitualização de representações simbólicas no domínio submicro (Tabela 5).

Nessa SD, as tarefas de construção e externalização de representações (EE) e de aplicação de conhecimentos utilizando representações químicas foram ofertadas (AD) (Figura 24). Essa prática vai ao encontro com o que defende Talanquer (2011), pois apenas a manipulação de representações visuais não garante, necessariamente, a aprendizagem dos modelos científicos nelas envolvidos, pois cabe a vivência de modelagem. O estudo de Locatelli e Arroio (2014) vai na mesma direção e constata a relevância de uma meta observação, a qual pressupõe a reserva de um tempo adequado para o estudante repensar os

seus próprios desenhos, tendo o professor um papel central como mediador de práticas de modelagem.

Um corpo crescente de estudos vem sugerindo que a oportunidade dos estudantes criarem as suas próprias representações promove a aprendizagem em Ciências, aumenta o envolvimento nas aulas e melhora as habilidades representacionais (CHANG; QUINTANA; KRAJCIK, 2014; PRAIN; TYTLER, 2012; TYTLER et al., 2013b; ZHANG; LINN, 2011). Da mesma forma, a criação de desenhos e a sua respectiva interpretação pelos estudantes, a comparação desses desenhos com representações canônicas podem favorecer o desenvolvimento de suas capacidades metavisuais e explicitar ao professor informações sobre como os alunos conceitualizam tópicos curriculares ou suas concepções alternativas, os quais muitas vezes não são acessados apenas pelo modo verbal (CHENG; GILBERT, 2009). Certo paradoxo pedagógico reside no fato de que as representações visuais são centrais nas ciências, porém, raramente os estudantes são encorajados a criarem suas próprias representações em vez de apenas interpretarem aquelas que lhes são apresentadas (AINSWORTH; PRAIN; TYTLER, 2011).

A importância da reserva de tempo para essas ações pode ser corroborada pela experiência da EAV em escolas rurais e urbanas tailandesas, pois em turmas de 40 estudantes, com o uso de um projetor multimídia para a exibição de animações e tarefas em grupo, ela se mostrou eficiente para a compreensão profunda de conceitos químicos e para a elaboração de modelos mentais, quando em comparação com a ausência desse recurso visual e com o seu uso em abordagens de ensino tradicionais (PHENGLENGDI, 2015).

Por outro lado, os resultados também sugerem certa resistência de se pensar o uso pedagógico de recursos visuais da Química para além do tempo restrito às interações discursivas entre alunos e licenciandos, conforme a pouca diversificação e os menores tempos para as ações dos alunos encontrados em SD1 e SD3 e, mais intensamente, em SD4 (Figura 24). Esses resultados estão de acordo com levantamento de Waight e Gillmeister (2014) no qual professores conceberam o uso desses recursos visuais associados com práticas como simples demonstrações, como suporte para fala e para a elicitação de respostas corretas. Estudos anteriores

constataram que os recursos visuais da Química têm sido vistos por licenciandos como uma ferramenta didática pontual e não em sua possibilidade de constituir uma estratégia de ensino mais ampla Ferreira e Arroio (2009b, 2009a), assim como, as visualizações (representações visuais) têm sido percebidas em ligação a algum recurso didático com a função auxiliar no ensino, usadas para facilitar a compreensão dos fenômenos químicos e como algo intrínseco aos métodos de ensino (VASCONCELOS; ARROIO, 2013).

Ao se reduzirem a um enfoque centrado na fala do professor ou num papel secundário como mero recurso didático, essas concepções de certa forma podem dificultar a compreensão da importância de se alocar tempo de sala de aula para momentos de trabalho ativo e autônomo dos estudantes com os recursos visuais da Química, uma vez que o tempo de suas aprendizagens não condizem, necessariamente, com o tempo ditado pelas interações verbais conduzidas pelo professor.

5.4.2 As percepções dos licenciandos

A partir da discussão sobre as características das práticas de ensino implementadas abordaremos os resultados sobre as percepções iniciais e finais encontradas no trabalho de campo. Em resposta a primeira questão complementar de pesquisa: *quais são as noções de tempo que os professores de Química em formação inicial comumente associam ao uso de recursos visuais em sala de aula*?, observamos com o Quadro 12 que uma noção de tempo rápido com o uso cotidiano de TDIC e na leitura das imagens vinculadas nesses dispositivos está presente nas percepções dos licenciandos, confirmando os fenômenos de compressão temporal no campo experiencial dos futuros professores.

O uso das tecnologias digitais em arranjos mercantis favorecem a comunicação instantânea em processos efêmeros (HARVEY, 2008). Nessa compressão temporal, conforme Crary (2016), as pausas e os intervalos que permeiam a profissão e o lazer, bem como, os processos sociais lentos, de forma em geral, tendem a ser desvalorizativos. Nesses arranjos, a atenção humana sobre

as imagens é inserida ativamente em estímulos simultâneos e interruptivos, isto é, uma simultaneidade e uma interrupção permanentes que impedem o ato de olhar como expectador por um bloco de tempo longo e estável. Para o autor, a homogeneização, a redundância e a aceleração típicos de forma de experienciar o tempo com as imagens incapacitam a visão, no sentido de diminuição do desenvolvimento das capacidades mentais e perceptivas humanas.

Quadro 12 - Noções de tempo associadas ao uso de recursos visuais

Resultados		
	Indicadores	*Síntese*
Percepções iniciais	Noções de tempo associadas ao uso de RV	A noção de um tempo rápido com o uso de TDIC e na função dos seus recursos visuais não verbais na vida cotidiana está presente nas percepções dos licenciandos, porém, não se transferiu para a dimensão pedagógica do ensino de Química. A noção de um aumento do tempo com o uso dos recursos visuais foi evidenciada para contextos de ensino de Química em contraposição à presença de uma noção de tempo rápido.
Percepções finais	Noções de tempo associadas ao uso de RV	O predomínio da percepção de um tempo rápido para a fala do licenciando nas demais atividades da sequência didática (macrotempo) conjugado com uma ênfase na percepção do tempo de uso de recursos visuais em Química restrito ao tempo das interações verbais (microtempo) enquanto que vivências práticas com aspectos de estratégias de visualização (mesotempo) podem atenuar essa forma de exploração.

Fonte: Autor.

No mesmo sentido, a partir do estudo sobre o fenômeno da aceleração social Rosa (2019) nos diz que as novas tecnologias tendem a ser economizadoras de tempo, isto é, são capazes de diminuir o tempo de uma tarefa liberando novos recursos temporais. Entretanto, devido a aceleração do ritmo de vida esses recursos liberados tendem a ser inseridos em novas tarefas ou vivências igualmente aceleradas. Assim, o consumo de imagens sob a perspectiva de uma compressão temporal tende a desvanecer as capacidades de leituras críticas, portanto, tornam-se prejudiciais no âmbito da educação escolar.

Nesse aspecto, os resultados confirmaram os apontamos de Maia (2017) acerca da aceleração temporal no contexto escolar. O autor alerta para o fato de que uma vivência aceleratória na vida social pode não ser transferida automaticamente para o âmbito escolar, o que pressupõe uma investigação empírica. Os nossos

resultados empíricos não apontaram de forma explícita uma noção de tempo rápido ou acelerado nas percepções dos licenciandos com o uso de recursos visuais.

Por outro lado, uma noção de tempo rápido foi evidenciada nos resultados e esteve associada ao uso da fala dos licenciandos, ou seja, a percepção de usar de uma “fala rápida” ao longo das demais atividades e sem uma referência explícita ao uso de recursos visuais. Esse resultado fornece indício de uma percepção do uso do tempo cadenciado pelo ritmo da fala do licenciando.

Esse indício foi fortalecido com os resultados que evidenciaram uma ênfase em perceber o uso do tempo com recursos visuais da Química por meio do uso da fala do licenciando. Esse resultado se aproxima da constatação de Waight e Gillmeister (2014) na qual os recursos visuais foram utilizados por professores para fazer demonstrações em sala de aula e para dar suporte a fala do professor. Outro estudo também sugere um forte ligação entre o uso de recursos visuais da Química dentro de uma cadência de tempo regida apenas pela fala do professor, conforme a constatação da ausência das práticas de tempo de espera um e dois por parte de professores (LI; ARSHAD, 2014b, 2014a).

Outro aspecto potencial de centralização do uso do tempo para exploração dos recursos visuais da Química no tempo de fala do professor reside na ausência de perguntas abertas capazes de estimularem um pensamento divergente e avaliativo nos estudantes, pois, ao evitar respostas curtas, distribui o tempo disponível e insere as interações verbais numa perspectiva dialógica e investigativa (LI; ARSHAD, 2015). O estudo de Bergqvist, Drechsler e Chang Rundgren (2016) constatou que a forma mais comum de exploração de recursos visuais envolvia os professores fazerem perguntas orais durante a aula e os estudantes fazerem perguntas ao realizarem tarefas dos livros didáticos, ainda que nem todos os estudantes fizessem perguntas sobre suas dúvidas ou dificuldades.

O cotejamento desse bloco de resultados com os referenciais teóricos adotados nesta investigação nos permite a realização da seguinte inferência: i) a mediação da fala do licenciando é fundamental porque atua, metaforicamente, como a “cola” que liga os significados representacionais e conceituais as representações químicas (Kozma e Russel, 1997), mas, sob a perspectiva temporal ela pode se tornar um obstáculo ao reduzir as formas de uso do tempo apenas a esse recurso

verbal e, sobretudo, a uma lógica de tempo exclusiva do professor com sua fala. Ao contrário disso, a metamediação docente no Ensino Médio é assumida como a criação em sala de aula de temporalidades partilhadas (CRARY, 2016) entre o professor e os estudantes abertas para um contratempo (LARROSA, 2018) que propicie a interpretação, a construção e o refinamento das próprias representações dos estudantes (estratégias de visualização).

Outro bloco de resultados apresentados nos Quadros 13 e 14 nos aproximam de possíveis e iniciais respostas a segunda questão complementar de pesquisa: *de que maneira os professores em formação inicial percebem as formas de uso do tempo para a explorar os recursos visuais da Química em suas práticas de ensino?*

No que diz respeito a percepção de que alguma característica inerente aos recursos visuais pudesse influenciar nas formas de uso do tempo disponível em sala de aula, emergiram dos resultados o que denominamos de *diferenciação temporal* entre os recursos visuais da Química e os demais recursos visuais temáticos que cumprem outras funções pedagógicas que não aquelas, ao menos diretamente, relacionadas à construção de significados representacionais e conceituais em Química (Quadro 13).

Quadro 13 - Atributos dos recursos visuais com implicações temporais

Resultados		
	Indicadores	*Síntese*
Percepções iniciais	Atributos dos RV com implicações temporais	Atributos dos recursos visuais com implicações no tempo de instrução não foram referenciados pelos licenciandos.
Percepções finais	Atributos dos RV com implicações temporais	A ausência de diferenciação temporal entre os tipos (químicos e temáticos) de recursos visuais não verbais e uma diferenciação em favor dos recursos visuais temáticos podem deslocar a percepção da importância do uso do tempo alocado da perspectiva da visualização em Química (meso e microtempo) para a relevância do uso do tempo nas demais atividades de uma sequência didática temática (macrotempo).

Fonte: Autor.

Quando foram constatadas nas percepções dos licenciandos a ausência de uma diferenciação temporal explícita a ênfase em aspectos de uma estratégia de visualização diminuiu na prática de ensino. Ao contrário, quando essa diferenciação foi clara e mais consciente nas respostas dos licenciandos o aumento de tempo para ofertar ações dos alunos (Figura 24), para transitar entre domínios macro e submicro

e no domínio submicro (Figura 22) e auxiliar ou estimular a interpretação de representações (Figura 23) por meio das interações verbais foram presenciadas na prática de ensino, isto é, uma ênfase maior foi dada aos aspectos de uma estratégia de visualização.

Esses resultados são relevantes a partir de distintos pontos de vista acerca do planejamento das atividades de ensino e sequências didáticas em Química. No planejamento do uso dos recursos visuais pelos professores, conforme Vasconcelos e Arroio (2013), devem ser consideradas as relações que conferem importância ao recurso para o contexto de sala de aula e a compreensão do tópico curricular, no sentido de buscar coerência entre a fala do professor, o recurso visual mobilizado por ele e as representações dos estudantes criadas durante o processo de aprendizagem.

Nesse contexto, um estudo anterior mostrou que professores não consideraram de maneira explícita as significativas diferenças entre a natureza das representações químicas e os diversos tipos de representações que são vivenciadas em outros contextos (VRIES; FERREIRA; ARROIO, 2014), por sua vez, os nossos resultados mostram que essa não diferenciação pode trazer implicações para a forma como os recursos visuais da Química são explorados no tempo disponível em sala de aula, conforme exemplificaram a SD1 e a SD4.

Outro ponto de vista é o fato de que o uso de um recurso visual da Química tende a ser compartilhado com uma multiplicidade de ações e atividades de ensino e com elas disputar o tempo em sala de aula. A literatura vem defendendo que o uso de um recurso visual deve estar alinhado com as intenções do professor e os objetivos de aprendizagem da aula e que ele pode melhorar a aprendizagem com o devido oferecimento de suporte e quando é incorporado em atividades de investigação, pois, raramente os recursos visuais são suficientes para melhorar o aprendizado de Ciências por si mesmos, mas, tendem a ser bem-sucedidos quando são combinados com atividades curriculares eficazes (CHANG; LINN, 2013; LINN; EYLON, 2011; VEERMANS; JOOLINGEN; DE JONG, 2006; WILLIAMSON; JOSÉ, 2009).

Essa incorporação dos recursos visuais em uma sequência de ensino mais ampla que rivaliza com a percepção de vê-los apenas como uma ferramenta pontual

e acessória (FERREIRA; ARROIO, 2009a) não abrange apenas as atividades de aprendizagem de uma Química pura, pois, o próprio campo de estudos crítico à natureza representacional (crítica ontológica e epistemológica) tem defendido a exploração das dimensões sociológicas do conhecimento químico, ou seja, uma ligação efetiva entre conhecimento químico e aspectos históricos, sociais e políticos (MAHAFFY, 2004; SANTOS, 2016; SJÖSTRÖM; EILKS, 2018; SJÖSTRÖM; TALANQUER, 2014; TALANQUER, 2011). Nessa investigação, alguns aspectos dessa ligação foram estimulados por meio de uma concepção metodológica de ensino que pressupõe a articulação entre Química e um Tema em uma narrativa impulsionada por problemas, sendo que os indícios sugeriram que a diferenciação temporal pode qualificar essa articulação.

Outro ponto de vista compreende uma perspectiva sociocultural. Conforme Rau (2017), nessa perspectiva a intenção educativa é capacitar os estudantes em formas de pensamento comuns a comunidades científicas, sendo que o uso de cada representação visual deve alinhar-se com o seu uso na comunidade de prática alvo, portanto, as convenções sociais e culturais afetam as competências representacionais. Assim, o uso de representações visuais no ensino de Química não promove apenas a compreensão de conceitos abstratos, mas, inclusive a aprendizagem de uma “linguagem visual” por parte dos estudantes (KOZMA; RUSSELL, 2005; TABER, 2013). Os resultados sugeriram que uma diferenciação entre as formas de perceber os recursos visuais da Química e os demais recursos imagéticos pode implicar, também, em uma diferenciação na forma de planejar o tempo disponível, isto é, no sentido de assegurar, ou não, os recursos temporais necessários ao desenvolvimento de aspectos de uma competência representacional.

Diante disso, um olhar sobre a perspectiva do professor de Química leva à seguinte inferência: ii) o planejamento realizado pelo professor é um momento fundamental para seleção de diferentes recursos visuais e para as suas inserções em atividades curriculares ou sequências de ensino mais amplas. Nesse ato de planejar, uma diferenciação temporal poderia promover a criação de oportunidades para o desenvolvimento de competências representacionais e conceituais nos estudantes e assegurar abordagens críticas reflexivas explorando os recursos visuais associados às temáticas envolvidas.

Outro conjunto de resultados (Quadro 14) colocou ênfase nas formas de uso do tempo disponível, especificamente, com os recursos visuais químicos. Se, em um levantamento inicial a percepção do uso do tempo em sala de aula com representações atômico-moleculares ficou majoritariamente restrita a uma simples exibição, ao final da etapa da prática de ensino com as sequências didáticas e o estágio supervisionado, as evidências oriundas de experiências práticas, de mobilização de aspectos teóricos sobre visualização e de leitura crítica sobre a própria prática pedagógica a partir de registros audiovisuais estimularam declarações associadas ao reconhecimento da importância de se alocar tempo disponível para as estratégias de visualização.

Quadro 14 - Formas de uso do tempo com recursos visuais

Resultados		
	Indicadores	*Síntese*
Percepções iniciais	Formas de uso do tempo com RV	O uso do tempo com tarefas de registro, manipulação ou construção de representações pelos próprios estudantes obteve uma baixa ocorrência sugerindo a pouca valorização de atividades como as de escrita e de desenho. O uso do tempo para a simples exibição de recurso visual dinâmico constituído por representações atômico-moleculares obteve uma ocorrência expressiva sugerindo a percepção, em uma parte dos licenciandos, de uma relativa facilidade de compreensão de seu conteúdo em comparação com o recurso visual dinâmico do domínio experiencial.
Percepções finais	Formas de uso do tempo com RV	A vivência prática e a apreensão teórica no campo da visualização podem reforçar enquanto que uma análise crítica sobre a própria prática de ensino por meio de registros audiovisuais pode estimular a percepção da importância de se reservar parte do tempo alocado em sala de aula para a implementação de estratégias de visualização em Química.

