

v. 1, 2021
Fluxo Contínuo

Alceu Junior Paz da Silva, MSc

Universidade Federal Fluminense
(UFF)

 0000-0003-4375-9220

 alcejunior@id.uff.br

Agnaldo Arroio, Dr.

Universidade de São Paulo (USP)

 0000-0001-9242-5337

 agnaldoarroio@yahoo.com

Tempo e tecnologia no processo de visualização em Química: um estudo exploratório sobre as práticas de professores em formação inicial

Time and technology in the Chemistry visualization process: an exploratory study on pre-service teacher practices

Resumo: As tecnologias digitais e o acesso à internet vêm trazendo à vida social desafios relacionados às problemáticas relações entre imagens e tempo baseadas em homogeneização, redundância e aceleração de consumo de conteúdo visual, promovendo leituras superficiais e individualizantes. Ao contrário, alguns estudos têm demarcado a necessidade de assegurar um tempo adequado para a aprendizagem com representações visuais químicas o qual tende a se afastar da rapidez e da individualidade. Diante disso, neste estudo exploratório investigou-se as relações entre tempo e imagens por meio de registros audiovisuais das práticas de ensino de professores em formação inicial com quatro sequências didáticas temáticas, sendo duas reportadas nesta comunicação. Para isso, procedeu-se com uma análise de conteúdo suportada por categorias analíticas vindas da literatura científica. Os resultados mostraram que o uso de tecnologias digitais prescinde de uma diferenciação temporal entre os recursos visuais químicos e os demais em função de suas respectivas intenções de ensino e não apenas em função do tipo de suporte (estático ou dinâmico). Os resultados constataram nas falas dos licenciandos um predomínio de conceitualizações no domínio macro, de modo que a problematização daquela diferenciação temporal poderia ser útil para explorar a pertinência do domínio submicro e das transições entre os domínios em práticas futuras. Com isso, o estudo reforça a importância da inserção de reflexões sobre o uso de tecnologias na formação de professores e sugere que as estratégias de ensino com visualizações podem estimular a criação das temporalidades compartilhadas e propícias a uma leitura profunda e crítica das imagens.

Palavras-chave: Tecnologia. Tempo. Processo de Visualização. Educação em Química.

Abstract: Digital technologies and internet access have brought to social life challenges that involve the problematic relationships between images and time based on homogenization, redundancy and acceleration of consumption of visual content, promoting superficial and individualizing readings. On the contrary, some studies have demarcated the need to ensure an adequate time for learning with chemical visual representations, which tends to move away from speed and individuality. Therefore, this exploratory study investigated the relations between time and images through audiovisual records of teaching practices of pre-service teachers with four thematic didactic sequences, two of which are reported in this paper. For this, a content analysis supported by analytical categories from the scientific literature was carried out. The results showed that the use of digital technologies requires a temporal differentiation between chemical visual resources and other visual resources according to their respective teaching intentions and not only according to their type of support (static or dynamic). The results found in the pre-service teachers' verbal interactions a predominance of conceptualizations in the macro domain of chemistry, in such that problematization of a temporal differentiation could be useful even to explore the importance of conceptualizations in the submicro domain and transitions between domains in future pedagogical practices. Thus, the study reinforces the importance of inserting reflections on the use of technologies in teacher education and suggests that teaching strategies with visualizations can stimulate the creation of shared temporalities in the classroom and conducive to a deep and critical reading of images.

Keywords: Technology. Time. Visualization process. Chemistry Education.

SILVA, A. J. P.; ARROIO, A. Tempo e tecnologia no processo de visualização em Química: um estudo exploratório sobre as práticas de professores em formação inicial. RITECiMa, Foz do Iguaçu, v.1, p.80-99, 2021.



Introdução

Atualmente, o uso cotidiano das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) vem sendo marcado por uma temporalidade 24/7 alicerçada em processos de homogeneização, redundância e aceleração. Nesse ambiente constituído pela onipresença das formas de consumo de mercadorias e serviços ou de recursos online as imagens são disponibilizadas em quantidades ilimitadas e majoritariamente com conteúdo efêmero e substituível.

Essa temporalidade tende a extinguir a relevância de intervalos, variações e pausas temporais e com isso a desvalorizar os processos sociais lentos e a “ideia de passarmos longos blocos de tempo exclusivamente no papel de espectadores” (CRARY, 2016, p. 662). De acordo com Crary (2016), o ato de ver é subposto pela captura e transformação da atenção em operações e respostas repetitivas, num processo ativo e em camadas de opções, escolhas e respostas simultâneas e interruptivas. Por um lado, a lentidão ou o tempo ritmado por pausas típicas de interações envolvendo estados alternados de assertividade e aquiescência, compartilhamento, reciprocidade ou cooperação necessárias à vida democrática tendem a ser depreciados e por outro, se acentua uma “desintegração da capacidade humana de ver” e, em particular, a da habilidade de relacionar o conteúdo visual à juízos éticos e sociais, pois para o autor, “assistimos à diminuição das capacidades mentais e perceptivas em vez de sua expansão e modulação” (CRARY, 2016, p. 425).

