



REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática

ISSN: 2318-6674

revistareamec@gmail.com

Universidade Federal de Mato Grosso
Brasil

Gois, Jackson; Pozzo Maioralli, Adriano
LINGUAGEM E TRIDIMENSIONALIDADE MOLECULAR NO ENSINO SUPERIOR DE QUÍMICA
REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática, vol. 9, núm. 3, 2021
Universidade Federal de Mato Grosso
Brasil

DOI: <https://doi.org/10.26571/reamec.v9i3.12009>

- ▶ Número completo
- ▶ Mais informações do artigo
- ▶ Site da revista em redalyc.org



LINGUAGEM E TRIDIMENSIONALIDADE MOLECULAR NO ENSINO SUPERIOR DE QUÍMICA

LANGUAGE AND MOLECULAR SPATIAL SKILLS IN HIGHER EDUCATION OF CHEMISTRY

LENGUAJE Y TRIDIMENSIONALIDAD MOLECULAR EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR DE QUÍMICA

Jackson Gois *

Adriano Pozzo Maioralli **

RESUMO

Neste trabalho descrevemos como um grupo de estudantes de ensino superior em Química elaboram significados sobre tridimensionalidade de estruturas moleculares em uma disciplina de Química Orgânica com o tema de projeções de Newman e diagramas de energia. A partir de uma abordagem qualitativa, realizamos a filmagem desses alunos em atividades que envolveram o uso de modelos moleculares materiais, transcrevemos as falas dos alunos e analisamos os dados a partir da ATD. Observamos nos dados que os estudantes, ao procurarem realizar as atividades propostas sem ter modelos moleculares comerciais a sua disposição, apresentam um tensionamento no sentido de não conseguirem se referir aos elementos tridimensionais da estrutura molecular, na ausência de um modelo concreto. Também observamos que os alunos improvisam a materialidade da estrutura molecular com os materiais à disposição e que a realização da atividade com os materiais adequados viabiliza percepção e compreensão mais pormenorizadas, evidenciadas pelo uso que os estudantes fazem da linguagem nas atividades. A concepção de domínio de uma ferramenta cultural é utilizada para auxiliar na análise processual epistemológica.

Palavras-chave: Visualização. Tridimensionalidade. Ensino Superior. Ensino de Química. Sociocultural.

ABSTRACT

In this work we describe how a group of students of higher education in Chemistry elaborate meanings about three-dimensionality of molecular structures in a discipline of Organic Chemistry with the theme of Newman projections and energy diagrams. From a qualitative approach, we filmed these students in activities that involved the use of plastic molecular models, transcribed the students' speeches and analyzed the data with elements from ATD framework. We observed in the data that the students, when trying to carry out the proposed activities without having commercial molecular models at their disposal, present a tension in the sense of not being able to refer to the three-dimensional elements of the molecular structure, in the absence of a concrete model. We also observed

* Doutor em Educação e Licenciado em Química pela Universidade de São Paulo (USP). Professor Assistente Doutor da Universidade Estadual Paulista (UNESP), São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil. Endereço para correspondência: Rua Cristóvão Colombo, 2265, Jardim Nazareth, São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil, CEP: 15054-000. E-mail: jackson.gois@unesp.br.

** Mestre em Ensino e Processos Formativos e Licenciado em Química pela Universidade Estadual Paulista (UNESP). Docente do Ensino Básico em instituições privadas, São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil. Endereço para correspondência: Rua Cristóvão Colombo, 2265, Jardim Nazareth, São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil, CEP: 15054-000. E-mail: amaioralli@gmail.com.

that students improvise the materiality of the molecular structure with the materials at their disposal, and that the performance of the activity with the appropriate materials enables a more detailed perception and understanding, evidenced by the students' use of language in the activities. The domain conception of a cultural tool is used to assist in the epistemological procedural analysis.

Keywords: Visualization. Spatial skills. Higher education. Chemistry education. Sociocultural.

RESUMEN

En este trabajo describimos cómo un grupo de estudiantes de educación superior en Química elaboran significados sobre la tridimensionalidad de las estructuras moleculares en una disciplina de Química Orgánica con el tema de proyecciones de Newman y diagramas de energía. Desde un enfoque cualitativo, filmamos a estos estudiantes en actividades que involucraron el uso de modelos moleculares moleculares, transcribimos los discursos de los estudiantes y analizamos los datos con elementos del marco ATD. Observamos en los datos que los estudiantes, al intentar realizar las actividades propuestas sin tener a su disposición modelos moleculares comerciales, presentan una tensión en el sentido de no poder referirse a los elementos tridimensionales de la estructura molecular, en el ausencia de un modelo concreto. También observamos que los estudiantes improvisan la materialidad de la estructura molecular con los materiales a su disposición y que realizar la actividad con los materiales adecuados permite una percepción y comprensión más detallada, evidenciada por el uso del lenguaje por parte de los estudiantes en las actividades. La concepción de dominio de una herramienta cultural se utiliza para ayudar en el análisis procedimental epistemológico.

Palabras clave: Avance. Tridimensionalidad. Enseñanza superior. Enseñanza de la química. Sociocultural.

1 INTRODUÇÃO

A estética tem papel fundamental na elaboração de significados. Na Educação em Ciências, há uma tendência de deslocamento da compreensão de estética como beleza dos métodos científicos para uma compreensão mais ampla sobre as respostas efetivas a experiências com ciências, que “incluem beleza, feiura, intriga, prazer, desprazer, irritação e surpresa” dentre outras (TYTLER; PRAIN; HANNIGAN, 2020, p. 2). A experiência estética com o conhecimento científico tem ampla relação com as representações utilizadas na divulgação, na produção, no ensino e na aprendizagem do conhecimento científico.

As habilidades de visualização e compreensão de representações estão relacionadas a conhecimentos e experiências que possibilitam entendimento e interpretações de informações. Vavra et al. (2011) observam que o termo visualização é utilizado de forma imprecisa nas áreas de Educação em Ciências, Educação Matemática e Leitura, com muitos termos mais ou menos equivalentes, como representação visual, meio visual, letramento de mídia, habilidade de comunicação visual, letramento visual, ilustrações, ilustrações de mídia etc. Esses termos podem designar o processo de nomear uma representação, de criar uma representação gráfica ou de imaginação visual, ou o produto gráfico. Dentre os destaques no estudo desses autores,

observa-se que a simples atividade de visualização não é efetiva de forma isolada.