Fonte: Autor.

Esse resultado se coaduna com os estudos de Ferreira, Baptista e Arroio (2013, 2011), os quais evidenciaram um impacto positivo de processos formativos nas concepções e atitudes de professores sobre as representações visuais, uma vez que visões iniciais intuitivas, superficiais e por vezes errôneas podem ser amenizadas junto a ampliação dos repertórios teóricos de professores. De um uso voltado a facilitar, melhorar a compreensão dos alunos e a tornar a aula mais

agradável e interessante, os recursos visuais podem passar a ser percebidos como uma representação da realidade e mais associados à necessidade de suporte interpretação e à construção de modelo mentais.

Nesse sentido, noções teóricas sobre o triplete químico estiveram associadas a uma percepção mais clara da importância do uso do tempo para estratégias de visualização e correlacionadas a uma prática de ensino caracterizada por maior alocação de tempo em transição entre os domínios macro e submicro e de auxílio ou estímulo à interpretação dos recursos visuais por meio das interações verbais dos licenciandos e do aumento de tempo e diversificação de ações dos estudantes com recursos visuais da Química (ver SD2 nas Figuras 22, 23 e 24).

O uso de uma mesma representação visual por diferentes professores, de acordo com Boesdorfer (2015), pode ser influenciado pelas concepções de ensino. Quando uma orientação mais centrada no estudante é mobilizada o seu uso pode envolver os estudantes com as representações, promover conexões entre ideias e ajudar na construção de conhecimentos dos estudantes. Nossos resultados trouxeram indícios de que noções teóricas e práticas sobre visualizações influenciaram na percepção da necessidade de uma partilha do tempo disponível típica de um enfoque centrado na aprendizagem do estudante e operacionalizada pela metamediação do professor.

O estímulo ao trânsito entre os domínios macro, submicro e experiencial durante a exploração de recursos visuais não é uma tarefa trivial por parte do professor e pode melhorar com a prática (WAIGHT et al., 2014). O uso do termo “triangulação” nas interações verbais de um professor foi empregado para estimular a articulação entre os domínios do triplete e a metacognição por parte dos estudantes (THOMAS, 2017). Os nossos resultados apontaram para o papel decisivo do compartilhamento do tempo de sala de aula com ações dos estudantes em aspectos de uma estratégia de visualização como um indício de aumento no estímulo ao trânsito entre os domínios da Química.

Um estudo exploratório com mais semelhanças ao apresentado neste trabalho foi realizado por Chang, Zhang e Chang (2014) e envolveu a implementação de uma unidade de ensino investigativa constituída por visualizações dinâmicas. Inicialmente, o tempo alocado para a crítica e para a construção de

representações foi visto com reservas pelo professor. Ao final, o engajamento propiciado pelas tarefas de desenhar, criticar e interpretar representações foi estendido ao longo de toda a unidade de ensino e a importância dessa abordagem foi reconhecida pelo professor.

Por sua vez, os nossos resultados indicaram que a problematização do fator tempo com o uso dos recursos visuais também estimulou um reconhecimento da importância da crítica e de construção representacional e da modelagem por meio de uma reflexão sobre as práticas de ensino auxiliada pelos seus registros audiovisuais.

Esses registros são uma ferramenta valiosa para estimular reflexões sobre o processo de ensino e aprendizagem em Química durante a formação inicial, conforme Zanni e Arroio (2010), essa ferramenta pode auxiliar no desenvolvimento das capacidades de perceber, analisar e interpretar as interações durante as práticas de ensino, uma vez que se baseia numa autoavaliação e na reflexão sobre um ensino autêntico.

Diante desses resultados uma terceira inferência compreende que: iii) o tempo atribuído no planejamento para ações de uma estratégia de visualização pode qualificar a prática pedagógica do professor no uso de recursos visuais. A problematização das relações entre o uso do tempo em sala de aula com diferentes recursos visuais pode auxiliar no reconhecimento de algumas demandas formativas do campo de estudos sobre visualização.

Por fim, em relação a questão de pesquisa principal, a qual ficou assim estabelecida: *em que medida as relações entre tempo e recursos visuais podem ser usadas para explorar as percepções e práticas de professores em formação inicial acerca da natureza dos processos de visualização em Química?,* esse estudo exploratório se aproximou de um esboço inicial para responder a referida questão por meio de uma articulação entre as inferências i, ii e iii.

Desnecessário enfatizar que apesar do ineditismo de um estudo que tenha um enfoque nas práticas e nas percepções acerca do tempo destinado ao uso de recursos visuais na perspectiva do professor da Educação Básica, um amplo e diversificado espectro de pesquisas vem enfatizando as influências temporais no trabalho pedagógico com representações visuais. O tempo de duração no uso de

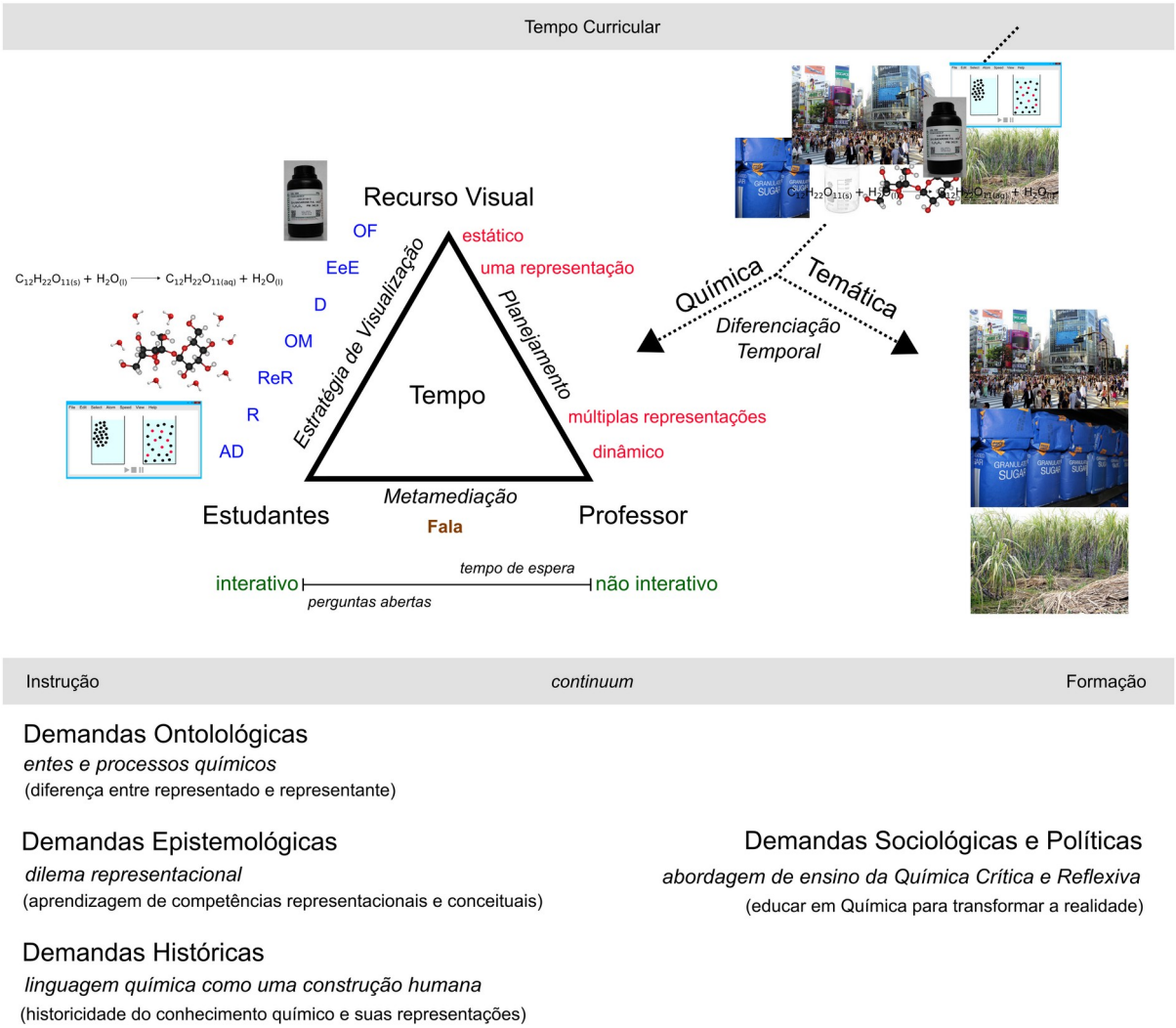
ferramentas multimídia tem emergido com um dos critérios de escolha de professores para esse tipo recurso visual (FERREIRA; BAPTISTA; ARROIO, 2013, 2011). Entre os múltiplos fatores envolvidos na aprendizagem com representações do domínio submicro, o tempo destinado a atividades de proposição de modelos explicativos deve ser considerado pelo professor, em vista das potenciais diferenças de conhecimentos prévios entre os estudantes (LOCATELLI; ARROIO, 2017).

Na mesma direção, estudos apontam para a importância de se reservar tempo para a interpretação, a construção e o refinamento de representações elaboradas pelos próprios estudantes, mediante os devidos suporte e negociação de significados oferecidos pelo professor (HUBBER, 2013; PARNAFES; TRACHTENBERG-MASLATON, 2014; WALDRIP; PRAIN, 2013). Muito embora, estudos dessa perspectiva tenham constatado que visões intuitivas a respeito do uso do tempo e que as pressões curriculares (a falta de tempo devido à grande quantidade de conteúdos e objetivos de ensino) dificultam ou impedem o uso de representações visuais em sala de aula (EILAM, 2012; EILAM; GILBERT, 2014).

Por outro lado, estudos como o empreendido por Nitz et al. (2014) atentam para o fato de que não basta disponibilizar tempo de sala de aula com o uso de múltiplas representações e atividades de discussão entre grupos de alunos, mas, sobretudo assegurar a qualidade do uso do tempo pelo professor e pelos estudantes, isto é, a sua contribuição para a melhoria das aprendizagens conceituais e representacionais. O sentido dessa qualificação está na direção em que progressivamente os aspectos das demandas formativas apresentadas na seção 3.1.1 sejam explorados pelos professores.

Com a Figura 30, ilustramos na formação inicial de professores de Química uma reflexão sobre o tempo oriundo do *planejamento* (o tempo cronológico) da inserção dos recursos visuais da Química no contexto curricular mais amplo (sequência didática, projeto de ensino, atividade investigação, etc.), ou seja, sobre o “lugar” que uma estratégia ocupará dentro do tempo curricular. Uma diferenciação temporal para assegurar que ambas as demandas de aprendizagem sejam minimamente asseguradas, do ponto de vista da Educação em Química e do ponto de vista da organização e funcionamento da escola (calendário escolar: avaliações bimestrais, conselhos de classe, eventos, carga horária semanal, etc.).

Figura 30 - Tempo e estratégia de visualização



Legenda: OF – Observar um fenômeno ou a sua representação como um alvo conceitual da Química; EeE – elaborar e externalizar uma representação que explique um fenômeno observado; D – Estabelecer relações entre a representação externalizada e o fenômeno observado; OM – observar o(a) modelo/representação visual canônico que explica um fenômeno observado; ReR – Identificar as limitações de uma representação externalizada em contraste com o modelo visual científico/curricular apresentado e, em seguida, elaborar e externalizar uma nova e revisada representação; R – Relacionar uma representação visual externa com outra, ambas representando o mesmo fenômeno; AD – adaptar e externalizar uma representação para explicar outro fenômeno semelhante a um fenômeno observado anteriormente. Inspirado em Tasker e Dalton (2006, 2010).
Fonte: Autor

Ou seja, assegurar a inserção de atividades e seus recursos visuais pertinentes a exploração de alguns aspectos de uma abordam da Química crítica e reflexiva (SJÖSTRÖM; EILKS, 2018; SJÖSTRÖM; TALANQUER, 2014). Para evitar o predomínio de uma ludicidade ingênua frente aos dispositivos digitais como meios motivacionais e de um adesivismo acrítico quando usados devido a meros modismo ou apelo visual (SANTOS, 2016), é preciso garantir que aspectos relacionados as

demandas ontológicas, epistemológicas e historicistas (ARAÚJO NETO, 2009; SANTOS, 2016; WARTHA; REZENDE, 2017) possam ser mobilizados e incorporados em uma estratégia de visualização (FERREIRA; ARROIO, 2009a, 2009b).

A partir disso, reflexões sobre a construção de um contratempo (cronológico e kairológico) orientado para gradualmente explorar diferentes arranjos de uma *estratégia de visualização e a metamediação do professor* e adequados a um contexto de ensino específico. A versatilidade da estratégia de visualização reside no uso de diferentes combinações das ações dos estudantes (OF, EeE, D, OM, ReR, R e AD) com representações visuais ou modelos visuais. Os conteúdos ontológicos, epistemológicos e históricos entram nos recursos didáticos, materiais de aprendizagens e/ou interações verbais. Nesse sentido, o tempo é visto como uma distribuição de densidade de probabilidade dentro do triângulo, o qual compreende e se desloca ao longo das aulas entre o tempo inerente ao próprio recurso visual (estático ou dinâmico), o tempo da disponibilização das ideias científicas do professor (autoridade) e sua interação verbal com os estudantes (interação dialógica), bem como, o tempo alocado para as ações dos próprios estudantes, que não se limitam ao uso da fala com o professor (desenho, escrita, discussão entre pares).

A reserva de tempo em sala de aula para discutir e negociar os diferentes significados das representações visuais tem sido sugerido, como o tempo de espera (um e dois) e as perguntas abertas (LI; ARSHAD, 2015, 2014b, 2014a), ainda que a pressão curricular (cobrir grandes quantidades de conteúdo em pouco tempo) tenha dificultado, pela falta de tempo, o desenvolvimento de argumentações de estudantes frente as ambiguidades das representações visuais, que segundo Matuk (2018, p. 74, tradução nossa), nessas situações “os professores frequentemente recorrem à resolução imediata das ideias conflitantes dos alunos, dando a resposta ‘correta’”.

O tempo inerente ao recurso visual também deve ser considerado. Ainda que pesquisas sobre o tempo devam ser aprofundadas em relação ao livro didático (recurso visual estático), as ilustrações devem favorecer um aprendizado não prolongado e, segundo Mikk (2000, p. 303, tradução nossa), “é óbvio que mais tempo garante melhores resultados”, ou seja, um tempo adequado, inclusive, para

superar as dificuldades encontradas na aprendizagem e na mobilização de regras e convenções e dos significados das representações simbólicas (TABER, 2009). No uso de fórmulas químicas têm sido constatados problemas baseados na linguagem, quando símbolos e fórmulas são tomados apenas como abreviações de nomes de substâncias, em incompreensões conceituais acerca da natureza particulada da matéria ou sobre as relações entre os domínios macro e submicro e, também, na interpretação e na seleção inadequadas de representações para um fim específico e, em especial, um fim não familiar para o estudante (TASKIN; BERNHOLT, 2014).

Por sua vez, os recursos dinâmicos devem ser exibidos de forma mais lenta ou por exibições sucessivas, pois estudantes iniciantes podem encontrar dificuldades para perceber movimentos, mudanças e aprender as informações visuais (COOK, 2006; SANGER; BRECHEISEN; HYNEK, 2001; TVERSKY; MORRISON; BETRANCOURT, 2002). O dispêndio de tempo no uso de recursos visuais dinâmicos é respaldado pela sua característica de *clareza enganosa*. Em acordo com Linn e Eylon (2011) numa condição de absorção, ou seja, de simples observação, uma animação pode convencer os estudantes de que eles tiveram um entendimento quando, realmente, obtiveram ideias superficiais. Isso produz uma confiança excessiva nesse entendimento, após ver o recurso, maior do que quando eles são solicitados a articularem suas ideias por meio da externalização das compreensões e da realização de questionamentos (condição de reflexão), o que é denominado de *clareza enganosa* da representação visual.

Em um contexto de aumento da disponibilização online e facilidade de acesso à animações interativas e simulações que representam fenômenos químicos complexos junto ao incentivo ao uso de tecnologias digitais em sala de aula, Linn e Eylon (2011) destacam que planejar o ensino usando essas representações visuais dinâmicas não é menos complicado e trivial do que planejar o uso de experimentos, livros didáticos e as lições, pois é necessário assegurar condições de reflexão por meio de atividades de explicação, interações envolvendo desenhos e crítica. Uma adequação dessas representações visuais aos conhecimentos prévios dos estudantes e a emergência de *dificuldades desejáveis* podem expor erros e lacunas conceituais que, quando resolvidos de forma consciente e autônoma, promovendo a metacognição, podem melhorar o entendimento de tópicos curriculares complexos

da Química. Embora existam controvérsias sobre o uso de representações visuais dinâmicas, cabe explorar as suas potencialidades no sentido de agregar valor e qualificar o ensino.

Outro estudo que corrobora essa perspectiva foi implementado por Hinze et al. (2013) para explorar os fatores que promoviam a confiança no uso de novas representações visuais estáticas. Com a prática, estudantes com mais conhecimentos prévios passaram a adotar novas representações para inferências (uso semântico), enquanto todos estavam mais preparados para atividades de identificação (uso sintático). O estudo sugere que não apenas a fluência representacional reflita diferença de expertise, mas que conhecimentos básicos de Química podem facilitar o desenvolvimento da fluência representacional, mesmo entre aqueles relativamente iniciantes. A oportunidade de usar novas representações pode ser um momento de experimentar dificuldades que coloquem em relevos suas próprias lacunas de conhecimento, revisitar conceitos básicos mediante questionamentos. O estudo evidencia que a adoção e o uso fluente das representações não são imediatos, pois estão em função do conhecimento prévio e da experiência com o conteúdo do domínio, mas, também, em função das características da tarefa e do estudante durante as primeiras experiências de aprendizagem e compreensão.

