

Isomerias moleculares representadas por amigurumis

Emanuely de Paula Dias da Silva¹, Rebeca de Oliveira Estrella², Carolina Barbosa Paiva³,
Leonardo Fernando de Lemos Schuler⁴, Danilo de Aguiar Pereira⁵

¹Doutora em Ensino de Ciências pela UNICAMP, docente do Instituto Federal do Rio de Janeiro

²Licencianda em Química pelo Instituto Federal do Rio de Janeiro

³Licencianda em Química pelo Instituto Federal do Rio de Janeiro

⁴Licenciando em Química pela Universidade Federal de Pernambuco

⁵Licenciando em Química pelo Instituto Federal do Rio de Janeiro



Molecular isomerism represented by amigurumis

Informações do Artigo

Palavras-chave:

Amigurumis; Modelos atômicos;
Analogias.

Key words:

Amigurumis; Atomic models;
Analogies.

E-mail: integravel@gmail.com



A B S T R A C T

In this article, we present the results of the first year of implementation of a research project on amigurumis and atomic models, developed with chemistry undergraduates. As a theoretical scope, we discuss the potential of analogies for teaching chemistry, highlighting, among other aspects, their use in the "ball-and-stick" and "space-filling" molecular models. We also address the project's relevance in providing learning opportunities on the topic of isomers, its approach in the BNCC contrasting with its usual presence in the ENEM. Finally, we conduct a critical comparison of the amigurumis produced in the project, their artistic choices, and the potential to establish analogous relationships between familiar and new domains.

INTRODUÇÃO

As analogias desempenham um papel importante no ensino de química, uma vez que viabilizam um raciocínio relacional utilizando termos familiares ao indivíduo como caminho para a compreensão de um novo conhecimento. Segundo Harrison (1996), isso acontece a partir de um mapeamento que parte do domínio familiar e de um conjunto de relações análogas ao domínio alvo, sendo seu potencial determinado pela capacidade de denotar, de forma parcimoniosa, a proporção, a semelhança e a correspondência entre os atributos de ambos os domínios.

Nagel (1961) divide as analogias em substantivas e formais. As analogias substantivas são utilizadas quando um objeto, sistema ou fenômeno familiar é usado como modelo para explicar uma segunda situação; os aspectos familiares tornam-se uma estrutura para a construção de uma teoria que elucida e faz previsões sobre a nova instância. Já as analogias formais descrevem uma teoria a partir de correspondências abstratas.

Para Gentner (1988), as analogias podem ser divididas em correspondências de aparência e correspondências verdadeiras. Nas correspondências de aparência, um ou mais atributos do que é familiar correspondem às características do domínio alvo, enquanto, no caso das correspondências

verdadeiras, as relações de ordem material e causal coincidem. Solomon (1995), com base nos estudos de Gentner (1988), propõe dividir as analogias em descritivas simples e indutivas verdadeiras, delegando à ideia de indução as semelhanças materiais e causais que induzem uma relação estrutural coerente com o domínio alvo. Zook (1991), refletindo sobre as correspondências aparentes e verdadeiras propostas por Gentner (1988), salienta que os atributos de primeira ordem promovem o reconhecimento de analogias, a acessibilidade e a recordação, mas produzem pouco crescimento no conhecimento. Já o mapeamento sistemático da estrutura da correspondência verdadeira aumenta o poder inferencial, embora requeira um amadurecimento conceitual do aprendiz.

Dentre as analogias comumente usadas no ensino de química, encontramos os modelos moleculares tridimensionais, como o modelo bola e bastão descrito por Corey e Pauling (1953). Nesse modelo, átomos são representados por esferas de madeira ou plástico, geralmente muito menores que o comprimento dos bastões, o que não representa adequadamente as distâncias entre os núcleos atômicos em relação ao tamanho dos átomos. No entanto, esse modelo fornece uma visão mais clara sobre a geometria molecular. Temos também o modelo molecular tridimensional de preenchimento de espaço, no qual os átomos são representados por esferas com raios proporcionais aos raios atômicos de Van der Waals, com as distâncias centrais proporcionais às distâncias entre os núcleos atômicos, e os átomos diferentes são representados por uma escala padronizada de cores (Harrison, 1996).