A habilidade de visualizar e compreender representações científicas é considerada como central em diferentes áreas de conhecimento (FEITOSA; AQUINO; LAVOR, 2020). Em especial, se destaca que as habilidades em visualização espacial, diferentes das habilidades verbais e do raciocínio lógico, são geralmente subestimadas no contexto escolar e, portanto, não têm a devida atenção nos currículos (HEGARTY, 2014). Além disso, prevalecem os estudos com uso de modelos concretos e computacionais (OLIVER-HOYO; BABILONIA-ROSA, 2017).

Neste artigo, apresentamos uma pesquisa com alunos de Ensino Superior de um curso de Química de uma universidade pública do interior do estado de São Paulo. Discutimos resultados sobre como ocorre a internalização de representações químicas quando estudantes constroem, visualizam e manipulam modelos moleculares concretos na realização de atividades com projeções de Newman em uma disciplina de Química Orgânica. Em especial, destacamos o papel da linguagem no processo de internalização desses conhecimentos.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

Ao considerar a formação de profissionais da Química, é fundamental o desenvolvimento de habilidades de visualização espacial e compreensão de diferentes tipos de representação de substâncias químicas. Em se tratando de formação de profissionais que atuarão em diferentes atividades na sociedade, como o ensino, a pesquisa científica, a fabricação de substâncias químicas, dentre outras, é necessário que saibam lidar de forma apropriada com a grande quantidade de representações químicas que utilizamos.

2.1 Visualização e tridimensionalidade em Química

A percepção de que habilidades de visualização são importantes para a Educação em Química não é recente (MAHAFFY, 2004) e exemplifica a preocupação da área de Ensino de Ciências em melhorar tanto a formação profissional de diversas áreas de conhecimento quanto os variados níveis de ensino (FERK et al., 2010). Nesse sentido, estudantes de todos os níveis de aprendizado deveriam realizar atividades de ensino em que a manipulação de estruturas tridimensionais e a visualização de suas respectivas representações estivessem presentes.

Em um estudo sobre como alunos desenham esboços de estruturas moleculares,



Cooper, Stieff e Desutter (2017) apontam que atividades de criação de estruturas moleculares são um componente crucial na aprendizagem de Química e auxiliam na compreensão de conceitos em processos de ensino e aprendizagem. Outro aspecto importante enfatizado no trabalho é que, no nível superior em Química, a fronteira entre representações submicroscópicas (geralmente esferas) e simbólicas (estruturas de Lewis e projeções de Newman) se torna cada vez menos nítida.

Na formação de professores de Ensino Básico em Química, é importante viabilizar a compreensão da natureza particulada da matéria, bem como a compreensão correta dos fenômenos em nível molecular. Nesse sentido, a compreensão correta das representações químicas favorecerá a aprendizagem das demais concepções químicas. Em uma pesquisa sobre a compreensão de licenciandos em Química sobre a natureza particulada da matéria, Yakmaci-Guzel e Adadan (2013) verificaram o nível de entendimento de um grupo de 19 licenciandos em química acerca desse tema, por meio de atividades que envolveram a construção de representações moleculares e discussão em grupo. Os autores observaram que a maior parte das concepções alternativas dos estudantes de licenciatura sobre a natureza particulada da matéria foi modificada, o que perdurou após um período de 17 meses.

Considerando especialmente os aspectos de tridimensionalidade, Urhahne, Nick e Schanze (2009) mostram dados que evidenciam que a aprendizagem de alunos iniciantes de Química, no Ensino Superior e Médio, comparando o uso de simulações tridimensionais e figuras bidimensionais, foi muito similar. Nesse sentido, o estudo demonstrou que visualizações tridimensionais são mais efetivas para estudantes mais jovens ou que ainda não tiveram experiências de aprendizagem com representações visuais em diferentes formatos na química.

No entanto, deve haver um cuidado especial ao se elaborar atividades de ensino com uso de representações tridimensionais em processos de ensino e aprendizagem. Em um estudo com alunos de ensino superior em Química Geral, Barak e Dori (2005) mostram que apenas a visualização de representações químicas bidimensionais e tridimensionais não é suficiente. Os dados desses autores evidenciam que construir ativamente, e não apenas visualizar, resulta em melhor aprendizagem por parte dos alunos. Com isso, a visualização e a construção de modelos tridimensionais possibilitam melhor entendimento conceitual em Química.

Ao realizarem uma revisão da literatura acerca do que estudantes de Química deveriam aprender, Cooper e Stowe (2018) observam que há uma concordância sobre a importância de alguns temas, como estudos sobre engajamento, visualização e representação



do nível molecular e uso de tecnologias computacionais. Sobre a utilização de representações químicas e visualização, os resultados da pesquisa mostram que o uso de modelos concretos é feito geralmente no contexto da Química Orgânica, sendo que percepções múltiplas, que incluem o tátil, ajudam na compreensão de aspectos tridimensionais da representação molecular. Comparando a efetividade de modelos concretos e computacionais, os resultados mostram que os primeiros têm melhor êxito considerando a aprendizagem de longo prazo.

Atit, Uttal e Stieff (2020) concordam que a Química Orgânica merece destaque nos estudos sobre o papel das representações químicas em processos de ensino e aprendizagem, tanto em pesquisas da Psicologia quando da Educação em Ciências. Seguindo o mesmo raciocínio, Stieff (2011, p. 312, tradução nossa) afirma que “(é) na química orgânica que pesquisadores investiram a maior quantidade de tempo e esforço para determinar como a aptidão de alunos para o raciocínio imagético prediz o sucesso nas avaliações de sala de aula”. Em especial, o estudo foi realizado com alunos de Ensino Superior em uma disciplina de Química Orgânica envolvendo projeções de Newman e resolução de problemas, onde se enfatizou a importância da fala, dos gestos e da escrita dos alunos.

Stull et al. (2012) apresentam uma pesquisa sobre a habilidade de estudantes de Ensino Superior elaborarem uma representação química a partir de outra em uma disciplina de Química Orgânica. Dentre os diversos resultados destacados no trabalho, os autores observam que menos da metade dos alunos utilizou os modelos moleculares que foram colocados à disposição deles para a resolução das atividades. No entanto, perceberam também que os estudantes que utilizaram os modelos concretos obtiveram melhores resultados na resolução dos problemas propostos. Os alunos, por seu turno, relataram depois do estudo que não entenderam como utilizar os modelos para resolver os exercícios ou que os modelos não seriam úteis.