Essa exploração crítica dos recursos visuais dinâmicos ou estáticos pode ser potencializada por meio da alocação de tempo de ações dos estudantes com recursos visuais (as ações da estratégia de visualização). No estudo de Chang, Zhang e Chang (2014), diferente da sua forma prévia de usar do livro didático, a professora utilizou recursos visuais mediados por computador e conseguiu deslocar 53% do tempo da unidade de ensino para os estudantes trabalharem em pequenos grupos, fazendo investigações, discussões e registros escritos (em 4 aulas de 45 min.). Um estudo também referenciou o potencial dos dispositivos digitais em deslocar parte do tempo da aula para um envolvimento ativo e investigativo dos estudantes em suas aprendizagens (AGAPOVA et al., 2002).

Outro desafio quanto ao uso de recursos visuais é o auxílio na aprendizagem de conceitos científicos complexos por meio das diferentes formas de representar um mesmo fenômeno. Conforme Ainsworth (2008), as múltiplas representações

podem assumir um papel complementar (apresentando informações diferentes ou iguais em formas computacionais distintas) e uma função inibidora de interpretação (apresentando representações simples e familiares para inibir interpretações mais abstratas ou usar as propriedades inerentes de uma representação para a interpretação de uma segunda representação). Em uma terceira função, os estudantes são capazes de relacionar as múltiplas representações para identificar as características invariantes que são compartilhadas de um domínio e identificar quais são as propriedades das representações individuais. O professor é indispensável, pois a representação inibidora em um momento pode se tornar complementar posteriormente mediante a aquisição de aprendizagens necessárias, além de que estudantes iniciantes não têm o mesmo desempenho que os experientes possuem.

Nesse contexto, o uso de um roteiro de colaboração adaptável conseguiu um bom desempenho na tarefa de auxiliar os estudantes na realização de conexões entre representações visuais, promovendo maiores resultados de aprendizado em conceitos complexos em comparação com a mesma colaboração na ausência de roteiro de apoio. Segundo Rau (2017b), o seu estudo mostrou que o trabalho colaborativo é um meio eficaz para apoiar a conexão entre múltiplas representações visuais e que um roteiro de colaboração centrado na criação de conexões pode melhorar significativamente o aprendizado do conhecimento do conteúdo. Os resultados encontrados por Nitz et al. (2014) sobre práticas de ensino que oportunizaram a construção de representações visuais pelos próprios estudantes mostraram um aumento substancial na aprendizagem do conhecimento do conteúdo, sendo que, a negociação de significados entre pares teve efeito positivo na percepção dos estudantes com o melhor desempenho conceitual.

O uso de outros recursos visuais como os modelos concretos também aponta para um deslocamento do tempo de sala de aula em favor de tarefas de manipulação pelos estudantes. Esses recursos são fundamentais para a aprendizagem e mostram capacidades ímpares para o desenvolvimento de competência representacional. Estudos evidenciam que apenas ver um modelo concreto, sem interagir fisicamente com ele, não é suficiente para melhorar a habilidade dos estudantes de tradução entre representações 3D e 2D, pois os modelos concretos ajudam nessa tarefa substituindo ou ampliando processos

mentais difíceis por processos externos, agindo sobre os modelos (STIEFF et al., 2016; STULL et al., 2012), potencializada em situações de instrução explícita e incentivo ao uso na resolução de problemas.

Em resumo, o triplete do tempo na formação inicial poderia mediar reflexões que problematizem uma noção de uso do tempo de sala de aula com os recursos visuais da Química apenas centrado, ritmado e cadenciado pela fala do professor, conforme apontaram as percepções dos licenciandos no presente estudo. Mesmo quando o tempo foi distribuído em ações de estudantes, a função das interações verbais predominou como critério predominante de uso do tempo alocado.

A demarcação de um “lugar” próprio, como uma “estratégia de visualização”, constituído por um tempo partilhado entre recurso visual, estudantes e professor poderia favorecer a emergência de uma temporalidade kairológica, a qual é o tempo da oportunidade para discutir sobre os entes e processos químicos, as noções de representação e fenômeno representado e a natureza histórica e humana do conhecimento químico e suas representações, isto é, de uma Química que continuamente retifica os seus instrumentos lógicos.

Sobretudo, essa tarefa emerge como um desafio. De acordo com Eilam e Gilbert (2014) atualmente na maioria dos cursos de formação não são fornecidas oportunidades e experiências formativas intencionais, explícitas e adequadamente projetadas sobre os conhecimentos e as práticas que deveriam ser apreendidas para a plena utilização dos potenciais das representações visuais. Segundo Eilam, Poyas e Hashimshoni (2014) na maioria dos cursos de formação a presença dessa temática tem sido retardada em meio a disputas pela introdução de outros campos de estudos pertinentes e apenas alguns poucos cursos existentes hoje implementaram formações relevantes ou integraram questões específicas sobre visualização em seus currículos.

Por isso, a proposta central desta investigação não é estimular a inserção de novas tecnologias e recursos visuais em sala de aula a qualquer custo, ao ponto de prejudicar o aprendizado, nem tampouco é ampliar a exclusão social dos estudantes, ao ponto privá-los de ricas oportunidades de aprendizagem com recursos visuais digitais ou analógicos.

Da mesma forma que, no desenvolvimento profissional docente, as vivências únicas e intervenções de curto prazo tendem a não ser eficazes, pois é preciso também tempo, formação teórica e exercício prático para que novos saberes sobre os recursos visuais se alinhem aos conhecimentos prévios e aos repertórios experienciais de professores e futuros professores (BERGQVIST; DRECHSLER; CHANG RUNDGREN, 2016; PATRON et al., 2017; WAIGHT et al., 2014), o uso de recurso visuais na Educação Escolar em Química poderia ser pensado a partir e em oposição ao cenário atual e no sentido de uma construção gradual dos contratempos necessários para desacelerar os ritmos em favor de um tempo partilhado e propício para a interpretação, a construção e o refinamento de representações visuais por parte dos estudantes e com a metamediação do professor em processos de negociação e elaboração de significados conceituais e representacionais.

6 CONSIDERAÇÕES

Nesse estudo, as percepções partilhadas por professores em formação inicial sobre as relações entre a função de recursos visuais acessados por dispositivos digitais em suas vidas cotidianas e o seus usos nos processos de ensino e aprendizagem em Química na Educação Básica foram levantadas. Os resultados obtidos por meio de questionário, planejamento de uso de recursos visuais, implementação de sequências didáticas, apresentação e arguição oral e elaboração de relatórios reflexivos sobre a própria prática de ensino mostraram que uma noção de tempo rápido com o uso dispositivos digitais e seus recursos visuais esteve presente nas percepções da amostra investigada, porém, tendeu a não ser percebida explicitante quando seus usos seriam no âmbito escolar.

Uma noção de tempo rápido predominou para o uso da fala ao longo da implementação de sequências didáticas. Durante essas práticas de ensino a percepção do uso do tempo especificamente com os recursos visuais da Química ficou majoritariamente vinculada e restrita ao tempo das interações verbais do licenciando. Essa visão ficou atenuada em situações em que os licenciandos demonstraram vivências práticas e noções teóricas sobre aspectos de estratégias de visualização.

A pesquisa também investigou sob a perspectiva do processo de visualização as percepções de licenciandos sobre as relações entre o tempo e os recursos visuais emergidas de reflexões sobre as suas práticas de ensino em Química utilizando os registros em arguição oral e relatórios reflexivos. Nos registros audiovisuais, os tempos das ações de licenciandos e estudantes e da disponibilização de recursos didáticos foram decompostos qualitativamente em seus segundos de duração e, em seguida, foram reconstruídos analisando as formas de uso do tempo com os recursos visuais da Química.

Embora todas as implementações tivessem sido bem-sucedidas na tarefa de articular o conhecimento químico com uma temática relevante, houve uma correlação positiva entre o aumento do tempo alocado para as ações dos estudantes com os recursos visuais químicos e o incremento de tempo com interações verbais no domínio submicro e no trânsito entre os domínios macro e submicro, fundamentais a uma intensa experiência de aprendizagem com o mundo conceitual

atômico-molecular a partir de suas representações. Nesse contexto, o tipo de tecnologia digital não foi o definidor último da qualidade das interações verbais sobre ele desencadeadas ou das ações dos alunos a partir deles propiciadas, corroborando com o fato de que a inserção de tecnologias como computadores e demais dispositivos não substitui ou diminui o papel do professor em sala de aula, mas, ao contrário, amplia a sua relevância e sugere uma formação docente condizente com apropriação das formas de uso desses recursos visuais numa dimensão pedagógica.

A triangulação dos dados obtidos nas práticas de ensino e nas percepções dos licenciandos resultou em duas outras constatações centrais que se somaram a primeira, isto é, aquela de o tempo da fala do licenciando ser o critério de tempo predominante para a exploração pedagógica dos recursos visuais da Química. Na segunda, a ausência de uma diferenciação temporal entre os tipos de recursos visuais (químicos e temáticos) diminuiu a percepção da importância do uso do tempo alocado na perspectiva de uma estratégia de visualização em Química. Na terceira, a vivência prática e a apreensão de noções teórica no campo da visualização puderam reforçar enquanto que uma análise crítica sobre a própria prática de ensino pode estimular a percepção da importância de se reservar parte do tempo alocado em sala de aula para a implementação de estratégias de visualização em Química.

Em um diálogo com apontamentos da literatura corrente, uma reflexão sobre o conjunto dos resultados propiciou a organização de uma proposta de abordagem sobre as formas de uso do tempo em sala de aula, um tempo partilhado entre recurso visual, estudantes e professor de Química (triplete do tempo) e com vistas a problematizar na formação inicial a percepção da necessidade de construção gradual de oportunidades para a implementação e o desenvolvimento de estratégias de visualização.

No caminho para essa problematização emergirão potenciais obstáculos. De um lado, reformas educacionais tendem a diminuir a oferta temporal da componente curricular de Química, comprimindo o tempo disponível para a formação básica e favorecendo uma relação acelerada com seus conceitos e recursos visuais. De outro, na vida social cotidiana as tecnologias digitais com a promessa de conexões de internet hipervelozes podem fortalecer a leitura superficial e a distribuição rápida

de falsas mensagens portadoras de anticientificismo e de valores e ideologias não universais, por vezes suportadas pela clareza enganosa de seu conteúdo imagético. Esses fatores tendem a ser relevantes uma vez que os saberes docentes construídos sobre representações visuais também têm sido oriundos de um uso intuitivo e superficial, de experiências prévias como estudantes e de uma relação pessoal com as mídias (EILAM, 2012; EILAM; POYAS; HASHIMSHONI, 2014; FERREIRA; BAPTISTA; ARROIO, 2013; FERREIRA; ARROIO, 2009a).

A Educação em Química pode contribuir nesse desafio estimulando a criação das temporalidades partilhadas necessárias e envoltas em momentos de assertividade e aquiescência distribuídos entre recursos visuais, ações de estudantes e a mediação de professores. Com isso, problematizar a construção coletiva de refúgios de “contratempos” para posicionar criticamente o lugar dos professores e dos recursos visuais químicos, suportados ou não por tecnologias digitais, como mediadores das aprendizagens conceitual e representacional necessárias para compreender, em temas como a Guerra, o papel dos cientistas na criação de gases com fins bélicos e seus mecanismos de ação, com o Etnoconhecimento, a genialidade e a valorização dos direitos e saberes indígenas a partir de seus aparatos de extração de essências, com o tema Mídia, a concepção subliminar de ciência em séries de investigação forense em função dos princípios científicos envolvidos e, no tema Arte, um diálogo vivo entre as histórias da Química e da pintura por meio do desenvolvimento de pigmentos e da análise forense de obras de arte.

O campo de pesquisa sobre visualização é vasto, complexo e em constante debate e desenvolvimento. Estratégias de visualização oriundas desse âmbito podem ser úteis para problematizar o triplete do tempo ao apresentarem, ainda que parcialmente, uma visão de conjunto de pressupostos teóricos deste campo de estudos pertinentes à formação de professores de Química.

De modo geral, os desafios aqui apontados mostram que as representações visuais em si mesmas “não são uma panaceia” (RAPP; KURBY, 2008, p. 47, tradução nossa), suas eficácias variam assim como a linguagem e outras ferramentas comunicativas e cognitivas e, quando elas são eficazes, encontram-se em conformidade com as capacidades perceptivas e cognitivas humanas

(TVERSKY, 2005). Seus variados tipos carregam diferentes características e possibilidades cognitivas para os estudantes, bem como, diferentes implicações para o ensino (GOBERT, 2005).

Mas, por outro lado, o enfrentamento crítico a esse conjunto de desafios no intuito de oferecer oportunidades de aprender Química com diversos tipos de representações visuais pode trazer contribuições fundamentais para a aprendizagem em Química e a formação intelectual e cultural dos estudantes no âmbito escolar.

A partir desses entendimentos os resultados desta investigação buscam fortalecer a importância da função mediadora do professor em sala de aula, laboratórios escolares, aulas online síncronas e tarefas assíncronas selecionando e organizando atividades com representações visuais ou auxiliando na percepção, na interpretação, na construção e na negociação de significados pertinentes a uma aprendizagem de noções concretas e a uma rica experiência formativa em Química por parte dos estudantes.

REFERÊNCIAS

ADADAN, E. Investigating the influence of pre-service chemistry teachers' understanding of the particle nature of matter on their conceptual understanding of solution chemistry. **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, v. 15, n. 2, p. 219–238, jan. 2014.

AGAPOVA, O. et al. Encouraging Independent Chemistry Learning through Multimedia Design Experiences. **Chemical Education International**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 1, nov. 2002.

AINSWORTH, S. The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. In: GILBERT, J. K.; REINER, M.; NAKHLEH, M. (Eds.). **Visualization: theory and practice in Science Education**. Netherlands: Springer, 2008, v. 3, p. 191-208.

AINSWORTH, S.; NEWTON, L. Teaching and Researching Visual Representations: Shared Vision or Divided Worlds? In: EILAM, B.; GILBERT, J. K. (Eds.). **Science Teachers' Use of Visual Representations**. Dordrecht: Springer, 2014, v. 8, p. 29–49.

AINSWORTH, S.; PRAIN, V.; TYTLER, R. Drawing to Learn in Science. **Science**, Washington DC, v. 333, n. 6046, p. 1096–1097, ago. 2011.

AKAYGUN, S.; ADADAN, E. Revisiting the Understanding of Redox Reactions Through Critiquing Animations in Variance. In: SCHULTZ, M.; SCHMID, S.; LAWRIE, G. A. (Eds.). **Research and Practice in Chemistry Education**. Singapura: Springer, 2019, p. 07–29.

AKAYGUN, S.; ADADAN, E.; KELLY, R. Capturing Preservice Chemistry Teachers' Visual Representations of Redox Reactions through Storyboards. **Israel Journal of Chemistry**, Weinheim, v. 59, n. 6, p. 493–503, jun. 2019.

AL-BALUSHI, S. M.; AL-HAJRI, S. H. Associating animations with concrete models to enhance students' comprehension of different visual representations in organic chemistry. **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, v. 15, n. 1, p. 47–58, jan. 2014.

ALVES, M. **Características, elementos e importância do planejamento didático-pedagógico:** uma revisão de termos e conceitos na área de ensino de ciências. 2018. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2018.

ARAÚJO NETO, W. N. **Formas de uso da noção de representação estrutural no Ensino Superior de Química**. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ARROIO, A. Visualizations for Natural Science Education. **Journal of Baltic Science Education**, Siauliai, v. 11, n. 02, p. 112–114, jun. 2012.

BANNATYNE, M. W. M.; KOCH, C. T.; PIEKARZEWSKA, A. K. If You Could Believe Your Eyes: Images and Fake News. In: 23rd INTERNATIONAL CONFERENCE IN INFORMATION VISUALIZATION - PART II. **Proceedings…** Adelaide, 2019, p. 128–133.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2011.

BARNEA, N.; DORI, Y. J. Computerized Molecular Modeling: The New Technology for enhancing model perception among Chemistry Educators and Learners. **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, v. 1, n. 1, p. 109–120, jan. 2000.

BENKLER, Y.; FARIS, R.; ROBERT, H. **Network propaganda : manipulation, disinformation, and radicalization in American politics**. New York: Oxford University Press, 2018.

BERG, A. et al. Representational challenges in animated chemistry: self-generated animations as a means to encourage students' reflections on sub-micro processes in laboratory exercises. **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, v. 20, n. 4, p. 710–737, out. 2019.

BERGQVIST, A.; DRECHSLER, M.; CHANG RUNDGREN, S.-N. Upper Secondary Teachers' Knowledge for Teaching Chemical Bonding Models. **International Journal of Science Education**, Raipur, v. 38, n. 2, p. 298–318, fev. 2016.

BOESDORFER, S. B. Using Teachers' Choice of Representations to Understand the Translation of Their Orientation toward Science Teaching to Their Practice. **Electronic Journal of Science Education**, Fort Worth, v. 19, n. 1, jan. 2015.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação Qualitativa em Educação**. Porto Editora: Porto, 1994.

BRAGA, J.; PHILLIPS, L. M.; NORRIS, S. P. Visualizations and visualization in science education. In: NORRIS, S. P. (Ed.). **Reading for Evidence and Interpreting Visualizations in Mathematics and Science Education**. Rotterdam: Sense Publishers, 2012, p. 123–145.

BRIGGS, M.; BODNER, G. A Model of Molecular Visualization. In: GILBERT, J. K. (Ed.). **Visualization in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2005. p. 61–72.