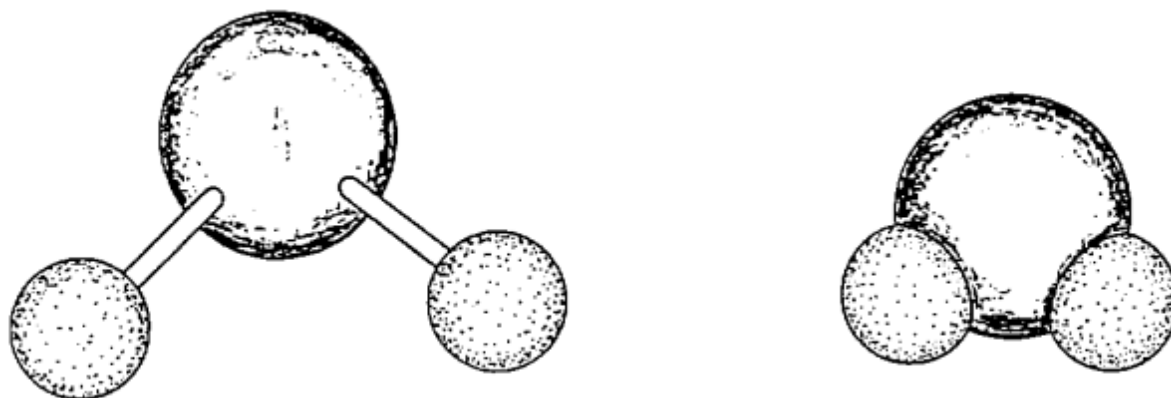


Figura 1 – Modelo bola e bastão à esquerda e modelo de preenchimento de espaço à direita.

Fonte: Adaptado de Harrison (1996, p. 120).

Assim, a partir do referencial de analogias, no modelo bola e bastão, as esferas feitas de madeira ou plástico seriam analogias substantivas (NAGEL, 1961) aos átomos no modelo atômico de Dalton. Já seus encaixes seriam analogias formais (NAGEL, 1961), pois são correspondências abstratas de como os átomos podem se relacionar entre si, não havendo realmente um paralelo a esses encaixes ou mesmo às hastes nos átomos, sendo apenas uma necessidade material para fins de representação. Na classificação de Gentner (1988), o modelo bola e bastão seria uma analogia de aparência, pois a correspondência se dá por aspectos como o tamanho das esferas ser proporcional ao tamanho dos átomos e os ângulos entre elas serem semelhantes aos da geometria molecular, não havendo, sobretudo, uma correspondência de ordem causal entre as esferas tal como ocorre entre os átomos. Para Solomon (1995), o modelo bola e bastão seria uma analogia

descritiva simples, pois não dispõe de uma relação causal entre os domínios, isto é, sua semelhança posicional com a geometria molecular não é uma causa oriunda do domínio familiar.

No modelo de preenchimento de espaço, as esferas e a forma como se conectam seriam analogias substantivas (NAGEL, 1961) ao modelo atômico de Dalton. Uma relação causal no modelo de preenchimento de espaço que poderia justificar, em casos específicos, que o consideremos uma correspondência verdadeira (GENTNER, 1988) seria a limitação do espaço em torno do átomo como forma de justificar um limite para suas conexões com outros átomos. Já nas classificações de Solomon (1995), este modelo é uma analogia descritiva simples, pois não há uma relação causal entre os domínios.