Em estudo mais pormenorizado sobre o uso que estudantes fazem de modelos concretos disponibilizados para atividades em sala de aula, Stull et al. (2016) novamente observaram que menos da metade dos alunos fez uso espontâneo ou estimulado de modelos concretos na resolução de problemas. Os alunos que utilizaram, assim o fizeram como parte da resolução do problema, ou seja, antes ou durante a resolução do exercício, mas não depois. Por conseguinte, os autores apontam que o uso de modelos concretos é uma espécie de “ação externa que substitui um processo mental” (p. 996, tradução nossa). Diante desse resultado, os autores concluíram que houve excesso de autoconfiança por parte dos alunos que preferiram não recorrer aos modelos concretos, especialmente considerando o fato de parte dos alunos já

ter cursado a disciplina de Química Orgânica anteriormente.

2.2 Sociocultural e visualização

Com relação ao enfoque teórico, de acordo com Prain e Hand (2019), as abordagens cognitivistas e socioculturais podem ser observadas nas pesquisas sobre o uso de visualizações na Educação em Ciências. Nessa mesma linha, escolhemos a perspectiva sociocultural como ponto de partida conceitual para compreender como estudantes de Ensino Superior em Química elaboram significados ao utilizarem modelos moleculares concretos sobre projeções de Newman em uma disciplina de Química Orgânica, tanto em função de nosso interesse de pesquisa quanto pelo fato de este referencial teórico ainda estar subestimado na área de Ensino (SANTOS; ARROIO, 2016).

Nesse sentido, a abordagem sociocultural possibilita a identificação de condições múltiplas e variadas que possibilitam os alunos desenvolverem a capacidade de utilizar as representações científicas. Tytler et al. (2020) adotam a abordagem sociocultural para descrever de forma microetnográfica como um grupo de alunos do sétimo ano do ensino fundamental emprega as representações científicas como suporte para a elaboração da habilidade de raciocinar cientificamente. Para isso, eles utilizaram dados sobre as conversas, os gestos, a escrita e a construção de representações visuais construídas pelos alunos como base para seu estudo. O resultado foi que os alunos passaram a falar usando referenciais tridimensionais ao fazerem desenhos sobre classificação de flores e astronomia. Os autores concluem que são necessárias condições para elaboração de significados, sendo uma delas o uso efetivo de meios semióticos específicos, bem como condições pedagógicas efetivas, como o apoio docente.

Outros estudos que adotam a abordagem sociocultural em pesquisas sobre o uso de visualizações para o Ensino de Ciências ainda enfatizam a qualidade do discurso dos alunos sobre as representações como fundamental (PHILIPP; JOHNSON; YEZIERSKI, 2014), os mecanismos sociais na aprendizagem de conceitos que envolvem visualização (RAU; BOWMAN; MOORE, 2017) e a potencialidade que as interações sociais oferecem, especialmente com pessoas com mais conhecimentos sobre o tema (YASEEN; AUBUSSON, 2020).

Na perspectiva sociocultural, a linguagem que estudantes utilizam em processos de ensino e aprendizagem, bem como as atividades a ela ligadas, são consideradas como

ferramentas culturais (WERTSCH, 1999). As concepções de mediação e internalização (VIGOTSKI, 2001) auxiliam na compreensão das relações entre agentes, ações e ferramentas culturais e materiais nos processos de elaboração de significados. Desse modo, é possível colocar em foco a fala dos estudantes nos processos de aprendizagem, assim como os materiais utilizados, como representações químicas concretas e escritas.

Em especial, neste trabalho destacamos a concepção de domínio, decorrente de uma pormenorização da concepção vigotskiana de internalização. Nesse caso, Wertsch (1999) propõe que a ideia de internalização pode ser forte demais para descrever boa parte dos usos que fazemos das ferramentas culturais que nos cercam. Em lugar de internalização, ele elabora as concepções de domínio e apropriação. A concepção de domínio é definida como “saber usar um modo de mediação com facilidade” (WERTSCH, 1999, p. 87) em contraposição a uma total internalização, como no caso da contagem de um até dez com os dedos das mãos (VIGOTSKI, 2001, p. 138). Nesse sentido, o domínio de uma ferramenta cultural inclui a possibilidade de uso de ferramentas materiais, sem pressupor sua total internalização. Na relação entre agentes, ferramentas e ações, Wertsch (1999) propõe como unidade mínima de análise os agentes agindo com as ferramentas culturais, como determinantes para entender a ação mediada.

Em nosso trabalho, consideramos como ferramenta cultural a habilidade de estudantes do ensino superior de Química de falarem corretamente sobre os aspectos tridimensionais de uma estrutura molecular, após construírem e manipularem estruturas concretas (OLIVER-HOYO; BABILONIA-ROSA, 2017), dado que a simples visualização não promove entendimento conceitual (BARAK; DORI, 2005). Essa ferramenta cultural está intimamente ligada a outras ferramentas, como a escrita de representações associadas a tridimensionalidades e as ferramentas materiais utilizadas. No entanto, neste artigo, focamos o uso que os alunos fazem da linguagem. Em especial, focalizamos a percepção tridimensional como processo de visualização (VAVRA et al. 2011) e a linguagem utilizada pelos alunos sobre os aspectos energéticos quando da rotação da ligação simples entre carbonos (C3-C4 do 2-metil-pentano e C6-C7 do 4-etil-3,4-dimetil-5-(1-metil-etil)-octano) utilizando projeções de Newman. E essa ferramenta cultural tem relação com uma ferramenta material, a qual viabiliza a ação mediada, que são os modelos moleculares materiais.

3 METODOLOGIA

Neste trabalho realizamos uma pesquisa de natureza qualitativa, o que significa que os dados obtidos são ricos em pormenores, oferecem descrições de diversas naturezas e incluem pessoas, locais e conversas, de maneira que exigem tratamento complexo (BOGDAN; BIKLEN, 1994).

Os dados que apresentamos neste artigo foram coletados com um grupo de alunos que cursava o segundo ano do Ensino Superior em Química de uma universidade pública do interior do estado de São Paulo, que inclui as habilitações de Licenciatura e Bacharelado. A turma era composta por 27 estudantes entre 19 e 21 anos de idade. Dentre os estudantes que concordaram em participar desta pesquisa, após assinatura de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, foram escolhidas aleatoriamente cinco duplas.