BYRNE, D. Case-Based Methods: why we need them, what they are, how to do them. In: BYRNE, D.; RAGIN, C. C. (Eds.). **The SAGE Handbook of Case-Based Methods**. London: SAGE, 2009. p. 01–10.

CARVALHO, A. M. P. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. In: SANTOS, F. M. T. dos; GRECA, I. M. (Orgs.). **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias**. 2ª ed. Ijuí: Unijuí, 2011, p. 13-48.

CETIC.BR. - CENTRO REGIONAL DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO DA SOCIEDADE DA INFORMAÇÃO **TIC Educação: Pesquisa Sobre o Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nas Escolas Brasileiras**. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2020.

CHANG, H.-Y.; LINN, M. C. Scaffolding learning from molecular visualizations. **Journal of Research in Science Teaching**, Chapel Hill, v. 50, n. 07, p. 858–886, maio 2013.

CHANG, H.-Y.; QUINTANA, C.; KRAJCIK, J. Using Drawing Technology to Assess Students' Visualizations of Chemical Reaction Processes. **Journal of Science Education and Technology**, London, v. 23, n. 3, p. 355–369, jun. 2014.

CHANG, H.-Y.; ZHANG, Z. H.; CHANG, S.-Y. Adaptation of an Inquiry Visualization Curriculum and its Impact on Chemistry Learning. **Asia-Pacific Education Researcher**, Manila, v. 23, n. 3, p. 605–619, set. 2014.

CHENG, M.; GILBERT, J. K. Towards a Better Utilization of Diagrams in Research into the Use of Representative Levels in Chemical Education. In: GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. (Eds.). **Multiple Representations in Chemical Education**. Dordrecht: Springer, 2009, v. 4, p. 55–73.

COLIN, P.; CHAUVET, F.; VIENNOT, L. Reading images in optics: Students' difficulties and teachers' views. **International Journal of Science Education**, Raipur, v. 24, n. 3, p. 313–332, mar. 2002.

COOK, M. Teachers' use of visual representations in the science classroom. **Science Education International**, Izmir, v. 22, n. 3, p. 175–184, set. 2011.

COOK, M. P. Visual representations in science education: The influence of prior knowledge and cognitive load theory on instructional design principles. **Science Education**, Hoboken, v. 90, n. 6, p. 1073–1091, nov. 2006.

CRARY, J. **24/7: capitalismo tardio e os fins do sono**. [livro eletrônico] São Paulo: Ubu, 2016.

DANGUR, V. et al. Learning quantum chemistry via a visual-conceptual approach: students' bidirectional textual and visual understanding. **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, v. 15, n. 3, p. 297–310, jul. 2014.

DERMAN, A.; EBENEZER, J. The Effect of Multiple Representations of Physical and Chemical Changes on the Development of Primary Pre-service Teachers Cognitive Structures. **Research in Science Education**, London, v. 50, n. 4, p. 1575–1601, ago. 2020.

DOMO. **Data Never Sleeps 7.0 Infographic | Domo, Inc.** Disponível em: https://www.domo.com/learn/infographic/data-never-sleeps-7. Acesso em: 4 set. 2021.

DORI, Y. J.; BARNEA, N. In-service chemistry teachers' training: the impact of introducing computer technology on teachers' attitudes and classroom implementation. **International Journal of Science Education**, Raipur, v. 19, n. 5, p. 577–592, jun. 1997.

DORI, Y. J.; BELCHER. Learning electromagnetism with visualization and active learning. In: GILBERT, J. K. (Ed.). **Visualization in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2005, p. 187–216.

DORI, Y. J.; HAMEIRI, M. Multidimensional analysis system for quantitative chemistry problems: Symbol, macro, micro, and process aspects. **Journal of Research in Science Teaching**, Hoboken, v. 40, n. 3, p. 278–302, mar. 2003.

DUMON, A.; MZOUGHI-KHADHRAOUI, I. Teaching chemical change modeling to Tunisian students: An "expanded chemistry triplet" for analyzing teachers' discourse. **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, v. 15, n. 1, p. 70–80, nov. 2014.

EILAM, B. **Teaching, Learning and Visual Literacy: The Dual Role of Visual Representation**. Cambridge: Cambridge Press, 2012.

EILAM, B.; GILBERT, J. K. The Significance of Visual Representations in the Teaching of Science. In: EILAM, B.; GILBERT, J. K. (Eds.). **Science Teachers' Use of Visual Representations**. Dordrecht: Springer, 2014, v. 8, p. 03–28.

EILAM, B.; POYAS, Y.; HASHIMSHONI, R. Representing Visually: What Teachers Know and What They Prefer. In: EILAM, B.; GILBERT, J. K. (Eds.). **Science Teachers' Use of Visual Representations**. Dordrecht: Springer, 2014, v. 8, p. 53–83.

ELLUL, J. **Propaganda: the formation of men's attitudes**. Reprint of 1st ed. New York: Vintage Books, 1973.

FERREIRA, C.; BAPTISTA, M.; ARROIO, A. In-service training of chemistry teachers: The use of multimedia in teaching chemistry. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, London, v. 9, n. 3, p. 301–310, dez. 2013.

FERREIRA, C. R.; ARROIO, A. Teacher's Education and the use of visualizations in Chemistry instruction. **Problems of Education in the 21st Century**, Siauliai, v. 16, p. 48–53, nov. 2009a.

FERREIRA, C. R.; ARROIO, A. O uso de visualizações no Ensino de Química: a formação inicial do professor de Química. **Revista Brasileira de Ensino de Química**, Campinas, v. 04, n. 02, p. 31–42, dez. 2009b.

FERREIRA, C. R.; BAPTISTA, M.; ARROIO, A. Visual Tools In Teaching Learning Sequences For Science Education. **Problems of Education in the 21st Century**, Siauliai, v. 37, p. 48–58, set. 2011.

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

FLICK, U. Triangulation. In: DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. (Eds.). **The SAGE Handbook of Qualitative Research**. 5th ed. London: SAGE, 2017, p. 777–804.

GABEL, D. Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the Future. **Journal of Chemical Education**, Washington DC, v. 76, n. 4, p. 548, abr. 1999.

GAMBOA, S. S. **Pesquisa em Educação: métodos e epistemologias**. 2ª ed. Chapecó: Argos, 2015.

GEELAN, D. R.; FAN, X. Teachers Using Interactive Simulations to Scaffold Inquiry Instruction in Physical Science Education. In: EILAM, B.; GILBERT, J. K. (Eds.). **Science Teachers’ Use of Visual Representations**. Dordrecht: Springer, 2014, v. 8, p. 249–270.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GILBERT, J. K. Introduction. In: GILBERT, J. K. (Ed.). **Visualization in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2005a, p. 01–05.

GILBERT, J. K. Visualization: a metacognitive skill in science and science education. In: GILBERT, J. K. (Ed.). **Visualization in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2005b, p. 09–27.

GILBERT, J. K. Visualization: an emergent field of practice and enquiry in Science Education. In: GILBERT, J. K.; REINER, M.; NAKHLEH, M. (Eds.). **Visualization: theory and practice in Science Education**. Netherlands: Springer, 2008, v. 3, p. 03–24.

GILBERT, J. K. The role of visual representations in the learning and teaching of science: an introduction. **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching**, Hong Kong, v. 11, n. 1, p. 01–19, jun. 2010.

GILBERT, J. K. Representations and Models: Aspects of Scientific Literacy. In: TYTLER, R. et al. (Eds.). **Constructing Representations to Learn in Science**. Rotterdam: Sense Publishers, 2013, p. 193–198.

GILBERT, J. K.; JUSTI, R. The Contribution of Visualisation to Modelling-Based Teaching. In: GILBERT, J. K.; JUSTI, R. (Eds.). **Modelling-based Teaching in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2016, v. 9, p. 121–148.

GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. Towards a coherent model for macro, submicro and symbolic representations in Chemical Education. In: GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. (Eds.). **Multiple Representations in Chemical Education**. Dordrecht: Springer, 2009, v. 4, p. 333–350.

GIORDAN, M. O Modelo Topológico de Ensino. In: GIORDAN, M. **Computadores e Linguagens nas aulas de Ciências:** uma perspectiva sociocultural para compreender a construção de significados. Ijuí: Unijuí, 2008, p. 287–304.

GIORDAN, M.; GUIMARÃES, Y. A. F. Estudo Dirigido de Iniciação à Sequência Didática. In: **Especialização em Ensino de Ciências, Rede São Paulo de Formação Docente (REDEFOR)**. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2012.

GOBERT, J. D. Leveraging Technology and Cognitive Theory on Visualization to promote Students' Science. In: GILBERT, J. K. (Ed.). **Visualization in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2005, p. 73–90.

GOMES, S. F.; PENNA, J. C. B. DE O.; ARROIO, A. Fake News Científicas: Percepção, Persuasão e Letramento Scientific Fake News: Perception, Persuasion and Literacy. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 26, p. 1–13, jul. 2020.

GOUVÊA, L. G. DE; SANTOS, V. C. DOS; ARROIO, A. Visualization and Teacher Education: some trends in Chemical Education. **Natural Science Education**, Siauliai. v. 01, n. 36, p. 17–26, fev. 2013.

HARRISON, A. G.; TREAGUST, D. The particulate nature of matter: challenges in understanding the sub-microscopic world. In: GILBERT, J. K. et al. (Eds.). **Chemical Education: towards research-based practice**. New York: Kluwer, 2003, v. 17, p. 189–212.

HARRISON, A. G.; TREAGUST, D. F. Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. **Science Education**, Hoboken, v. 80, n. 05, p. 509–534, set. 1996.

HARVEY, D. **Condição Pós-Moderna:** uma pesquisa sobre as origens da mudança cultural. 17ª ed. São Paulo: Loyola, 2008.

HEAD, M. L. et al. A quantitative method to determine pre-service chemistry teachers' perceptions of chemical representations. **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, v. 18, n. 4, p. 825–840, out. 2017.

HINZE, S. R. et al. Beyond ball-and-stick: Students' processing of novel STEM visualizations. **Learning and Instruction**, Amsterdam, v. 26, p. 12–21, ago. 2013.

HOFFMAN, C. **What Is 5G, and How Fast Will It Be?** Disponível em: https://www.howtogeek.com/340002/what-is-5g-and-how-fast-will-it-be/. Acesso em: 16 set. 2021.

HUBBER, P. Teacher Perspectives of a Representation Construction Approach to Teaching Science. In: TYTLER, R. et al. (Eds.). **Constructing Representations to Learn in Science**. Rotterdam: Sense Publishers, 2013, p. 135–150.

JENSEN, W. B. Logic, History, and the Chemistry Textbook: I. Does Chemistry Have a Logical Structure? **Journal of Chemical Education**, Washington DC, v. 75, n. 6, p. 679-687, jun. 1998a.

JENSEN, W. B. Logic, History, and the Chemistry Textbook: II. Can We Unmuddle the Chemistry Textbook? **Journal of Chemical Education**, Washington DC, v. 75, n. 7, p. 817-828, jul. 1998b.

JENSEN, W. B. Logic, History, and the Chemistry Textbook: III. One Chemical Revolution or Three? **Journal of Chemical Education**, Washington DC, v. 75, n. 8, p. 961-969, ago. 1998c.

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

JOHNSTONE, A. H. The development of Chemistry Teaching: a changing response to changing demand. **Journal of Chemical Education**, Washington DC, v. 70, n. 9, p. 701–705, set. 1993.

JOHNSTONE, A. H. Teaching of Chemistry: logical or psychological? **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, v. 1, n. 1, p. 9–15, jan. 2000.

JOHNSTONE, A. H. Science Education: We know the answers, let's look at the problems. In: 5TH PANHELLENIC CONFERENCE ON THE DIDACTICS OF SCIENCE AND THE APPLICATION OF NEW TECHNOLOGIES IN EDUCATION. **Proceedings…** Ioannina, 2007, p. 01–12.

JOWETT, G. S.; O'DONNELL, V. **Propaganda and Persuasion**. 6th ed. Thousand Oaks: SAGE, 2015.

JUSTI, R. La Enseñanza de Ciencias basada en la elaboración de modelos. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 24, n. 2, p. 173–184, jun. 2006.

JUSTI, R.; GILBERT, J. K. Models and Modelling in Chemical Education. In: GILBERT, J. K. et al. (Eds.). **Chemical education: towards research-based practice**. Dordrecht: Kluwer, 2002, v. 17, p. 47–68.

KEINER, L.; GRAULICH, N. Transitions between representational levels: Characterization of organic chemistry students' mechanistic features when reasoning about laboratory work-up procedures. **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, v. 21, n. 1, p. 469–482, jan. 2020.

KELLY, R. M. et al. The effect that comparing molecular animations of varying accuracy has on students' submicroscopic explanations. **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, v. 18, n. 4, p. 582–600, abr. 2017.

KERMEN, I.; MÉHEUT, M. Different models used to interpret chemical changes: analysis of a curriculum and its impact on French students' reasoning. **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, v. 10, n. 1, p. 24–34, jan. 2009.

KNOBLAUCH, H.; SCHNETTLER, B.; RAAB, J. Video-Analysis methodological aspects of interpretive audiovisual analysis in Social Research. In: KNOBLAUCH, H. et al. (Eds.). **Video Analysis: Methodology and Methods**. 3rd ed. Frankfurt: Peter Lang, 2012, p. 09–26.

KOOPMAN, O. Investigating how science teachers in South Africa engage with all three levels of representation in selected Chemistry topics. **African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education**, London, v. 21, n. 1, p. 15–25, jan. 2017.

KOZMA, R. B.; RUSSELL, J. Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. **Journal of Research in Science Teaching**, Chapel Hill, v. 34, n. 09, p. 949–968, jun. 1997.

KOZMA, R.; RUSSELL, J. Modelling Students becoming chemists: developing representational competence. In: GILBERT, J. K. (Ed.). **Visualization in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2005, p. 121–145.

KUCKARTZ, U.; RÄDIKER, S. **Analyzing Qualitative Data with MAXQDA:** Text, Audio, and Video. Cham: Springer, 2019.

KUENZER, A. Z. **Ensino Médio:** construindo uma proposta para os que vivem do trabalho. São Paulo: Cortez, 2000.

KUENZER, A. Z. Trabalho e Escola: a flexibilização do ensino médio no contexto do regime de acumulação flexível. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 38, n. 139, p. 331–354, jun. 2017.

LABARCA, M. Acerca de la Naturaleza de la Química: algunos comentarios. **Educación en la Química**, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 89–102, jun. 2009.

LARROSA, J. Notas sobre a experiência e o saber de experiência. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, n. 19, p. 20–28, abr. 2002.

LARROSA, J. Experiência e alteridade em Educação. **Reflexão e Ação**, Santa Cruz do Sul, v. 19, n. 2, p. 04–27, jul./dez. 2011.

LARROSA, J. **Tremores:** escritos sobre experiência. Belo Horizonte: Autêntica, 2014.

LARROSA, J. **Esperando não se sabe o quê:** sobre o ofício de professor. Belo Horizonte: Autêntica, 2018.

LAVAL, C. **A escola não é uma empresa:** o neoliberalismo em ataque ao ensino público. São Paulo: Boitempo, 2019.

LEACH, J.; SCOTT, P. Designing and evaluating science teaching sequences: an approach drawing upon the concept of learning demand and a social constructivist perspective on learning. **Studies in Science Education**, v. 38, n. 1, p. 115–142, 2002.

LEWTHWAITE, B.; DOYLE, T.; OWEN, T. “Did something happen to you over the summer?”: Tensions in intentions for chemistry education. **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, v. 15, n. 2, p. 142–155, abr. 2014.

LI, W. S. S.; ARSHAD, M. S. Inquiry practices in Malaysian secondary classroom and model of inquiry teaching based on verbal interaction. **Malaysian Journal of Learning and Instruction**, Sintok, v. 12, n. 1, p. 151–175, nov. 2015.

LI, W. S. S.; ARSHAD, M. Y. Wait-Time and Multiple Representation Levels in Chemistry Lessons. **Malaysian Online Journal of Educational Sciences**, Kuala Lumpur, v. 2, n. 2, p. 45–53, abr. 2014a.

LI, W. S. S.; ARSHAD, M. Y. Application of multiple representation levels in redox reactions among tenth grade chemistry teachers. **Journal of Turkish Science Education**, Ortahisar, v. 11, n. 3, p. 35–52, set. 2014b.

LINN, M. C.; EYLON, B.-S. Making visualizations valuable. In: LINN, M. C.; EYLON, B.-S. **Science Learning and Instruction:** Taking Advantage of Technology to Promote Knowledge Integration. New York: Routledge, 2011, p. 186–217.

LIU, Y.; TABER, K. S. Analysing symbolic expressions in secondary school chemistry: their functions and implications for pedagogy. **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge. v. 17, n. 3, p. 439–451, abr. 2016.

LIV, N.; GREENBAUM, D. Deep Fakes and Memory Malleability: False Memories in the Service of Fake News. **AJOB Neuroscience**, London, v. 11, n. 2, p. 96–104, abr. 2020.

LOCATELLI, S.; ARROIO, A. Metavisual Strategy Assisting the Learning of Initial Concepts of Electrochemistry. **Natural Science Education**, Siauliai. v. 01, n. 39, p. 14–24, ago. 2014.

LOCATELLI, S.; ARROIO, A. Dificuldades na transição entre os níveis simbólico e submicro: repensar o macro pode auxiliar a compreender reações químicas? **Enseñanza de las Ciencias**, Sevilla, p. 4239–4244, set. 2017.