A dimensão problemática que as imagens e o tempo ocupam sob a égide das TDIC é vista criticamente por Moran (2013) quando nos 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 nos 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), o que pode obstaculizar os processos educativos.

Na Educação em Química as relações entre imagem e aprendizagem confluem para os estudos sobre visualização, de modo que o processo de visualização, ou seja, o ato de criação de significados com representações visuais internas (mentais) a partir de representações visuais (GILBERT, 2008; GILBERT; JUSTI, 2016), fenômenos ou objetos externos prescinde tanto de recursos visuais não digitais, como as imagens inscritas em livros didáticos e lousas e os materiais físicos, quanto de recursos visuais digitais, como as animações, simulações, vídeos e imagens estáticas exibidas por meio de computadores e outros dispositivos.

Embora uma grande variedade desses recursos visuais digitais venha sendo disponibilizada aos educadores (ARROIO, 2012), favorecida pelo acesso à internet e a portabilidade de dispositivos como tablets e telefones inteligentes, e um número significativo de educadores venha intencionando aprimorar a aprendizagem dos estudantes com os seus usos, criando experiências mais imersivas (ARROIO et al., 2019), a simples inserção de computadores ou dispositivos nas escolas não esgota a relevância de uma formação docente necessária à transformação dessas tecnologias em ferramentas educacionais (GOUVÊA; SANTOS; ARROIO, 2013).

O conhecimento sobre visualização é fundamental para a constituição desses saberes docentes envolvendo o uso de recursos visuais em Química, entretanto, conforme constatado por Santos e Arroio (2016), apesar do uso de ferramentas multimídias e modelos auxiliar na melhoria do desempenho dos alunos com as representações visuais e do professor continuar sendo muito importante nesse processo, a maioria dos estudos tem se concentrado nos alunos, mostrando uma lacuna sobre pesquisas científicas relacionadas à formação de professores de Química no contexto da visualização.

Apesar disso, uma compreensão do termo *visualização* limitada a sua dimensão de representação externa e não como ato de significação, a falta de conhecimentos sobre o desenvolvimento de capacidades metavisuais nos estudantes e sobre a necessidade de ensino de códigos e convenções das representações químicas (FERREIRA; ARROIO, 2009a, 2009b) e dificuldades em elaborar representações atômico-moleculares adequadas (VASCONCELOS; SANTOS; ARROIO, 2013) têm sido constatados em pesquisas com professores. Da mesma forma que outros estudos reportam um entendimento da visualização exclusivamente ligado a algum recurso didático com função auxiliar no ensino e usado para facilitar a compreensão dos fenômenos químicos (VASCONCELOS; ARROIO, 2013) ou reduzido a função de quebrar a monotonia, deixar a aula mais dinâmica e tornar o ensino menos abstrato (VRIES; FERREIRA; ARROIO, 2014).

Entretanto, pesquisas vêm mostrando que experiências formativas no campo da visualização têm apresentado um impacto positivo no sentido de amenizar as visões iniciais ingênuas de professores, possivelmente advindas de um uso intuitivo desses recursos digitais, de estender os seus repertórios teóricos (FERREIRA; BAPTISTA; ARROIO, 2011), de contribuir para a percepção da representação visual externa como representação e não como reprodução da realidade, além de relacioná-la com maior ênfase à necessidade de interpretação e à construção de modelos mentais (FERREIRA; BAPTISTA; ARROIO, 2013).

Estudos têm demonstrado que os limitados conhecimentos sobre representações visuais parecem estar fundamentados nas experiências prévias dos docentes como alunos 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, dizem Eilam, Poyas e Hashimshoni (2014) 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 [...] (EILAM; POYAS; HASHIMSHONI, 2014, p. 78, tradução nossa).

Diante disso, esse cenário marcado pelos obstáculos potenciais embutidos na relação entre tempo e consumo cotidiano de imagens veiculadas em TDIC e por um repertório conceitual, comumente, incompleto e insuficiente no campo da visualização e erigido, também, a partir daquela relação diária com as TDIC, pode revelar uma percepção acrítica de professores sobre o uso do tempo com os recursos visuais.

Assim, pensamos ser fundamental um avanço na compreensão das práticas docentes na formação inicial sob um olhar da dimensão temporal. Portanto, ao partirmos da questão *em*

que medida as relações entre tempo e recursos visuais, sejam eles fenômenos, objetos ou representações visuais, podem ser usadas para explorar as práticas de professores em formação inicial no contexto do processo de visualização em Química? Assumimos, neste trabalho, a intenção de investigar as formas de uso do tempo alocado em sala de aula para a mobilização e a exploração de recursos visuais durante as práticas de ensino de licenciandos.

Visualização e suas implicações temporais

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

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), “[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).

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 tempo suficiente para dominar este processo”, conforme percebe-se em Ainsworth (2008, p. 206).