As atividades foram desenvolvidas em uma disciplina de Química Orgânica I, oferecida no primeiro semestre de 2017, com o tema das projeções de Newman e construção de gráficos de energia potencial decorrentes da rotação em torno da ligação simples entre carbonos. Esse tema foi escolhido porque tem relação com o desenvolvimento de percepção de aspectos de tridimensionalidade de estruturas moleculares por parte de alunos em cursos de Química. As atividades ocorreram em dois momentos de forma sequencial, com duração aproximada de duas horas no total. No primeiro momento, foi entregue uma folha com exercícios para os alunos resolverem em duplas e sem o auxílio de *kits* de modelos moleculares. Essa primeira etapa foi finalizada com a entrega da folha com a resolução dos exercícios por parte dos alunos. No segundo momento, os estudantes receberam outra folha com os mesmos exercícios e um *kit* de modelos moleculares para novamente apresentarem uma resolução para os exercícios. Em ambos os momentos os alunos contavam com o apoio da docente responsável pela disciplina e de um monitor para resolver os problemas.

Para a coleta de dados, utilizamos a filmagem das duplas enquanto realizavam as atividades em ambas as etapas. A filmagem foi feita com uma única filmadora posicionada na frente da sala de aula, de forma que pudesse englobar as cinco duplas. Assim, foi possível realizar o recorte do vídeo principal em cinco focos distintos, destacando em cada um desses recortes uma dupla. Os áudios foram coletados por meio de microfones sem fio posicionados para gravar as falas de ambos os membros da dupla. Para a gravação simultânea dos cinco áudios (um de cada dupla), utilizamos uma interface de áudio Focusrite Scarlett 18i20 conectada a um computador. Com os vídeos e áudios de cada dupla, foi possível sincronizar

os arquivos para termos as informações em formato audiovisual de cada dupla ao longo da resolução dos exercícios.

Após as filmagens, assistimos aos vídeos com as atividades resolvidas por cada dupla e transcrevemos as falas dos participantes da pesquisa. Portanto, o corpus da pesquisa é composto pelas transcrições e observações, já que muitas informações relevantes não são diretamente reveladas nas falas dos participantes da pesquisa e foram descritas de forma textual como observações ao lado dos turnos de fala. Para a análise das transcrições, utilizamos a Análise Textual Discursiva (ATD) (MORAES, 2003). Com isso, procedemos a desmontagem dos textos (unitarização), de onde surgiram as unidades de significado, organizamos as unidades de significado semelhantes em grupos (categorização), com categorias emergentes, e elaboramos o metatexto na análise dos resultados.

4 ANÁLISE E RESULTADOS

A partir da análise dos dados obtidos com as atividades dos estudantes, descrevemos os resultados obtidos. Com isso, destacamos a seguir as três categorias de análise emergentes, que evidenciam o papel da materialidade das ferramentas utilizadas, da interação entre os participantes e de como a percepção tridimensional dos estudantes é fortemente apoiada pelo uso de modelos moleculares concretos. Argumentamos que os elementos presentes na elaboração de significados podem ser compreendidos de forma processual como domínio (internalização) da ferramenta cultural em foco.

4.1 Tensionamento devido à ausência de modelos moleculares materiais

A primeira categoria que observamos em nossos dados é um tensionamento entre os estudantes em função da ausência de uma ferramenta material que eles já conheciam e entendiam como necessária para a realização das atividades.

No início do primeiro momento, foram dadas instruções orais sobre a realização das atividades, e os estudantes leram a folha de exercícios. Após lerem e discutirem os exercícios, eles procuraram se lembrar de como a docente responsável pela disciplina resolveu os exemplos similares aos exercícios propostos. No caso, as aulas e a resolução de exemplos foram feitas com a docente manipulando modelos moleculares concretos durante as explicações; os alunos, porém, não tinham nenhum em mãos para resolver exercícios naquele

momento. Considerando a aprendizagem dos discentes, no momento inicial das atividades observamos que a simples visualização anterior das representações escritas e dos mesmos materiais manipulados pela docente não trouxe certezas sobre como lidar com conhecimentos que envolvem a tridimensionalidade das estruturas moleculares.

Além de já terem presenciado o uso dos modelos concretos pela professora durante as atividades da disciplina, os estudantes também já sabiam que receberiam um *kit* de modelos moleculares para a resolução de exercícios no segundo momento da atividade. Soma-se a isso o fato de que os alunos tinham ciência de que a tarefa em duplas, dentre outras atividades, seria contabilizada como parte da avaliação. Esses elementos fizeram com que os estudantes expressassem preocupação sobre como resolveriam as atividades sem os modelos (Quadro 1).

A	Exemplos de unidades de significado	Observações
A1	Porque aqui vai ser a primeira rotação a... rotação quando tá tudo separado vai ser a maior energia... Aliás tudo junto vai ser a maior energia e aqui vai ser o... tipo quando tiver é... um metil... Ah, não sei explicar ... Porque tipo o... a rotação do metil vai variar.	Escrevendo representações químicas no papel.
A2	Não tô conseguindo enxergar a molécula.	Olhando a folha de papel com as representações escritas pelo colega da dupla.
A6	Eu também não sei a explicação porque tem mais energia... é desse jeito.	Juntando as pontas dos dedos com as mãos espalmadas, simulando colisão.
A8	Sim, você olha o carbono porquê? Você tem que olhar o hidrogênio, por que o hidrogênio é que tem que estar separado.	Argumentando que devem fixar o olhar nos hidrogênios da estrutura para resolver o problema proposto.
A10	Num tô entendendo . É a, tipo...	Usando as mãos para esticar um objeto imaginário no ar, ao tentar relacionar as conformações com o gráfico de energia.

Quadro 1 - Falas dos estudantes que evidenciam tensionamento inicial na resolução dos exercícios.

Fonte: Os autores.

As falas apresentadas no quadro 1 evidenciam um tensionamento resultante desses alunos tentarem utilizar uma linguagem adequada para se referirem à estrutura tridimensional da molécula, mas serem incapazes disso nesse momento. Os alunos utilizam expressões sobre suas dificuldades a respeito das possíveis explicações (A1 e A6), compreensão (A10) ou mesmo visualização (A2) no sentido de imaginar a estrutura tridimensional. No mesmo quadro, A8 focaliza os elementos errados da estrutura molecular na descrição das possíveis relações entre conformações e gráfico de energia.

Uma das duplas da sala teve uma ideia interessante para compensar, de alguma forma, a falta da ferramenta material, e quase todas as outras duplas decidiram fazer o mesmo. Eles passaram a segurar canetas e lápis ou utilizar as próprias mãos de forma a imitar uma

estrutura molecular tetraédrica.