LOCATELLI, S.; GOMES, P. H. S.; ARROIO, A. Connections involving the use of chemical language and understanding of reduction-oxidation reaction. **Natural Science Education**, Siauliai, v. 15, n. 2, p. 61–71, dez. 2018.

LOIZOS, P. Vídeo, filme e fotografias como documentos de pesquisa. In: BAUER, M. W.; GASKELL, G. (Orgs.). **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som**. 2ª ed. Petrópolis: Vozes, 2002, p. 137–155.

LOUGHRAN, J. et al. Pre-service teachers learning about teaching for conceptual change through slowmation. **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching**, Hong Kong, v. 13, n. 01, p. 01–12, jun. 2012.

LOUGHRAN, J. Slowmation: A Process of Explicit Visualization. In: EILAM, B.; GILBERT, J. K. (Eds.). **Science Teachers' Use of Visual Representations**. Dordrecht: Springer, 2014, v. 8, p. 85–102.

LUCKMANN, T. Some remarks on scores in multimodal sequential analysis. In: KNOBLAUCH, H. et al. (Eds.). **Video Analysis: Methodology and Methods**. 3rd ed. Frankfurt: Peter Lang, 2012, p. 29–34.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MACDONALD, S. **Propaganda and Information Warfare in the Twenty-First Century:** Altered images and deception operations. New York: Routledge, 2007.

MAHAFFY, P. The future shape of Chemistry Education. **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, v. 5, n. 3, p. 229–245, out. 2004.

MAIA, A. F. Cronos acorrentado? notas sobre a temporalidade na cultural digital. In: PUCCI, B.; FRANCO, R.; GOMES, L. R. (Orgs.). **Teoria Crítica na era digital: desafios**. São Paulo: Nankin, 2014, p. 225–236.

MAIA, A. F. Aceleração e Educação: reflexões pontuais sobre a temporalidade na escola. **Revista Eletrônica de Educação**, São Carlos, v. 11, n. 2, p. 368–383, jun./ago. 2017.

MALHEIROS, B. T. **Metodologia da pesquisa em educação**. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

MAMMINO, L. The Interplay Between Language and Visualization: The Role of the Teacher. In: EILAM, B.; GILBERT, J. K. (Eds.). **Science Teachers' Use of Visual Representations**. Dordrecht: Springer, 2014, v. 8, p. 195–225.

MANSOUR, N. Science Teachers' Beliefs and Practices: Issues, Implications and Research Agenda. **International Journal of Environmental & Science Education**, v. 4, n. 1, p. 25-48, jan. 2009.

MARCUSCHI, L. A. **Análise da conversação**. 5ª ed. São Paulo: Ática, 2003.

MATUK, C. Agreeing to Disagree: Students Negotiating Visual Ambiguity Through Scientific Argumentation. In: DANIEL, K. L. (Ed.). **Towards a Framework for Representational Competence in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2018, v. 11, p. 55–77.

MAYER, R. E. Cognitive Theory of Multimedia Learning. In: MAYER, R. E. (Ed.) **The Cambridge Handbook of Multimedia Learning**. 2nd ed. New York: Cambridge, 2014.

MEC. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Base Nacional Comum Curricular: educação é a base**. Ministério da Educação. Brasília: MEC, 2018.

MEIJER, M. R.; BULTE, A. M. W.; PILOT, A. Structure-property relations between macro and micro representations: relevant meso-levels in authentic tasks. In: GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. (Eds.). **Multiple Representations in Chemical Education**. Dordrecht: Springer, 2009, v. 4, p. 195–213.

MIKK, J. **Textbook: research and writing**. Frankfurt: Peter Lang, 2000.

MILHEIM, W. D. How to use animation in computer assisted learning. **British Journal of Educational Technology**, Hoboken, v. 24, n. 3, p. 171–178, set. 1993.

MNGUNI, L. E. The theoretical cognitive process of visualization for science education. **SpringerPlus**, London, v. 3, n. 184, p. 1–9, abr. 2014.

MORAN, J. M. Ensino e aprendizagem inovadores com apoio de tecnologias. In: MORAN, J. M.; MASETTO, M. T.; BEHRENS, M. A. (Orgs.). **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 21ª ed. Campinas: Papirus, 2013, p. 11–72.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de Ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 283–306, dez. 2002.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. **Meaning Making in Secondary Science Classrooms**. Maidenhead: Open University Press, 2003.

NAKIBOĞLU, C.; NAKIBOĞLU, N. Exploring prospective chemistry teachers' perceptions of precipitation, conception of precipitation reactions and visualization of the sub-microscopic level of precipitation reactions. **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, v. 20, n. 4, p. 873–889, out. 2019.

NITZ, S. et al. Do student perceptions of teaching predict the development of representational competence and biological knowledge? **Learning and Instruction**, Amsterdam, v. 31, p. 13–22, jun. 2014.

ONWU, G. O. M.; RANDALL, E. Some aspects of students' understanding of a representational model of the particulate nature of matter in chemistry in three different countries. **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, v. 7, n. 4, p. 226–239, set. 2006.

PAJARES, M. F. Teachers' beliefs and education research: Cleaning up a messy construct. **Review of Education Research**, v. 62, n. 3, p. 307-332, maio 1992.

PALMEIRA, L. L. DE L.; CORDEIRO, C. P. B. S.; PRADO, E. C. DO. A análise de conteúdo e sua importância como instrumento de interpretação dos dados qualitativos nas pesquisas educacionais. **Cadernos de Pós-graduação**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 14–31, jan./jun. 2020.

PARNAFES, O.; TRACHTENBERG-MASLATON, R. Transformed Instruction: Teaching in a Student-Generated Representations Learning Environment. In: EILAM, B.; GILBERT, J. K. (Eds.). **Science Teachers' Use of Visual Representations**. Dordrecht: Springer, 2014, v. 8, p. 271–290.

PATRON, E. et al. Teachers' reasoning: Classroom visual representational practices in the context of introductory chemical bonding. **Science Education**, Hoboken, v. 101, n. 6, p. 887–906, nov. 2017.

PATTON, M. Q. **Qualitative Research and Evaluation Methods: integrating theory and practice**. 4th ed, London: SAGE, 2014.

PAULA, F. A. Aspectos Temporais na Aula: cadência, ritmo e momento oportuno. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 41, n. 4, p. 1049–1070, dez. 2016.

PHENGLENGDI, B. **Evaluation of the Molecular Level Visualisation Approach for Teaching and Learning Chemistry in Thailand**. Tese (Doutorado em Filosofia) – Western Sydney University, Penrith, 2015.

PINTO, D. J. F. et al. Química dos Cheiros: uma abordagem multimodal para diagnóstico de concepções alternativas dos modelos expressos pelos alunos. **Revista Brasileira de Ensino de Química**, Campinas, v. 09, n. 01, p. 60–69, jan. 2014.

PINTÓ, R.; AMETLLER, J. Students' difficulties in reading images. Comparing results from four national research groups. **International Journal of Science Education**, Raipur, v. 24, n. 3, p. 333–341, mar. 2002.

PRAIN, V.; TYTLER, R. Learning Through Constructing Representations in Science: A framework of representational construction affordances. **International Journal of Science Education**, Raipur, v. 34, n. 17, p. 2751–2773, nov. 2012.

RAPP, D. N.; KURBY, C. A. The 'Ins' and 'Outs' of Learning: Internal Representations and External Visualizations. In: GILBERT, J. K.; REINER, M.; NAKHLEH, M. (Eds.). **Visualization: theory and practice in Science Education**. Netherlands: Springer, 2008, v. 3, p. 29–52.

RAPPOPORT, L. T.; ASHKENAZI, G. Connecting Levels of Representation: Emergent versus submergent perspective. **International Journal of Science Education**, Raipur, v. 30, n. 12, p. 1585–1603, 5 out. 2008.

RAU, M. A. Conditions for the Effectiveness of Multiple Visual Representations in Enhancing STEM Learning. **Educational Psychology Review**, London, v. 29, n. 4, p. 717–761, dez. 2017a.

RAU, M. A. An adaptive collaboration script for learning with multiple visual representations in chemistry. **Computers & Education**, Amsterdam, v. 109, p. 38–35, jun. 2017b.

REPU. **Nota Técnica sobre o Programa Ensino Integral (PEI)**. 2ª ed. Rede Escola Pública e Universidade. São Paulo: REPU, 2021.

ROLDÃO, M. DO C. Função docente: natureza e construção do conhecimento profissional. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 34, p. 94–103, jan./abr. 2007.

ROSA, H. **Aceleração:** a transformação das estruturas temporais na Modernidade. São Paulo: Editora UNESP, 2019.

ROWE, M. B. Wait Time: Slowing Down May Be A Way of Speeding Up! **Journal of Teacher Education**, Thousand Oaks, v. 37, n. 1, p. 43–50, jan./fev. 1986.

RUNDGREN, S.-N. C.; YAO, B.-J. Visualization in research and science teachers' professional development. **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching**, Hong Kong, v. 15, n. 2, p. 21, dez. 2014.

SALDAÑA, J. **The Coding Manual for Qualitative Researchers**. 2nd ed. London: SAGE, 2013.

SANGER, M. J.; BRECHEISEN, D. M.; HYNEK, B. M. Can Computer Animations Affect College Biology Students' Conceptions About Diffusion & Osmosis? **The American Biology Teacher**, Oakland, v. 63, n. 02, p. 104–109, fev. 2001.

SANTOS, J. A. dos **Objetos Educacionais Digitais: critérios de avaliação para uso no ensino e na aprendizagem de Química**. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

SANTOS, V. C. dos; ARROIO, A. The representational levels: Influences and contributions to research in chemical education. **Journal of Turkish Science Education**, Ortahisar, v. 13, n. 1, p. 3–18, mar. 2016.

SAVEC, V. F. et al. Prospective chemistry teachers' perceptions of their profession: the state of the art in Slovenia and Finland. **Journal of the Serbian Chemical Society**, Belgrade, v. 82, n. 10, p. 1193–1210, nov. 2017.

SCHWANDT, T. A.; GATES, E. F. Case Study Methodology. In: DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. (Eds.). **The SAGE Handbook of Qualitative Research**. 5th ed. London: SAGE, 2017, p. 600–630.

SEUFERT, T. Supporting coherence formation in learning from multiple representations. **Learning and Instruction**, Amsterdam, v. 13, n. 2, p. 227–237, abr. 2003.

SILVA, M. J. da; PEREIRA, M. V.; ARROIO, A. O papel do Youtube no Ensino de Ciências para estudantes do Ensino Médio. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, maio/ago. 2017.

SJÖSTRÖM, J.; EILKS, I. Reconsidering Different Visions of Scientific Literacy and Science Education Based on the Concept of Bildung. In: DORI, Y. J.; MEVARECH, Z. R.; BAKER, D. R. (Eds.). **Cognition, Metacognition, and Culture in STEM Education**. Dordrecht: Springer, 2018, v. 24, p. 65–88.

SJÖSTRÖM, J.; TALANQUER, V. Humanizing Chemistry Education: From Simple Contextualization to Multifaceted Problematization. **Journal of Chemical Education**, Washington DC, v. 91, n. 8, p. 1125–1131, ago. 2014.

SLOUGH, S. W.; MCTIGUE, E. Development of the Graphical Analysis Protocol (GAP) for Eliciting the Graphical Demands of Science Textbooks. In: KHINE, M. S. (Ed.). **Critical Analysis of Science Textbooks:** Evaluating instructional effectiveness. Dordrecht: Springer, 2013, p. 17–29.

STIEFF, M. et al. Improving Representational Competence with Concrete Models. **Science Education**, Hoboken, v. 100, n. 2, p. 344–363, mar. 2016.

STULL, A. T. et al. Representational Translation With Concrete Models in Organic Chemistry. **Cognition and Instruction**, London, v. 30, n. 4, p. 404–434, out. 2012.

STYLIANIDOU, F. Analysis of science textbook pictures about energy and pupils' readings of them. **International Journal of Science Education**, Raipur, v. 24, n. 3, p. 257–283, mar. 2002.

TABER, K. S. Learning at the Symbolic Level. In: GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. (Eds.). **Multiple Representations in Chemical Education**. Dordrecht: Springer, 2009, v. 4, p. 75–105.

TABER, K. S. Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, v. 14, n. 2, p. 156–168, fev. 2013.

TALANQUER, V. Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry "triplet". **International Journal of Science Education**, Raipur, v. 33, n. 2, p. 179–195, jan. 2011.

TASKER, R. et al. **Description of VisChem: Implementation**. 2002a. Disponível em: http://www.learningdesigns.uow.edu.au/exemplars/info/LD9/more/04Implementation.html. Acesso em: 11 mar. 2019a.

TASKER, R. et al. **Description of VisChem: Context**. 2002b. Disponível em: http://www.learningdesigns.uow.edu.au/exemplars/info/LD9/more/03Context.html. Acesso em: 11 mar. 2019b.

TASKER, R. et al. **VisChem - Reflections**. 2002c. Disponível em: http://www.learningdesigns.uow.edu.au/exemplars/info/LD9/more/05Reflections.html. Acesso em: 11 mar. 2019c.

TASKER, R. Research into practice: Visualising the molecular world for a deep understanding of chemistry. **Teaching Science**, Deakin West, v. 60, n. 2, p. 16–27, jun. 2014.

TASKER, R. Molecular-level visualisation for educational purposes. In: SPRINGBORG, M.; JOSWIG, J.-O. (Eds.). **Chemical modelling**. Cambridge: RSC, 2017, v. 13, p. 261–282.

TASKER, R. **VisChem | Visualising the Chemical world**. 2019. Disponível em: http://vischem.com.au/. Acesso em: 11 mar. 2019.

TASKER, R.; DALTON, R. Research into practice: visualisation of the molecular world using animations. **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, v. 7, n. 2, p. 141–159, jan. 2006.

TASKER, R.; DALTON, R. **VisChem: Visualizing the molecular world – design, evaluation, and use of animations**, 2010. Disponível em: http://www.visichem.thelearningfederation.edu.au/res/PDF/About_VisChem.pdf Acesso em: 20 mar. 2020.

TASKIN, V.; BERNHOLT, S. Students' Understanding of Chemical Formulae: A review of empirical research. **International Journal of Science Education**, Raipur, v. 36, n. 1, p. 157–185, jan. 2014.

TASKIN, V.; BERNHOLT, S.; PARCHMANN, I. Student Teachers' Knowledge About Chemical Representations. **International Journal of Science and Mathematics Education**, New York, v. 15, n. 1, p. 39–55, jan. 2017.

THOMAS, G. P. "Triangulation:" an expression for stimulating metacognitive reflection regarding the use of "triplet" representations for chemistry learning. **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, v. 18, n. 4, p. 533–548, out. 2017.

THOMAS, N. J. T. Mental Imagery. In: ZALTA, E. N. (Ed.). **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**. 1st rev. ed. Stanford: Stanford University, 2014.

TRACY, S. J. **Qualitative research methods:** collecting evidence, crafting analysis, communicating impact. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013.

TVERSKY, B. Prolegomenon to scientific visualization. In: GILBERT, J. K. (Ed.). **Visualization in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2005, p. 29–42.

TVERSKY, B.; MORRISON, J. B.; BETRANCOURT, M. Animation: can it facilitate? **International Journal of Human-Computer Studies**, Amsterdam, v. 57, n. 4, p. 247–262, out. 2002.

TYTLER, R. et al. A Representation Construction Approach. In: TYTLER, R. et al. (Eds.). **Constructing Representations to Learn in Science**. Rotterdam: Sense Publishers, 2013a, p. 31–50.

TYTLER, R. et al. (Eds.). **Constructing Representations to Learn in Science**. Rotterdam: Sense Publishers, 2013b.

TYTLER, R.; HUBBER, P.; PRAIN, V. Structuring Learning Sequences. In: TYTLER, R. et al. (Eds.). **Constructing Representations to Learn in Science**. Rotterdam: Sense Publishers, 2013, p. 51–66.

UTTAL, D. H.; O'DOHERTY, K. Comprehending and Learning from 'Visualizations': A Developmental Perspective. In: GILBERT, J. K.; REINER, M.; NAKHLEH, M. (Eds.). **Visualization: theory and practice in science education**. Dordrecht: Springer, 2008, v. 3, p. 53–72.

VASCONCELOS, F. C. G. C.; ARROIO, A. Explorando as percepções de professores em serviço sobre as visualizações no ensino de Química. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 8, p. 1242–1247, mar. 2013.

VASCONCELOS, F. C. G. C.; SANTOS, V. C. DOS; ARROIO, A. Mental representations of chemistry teachers in initial and continuing education: Bounds and approximations. **Journal of Science Education**, Beijing, v. 14, n. Spec. Issue, p. 16–19, abr. 2013.

VEERMANS, K.; JOOLINGEN, W. VAN; DE JONG, T. Use of Heuristics to Facilitate Scientific Discovery Learning in a Simulation Learning Environment in a Physics Domain. **International Journal of Science Education**, Raipur, v. 28, n. 4, p. 341–361, mar. 2006.

VISCHEM. **VisChem Institute – Improving Conceptual Understanding in High School Chemistry**. 2020. Disponível em: https://www.vischem.org/basic-page/vischem-institute. Acesso em: 20 mar. 2020.

VLADUŠIĆ, R.; OŽIĆ, M. Pre-service chemistry teachers' understandings of symbolic representations used in chemistry instruction. **Turkish Online Journal of Educational Technology**, Serdivan, Special Issue, p. 244–251, dez. 2016.

VRIES, M. G. DE; FERREIRA, C.; ARROIO, A. Concepções de licenciandos em Química sobre visualizações no ensino de ciências em dois países: Brasil e Portugal. **Química Nova**, São Paulo, v. 37, n. 3, p. 556–563, out. 2014.