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), “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) pontuam 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 (HARRISON; TREAGUST, 2003, p. 203, tradução nossa).

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) 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.

Harrison e Treagust (1996, p. 514) 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. 531-532) nos dizem 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 (HARRISON; TREAGUST, 1996, pp. 531-532).

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. Os 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.

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 a articulação errônea 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). Outros professores perceberam o seu uso como uma “perda de tempo da aula” (EILAM, 2012, p. 78) 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).

Pelo exposto, percebe-se uma demarcação temporal própria por meio de propostas de ensino, nas quais as interações verbais, as práticas de criação de representações visuais por parte dos alunos e o uso de recursos visuais suportados por dispositivos se distribuem em tarefas de percepção, de interpretação e de refinamento de informações visuais que medeiam a aquisição de competências representacionais e a criação de modelos mentais adequados para o desenvolvimento de um pensamento conceitual abstrato e complexo.

Esses pressupostos pedagógicos trazem implicações para o uso crítico de tecnologias no âmbito da Educação em Química, suscitam novas experiências com o tempo destinado ao uso de recursos visuais e colocam a necessidade de pensá-los dentro da tensão que caracteriza a disputa pelo tempo alocado em sala de aula com as demais atividades curriculares.

Metodologia

Este estudo teve uma natureza qualitativa e foi realizado sobre os registros audiovisuais de quatro sequências didáticas (SD) como parte de uma investigação mais ampla que contou com outros instrumentos de coleta de dados implementadas. Neste artigo apresentamos a análise de duas SD (Tabela 1). O planejamento e a implementação das SD compuseram tarefas curriculares e materiais de aprendizagem de uma disciplina de graduação de Metodologia do Ensino de Química. O referencial teórico-metodológico ficou respaldado na Análise de Conteúdo (BARDIN, 2011) e as categorias de análise emergiram da literatura científica.

Tabela 1 – Características gerais das sequências didáticas.

Sequência Didática	Duração (seg)			Tópicos de conhecimentos químicos abordados	Tema
	1° dia	2° dia	Total		
	SD1	4476	5638	10114	Estruturas moleculares Compostos inorgânicos
SD4	4669	4448	9117	Reações Químicas Estados físicos da matéria Atomística e transições eletrônicas Cinética Química	Mídia

Fonte: Autores.

O arranjo da investigação consistiu em fornecer subsídios teóricos aos licenciandos sobre uma Metodologia de Ensino que emprega a ideia de narrativa (GIORDAN, 2008) e das intenções de ensino relativas ao desenvolvimento da “estória científica” (MORTIMER; SCOTT, 2002), ambos os referenciais foram necessários para reforçar a ideia da coerência temporal na estruturação das tarefas e atividades que compuseram cada uma das SD, numa perspectiva de ensino de química temática. Os ajustes ocorreram apenas nesse nível de planejamento com a intenção de garantir seus momentos fundamentais e que de certa forma emulam ações pedagógicas escolares, tais como: criar problema e desafios, explorar as ideias dos estudantes, dispor significados científicos e mediar a sua construção, bem como, avaliar a aprendizagem em momentos de aplicação de ideias por parte dos alunos.

Entretanto, as Estratégias de Ensino, de usos mais flexíveis (ALVES, 2018), foram de livre escolha em cada um dos planejamentos e sobre esse último aspecto do planejamento de ensino recaiu a análise apresentada, uma vez que não fora validado por especialistas sob pena de analisarmos atividades inseridas de forma não autêntica pelos licenciandos.

Os condicionantes relativos ao acesso e ao uso de tecnologias em sala de aula foram minimizados por meio da disponibilização de uma sala ambientada com bancada de laboratório e equipamentos, acesso à internet e computador, lousa e projetor multimídia. Por sua vez, as influências temporais foram restringidas pela extensão do tempo para o planejamento da intervenção de ensino, realizado ao longo de um semestre letivo, e pela disponibilização de no mínimo quatro aulas divididas em dois dias, ambos os aspectos (tempo para planejar aulas diferenciadas e continuidade de tempo e espaço no currículo escolar para implementá-las) têm sido amplamente reconhecidos como desafios ao professor de Química da Educação Básica.

Os procedimentos de análise

A partir das transcrições das interações verbais em cada sequência didática utilizando o software ELAN 5.8 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. Os tempos das disponibilizações no plano social da sala de aula dos recursos didáticos e dos tipos de recursos visuais foram quantificados com o software MAXQDA 2020. Os dados obtidos nesses dois softwares foram exportados para uma mesma planilha e organizados em uma mesma linha do tempo para cada uma das SD, desconsiderando os valores de turnos de fala menores que 01 (um) segundo e, então, os dados foram analisados com o software Orange.

As categorias de análise

A partir das transcrições das interações verbais em cada sequência didática uma aproximação da quantidade de tempo das falas dos alunos (A) e dos licenciandos (L) foi realizada por meio da codificação do tempo dos turnos de cada falante maiores ou iguais a um segundo, ao longo das práticas de ensino e excetuando-se os diálogos entre os alunos em tarefas de discussão entre pares.