Tais perspectivas se justificam pela popularidade deste modelo, já que, segundo Zook (1991), as correspondências aparentes, embora produzam pouco crescimento no conhecimento por não terem relações inferenciais, salientam atributos de ordem superficial que favorecem aos aprendizes o reconhecimento de analogias, acessibilidade e recordação. Assim, estender o mapeamento analógico para aprender algo novo requer imaginação e reflexão crítica para garantir que as características e relações corretas sejam realizadas sem a inclusão de correspondências inválidas. Esta foi a perspectiva que levou à criação do projeto de pesquisa **Isomeria molecular representada por amigurumis**, realizado com foco na licenciatura em química, do qual apresentaremos algumas das reflexões levantadas durante seu primeiro ano de execução.



CROCHÊ

O crochê é reconhecido no meio acadêmico como um material resistente, seguro de manejar e que permite representar ao mesmo tempo estruturas rígidas e flexíveis, como vemos na analogia proposta por Rickhaus (2023) para representar uma cadeia molecular.

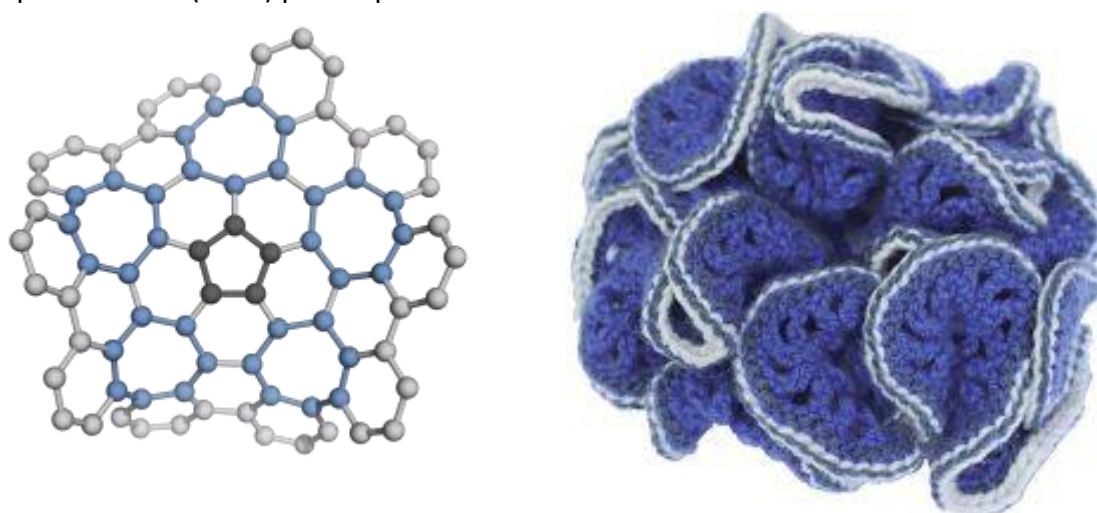


Figura 2 – Modelo molecular à esquerda e representação em crochê à direita.

Fonte: Adaptado de Rickhaus (2023, p. 790).

Entendemos pelo termo Amigurumi (presente no título do projeto) bonecos feitos por meio do crochê, sendo uma técnica de artesanato que teve origem nos anos de 1950, no Japão, e se popularizou a partir de 2002 por meio de livros e revistas em japonês com o passo a passo dos modelos trançados à mão, utilizando uma agulha com gancho (RAMIREZ SILDARRIAGA apud

MASSARI, MIGLINO, 2022, p. 224). Assim, nos amigurumis, além do potencial material do crochê, há uma identidade lúdica que contribui como atributo familiar para a analogia proposta, como visto no trabalho de Massari e Miglino (2022), que no curso de morfofisiologia animal produziram amigurumis relacionados aos conteúdos das aulas teóricas, representando órgãos respiratórios, placentas e órgãos urinários. Nestas produções, vemos amigurumis de animais construídos com crochê, com um zíper na região abdominal onde são alocadas as vilosidades, também produzidas com a técnica de amigurumi.