VRIES, M. G.; ARROIO, A. Construindo atividades de modelagem sobre a estrutura e transformação da matéria em sala de aula: uma análise sobre suportes necessários. **X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias**, Sevilla, p. 4421–4426, 2017.

WAIGHT, N. et al. Teacher Conceptions and Approaches Associated with an Immersive Instructional Implementation of Computer-Based Models and Assessment in a Secondary Chemistry Classroom. **International Journal of Science Education**, Raipur, v. 36, n. 3, p. 467–505, abr. 2014.

WAIGHT, N.; GILLMEISTER, K. Teachers and Students' Conceptions of Computer-Based Models in the Context of High School Chemistry: Elicitations at the Pre-intervention Stage. **Research in Science Education**, New York, v. 44, n. 2, p. 335–361, out. 2014.

WALDRIP, B.; PRAIN, V. Teachers' Initial Response to a Representational Focus. In: TYTLER, R. et al. (Eds.). **Constructing Representations to Learn in Science**. Rotterdam: Sense Publishers, 2013, p. 15–30.

WANG, C. H.; HAN, D.; CHOU, W.-K. Overview of information Visualisation in Science Education. **International Journal of Computational Science and Engineering**, United Kingdom, v. 17, n. 1, p. 118–1258, set. 2018.

WARTHA, E. J. **Processos de ensino e aprendizagem de conceitos de Química Orgânica sob um olhar da Semiótica Peirceana**. 2013 Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. DE B. Os níveis de representação no Ensino de Química e as categorias da Semiótica de Peirce. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 275–290, ago. 2011.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. DE B. As representações no ensino de química na perspectiva da semiótica peirceana. **Educación Química en Punto de Vista**, Foz do Iguaçu, v. 1, n. 1, p. 181–202, set. 2017.

WILLIAMSON, V. M.; JOSÉ, T. J. Using Visualization Techniques in Chemistry Teaching. In: PIENTA, N.; COOPER, M. M.; GREENBOWE, T. (Eds.). **Chemists' Guide to Effective Teaching**. Londres: Pearson, 2009, v. 2, p. 71–88.

WINNER, L. Propaganda and Dissociation from Truth. In: JERÓNIMO, H. M.; GARCIA, J. L.; MITCHAM, C. (Eds.). **Jacques Ellul and the Technological Society in the 21st Century**. Dordrecht: Springer, 2013, v. 13, p. 99–113.

WU, H.-K. Linking the microscopic view of chemistry to real-life experiences: Intertextuality in a high-school science classroom. **Science Education**, Hoboken. v. 87, n. 6, p. 868–891, nov. 2003.

YAKMACI-GUZEL, B.; ADADAN, E. Use of multiple representations in developing preservice chemistry teachers' understanding of the structure of matter. **International Journal of Environmental and Science Education**, Golkoy-Bolu, v. 8, n. 1, p. 109–130, jan. 2013.

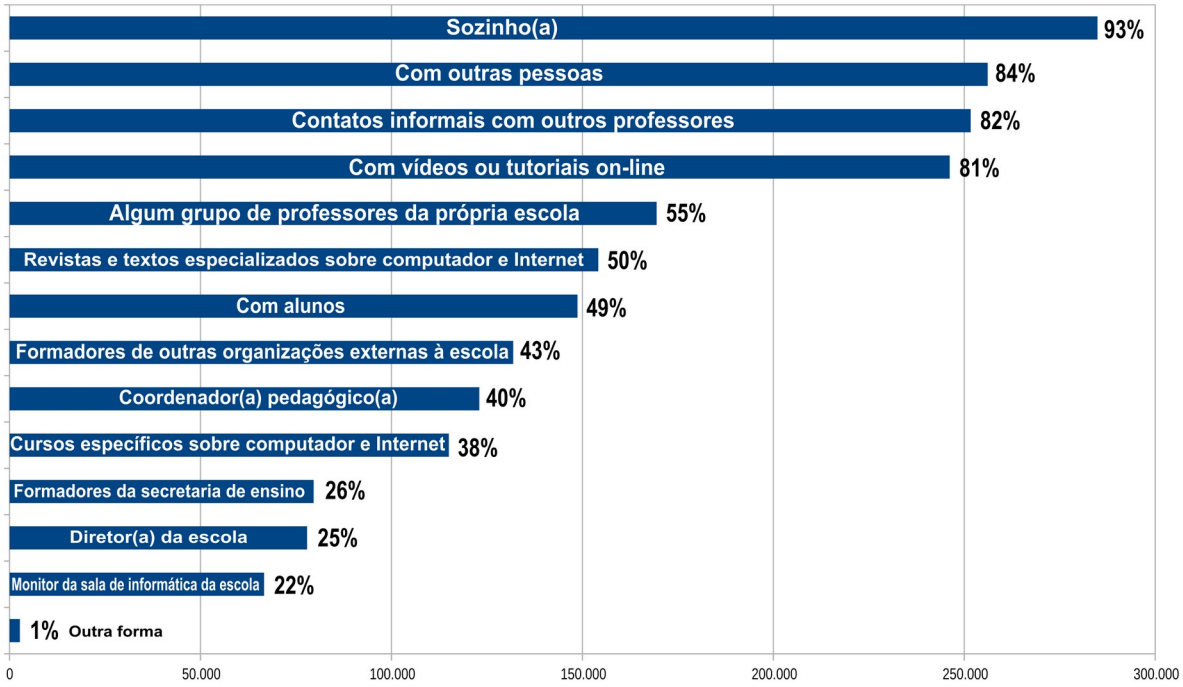
ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. [livro eletrônico] Porto Alegre: Penso, 2014.

ZANNI, V.; ARROIO, A. Influence of self-analysis and reflexive perscrutation of pre-service teachers through video recording in Chemistry Teachers Education. **Natural Science Education**, Siauliai, v. 7, n. 1, p. 8–14, 10, abr. 2010.

ZHANG, Z. H.; LINN, M. C. Can generating representations enhance learning with dynamic visualizations? **Journal of Research in Science Teaching**, Hoboken, v. 48, n. 10, p. 1177–1198, dez. 2011.

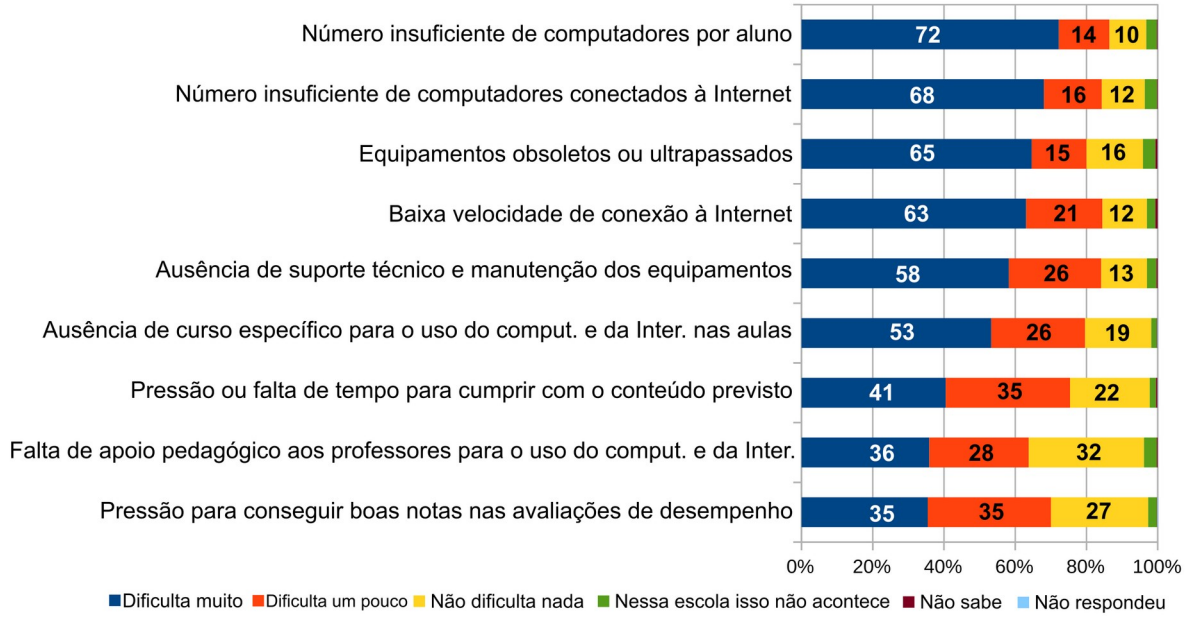
APÊNDICE A – Informações complementares

Figura 1A - Professores* e formas de atualização sobre o uso de tecnologias



* Refere-se ao total (%) de professores que lecionam em escolas urbanas (exceto as federais) para uma amostra de 305.596 respondentes, em 2019.
Fonte: CETIC.BR (2020)

Figura 2A - Professores* e dificuldades para o uso de tecnologias em atividades pedagógicas



* Refere-se ao total (%) de professores que lecionam em escolas urbanas (exceto as federais) para uma amostra de 305.596 respondentes, em 2019. Computador (comput.); Internet (Inter.).
Fonte: (CETIC.BR, 2020)

Tabela 1A – Alunos de escolas urbanas, por atividades realizadas na internet nos últimos três meses.

Atividades realizadas na internet nos últimos três meses	%	Absoluto
Acesso à informação: assistiu vídeos, programas, filmes ou séries na Internet	94	5.461.560
Acesso à informação: leu ou assistiu notícias na Internet	79	4.584.590
Acesso à informação: leu um livro, um resumo ou um e-book na Internet	58	3.350.557
Atividades de aprendizagem: Pesquisou coisas na Internet para fazer trabalhos escolares	93	5.416.557
Atividades de aprendizagem: usou a Internet para aprender a fazer algo que não sabia ou que sentia dificuldade em fazer	88	5.123.459
Atividades de aprendizagem: usou a Internet para ensinar outras pessoas a fazer algo (jogar um jogo, usar aplicativos, consertar coisas)	72	4.182.980
Buscas e pesquisas: pesquisou coisas na Internet por curiosidade ou por vontade própria	86	4.965.479
Buscas e pesquisas: usou mapas na Internet	57	3.286.383
Comunicação: compartilhou na Internet um texto, imagem ou vídeo	65	3.760.228
Comunicação: mandou mensagens por meio de aplicativos	89	5.142.614
Comunicação: usou redes sociais	81	4.693.105
Criação de conteúdos: criou um jogo, aplicativo ou programa de computador	10	595.684
Criação de conteúdos: postou na Internet um texto, imagem ou vídeo que fez	45	2.602.710

Alunos que estudam em escolas urbanas (exceto as federais) e usuários de Internet (%) em 2019, para uma amostra de 5.794.473 respondentes.
Fonte: CETIC.BR (2020)

Tabela 2A – Alunos de escolas urbanas, por atividades realizadas na internet nos últimos três meses.

Uso da internet em atividades escolares	%	Absoluto
Participar de cursos	16	948.674
Fazer provas ou simulados	24	1.412.535
Divulgar na Internet o próprio trabalho da escola ou trabalho realizado em grupo	25	1.446.131
Falar com o professor	28	1.633.810
Usar a Internet para fazer apresentações para os colegas de classe	46	2.670.274
Usar a Internet para aprender um idioma	58	3.364.192
Jogar jogos educativos	60	3.454.397
Fazer trabalhos escolares a distância	65	3.759.585
Fazer lição e exercícios que o professor passa	69	3.971.935
Usar a Internet para estudar para uma prova	74	4.283.726
Fazer pesquisas sobre o que os professores falam nas aulas	76	4.394.195
Realizar trabalhos em grupo	77	4.457.963
Fazer trabalhos sobre um tema	82	4.754.859
Fazer pesquisa para a escola	85	4.909.968

Alunos que estudam em escolas urbanas (exceto as federais) e usuários de Internet (%) em 2019, para uma amostra de 5.794.473 respondentes.
Fonte: CETIC.BR (2020)

APÊNDICE B – Questionário Inicial

Questionário – Visualizações no Ensino de Química

Você está sendo convidado(a) para participar da pesquisa O uso de recursos visuais no Ensino de Química. A sua participação é voluntária e o seu consentimento poderá ser retirado a qualquer momento, sem prejuízos para você ou qualquer tipo de penalização. O objetivo deste questionário é investigar a percepção dos Licenciandos sobre a função dos recursos visuais (das imagens) nas aulas de Química. As informações obtidas por meio dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre a sua participação. Você poderá entrar em contato com os pesquisadores para mais esclarecimentos através do e-mail: alceujr@usp.br. Você responderá questões divididas em dois blocos: a) familiaridade do licenciando com o uso de TDIC (Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação); b) a função dos recursos visuais (imagens), digitais ou não digitais, nas aulas de Química.

Eu li o texto acima e concordo em participar desta pesquisa.
[ ] Concordo

Nome:

Idade:

Bloco A: Familiaridade do Licenciando com o uso de TIC (Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação).

1) Sexo:

[ ] Masculino
[ ] Feminino
[ ] Outros

2) No seu dia a dia, você tem o hábito de utilizar o computador ou o celular com acesso à internet para se comunicar e/ou obter informações com qual frequência?

[ ] Nunca, não tenho esse hábito diário
[ ] Poucas vezes ao dia
[ ] Muitas vezes ao dia
[ ] A todo instante

3) Para você, quais são as principais vantagens e as desvantagens do uso de dispositivos móveis (smartphones, notebooks, tablets, etc) com acesso à internet na vida cotidiana das pessoas, quando se trata da busca por informações?

4) Nesses dispositivos móveis, plataformas como WhatsApp, Instagram, Facebook, Twitter, YouTube, entre outras, são exemplos de meios para obtenção de

informações fortemente baseados em imagens (fotos, figuras, vídeos, etc). Qual(is) é(são) a(s) função(ões) das imagens nestes contextos?

5) As funções (ou quais dessas funções) que as imagens possuem nessas plataformas (na questão 4) poderiam ser utilizadas para auxiliar o ensino e a aprendizagem de Química na Educação Básica? Explique:

Bloco B: A função dos recursos visuais (imagens) nas aulas de Química.

A partir de agora, imagine que você é um professor numa escola com uma infraestrutura completa. Na sala de aula, você dispõe de um espaço equipado com mesas, bancadas, computadores com acesso à internet e projetor multimídia que lhe permite usar o tempo disponível para as suas aulas de Química, sem maiores problemas com deslocamento de alunos ou montagem de equipamentos. Com base nisso, responda a seguintes perguntas:

Recursos visuais digitais

* A expressão “procedimentos metodológicos de ensino” se refere a uma sequência de ações e de uso de recursos didáticos que o professor planeja previamente na intenção de organizar o processo de aprendizagem dos alunos.

6) Nas aulas de Química, o professor pode utilizar computadores, celulares, tablets, entre outros dispositivos para exibir recursos visuais verbais (textos escritos) e recursos visuais não verbais estáticos (como fotografias, figuras, esquemas, gráficos, etc.) ou dinâmicos (vídeos, animações, simulações, softwares de representações moleculares 3D, etc). Na sua percepção quais procedimentos metodológicos de ensino* devem ser adotados em sala de aula para que o uso desses recursos visuais contribua na aprendizagem dos alunos da Educação Básica? Descreva as ações do professor e dos alunos:

Recursos visuais não digitais

* A expressão “procedimentos metodológicos de ensino” se refere a uma sequência de ações e de uso de recursos didáticos que o professor planeja previamente na intenção de organizar o processo de aprendizagem dos alunos.

7) Nas aulas de Química, o professor pode utilizar recursos visuais não digitais, ou seja, que não dependam de computadores e similares. Por exemplo, ele pode usar recursos visuais verbais (textos escritos em livros didáticos, lousa, folhas de papel, etc.) e recursos visuais não verbais estáticos (como fotografias, figuras, esquemas, gráficos impressos em livros, folhas, etc.) ou dinâmicos (como em modelos moleculares físicos, em fenômenos observados por meio de experimentos didáticos, em objetos concretos em geral, etc.). Na sua percepção quais procedimentos metodológicos de ensino* devem ser adotados em sala de aula para que o uso desses recursos visuais contribua na aprendizagem dos alunos da Educação Básica? Descreva as ações do professor e dos alunos:

8) No Ensino Médio, o uso de imagens para favorecer a aprendizagem de conceitos químicos implica considerações sobre o tempo disponível em sala de aula porque: (escolha quantas opções forem necessárias)

[ ] As atividades baseadas em imagens (vídeos, animações, representações moleculares, etc.) promovem uma aprendizagem mais rápida e, por isso, liberam tempo para que outros tipos de atividades possam ser realizadas.

[ ] As atividades baseadas em imagens (vídeos, animações, representações moleculares, etc.) levam mais tempo do que a simples exibição dos materiais didáticos porque o professor precisa explicar o significado de suas características.

[ ] As atividades baseadas em imagens (vídeos, animações, representações moleculares, etc.) promovem uma aprendizagem mais rápida porque se baseiam na exibição dos materiais didáticos por um curto intervalo de tempo, por isso, liberam tempo para que outros tipos de atividades possam ser realizadas.

[ ] As atividades baseadas em imagens (vídeos, animações, representações moleculares, etc.) levam mais tempo do que a simples exibição dos materiais didáticos porque os alunos necessitam fazer tarefas adicionais, que não apenas observar os materiais e ouvir explicações do professor.