Os eventos seguintes ao Quadro 1 mostraram os estudantes começando a utilizar as mãos, canetas e lápis para construir algo semelhante a uma estrutura molecular. Diferente dos resultados observados por Stull et al. (2012, 2016), observamos que a grande maioria dos alunos passou a utilizar os materiais alternativos para simular a tridimensionalidade molecular. Queremos destacar o papel da linguagem utilizada, no sentido de que os estudantes não estão falando de modo que se compreendam mutuamente.

4.2 Improvisação

O segundo aspecto relevante é que, na ausência de um *kit* de modelos moleculares próprio para a finalidade de construir estruturas moleculares, os estudantes utilizam quaisquer objetos que possam suprir essa necessidade, pelo menos em parte. Quando os alunos começam a improvisar o modelo com as mãos, lápis e canetas, o tensionamento vivenciado no início pela falta da ferramenta material é parcialmente resolvido. Os estudantes então recorrem ao modelo rudimentar para construir estruturas e visualizar as rotações ao redor dos carbonos. Ao inventarem uma materialidade na urgência da resolução do exercício, eles agora têm um terreno comum para negociar significados sobre as estruturas moleculares. Apesar de precário, o modelo com as mãos, lápis e canetas auxilia-os em diversos aspectos, como a negociação dos posicionamentos dos átomos e das ligações químicas. De fato, o arranjo possibilita que os alunos enumerem a quantidade de carbonos e hidrogênios da estrutura molecular e verifiquem quantos átomos de hidrogênio estão faltando em um dos carbonos (Quadro 2).

A	Exemplos de unidades de significado	Observações
A1	São dois... são dois... esse aqui é o metil... uai porque se tem o metil aqui um carbono aqui... falta duas ligações e dois hidrogênios.	Indicando com as mãos em uma estrutura molecular feita com canetas quais são os átomos que cada um dos materiais representa.
A5	Eu entendi o que ela falou: Quando tá assim tem repulsão, e quando tá assim , isso.	Mostrando as canetas em uma posição, depois em outra posição.
A8	Se tiverem um aqui e um aqui , dá pra juntar eles.	Apontando com o dedo para a caneta.
A11	Porque tá assim , ó. Aqui tá o CH ₃ . E aqui, aí, não sei fazer. Ah, enfim, é um negócio assim. Aí esse aqui é o C ₃ H ₇ .	Olhando para uma das mãos e apontando para ela com a outra mão.

Quadro 2 - Falas dos estudantes que evidenciam melhoria de compreensão ao utilizarem modelos improvisados.

Fonte: Os autores.

Os dados do quadro 2 mostram os alunos conversando sobre a estrutura molecular e

apontando para ela ao mesmo tempo. É nesse sentido que os modelos concretos, além de possibilitarem a percepção tridimensional da estrutura molecular, de maneira articulada também viabilizam a melhoria da fala dos estudantes sobre os aspectos tridimensionais da molécula. Ao realizarem as atividades em duplas, eles têm a possibilidade de falar sobre os aspectos tridimensionais da estrutura molecular, o que estamos salientando como importante ferramenta cultural para os profissionais da Química em quaisquer âmbitos profissionais. Diferente da linguagem inicial destes estudantes, conforme destacado no quadro 1, agora (Quadro 2) eles têm um terreno em comum para falar sobre o posicionamento dos átomos na estrutura molecular, fazer observações e chegar a conclusões.

Ao assistirem às aulas sobre esse tema, os alunos já haviam presenciado nas explicações esse uso da linguagem acerca do posicionamento relativo dos átomos em uma estrutura molecular. No entanto, ao ser solicitado um uso semelhante, eles apresentam dificuldade. É com esse pano de fundo que os estudantes utilizam qualquer coisa material que estiver em suas proximidades para construir algo semelhante a uma estrutura molecular, pois, com o objeto material em mãos, eles podem exercitar melhor o raciocínio e a linguagem acerca desse tema. Por experiência visual, os discentes sabem que o objeto material ajuda na percepção e no raciocínio sobre o tema.

Considerando nosso referencial teórico, as concepções de Wertsch (1999) possibilitam entender elementos epistemológicos relacionados com a nova habilidade dos alunos ao falarem sobre os aspectos tridimensionais da estrutura molecular, quando a entendemos como uma ferramenta cultural. E essa ferramenta cultural está ligada a uma ferramenta material, que nesse momento é a materialidade inventada pelos estudantes com os lápis e canetas. A ação mediada é concebida neste referencial teórico como agentes-agindo-com-ferramentas-culturais. A ação mediada, no caso destes alunos, envolve os agentes (alunos) agindo (manipulando ferramentas materiais) com uma ferramenta cultural (a linguagem sobre a tridimensionalidade molecular).

A ausência da ferramenta material no início das atividades dificultou ou mesmo impossibilitou que os iniciantes executassem a ação mediada. Nesse sentido, é possível compreender melhor a demanda de material que simula a tridimensionalidade, uma vez que os alunos já tinham noção da ferramenta cultural envolvida com a atividade, mas não tinham um elemento fundamental dela, pelo menos naquele instante. Em termos de processos de ensino e aprendizagem, é importante observarmos as características da materialidade que envolve a aprendizagem dos conceitos científicos para prover os alunos com o material necessário e

adequado.

Ao improvisarem a ferramenta material com mãos, lápis e canetas, os estudantes possibilitaram o seu próprio exercício da ferramenta cultural, já que estavam assistindo à professora utilizar há algum tempo em sala de aula, mas ainda não tinham tido oportunidade de exercitar. De acordo com Wertsch, “qualquer forma de ação é impossível, ou pelo menos muito difícil, sem uma ferramenta cultural e sem um usuário hábil em seu uso (isto é, o agente)” (1999, p. 57). Ao exercitarem o uso da ferramenta cultural, mesmo com material precário, os estudantes viabilizaram um domínio inicial dessa ferramenta, ou seja, possibilitaram que em algum momento futuro a possam utilizar com facilidade. Nesse sentido, os estudantes já haviam sido apresentados à ferramenta cultural ao assistirem às aulas, mas ainda não haviam exercitado o domínio sobre elas.