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 dos tipos de recursos didáticos (Quadro 1).

Quadro 1 - Categoria recursos didáticos e materiais de aprendizagem e seus códigos.

Códigos	Regra de Inclusão
Reagentes, vidrarias e equipamentos	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.
Vídeo com narração	
Vídeo	
Fala do licenciando	
Objetos concretos	
Simulação	
Projeção de Slide	
Lousa	
Papel impresso	
Aparelho de Telefone Celular	

Fonte: Autores.

Criou-se uma categoria para contemplar o tempo em que os recursos visuais não verbais foram disponibilizados no plano social da sala de aula e referenciados pelos licenciandos e estudantes durante a implementação da sequência didática. Os recursos visuais relacionados aos conhecimentos químicos foram codificados com inspiração em ideias de Talanquer (2011) em *Experiential* (na escala Macro) e as representações químicas em *Simbólicas* e *Ícônicas* (na escala Submicro). Os demais recursos visuais não verbais foram codificados de forma geral em *Temáticos* (Quadro 2).

Quadro 2 - Categoria recursos visuais e seus códigos

Códigos	Regra de Inclusão
Domínio Experiential (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 Ícônicas (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: Autores.

Após a demarcação dos intervalos de tempo relativos à 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.

A codificação 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, substância, 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 recai as tarefas mediadoras de representar e de comunicar os conceitos e os modelos elaborados em ambos os domínios Macro e Submicro (Quadro 3).

Quadro 3 - 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	Esse código indica a presença de conceitualizações no domínio macro nas interações verbais.
Domínio Submicro (S)	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... 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...	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...	Esse código indica a presença de conceitualizações nos domínios macro e submicro nas interações verbais.

Fonte: Autores.

Resultados

Os resultados obtidos com as duas sequências didáticas abordadas neste artigo, se distribuíram em dois polos de análise constituídos por recurso visual (objeto de visualização) e licenciando (conceitualizações), os quais serão apresentados, respectivamente, nas seções denominadas de disponibilização dos recursos visuais e interações verbais com os recursos visuais químicos.

A disponibilização dos recursos visuais

Os resultados permitiram a construção de uma visão geral sobre o uso do tempo com os diferentes recursos visuais disponibilizados e referenciados pelos licenciandos em cada uma das intervenções de ensino (Tabela 2).

Tabela 2 – Tempos de disponibilização dos recursos visuais.

	Domínio Experiencial	Representações Icônicas	Representações Simbólicas	Representações Sim + Ico	Recursos Visuais Temático
	Tempo (s)				
SD1	190	--	43	59	1632
SD4	151	65	106	--	235

Fonte: Autores.

Na Tabela 2, constatou-se 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, onde pode-se observar um equilíbrio de tempo entre os recursos visuais do campo experiencial (151 seg) e as representações químicas (171 seg), quando tomamos as representações simbólicas e icônicas em conjunto.

A partir dos dados da SD1 observa-se um comportamento diferente ao da SD4, pois 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 distinta foi a disponibilização de recursos visuais do campo experiencial (190 seg) ter sido maior do que a de representações químicas, ficando em 102 seg considerando as simbólicas e as icônicas em conjunto.

Dessa forma pode-se evidenciar que a SD4 se diferiu por apresentar um equilíbrio de tempo no uso de representações químicas e recursos visuais do campo experiencial, já que 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 e a referencialidade desses recursos, por meio de fala ou narração. No Apêndice A (Figura B), constata-se que na SD4 ambos os RVT e os RVQ foram suportados majoritariamente como representações visuais estáticas por meio da projeção de slide (Se).

E na SD1 vemos que o aumento do tempo para o uso de RVT, em comparação com os RVQ (Tabela 2) foi acompanhado de uma diversificação do uso de recursos didáticos, predominando o uso de 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, em favor dos primeiros (Tabela 2).

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, ou seja, de modo geral, eles possuem maior quantidade de informações visuais exibidas em movimento o que implica em um tempo para a sua interpretação posterior à exibição.

Entretanto, o tempo gasto na SD1 oriundo do uso de recursos visuais dinâmicos não foi o definidor último do aumento de tempo com os RVT. Enquanto os recursos visuais estáticos como a projeção de slide (Se) e o papel impresso contribuíram com 829 seg para o deslocamento do tempo em favor dos RVT o uso de recursos visuais dinâmicos como em quatro (T22, T27, T28, T29) dos vídeos com narração (VN) contribuiu apenas com um aumento de tempo de 309 seg com falas de licenciandos para a exploração das informações visuais exibidas ou suscitadas. Isso sugere que o planejamento prévio da SD1 tendia a uma maior abordagem dos RVT em comparação com os RVQ (Apêndice A, Figura A).

As interações verbais com os recursos visuais químicos

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

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 Tabela 3.