APÊNDICE C – Questões em relatórios, arguição e planejamento

Relatório de Estágio (Individual)

1) Com base nas suas **observações** de regência, quais foram os tipos de recursos visuais que o professor utilizou durante as aulas de Química e a forma como ele os abordou? Descreva as ações do professor e dos alunos:

2) Na sua percepção, o uso desses recursos visuais foi adequado? Justifique com base nas suas observações:

3) O tempo destinado ao uso desses recursos visuais foi suficiente? Justifique com base nas suas observações:

4) Agora, em relação a sua **intervenção** de ensino, a abordagem que você utilizou para os recursos visuais foi adequada? Descreva as suas ações e as dos alunos:

5) O tempo que você destinou ao uso dos recursos visuais foi adequado para atingir as intenções neles projetadas? Justifique com base nas suas observações destacando aspectos que favoreceram ou limitaram o uso destes recursos didáticos:

Relatório da Sequência Didática (Grupo)

1) Analisem a sequência didática implementada sobre o ponto de vista do tempo que cada tarefa envolveu em sala de aula (a sua duração, em minutos): a) descreva as tarefas que foram mais adequadas (atingiram as intenções previamente planejadas) em relação ao tempo com elas dispensado [informem a minutagem e argumente]; b) descreva as tarefas que foram menos adequadas (atingiram as intenções previamente planejadas) em relação ao tempo com nelas dispensado [informem a minutagem e argumente].

Relatório da Sequência Didática (Individual)

Analise a sequência didática implementada sobre o ponto de vista do tempo que cada tarefa envolveu em sala de aula (a sua duração, em minutos): a) descreva as tarefas que foram mais adequadas (atingiram as intenções previamente planejadas) em relação ao tempo com elas dispensado [informe a minutagem e argumente]; b) descreva as tarefas que foram menos adequadas (atingiram as intenções previamente planejadas) em relação ao tempo com nelas dispensado [informe a minutagem e argumente].

Com base na sua análise sobre os registros audiovisuais, responda:

1) em qual(ais) momento(s) o tempo destinado para explorar os recursos visuais durante a sequência didática foi (foram) adequado(s)?

2) em qual(ais) momento(s) o tempo destinado para explorar os recursos visuais durante a sequência didática foi (foram) inadequado(s)?

Justifique suas respostas, se possível, usando trechos que contenham evidências de que as intenções projetadas tenham sido alcançadas (e não alcançadas) com esses recursos visuais não verbais (vídeo, animação, simulação, fotos, gráficos, diagramas, representações moleculares 2D ou 3D, equações, outros).

Guia utilizado na arguição oral

1) Como foi a experiência pessoal de planejamento e de implementação de uma sequência de ensino e aprendizagem baseada na articulação entre os conhecimentos químicos e os conhecimentos sobre o tema?

2) Quando vocês escolheram os recursos visuais não verbais que fizeram parte da proposta implementada, quais foram os critérios utilizados para estipular a quantidade de tempo em que cada recurso visual seria explorado, do tempo necessário para a sua exibição e manipulação até o tempo para o desenvolvimento de tarefas associadas ao seu conteúdo visual?

3) E quando os recursos visuais não verbais estavam relacionados aos conceitos químicos qual foi o critério utilizado para destinar o tempo em que cada recurso visual seria explorado?

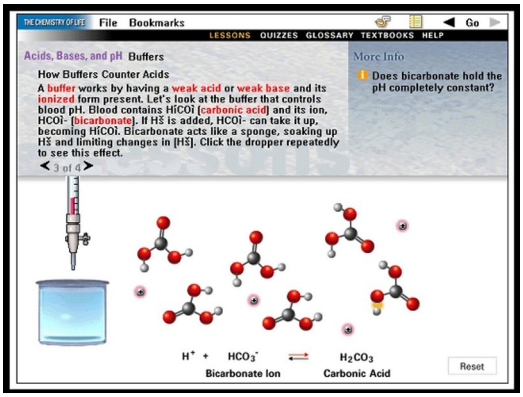
4) O fato de um recurso visual não verbal estar diretamente relacionado ao tema ou estar diretamente relacionado com um conceito químico foi utilizado como um critério para determinar a quantidade de tempo em que ele seria explorado?

Tarefas de planejamento para o uso de três recursos visuais

A: Proponha um planejamento didático para o uso do vídeo de uma campanha sobre o impacto ambiental dos plásticos. Descreva as ações do professor, dos alunos e as tarefas que serão desenvolvidas e faça uma estimativa do tempo que será necessário para que o planejamento aconteça. Justifique o seu planejamento.
(Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=EWqnWXnXURw&feature=emb_title)

B: Proponha um planejamento didático para o uso do vídeo de um experimento sobre eletrólise. Descreva as ações do professor, dos alunos e as tarefas que serão desenvolvidas e faça uma estimativa do tempo que será necessário para que o planejamento aconteça. Justifique o seu planejamento.
(Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=HQ9Fhd7P_HA)

C: Proponha um planejamento didático para o uso da animação sobre efeito tampão. Descreva as ações do professor, dos alunos e as tarefas que serão desenvolvidas e faça uma estimativa do tempo que será necessário para que o planejamento aconteça. Justifique o seu planejamento.
(Disponível em: Thornton, R. M. The Chemistry of Life CD-ROM Benjamin Cummings, 1998)



APÊNDICE D – Lista de recursos visuais

Tabela D1 – Lista com a descrição dos recursos visuais referenciados na Sequência Didática 1 (SD1)

Dia	Código	Descrição
Primeiro	T12	Obras egípcia, renascentista e expressionista
	T13	Obra rupestre
	T14	Obra egípcia
	T15	Obra renascentista
	T16	Obras renascentista e expressionista
	T17	Obra expressionista
	T18	Obras rupestre, egípcia, renascentista e expressionista
	T19	Prisma e decomposição da luz branca
	T20	Absorção e reflexão da luz
	T21	Mapa político mundial
	Exp2	Hematita
	Exp3	Malaquita do Sinai
	Exp4	Lápis-lazúli
	Exp5	Ultramarino e lápis-lazúli
	Exp6	Óxido de zinco
	Sim8	Fórmula molecular do carbonato de cobre
	Sim+Ico7	Fórmula estrutural e modelo bastão-bola do betacaroteno
Segundo	Exp7	Amostra sólida de hematita
	T22	Técnica de observação de rachaduras em obras de arte
	T23	Técnica de reflexão difusa da luz em obras de arte
	T24	Figura sobre a reflexão difusa da luz
	T25	Técnica de fluorescência em obras de arte
	T26	Figura sobre o espectro eletromagnético
	T27	Técnica de raios-X em obras de arte
	T28	Técnica de fluorescência de raios-X em obras de arte
	T29	Técnica de corte transversal em obras de arte
	T30	Técnica de microscopia eletrônica em obras de arte

Fonte: Autor.

Tabela D2 - Lista com a descrição dos recursos visuais referenciados na Sequência Didática 2 (SD2)

Dia	Código	Descrição
Primeiro	T31	Doce caseiro e carne seca
	T32	Processo de extração do jenipapo por um grupo indígena
	T33	Extração do jenipapo com o tipiti e em laboratório científico e aspectos sociológicos do etnoconhecimento
	T43	Duas imagens retratando indígenas preparando armas com venenos
	Exp8	Cinco sistemas com extratos de urucum em diferentes solventes
	Sim9	Fórmulas estruturais de solventes usados no experimento de extração
	Sim10	Fórmulas estruturais de solventes com indicação de polaridade molecular (modificação de Sim9)
	Sim11	Fórmula estrutural da bixina
	Sim12	Fórmula estrutural da betanina
	Sim13	Fórmula estrutural da curcumina e Sim10
	Sim14	Fórmula estrutural da curcumina
	Sim15	Fórmula estrutural da clorofila
	Sim16	Fórmulas estruturais da betanina e melanina
	Sim17	Fórmula estrutural da melanina
	Sim18	Fórmula estrutural da betanina e clorofila
	Sim19	Fórmula estrutural do ácido graxo (óleo)
Segundo	Sim20	Fórmula estrutural de uma antocianina (casca da cebola roxa) e cinco solventes (água, etanol, acetona, éter e óleo)
	Exp9	Amostras sólidas dos produtos naturais – substratos da extração
	Exp10	Sistemas com os extratos dos pigmentos obtidos
	Exp11	Barbantes tingidos com os extratos
	Exp12	Sistema com aquecimento e vidraria para a destilação do cravo

Fonte: Autor.

Tabela D3 - Lista com a descrição dos recursos visuais referenciados na Sequência Didática 3 (SD3)

Dia	Código	Descrição
Primeiro	T1	Exemplos ferramentas
	T2	Exemplos de equipamentos e descobertas científicas
	T3	Cartaz sobre o gás mostarda
	T4	Soldados feridos
	T5	Tela sobre efeitos do gás mostarda
	T6	Cartaz sobre o gás fosgênio
	T7	Gravura de um trecho do livro intitulado Maus
	T8	Exemplos de ataques com gás sarin
	T9	Avião pulverizando
	T10	Foto de sequelas do agente laranja em humanos
	T11	Fotos sobre sequelas em humanos provenientes da guerra do Vietnã
	Sim+Ico1	Fórmula estrutural e modelo bastão-bola do gás mostarda
	Sim+Ico2	Fórmula estrutural e modelo bastão-bola do gás mostarda nitrogenado
	Sim+Ico3	Fórmula estrutural e modelo bastão-bola do gás cloro
	Sim+Ico4	Fórmula estrutural e modelo bastão-bola do gás fosgênio
	Sim+Ico5	Fórmula estrutural e modelo bastão-bola do gás cianídrico
	Sim+Ico6	Fórmula estrutural e modelo bastão-bola do gás sarin
	Sim1	Fórmulas estruturais do ácido diclorofenoxiacético e do ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético
	Exp1	Vídeo de experimento com gás cloro
Segundo	Ico1	Simulação de três estados físicos da matéria
	Ico2	Simulação da difusão dos gases
	Sim2	Fórmula estrutural do gás sarin
	Sim3	Fórmula estrutural do agente laranja
	Sim4	Fórmula estrutural do gás mostarda
	Sim5	Fórmula molecular do gás sarin
	Sim6	Fórmula estrutural do gás cloro
	Sim7	Fórmula estrutural do gás cianídrico

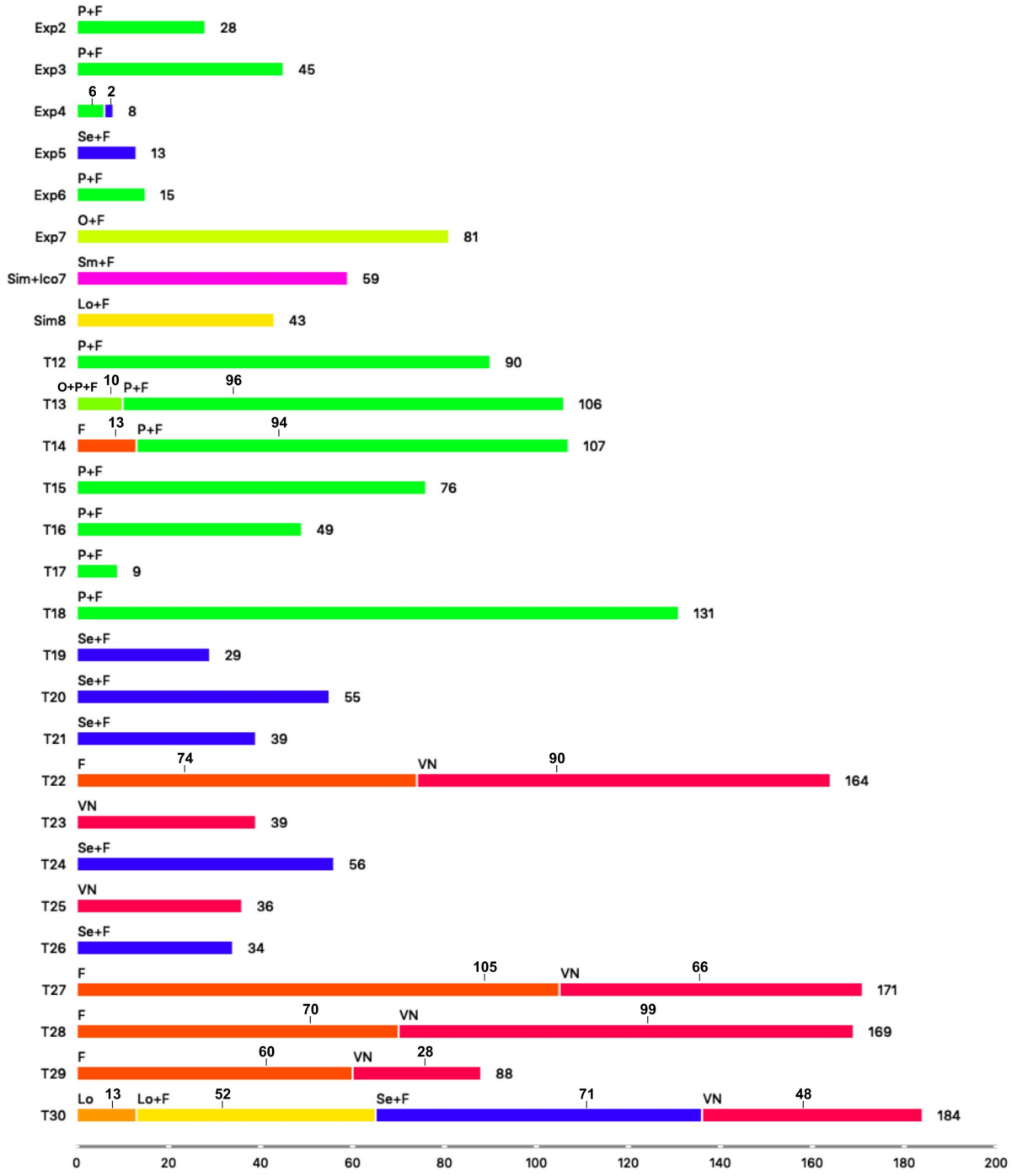
Fonte: Autor.

Tabela D4 - Lista com a descrição dos recursos visuais referenciados na Sequência Didática 4 (SD4)

Dia	Código	Descrição
Primeiro	Sim21	Escala de pH com números e faixas coloridas
	Sim22	Equação da reação da hemoglobina com peróxido de hidrogênio
	Sim23	Esquema com desenhos sobre os estados físicos gasoso, líquido e sólido
	Sim24	Equações reacionais com rodizonato de sódio e os íons bário e chumbo
	Ico3	Modelo atômico de Rutherford Bohr e transições eletrônicas
	T34	Dois palitos com testes positivo e negativo para detecção de sangue
	T35	Técnica forense aplicada em uma banheira
	T36	Técnica para digitais com pincel e pó preto
	Exp13	Dois erlenmeyer com fenolftaleína incolor e fúcsia
	Exp14	Erlenmeyer com iodo e vapor de iodo
	Exp15	Reação de precipitação com nitrato de prata
Segundo	Exp16	Cadeado enferrujado
	Exp17	Comprimido efervescente em água
	Exp18	Palito de fósforo queimando
	Exp19	Formação de rochas
	T38	O perito criminal retratado em cartoon
	T39	Diferentes funções dos peritos criminais
	T40	As vestimentas dos peritos criminais
	T41	Programas e banco de dados usados por peritos criminais
	T42	Supersistemas com informações integradas usados por peritos criminais

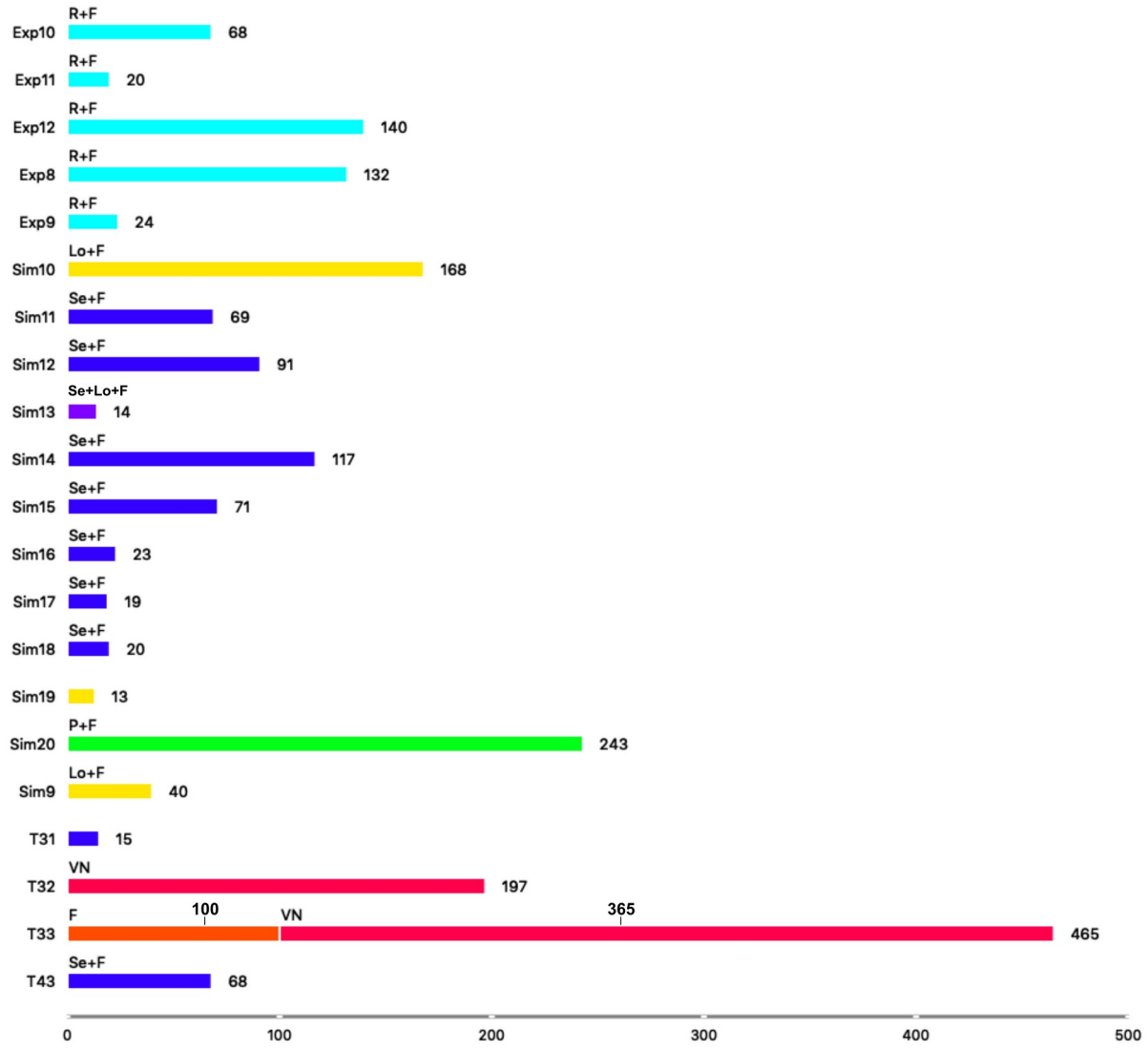
Fonte: Autor.