Não obstante as dificuldades que o uso desse material precário pode trazer, observamos que esse artifício possibilitou a realização de parte da atividade proposta e que os estudantes passaram a se referir aos aspectos da tridimensionalidade da estrutura de forma mais refinada. Assim, a iconicidade semiótica viabilizada pelos modelos tridimensionais possibilita que os alunos passem a se referir a essa tridimensionalidade com mais confiança. Nesse sentido, alguns objetivos da atividade já foram alcançados nesse momento, mesmo sem a ferramenta material adequada estar disponível, em função de os estudantes terem improvisado uma materialidade similar em alguns aspectos.

De maneira similar à observada por Tytler et al. (2020), os estudantes de ensino superior em Química passaram a falar utilizando referenciais tridimensionais após construir e manipular estruturas moleculares tridimensionais, mesmo que precárias. Com isso, nos dados que apresentamos, os alunos também estão fazendo uso efetivo dos meios semióticos específicos, além de usufruírem também de condições pedagógicas efetivas, no caso, o apoio da docente e do monitor da disciplina, este também presente na atividade.

A despeito da melhoria proporcionada pelo modelo rudimentar com mãos, lápis e canetas, a ideia dos estudantes oferece também dificuldades e limitações em função da própria materialidade inadequada. Foi possível ver as duplas realizando malabarismos com as mãos e braços na tentativa de verificar os mínimos e máximos de energia potencial na rotação ao redor de ligações simples entre carbonos e expressando dificuldade de compreensão devido à limitação do material improvisado (Quadro 3).

A	Exemplos de unidades de significado	Observações
A2	Roda... Vamos rodar... Não... Não é assim que roda.	Os dois alunos seguram o conjunto

		de lápis e canetas organizados anteriormente e tentam simular a rotação em torno de uma ligação, mas em sentidos contrários.
A4	Mas, quem tá girando aqui nessa molécula?	Apontando com a caneta para o papel, enquanto o colega usa um modelo com canetas.
A9	Como que eu vou saber qual que tem maior energia?	Após explicação do colega com modelo de canetas.
A10	Eu acho que eu fiz errado, num era pra eles estarem perto. Tem que estar longe. Eles tão em lados opostos. Num é isso?	Após usarem as mãos como modelos moleculares e desenharem as estruturas correspondentes no caderno.
A11	Não, mas não precisa rodar. Essa é uma rotação.	Tentando convencer o colega sobre os pontos corretos de rotação.

Quadro 3 - Falas dos estudantes que evidenciam dificuldades ao rotacionar o modelo rudimentar.

Fonte: Os autores.

A despeito das dificuldades trazidas pela ferramenta improvisada, fica destacada a relevância da presença da materialidade de estruturas moleculares para que ocorra o domínio dessa importante ferramenta cultural científica. Em especial, entendemos que, devido à improvisação dos estudantes, foi viabilizado um uso inicial da ferramenta cultural, no sentido de compreensão parcial das concepções. Os estudantes finalizaram as atividades do primeiro momento e as entregaram, sabendo que realizariam novamente os mesmos exercícios, mas com *kits* de modelos moleculares a sua disposição.

4.3 Disponibilidade de modelos adequados

O terceiro aspecto relevante é que, quando os estudantes utilizam o material adequado para a atividade, ocorrem mudanças sensíveis em sua linguagem e percepção tridimensional, no sentido de usufruírem de todas as potencialidades do material.

Ao receberem os *kits* de modelos moleculares, as duplas iniciaram novamente as atividades. Desta vez, conhecendo já a atividade e tendo um material adequado, os estudantes montam rapidamente as estruturas moleculares. O material favorece a construção de estruturas relativamente rígidas, com bom encaixe entre as peças, permitindo fácil rotação ao redor dos átomos. Em especial, o material viabiliza a correta disposição dos ângulos entre as ligações e também cores que destacam os diferentes tipos atômicos. Nesse sentido, são oferecidas inúmeras vantagens de visualização tridimensional em relação ao uso de canetas e lápis.

No início do segundo momento da atividade, os estudantes já começam com a

montagem dos modelos, sem procurar escrever no papel as fórmulas, algo que já tinham feito no primeiro momento. Em seguida, fazem a rotação em torno da ligação específica. Diferente do primeiro momento, agora eles realizam esta tarefa com rapidez e sem malabarismos (Quadro 4). Uma das duplas (A6 e A7) não havia compreendido como deveria ser feita a rotação ao redor da ligação C3-C4 no momento inicial da atividade. Ao começarem a utilizar os modelos comerciais, percebem logo de início o que seria essa rotação, e começam a rir de si mesmos sobre isso, no sentido de não terem percebido logo no começo. De alguma forma, essa dupla considerou a concepção de rotação ao redor de ligação C3-C4 como algo fácil.

A	Exemplos de unidades de significado	Observações
A1	Aí, o mínimo vai ser a conformação anti, que vai ter menor energia, que vai ter um carbono aqui e outro aqui.	Mostrando as posições dos átomos no modelo molecular.
A3	Não seria a menos energética essa? Por que aqui não tem repulsão.	Indicando os grupos volumosos ligados aos carbonos de interesse.
A4	Esse é o mais baixo o nível energético. Aí, o que que a gente vai fazer agora? A gente vai mudar pra sessenta graus, certo? Esse se mantém e a gente vai mudar só aqui.	A estudante consegue realizar uma rotação de aproximadamente 60° com o uso do modelo molecular comercial.
A8	Não, você olha só o C3 e C4. Aí você vai rotacionando de 60 em 60, tipo assim ó. Na verdade, você vai olhar os carbonos, tipo assim quando eles tiverem bem próximos desse aqui.	A8 percebe, com o auxílio de um monitor e com modelos comerciais, a centralidade dos carbonos para a resolução da atividade.

Quadro 4 - Falas dos estudantes quando usam os modelos moleculares comerciais.

Fonte: Os autores.

O quadro 4 mostra falas precisas e detalhadas dos estudantes, sobre as estruturas químicas, ao utilizarem os modelos comerciais. No momento em que passam a utilizar os modelos moleculares adequados, também melhoram a percepção tridimensional da estrutura molecular, especialmente no que se refere à rotação em torno das ligações simples de carbonos e do volume relativo ocupado pelos agrupamentos atômicos. Nesse sentido, os estudantes começam a fazer um uso pleno da ferramenta cultural, por estarem utilizando a ferramenta material adequada. O tensionamento inicial da falta de material que já conheciam só é resolvido plenamente com o uso dos modelos moleculares adequados fornecidos a eles.