Tabela 3 – A conceitualização dos domínios macro e submicro com os RVQ.

Sequência Didática	Domínio Macro	Domínio Submicro	Em ambos os domínios
SD1	157	31	28
SD4	222	64	--

Fonte: Autores.

Na Tabela 3, constatamos que as SD1 e SD4 apresentaram comportamentos semelhantes, pois em ambas as conceitualizações no domínio macro predominaram nas falas dos licenciandos durante as trocas verbais ao mobilizarem os RVQ. Podemos descrever o predomínio das conceitualizações no domínio macro com uma análise mais detalhada das interações verbais a partir do tipo de recurso visual mobilizado, conforme Tabela 4.

Tabela 4 - O tempo das conceitualizações em função do tipo de recurso visual.

Sequência Didática	Recurso Visual											
	Exp			Sim			Ico			Sim + Ico		
	M	S	MS	M	S	MS	M	S	MS	M	S	MS
	Tempo (s)											
SD1	116	0,0	0,0	41	0,0	0,0	--	--	--	0,0	31	28
SD4	119	0,0	0,0	103	0,0	0,0	0,0	64	0,0	--	--	--

Conceitualização nos domínios macro (M), submicro (S), em ambos (MS) e ausência de recurso visual (--). **Fonte:** Autores.

As duas SD se aproximaram pelo fato de as 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 da 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 conceitualizações no domínio submicro.

Discussão dos resultados

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 em distintas e variadas funções pedagógicas no ambiente escolar.

Os resultados corroboram com 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.

Em relação aos recursos visuais químicos estes podem ser empregados junto aos demais tipos de recursos visuais, como no caso das sequências didáticas. Os resultados sobre a disponibilização dos recursos visuais em SD1 (Tabela 2) mostraram um deslocamento do uso do tempo em favor dos recursos visuais temáticos (1632 seg). O tema Arte incluiu uma série de representações 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.

Nesse sentido, uma diferenciação temporal também abarca o tipo de tecnologia digital que os suportam, uma vez que ele não adiciona aprioristicamente um valor pedagógico para recursos visuais dinâmicos ou estáticos. Na SD4 o uso de projeção de slide (Se) foi majoritário enquanto que na SD1 houve uma maior diversificação de tipos de suporte (Se, VN, Sm), entretanto essa diversificação não produziu um tempo maior de exploração dos RVQ, ao contrário, foi acompanhado de uma diminuição relativa, em comparação com os RVT, dos seus tempos alocados no plano social de sala de aula.

Da mesma forma, os aspectos simbólicos inscritos nas representações químicas não condicionam a exploração dos significados nelas embutidos ou por elas suscitados. Os resultados corroboram com esse pressuposto mediante o fato de o uso das representações simbólicas na SD1 e na SD4 terem sido usadas apenas para a exploração do domínio macro (Tabela 4) e um pequeno intervalo de tempo para a exploração do domínio submicro se deu apenas na SD1 quando os valores simbólicos constituíam representações múltiplas (Sim+Ico). 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 mediação 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 que 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 SD1 e na SD4 predominaram interações dos licenciandos estimulando trocas verbais no domínio macro (Tabela 3) 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.

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 representações também é fundamental, entretanto os resultados também mostraram que, além de os menores intervalos de tempo terem recaído sobre a exploração verbal do domínio submicro (31 seg e 64 seg), a transição entre macro e submicro estimulada pela fala dos licenciandos foi a de menor ocorrência (28 seg) (Tabela 3) se deu apenas na SD1 e quando foram estimuladas por representações múltiplas (Sim+Ico) (Tabela 4).

Nesses contextos, a mediação dos licenciandos foi, comparativamente, muito pouco destacada uma vez que a simples disponibilização dos recursos (ferramentas) visuais não garante *de per se* a aprendizagem dessas relações (que permitem aos estudantes transitarem entre diferentes representações e significações químicas), pois, de acordo com Santos e Arroio (2016)

[...] 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 (SANTOS; ARROIO, 2016, p. 5)

Enfim, a garantia de tempo adequado por parte dos licenciandos para a disponibilização dos recursos visuais químicos inscritos em TDIC ou a partir de objetos e fenômenos do campo experiencial junto a um trabalho pedagógico por parte do professor podem apoiar o desenvolvimento da competência representacional e a aprendizagem conceitual em sala de aula, considerando os aspectos descritivos e explicativos, e não apenas um ou outro.

Algumas considerações

Com esse estudo, a intenção foi a de explorar as relações entre tempo e recursos visuais nas práticas de professores em formação inicial. Diante disso, foram utilizados registros audiovisuais da implementação de sequências didáticas temáticas para decompor qualitativamente os tempos das ações de licenciandos e estudantes e da disponibilização de recursos didáticos em seus segundos 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 difícil tarefa de articular o conhecimento químico com uma temática relevante, os resultados para essa amostra reforçaram que o uso de TDIC para enriquecer visualmente as propostas de ensino temáticas prescinde, de um lado, de uma diferenciação temporal entre recursos visuais mediadores de significados químicos e as demais imagens em função de suas respectivas intenções de ensino (e não apenas do tipo de suporte) e, de outro, de uma reserva de tempo no discurso verbal dos licenciandos para auxiliar os estudantes na interpretação ou elaboração de significados no domínio submicro da Química, bem como, para estimular a transição entre os domínios conceituais químicos, no intuito de propiciar uma compreensão profunda dos fenômenos abordados, tanto nos aspectos descritivos quanto nos explicativos intencionalmente definidos.