Figura D1: O tempo (seg) com os recursos visuais e os seus suportes de disponibilização e referencialidade (SD1)



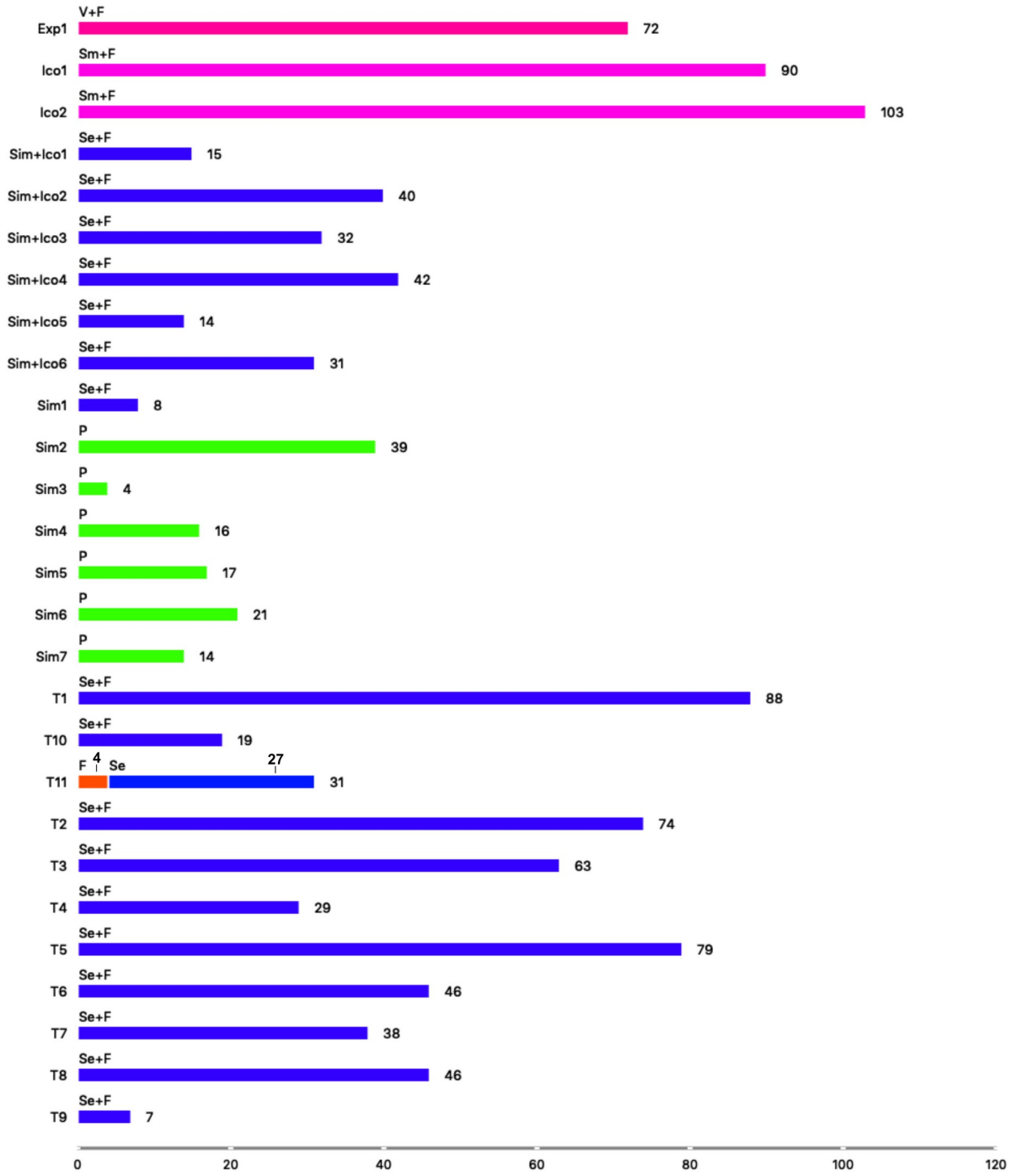
Fonte: Autor.

Figura D2: O tempo (seg) com os recursos visuais e os seus suportes de disponibilização e referencialidade (SD2)



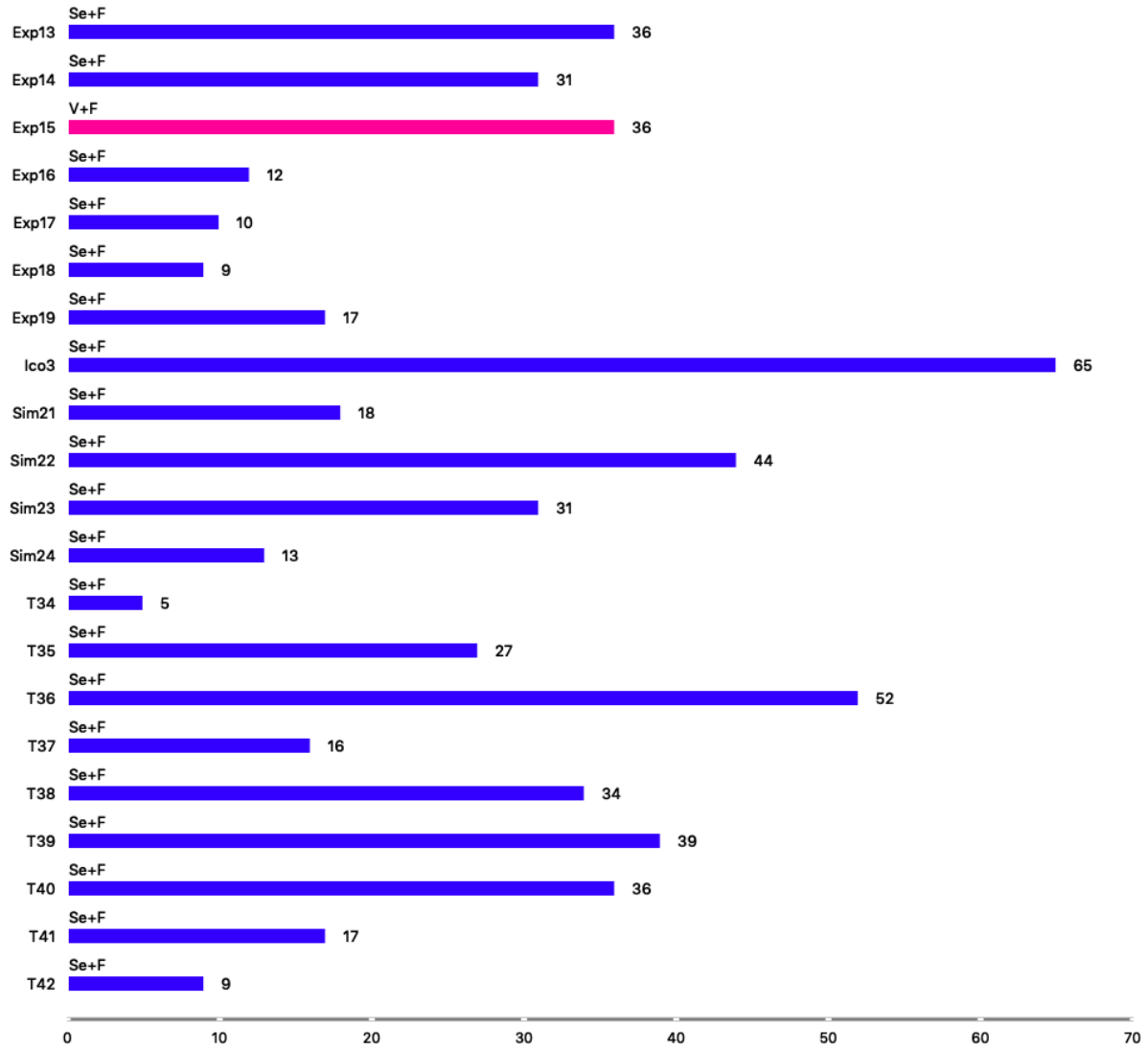
Fonte: Autor.

Figura D3: O tempo (seg) com os recursos visuais e os seus suportes de disponibilização e referencialidade (SD3)



Fonte: Autor.

Figura D4: O tempo (seg) com os recursos visuais e os seus suportes de disponibilização e referencialidade (SD4)



Fonte: Autor.

APÊNDICE E – A estrutura da narrativa das Sequências Didáticas

Quadro E1 – Plano de Atividades da SD1 (Primeiro dia)

Narrativa	Descrição das atividades (síntese)
Introdução	Atividade 1: Apresentação de cinco conjuntos de obras de arte de 4 períodos artísticos distintos e dispostos em mesas diferentes. Os alunos são organizados em grupos de 3 até 5 integrantes de acordo com a preferência pelas obras de arte. Ações dos estudantes: Organizar as imagens em ordem cronológica e apresentar um critério explicativo para a ordem escolhida. Apresentar para os demais estudantes da turma os modelos explicativos elaborados para cada sequência cronológica.
Desenvolvimento	Atividade 2: Apresentação de pigmentos para os alunos, contextualizando a descoberta, a importância, a origem e as propriedades físico-químicas. Introdução de conhecimentos científicos relacionados aos compostos orgânicos e inorgânicos, pigmentos sintéticos e naturais. Abordagem de aspectos históricos da Arte e da Química.
	Atividade 3: Tarefa de papel e lápis. Ações dos estudantes: responder as questões sobre a importância do conhecimento histórico sobre pigmentos e as suas relações com a história da arte.

Quadro E2 – Plano de Atividades da SD1 (Segundo dia)

Narrativa	Descrição das atividades (síntese)
Desenvolvimento	Atividade 1: Retomada das discussões realizadas na aula anterior em função das respostas dos estudantes. Atividade 2: Abordagem sobre o fenômeno da falsificação de obras de arte. Atividade 3: Apresentação e discussão sobre técnicas forenses destrutivas e não-destrutivas empregadas em investigações de falsificações. Explorar os conhecimentos da aula anterior como a estrutura química dos pigmentos.
Conclusão	Atividade 4: Resolução de um estudo de caso baseado no vídeo: *Art forgery forensics: how to spot a fake painting*. Ações dos estudantes: avaliar a autenticidade de obras de arte com base em informações fornecidas no vídeo e articulado com os demais conhecimentos abordados durante a aula. Utilizar a câmera do celular para produzir uma matéria e divulgar os resultados da avaliação das obras utilizando conhecimentos científicos.

Quadro E3 – Plano de Atividades da SD2 (Primeiro dia)

Narrativa	Descrição das atividades (síntese)
Introdução	Atividade 1: Discussão sobre a diferença entre saber popular, etnoconhecimento, senso comum e conhecimento científico a partir de questionamentos.
	Atividade 2: Exibição de um vídeo sobre a produção de tinta a partir do jenipapo.
	Atividade 3: Tarefa de resolução de problema experimental: como extrair pigmentos de forma mais eficiente? Ações dos estudantes: criar um planejamento para obtenção de pigmentos com materiais disponibilizados no laboratório (produtos naturais e diferentes solventes). Executar o procedimento experimental planejado. Aplicar os corantes extraídos em papel e um barbante brancos.
Desenvolvimento	Atividade 4: Observar um experimento demonstrativo com solventes: hexano, éter etílico e glicerol. Ações dos estudantes: propor um modelo explicativo a partir das informações expressas nas representações estruturais químicas dos diferentes solventes e do pigmento.
	Atividade 5: Discussão sobre as respostas dos estudantes de forma articulada com a apresentação dos conteúdos científicos envolvidos no experimento.
	Atividade 6: Orientação sobre uma pesquisa bibliográfica sobre o tema biopirataria.

Quadro E4 – Plano de Atividades da SD2 (Segundo dia)

Narrativa	Descrição das atividades (síntese)
Desenvolvimento	Atividade 1: Avaliação dos conhecimentos mobilizados na aula anterior com a experimentação e as representações estruturais dos pigmentos. Ações dos estudantes: escolher e justificar quais são os melhores solventes para extrair o pigmento da cebola roxa baseando-se em representações estruturais químicas. Discussão oral sobre as respostas elaboradas.
	Atividade 2: Observação dos fios de barbante tingidos na Aula 1.
	Atividade 3: Apresentação de exemplos relacionados a exploração de outros produtos naturais, como óleos essenciais a partir da leitura de rótulos de produtos cosméticos.
	Atividade 4: Observação de uma destilação por arraste de vapor. Observação do funcionamento do sistema. Discussões sobre a história da técnica.
	Atividade 5: Apresentação de uma entrevista abordando a exploração indevida dos saberes indígenas.
Conclusão	Atividade 6: Discussão sobre biopirataria com as notícias selecionadas pelos alunos e realização de um estudo de caso. Um juri simulado para explorar diferentes visões acerca do fenômeno, direitos dos indígenas e a perspectiva da importância social do etnoconhecimento.
	Atividade 7: Exposição e discussão sobre os estudos de caso elaborados. Encerramento do encontro.

Quadro E5 – Plano de Atividades da SD3 (Primeiro dia)

Narrativa	Descrição das atividades (síntese)
Introdução	Atividade 1: Discussões orais sobre entendimentos sobre guerra e ciência com a realização de tarefa de papel e lápis envolvendo questões acerca do papel para a humanidade.
Desenvolvimento	Atividade 2: Exposição dialogada sobre ética na ciência, conceito de arma química, diferenciação dos conceitos de arma biológica e arma química. Utilização de projeção de slides e lousa.
	Atividade 3: Exibição do vídeo de experimento com gás cloro.
	Atividade 4: Exibição de vídeo com exemplos dos efeitos de armas químicas em seres humanos.
	Atividade 5: orientações para a realização pesquisas sobre compostos utilizados como armas químicas, suas origens e outras aplicações. A turma é dividida em 5 grupos, que escolhem uma das armas químicas para pesquisar (o estudo dirigido será explorado na próxima aula).

Quadro E6 – Plano de Atividades da SD3 (Segundo dia)

Narrativa	Descrição das atividades (síntese)
Desenvolvimento	Atividade 1: Levantamento das respostas ao estudo dirigido e debate.
	Atividade 2: Exposição dialogada dos conceitos de estados físicos, difusão e efusão dos gases por meio de slides e lousa.
	Atividade 3: Exploração dialogada dos conceitos de estados físicos e difusão utilizando um simulador (modelo particulado da matéria).
Conclusão	Atividade 4: Tarefa de papel e lápis. Discussão em grupos sobre os conceitos abordados envolvendo armas químicas. Elaborar um cartaz de divulgação científica alertando sobre essa temática.
	Atividade 5: Apresentação oral do conteúdo de cada cartaz. Encerramento do encontro.

Quadro E7 – Plano de Atividades da SD4 (Primeiro dia)

Narrativa	Descrição das atividades (síntese)
Introdução	Atividade 1: Discussão sobre como a imagem da Química é percebida por meio das diferentes mídias, como TV, jornal, internet, etc. Atividade 2: Tarefa de papel e lápis. Os estudantes respondem questões sobre como a Química, como ciência, é percebida através da mídia e com um enfoque em aspectos valorativos.
Desenvolvimento	Atividade 3: Exposição dialogada de algumas técnicas utilizadas em práticas forenses de forma articulada com as características encontradas em séries de investigações científicas da TV. Apresentação e discussão sobre os conceitos químicos encontrados nas técnicas. Utilização de projeção de slides. Atividade 4: Tarefa de papel e lápis. Questões reflexivas sobre a imagem da Química divulgada em séries de TV quanto à facilidade e velocidade na obtenção de resultados forenses.

Quadro E8 – Plano de Atividades da SD4 (Segundo dia)

Narrativa	Descrição das atividades (síntese)
Desenvolvimento	Atividade 1: Retomada de discussões sobre as técnicas apresentadas e utilizadas em séries televisivas de investigação forense. Utilização de projeção de slides. Atividade 2: Exposição dialogada de aspectos chaves que mostram os aspectos factuais e ficcionais da organização e dos procedimentos utilizados em técnicas forenses. Utilização de projeção de slides. Atividade 3: Exposição dialogada de conceitos sobre cinética química. Utilização de projeção de slides.
Conclusão	Atividade 4: Tarefa de papel e lápis. Em grupos, os estudantes resolvem situações-problema expressas como três casos fictícios de investigação forense. Em seguida, os resultados são apresentados oralmente e discutidos com a turma inteira. Encerramento do encontro.