Ao disporem do material adequado para construir e manipular as estruturas moleculares, os estudantes puderam exercitar o uso pleno da ferramenta cultural. Entendemos que, nesse momento, passaram a utilizar a ferramenta cultural com facilidade, o que é entendido como domínio da ferramenta cultural.

No primeiro momento da atividade, quando utilizaram mãos, lápis e canetas, consideramos que os estudantes iniciam uma elaboração da ação mediada, ao empregarem a linguagem apoiada na materialidade do modelo rudimentar. Isto quer dizer que, sem o modelo

rudimentar, os alunos não eram capazes de falar a respeito da estrutura molecular do composto químico presente no exercício e, então, passam a conseguir falar sobre ele ao construírem uma estrutura que se assemelha ao composto. Neste segundo momento, ao utilizarem os materiais adequados para construir as estruturas moleculares, ocorre uma transformação da ação mediada em função de ser introduzido um novo meio mediacional, com propriedades materiais externas que possibilitam a execução de novas ações. Com isso, a inserção e o uso de uma nova ferramenta material na ação mediada tornaram-na mais efetiva e possibilitou o desenvolvimento de novas habilidades. Após serem apresentados à ferramenta cultural nas aulas, e no momento de uso dos lápis e canetas ter havido um início da ação mediada, agora temos uma consolidação dessa ação, motivada pelo uso de material adequado.

Por fim, relatamos um último fato sobre o uso de modelos moleculares por parte de alunos do curso de Química. Observamos que apenas uma das duplas da sala, e que não era uma das duplas-foco do estudo, não utilizou modelos moleculares, mãos, lápis ou canetas para a resolução dos exercícios. A dupla entregou as respostas corretas para a atividade, sem precisar de qualquer apoio externo. Foi verificado que um dos membros da dupla estava fazendo a disciplina pela segunda vez. Assim sendo, entendemos que este membro da dupla já tinha domínio da ferramenta cultural em destaque e não necessitou, portanto, de modelos moleculares para realizar as atividades.

Nesse sentido, é possível que após realizarem as atividades com modelos moleculares, tendo desenvolvido domínio da ferramenta cultural, os estudantes não necessitem mais utilizá-los em atividades similares. Essa observação também se assemelha aos dados analisados por Stull et al. (2012, 2016), em que parte dos estudantes não utilizaram os modelos moleculares disponibilizados a eles, mesmo após incentivo verbal. É importante observar que cerca de metade dos estudantes nas pesquisas desses autores já haviam cursado a disciplina de Química Orgânica anteriormente, o que pode ter favorecido o domínio em um primeiro momento. Diferente desses autores, entendemos que o motivo da negativa de uso por parte dos estudantes será devido ao processo de internalização da ferramenta cultural, viabilizado pelo uso efetivo de um meio semiótico disponibilizado aos alunos em atividades didáticas (TYTLER et al., 2020). Contudo, consideramos necessários mais dados para afirmar de forma conclusiva esse aspecto.

5 CONSIDERAÇÕES

As experiências estéticas dos alunos de cursos superiores de Química com as representações químicas são fundamentais para o processo de ensino e aprendizagem. A literatura da área e nossos dados mostram que apenas mera visualização dessas estruturas moleculares deixa os estudantes em uma situação de impasse sobre como proceder em diversos tipos de atividades que envolvem os aspectos tridimensionais das estruturas moleculares. São necessários materiais que possibilitem a construção e a manipulação material dessas estruturas por parte de estudantes.

Em nossa análise, procuramos mostrar que as atividades em duplas e o uso de objetos moleculares materiais oferecem um referencial objetivo para que os estudantes possam falar com mais segurança sobre as características tridimensionais das estruturas moleculares. Caso os estudantes já tenham tido contato, pelo menos visual, com modelos moleculares, sua ausência no momento de realizar atividades similares causará um tensionamento no sentido de entender esses materiais como necessários para os exercícios.

Também constatamos que, na ausência de material adequado, os alunos podem fazer uso de qualquer outro que simule tridimensionalidade, inclusive as próprias mãos, canetas e lápis. Mesmo essa materialidade precária poderá auxiliar os alunos na percepção de aspectos importantes sobre a tridimensionalidade molecular. Por fim, quando recebem material apropriado, observamos que os estudantes passam a utilizar a linguagem de maneira a explorar todos os aspectos de tridimensionalidade molecular, de forma que o material precário possibilita alguns passos, mas também dificulta outros.

O referencial teórico sociocultural que adotamos nos possibilitou compreender os elementos observados como uma forma específica de internalização, no caso, o domínio da ferramenta cultural que viabiliza os alunos falarem corretamente sobre os aspectos tridimensionais de uma estrutura molecular.

REFERÊNCIAS

ATIT, K.; UTTAL, D. H.; STIEFF, M. Situating space: using a discipline-focused lens to examine spatial thinking skills. **Cognitive Research: principles and implications**, v. 5, p. 1-16, 2020. <https://doi.org/10.1186/s41235-020-00210-z>.

BARAK, M.; DORI, Y. J. Enhancing undergraduate students' chemistry understanding through project-based learning in an IT environment. **Science Education**, v. 89, n. 1, p. 117-139, 2005.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação Qualitativa em Educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Porto (Portugal): Porto Editora, 1994.

COOPER, M. M.; STIEFF, M.; DESUTTER, D. Sketching the invisible to predict the visible: from drawing to modeling in chemistry. **Topics in Cognitive Science**, v. 9, n. 4, p. 902-920, 2017. <https://doi.org/10.1111/tops.12285>

COOPER, M. M.; STOWE, R. L. Chemistry education research — From personal empiricism to evidence, theory, and informed practice. **Chemical Reviews**, v. 118, n. 12, p. 6053-6087, 2018. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00020>

FEITOSA, Murilo Carvalho; AQUINO, Adelmo Artur; LAVOR, Otávio Paulino. Ensino de retas e planos com auxílio do software GeoGebra 3D mobile. **REAMEC-Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, v. 8, n. 2, p. 374-391, 2020. <https://doi.org/10.26571/reamec.v8i2.10042>

FERK, V.; VRTACNIK, M.; BLEJEC, A.; GRIL, A. Students' understanding of molecular structure representations. **International Journal of Science Education**, v. 25, n. 10, p. 1227-1245, 2003. <https://doi.org/10.1080/0950069022000038231>.

HEGARTY, M. Spatial thinking in undergraduate science education. **Spatial Cognition & Computation**, v. 14, n. 2, p. 142-167, 2014. <https://doi.org/10.1080/13875868.2014.889696>.