Em outras palavras, o tipo de TDIC não foi o definidor último da qualidade das interações verbais sobre ele desencadeada ou das ações dos alunos a partir dele propiciadas. A isso corrobora 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, pressupõe uma formação condizente com as suas respectivas apropriações numa dimensão pedagógica.

No caminho para essa apropriação emergirão as problemáticas relações entre tempo e imagens. De um lado, reformas educacionais tendem a diminuir a oferta temporal da componente curricular de Química, comprimindo o tempo disponível e favorecendo uma relação acelerada com seus conceitos e recursos visuais. De outro, na vida social cotidiana as novas TDIC 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, selecionado por razões mal-intencionadas.

A Educação em Química pode contribuir nesse desafio confrontando essa lógica de tempo 24/7, criando as temporalidades partilhadas necessárias e envoltas em momentos de assertividade e aquiescência distribuídos entre recursos visuais, ações de estudantes e a mediação de professores.

Uma construção coletiva de refúgios de tempo para posicionar criticamente o lugar das imagens químicas, suportadas ou não por TDIC, como mediadoras das aprendizagens conceitual e representacional necessárias para compreender, em temas como a Mídia, a concepção subliminar de ciência em séries de investigação forense em função dos princípios científicos envolvidos e, em temas como a 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.

Por fim, o campo de pesquisa sobre visualização é vasto, complexo e em constante debate e desenvolvimento. Estratégias de ensino oriundas desse âmbito podem ser úteis ao apresentar, ainda que parcialmente, uma visão de conjunto de pressupostos teóricos deste campo de estudos pertinentes à formação de professores de Química.

Referências bibliográficas

- AINSWORTH, S. The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. In: GILBERT, J.; REINER, M.; NAKHLEH, M. **Visualization: theory and practice in Science Education**. Netherlands: Springer, 2008.
- ALVES, M. **Características, elementos e importância do planejamento didático-pedagógico: uma revisão de termos e conceitos na área de ensino de ciências**. 132 f. 2018. Araraquara: UNESP, 2018. Dissertação, Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, 2018.
- ARROIO, A. Visualizations for Natural Science Education. **Journal of Baltic Science Education**, Siauliai, v. 11, n. 02, p. 112–114, 2012.
- ARROIO, A.; SANA, T. C. V.; NOVAES, L. G. B.; REZENDE, D. B. Media Literacy and Scientific Education: the students' protagonism. **Gamtamokslinis Ugdymas Bendrojo Ugdymo Mokykloje/Natural Science Education in a Comprehensive School**, Siauliai, p. 05-17, 2019.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2011.
- CRARY, J. **24/7: capitalismo tardio e os fins do sono**. São Paulo: Ubu, 2016.
- DUMON, A.; MZOUGH-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, 2014.
- EILAM, B. **Teaching, Learning and Visual Literacy: The Dual Role of Visual Representation**. Cambridge: Cambridge Press, 2012.
- EILAM, B.; GILBERT, J. The Significance of Visual Representations in the Teaching of Science. In: EILAM, B.; GILBERT, J. **Science Teachers' Use of Visual Representations**. Dordrecht: Springer, 2014.
- EILAM, B.; POYAS, Y.; HASHIMSHONI, R. Representing Visually: What Teachers Know and What They Prefer. In: EILAM, B.; GILBERT, J. **Science Teachers' Use of Visual Representations**. Dordrecht: Springer, 2014.
- FERREIRA, C.; 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, 2011.
- 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, 2013.
- FERREIRA, C.; 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. 4, n. 2, p. 31–42, 2009a.
- FERREIRA, C.; 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., 2009b.

GILBERT, J. Visualization: an emergent field of practice and enquiry in Science Education. In: GILBERT, J.; REINER, M.; NAKHLEH, M. **Visualization: theory and practice in Science Education**. Netherlands: Springer, 2008.

GILBERT, J.; JUSTI, R. The Contribution of Visualisation to Modelling-Based Teaching. In: GILBERT, John; JUSTI, R. **Modelling-based Teaching in Science Education**. Netherlands: Springer, 2016.

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.

GOUVÊA, L. G.; SANTOS, V. C.; 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.; TREAGUST, D. The particulate nature of matter: challenges in understanding the sub-microscopic world. In: GILBERT, J. et al. **Chemical Education: towards research-based practice**. New York: Kluwer, 2003.