Figura 3 – Representações anatômicas com amigurumis.

Fonte: Massari e Miglino (2022).

PROJETO

O projeto de pesquisa **Isomeria molecular representada por amigurumis** foi submetido e aprovado no Edital PROPPi Nº 04/2023 do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ). Sua idealização surge da dualidade entre o vasto repertório de estruturas moleculares representadas por amigurumis encontradas em sites de artesanato, e a escassez de trabalhos acadêmicos envolvendo esta temática. Até o momento, não encontramos nas principais bases acadêmicas e repositórios de teses e dissertações pesquisas que abordem a estrutura molecular representada por amigurumis.

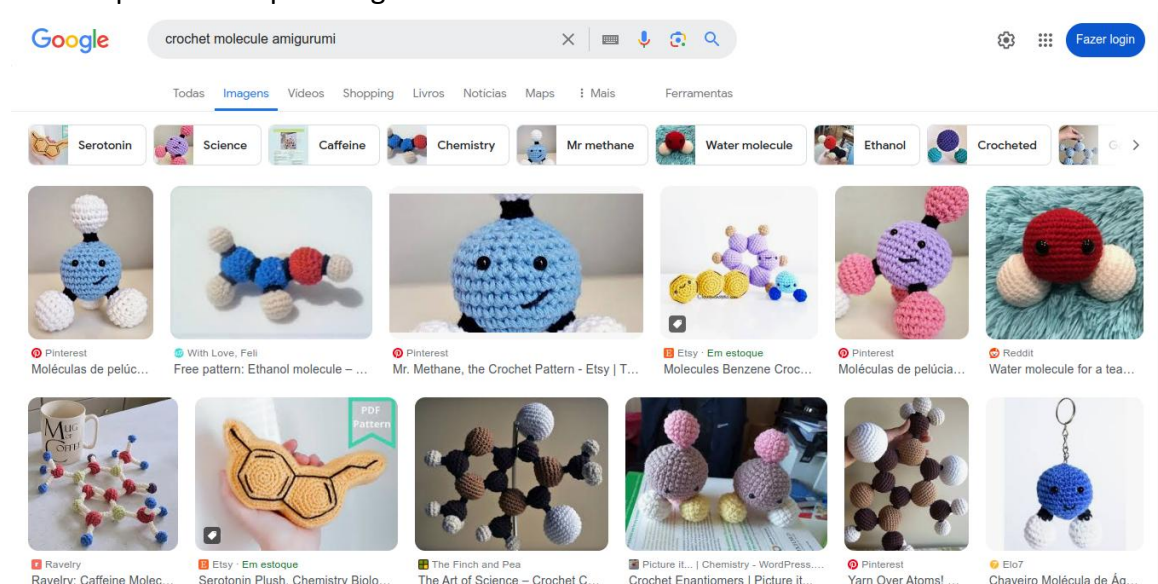


Figura 4 – Busca simples no Google Imagens com os descritores “crochet” “molecule” “amigurumi”.

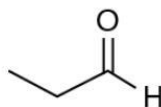
Fonte: Google, acesso em 10 de julho de 2024.

A escolha de representar isomerias moleculares através de amigurumis veio da importância deste conceito na Educação Básica. O termo isomeria foi desenvolvido por Jacob Berzelius (1779-1848) em 1830: “Iso” significa “mesmo” e “meria” significa “composição”. A motivação de Berzelius surgiu de experimentos realizados com Friedrich Wöhler (1800-1882), Justus von Liebig (1803-1873) e Louis Joseph Gay-Lussac (1778-1850). Eles sintetizaram duas substâncias químicas: fulminato de prata (AgCNO) e cianato de prata (AgNCO). Enquanto o fulminato de prata é totalmente instável e explosivo, o cianato de prata é relativamente estável. Em síntese, Berzelius quis explicar um fenômeno nos compostos químicos, demonstrando a possibilidade de compostos com a mesma composição, porém estruturas diferentes (RAUPP et al., 2021). Isso é evidenciado pela frequência com que aparece nas questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), exemplificado na Figura 5 abaixo.