MAHAFFY, P. The future shape of chemistry education. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 5, n. 3, p. 229-245, 2004.

MORAES, Roque. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003.

OLIVER-HOYO, M.; BABILONIA-ROSA, M. A. Promotion of spatial skills in chemistry and biochemistry education at the college level. **Journal of Chemical Education**, v. 94, n. 8, p. 996-1006, 2017. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00094>.

PHILIPP, S. B.; JOHNSON, D. K.; YEZIERSKI, E. J. Development of a protocol to evaluate the use of representations in secondary chemistry instruction. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 15, n. 4, p. 777-786, 2014. <https://doi.org/10.1039/c4rp00098f>.

PRAIN, V.; HAND, B. **Theorizing the Future of Science Education Research**. Springer International Publishing, 2019. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-24013-4>.

RAU, M. A.; BOWMAN, H. E.; MOORE, J. W. An adaptive collaboration script for learning with multiple visual representations in chemistry. **Computers & Education**, v. 109, p. 38-55, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.02.006>.

SANTOS, V. C.; ARROIO, A. The representational levels: Influences and contributions to research in chemical education. **Journal of Turkish Science Education (TUSED)**, v. 13, n. 1, 2016. <https://doi.org/10.12973/tused.10153a>.

STIEFF, M. When is a molecule three dimensional? A task-specific role for imagistic reasoning in advanced chemistry. **Science Education**, v. 95, n. 2, p. 310-336, 2011. <https://doi.org/10.1002/sce.20427>.

STULL, A. T.; GAINER, M.; PADALKAR, S.; HEGARTY, M. Promoting representational competence with molecular models in organic chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 93, n. 6, p. 994-1001, 2016. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00194>.

STULL, A. T.; HEGARTY, M.; DIXON, B.; STIEFF, M. Representational translation with concrete models in organic chemistry. **Cognition and Instruction**, v. 30, n. 4, p. 404-434, 2012. <https://doi.org/10.1080/07370008.2012.719956>.

TYTLER, R. et al. Drawing to reason and learn in science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 57, n. 2, p. 209-231, 2020. <https://doi.org/10.1002/tea.21590>.

TYTLER, R.; PRAIN, V.; HANNIGAN, S. Expanding the Languages of Science and How They Are Learnt. **Research in Science Education**, p. 1-14, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09952-8>.

URHAHNE, D.; NICK, S.; SCHANZE, S. The effect of three-dimensional simulations on the understanding of chemical structures and their properties. **Research in Science Education**, v. 39, n. 4, p. 495-513, 2009. <https://doi.org/10.1007/s11165-008-9091-z>.

VAVRA, K. L.; JANJIC-WATRICH, V.; LOERKE, K. PHILLIPS, L. M.; NORRIS, S. P.; MACNAB, J. Visualization in science education. **Alberta Science Education Journal**, v. 41, n. 1, p. 22-30, 2011.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

WERTSCH, J. V. **La mente en acción**. 1a ed. Buenos Aires: Aique, 1999.

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**, v. 8, n. 1, p. 109-130, 2013.

YASEEN, Z.; AUBUSSON, P. Exploring student-generated animations, combined with a representational pedagogy, as a tool for learning in chemistry. **Research in Science Education**, v. 50, n. 2, p. 529-548, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9700-4>.

Apêndice 1

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos alunos que participaram voluntariamente da pesquisa, e também à Profa. Dra. Vera Aparecida Oliveira Tiera pelas valiosas contribuições na coleta dos dados.

FINANCIAMENTO

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil.

CONTRIBUIÇÕES DE AUTORIA

Resumo/Abstract/Resumen: Jackson Gois, Adriano Pozzo Maioralli.

Introdução: Jackson Gois, Adriano Pozzo Maioralli.

Referencial teórico: Jackson Gois, Adriano Pozzo Maioralli.

Análise de dados: Jackson Gois, Adriano Pozzo Maioralli.

Discussão dos resultados: Jackson Gois, Adriano Pozzo Maioralli.

Conclusão e considerações finais: Jackson Gois, Adriano Pozzo Maioralli.

Referências: Jackson Gois, Adriano Pozzo Maioralli.

Revisão do manuscrito: Gelbart da Silva

Aprovação da versão final publicada: Jackson Gois, Adriano Pozzo Maioralli.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declararam não haver nenhum conflito de interesse de ordem pessoal, comercial, acadêmico, político e financeiro referente a este manuscrito.

DISPONIBILIDADE DE DADOS DE PESQUISA

O conjunto de dados que dá suporte aos resultados da pesquisa foi publicado no próprio artigo.

CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

Não se aplica.

APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

A presente pesquisa foi aprovada por Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos (CAAE 42634815.3.0000.5466).

COMO CITAR - ABNT

GOIS, Jackson; MAIORALLI, Adriano Pozzo. Linguagem e tridimensionalidade molecular no ensino superior de Química. *REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*. Cuiabá, 9. n. 3. e21070, set./dez., 2021. <https://doi.org/10.26571/reamec.v9i3.12009>

COMO CITAR - APA

Gois, J., & Maioralli, A. P. (2021). Linguagem e tridimensionalidade molecular no ensino superior de Química. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 9(3), e21070. <https://doi.org/10.26571/reamec.v9i3.12009>

LICENÇA DE USO

Licenciado sob a Licença Creative Commons [Attribution-NonCommercial 4.0 International \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Esta licença permite compartilhar, copiar, redistribuir o manuscrito em qualquer meio ou formato. Além disso, permite adaptar, remixar, transformar e construir sobre o material, desde que seja atribuído o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico.

DIREITOS AUTORAIS

Os direitos autorais são mantidos pelos autores, os quais concedem à Revista REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática - os direitos exclusivos de primeira publicação. Os autores não serão remunerados pela publicação de trabalhos neste periódico. Os autores têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão do trabalho publicada neste periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em site pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico. Os editores da Revista têm o direito de proceder a ajustes textuais e de adequação às normas da publicação.

PUBLISHER

Universidade Federal de Mato Grosso. Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGECM) da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática (REAMEC). Publicação no [Portal de Periódicos UFMT](https://portal.periodicos.ufmt.br/). As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da referida universidade.

EDITOR

Dailson Evangelista Costa  



HISTÓRICO

Submetido: 17 de março de 2021.

Aprovado: 30 de maio de 2021.

Publicado: 17 de setembro de 2021.