HARRISON, A.; TREAGUST, D. Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. **Science Education**, Hoboken, v. 80, n. 5, p. 509–534, 1996.

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, 1991.

KOZMA, R.; 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. 9, p. 949–968, 1997.

LIU, Y.; TABER, K. 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, 2016.

MORAN, J. M. Ensino e aprendizagem inovadores com apoio de tecnologias. In: MORAN, J. M.; MASETTO, M.; BEHRENS, M. A. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. Campinas: Papyrus, 2013.

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**, v. 7, n. 3, p. 283–306, dez., 2002.

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, 2006.

SANTOS, V. C.; 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, 2016.

TABER, K. Learning at the Symbolic Level. In: GILBERT, John; TREAGUST, David. **Multiple Representations in Chemical Education**. Dordrecht: Springer, 2009.

TABER, K. 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, 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, 2011.

UTTAL, D.H.; O'DOHERTY, K. Comprehending and Learning from ‘Visualizations’: A Developmental Perspective. In: GILBERT, John; REINER, Miriam; NAKHLEH, Mary. **Visualization: theory and practice in science education**. Dordrecht: Springer, 2008.

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, 2013.

VASCONCELOS, F. C. G. C.; SANTOS, V. C.; 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, 2013.

VRIES, M. G.; FERREIRA, C.; ARROIO, A. Concepções de licenciandos em Química sobre visualizações no ensino de ciências em dois países: Brasil e Portugal. **Química Nova**, v. 37, n. 3, p. 556–563, 2014.

WRIGHT, 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, 2014.

WRIGHT, 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, 2014.

Apêndice A – Lista com os recursos visuais analisados.