Questão 135 - Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Os feromônios de insetos são substâncias responsáveis pela comunicação química entre esses indivíduos. A extração de feromônios para uso agrônômico no lugar de pesticidas convencionais geralmente é inviável, pois são encontrados em baixa concentração nas glândulas de armazenamento. Uma das formas de solucionar essa limitação é a síntese em laboratório dos próprios feromônios ou de isômeros que apresentem a mesma atividade. Suponha que o composto apresentado seja um feromônio natural e que seu tautômero seja um potencial substituto.



Com base na estrutura química desse feromônio, seu potencial substituto é representado pela substância:

- (A)
C1CC1=O
- (B)
CC(=O)C
- (C)
C=CCO
- (D)
C=CCCO
- (E)
CCCC=O

Figura 5 – Questão 135 do caderno amarelo do ENEM de 2020.

Fonte: INEP (download.inep.gov.br/enem/provas_e_gabaritos/2020_PV_impresso_D2_CD5.pdf)
acesso em 10 de julho de 2024.

A questão 135 inicialmente introduz um contexto que discute a essencialidade dos feromônios de insetos como substância alternativa aos pesticidas; no entanto, suas extrações na natureza são consideradas baixas devido à baixa concentração nas glândulas que os armazenam. Logo após isso, o item incita a necessidade de sintetizar um isômero que apresente as mesmas propriedades. Este quesito visa avaliar a interpretação do estudante em relação aos isômeros, ou seja, sua capacidade de correlacionar a molécula proposta com uma das respostas. Para acertar o item, o aluno precisaria entender o conceito básico de isomeria, que são moléculas que possuem a mesma composição, mas são estruturalmente diferentes. Além disso, a representação das moléculas está em modelo de bastão, comumente utilizado para representar modelos de substâncias orgânicas; portanto, também era esperado que o estudante soubesse interpretar esse modelo e escrever sua fórmula.

Também é necessário ressaltar que a questão discute um tautômero para o feromônio. Apesar de ser relevante, é essencial apenas compreender o conceito de isomeria para responder à questão. Tendo isso em vista, a fórmula da molécula proposta é C_3H_6O . Correlacionando essas fórmulas com as demais moléculas, temos como correta a alternativa “B”, que representa um tautômero da molécula solicitada. Por fim, é importante destacar que essa questão apresenta dificuldade fácil em comparação com as questões do ENEM, pois envolve principalmente uma aplicação conceitual sem rigor teórico profundo.

Ao mesmo tempo que os isômeros detêm essa importância curricular, o conceito em si aparece apenas implicitamente na Base Nacional Comum Curricular, vulgo BNCC (BRASIL, 2018). Em relação ao ensino da química alinhado no currículo da BNCC, há um deslocamento dos assuntos da química para a biologia no Ensino Médio, e essa tendência é observada desde o Ensino Fundamental (ALVES; MARTINS; ANDRADE, 2021). Fica claro que a Química é relegada em prol de uma abordagem inter e transdisciplinar. Partindo desse pressuposto, pode-se supor que o tema da “isomeria” é omitido na BNCC, possivelmente integrado em competências com um viés mais biológico do que químico.

RESULTADOS

Assim, a participação do licenciando no projeto não exigia conhecimento prévio em crochê (técnica necessária para a produção dos Amigurumis), uma vez que apenas esferas (uma das formas mais simples) eram produzidas; isso poderia ser aprendido ao longo do trabalho. No entanto, observou-se um maior interesse por parte dos licenciandos que já praticavam crochê em participar do projeto. Ao ingressar no projeto, o licenciando passava por uma etapa de nivelamento conceitual e pedagógico, que consistia em elaborar um documento explicativo sobre isômeros (o que são, quando foram descobertos, quais tipos existem e outros fatos relevantes), e como esse conceito aparece na BNCC para a Educação Básica. O documento também deveria incluir uma questão de qualquer edição do ENEM que abordasse o conhecimento sobre isômeros, seguida de uma discussão sobre essa questão, explorando a partir de suas experiências como licenciandos em química, as dificuldades encontradas na questão, os conceitos envolvidos e o contexto em que é apresentada.

O passo seguinte consiste em uma pesquisa mais aprofundada sobre um isômero escolhido pelo licenciando, na qual devem constar as características gerais dos átomos que o formam, seus raios atômicos, a cor dos elementos segundo a tabulação CPK (Corey–Pauling–Koltun), o ângulo de suas ligações, o tipo de isomeria, onde essa molécula aparece e suas aplicações. Junto a essa etapa, é iniciado o projeto do amigurumi, desenhando à mão a aparência de cada átomo (sua expressão ou características visuais), relacionando essas escolhas às propriedades físicas do elemento, esquematizando o isômero a ser construído em relação aos ângulos e raios atômicos escolhidos, definindo a escala de tamanhos a ser aplicada e como serão representadas as ligações. Além disso, cabe mencionar o material que será utilizado para confeccionar os amigurumis, considerando as limitações que podem existir.

Com isso, era solicitado aos participantes que, durante a produção do conjunto de átomos necessários para formar o isômero, fizessem o registro fotográfico das moléculas formadas pelos subconjuntos de átomos desse isômero. Nas Figuras 6, 7, 8 e 9, exemplificamos o registro proposto aos licenciandos, considerando as 8 moléculas formadas pelos subconjuntos de átomos do isômero isobutano (C_4H_{10}), excluindo o próprio isobutano (que será apresentado como o Amigurumi 2 no Quadro 1).

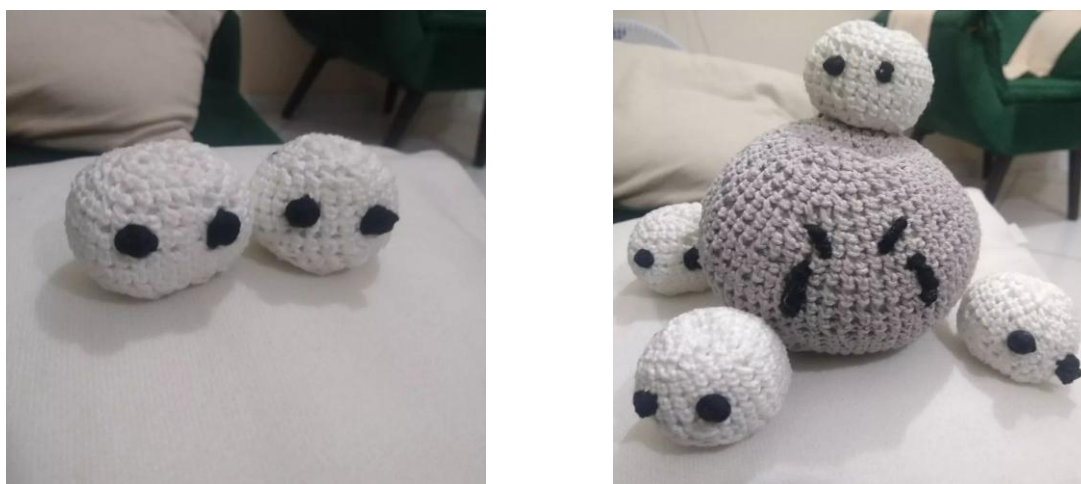


Figura 6 – H_2 à esquerda, CH_4 à direita.
Fonte: Própria.