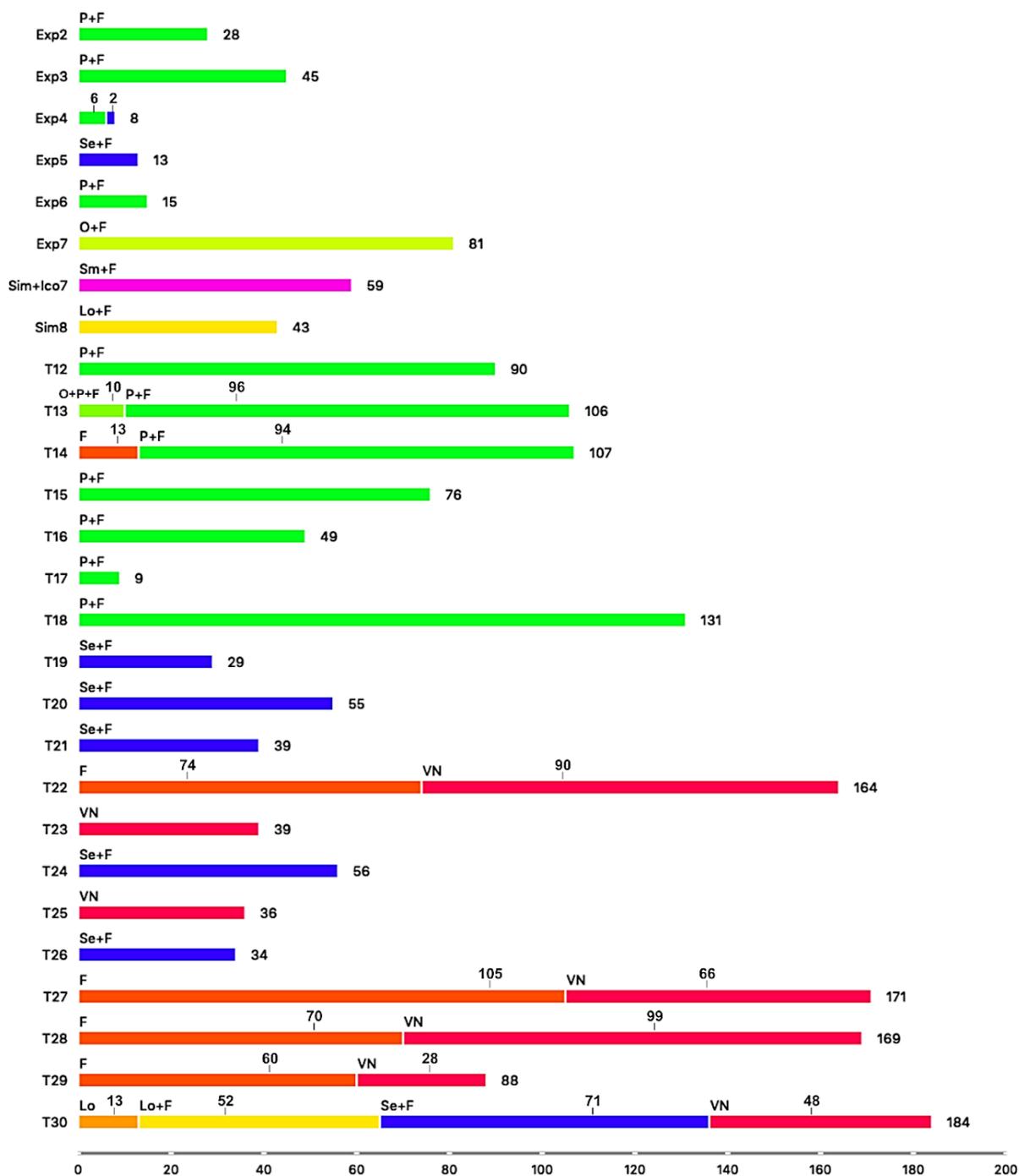


Figura A - O tempo (seg) com os recursos visuais e os seus suportes de disponibilização e referencialidade (SD1). F – fala do licenciando; Lo – lousa; P – papel impresso; O – objeto concreto; Se – projeção de slide; Sm – simulação; VN – vídeo com narração.

Fonte: Autores.

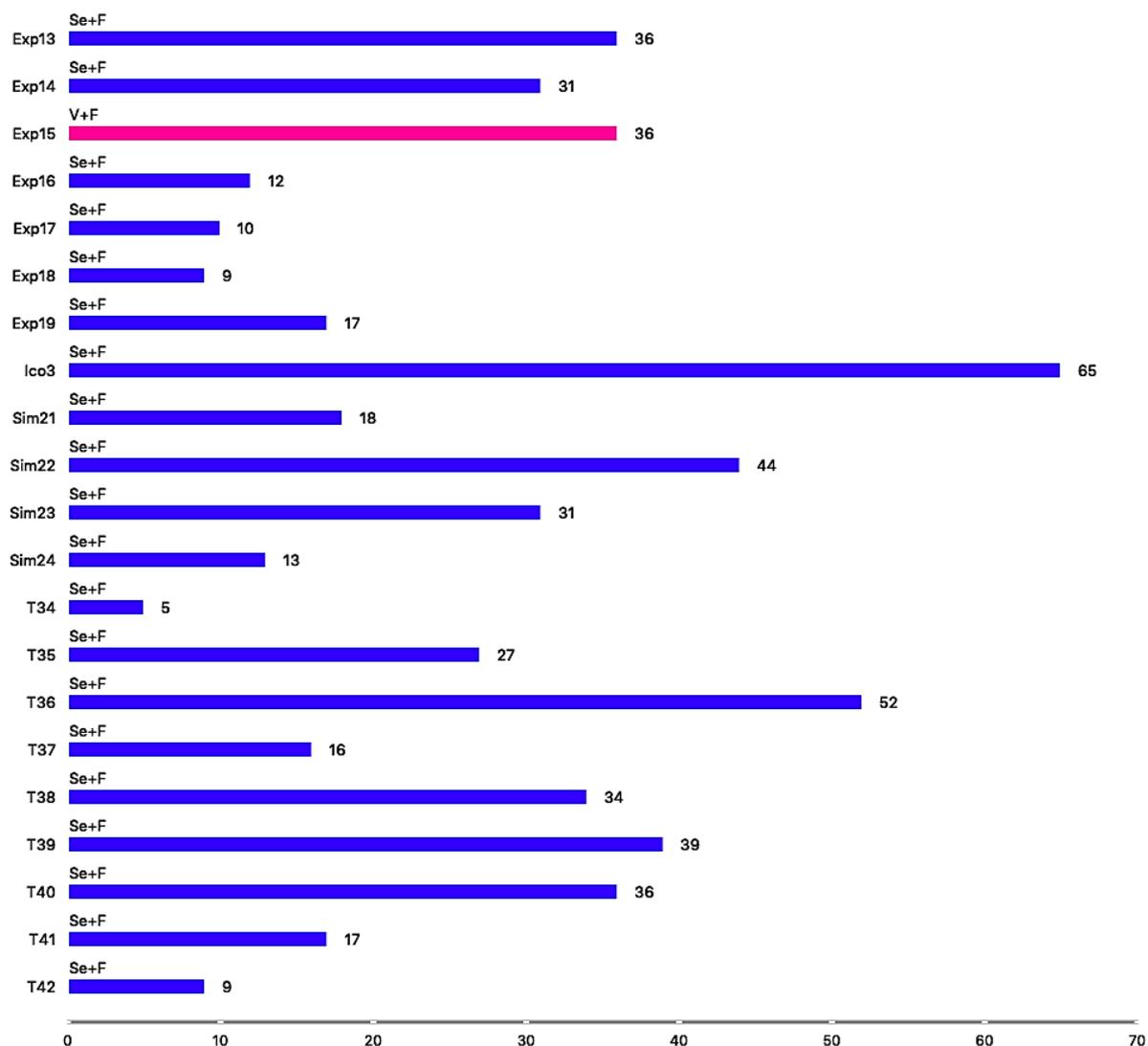


Figura B - O tempo (seg) com os recursos visuais e os seus suportes de disponibilização e referencialidade (SD4). F – fala do licenciando; Se – projeção de slide; V – vídeo.

Fonte: Autores.