Figura 7 – C_2H_2 à esquerda, C_2H_4 à direita.
Fonte: Própria



Figura 8 – C_2H_6 à esquerda, C_3H_8 à direita.
 Fonte: Própria



Figura 9 – C_3H_8 à esquerda, C_4H_{10} à direita.
 Fonte: Própria

DISCUSSÃO

Discutiremos o resultado deste trabalho comparando a mesma analogia de isômero produzido com a técnica de amigurumis por dois participantes do projeto. O isômero escolhido em comum foi o Isobutano, com fórmula química C_4H_{10} e aplicações na refrigeração de sistemas de ar-condicionado e como propelente em aerossóis. Sua geometria é tetraédrica e corresponde a uma isomeria do tipo constitucional, ou seja, variando sua conectividade, formamos a molécula butano com geometria de cadeia linear, como exemplificamos na Figura 6 abaixo, que apresenta ambas as geometrias utilizando o modelo bola e bastão.

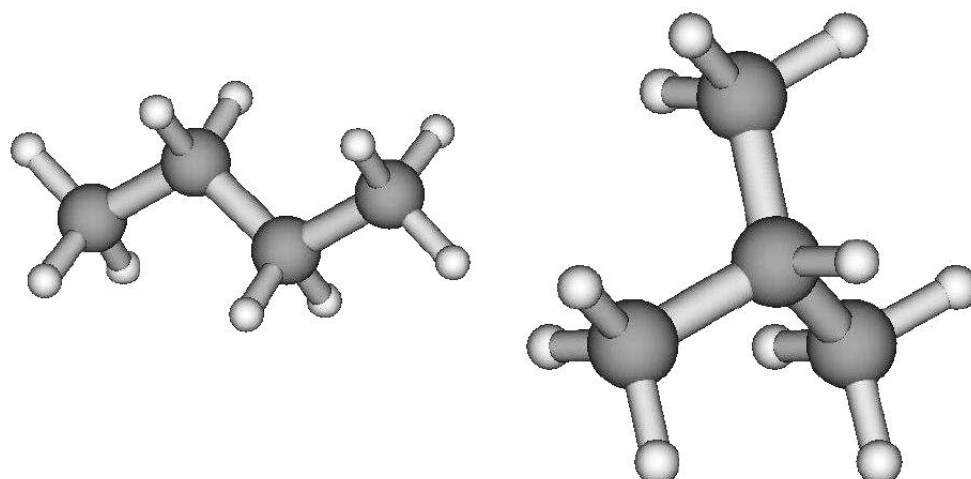




Figura 10 – Cadeia linear de butano à esquerda, isobutano à direita, ambas representadas no modelo bola e bastão.

Fonte: Adaptado de Lopes (2003, p. 85).

318

A seguir, faremos a comparação entre dois amigurumis desenvolvidos por licenciandos em química atuantes no projeto. A decisão de produzir a molécula de Isobutano foi livre para os participantes, decorrendo após pesquisas individuais realizadas sobre este isômero. No Quadro 1, apresentamos uma foto de cada amigurumi, cedida pelos próprios licenciandos para divulgação. Além disso, discutimos a escolha da medida de raio considerada para a produção dos amigurumis, variando entre o uso do raio de Van der Waals (mais comum) e o raio covalente (associado à distância entre dois átomos em ligação covalente), juntamente com seus respectivos valores. Também abordamos a relação entre os tamanhos dos átomos de Hidrogênio e de Carbono, considerando a forma de medição escolhida, e o modelo atômico utilizado nas ligações de Carbono com Hidrogênio e de Carbono com Carbono, assim como as cores utilizadas em suas representações.

Quadro 1 - Relação entre características dos amigurumis produzidos.

Molécula	Isobutano	
Rótulo	Amigurumi 1	Amigurumi 2
Foto		

Raio atômico	van der Waals	covalente
Raio H	120 pm	37 pm
Raio C	170 pm	77 pm
Raio de H/C	70,5%	48,0%
Modelo H-C	Preenchimento do espaço	Preenchimento do espaço
Modelo C-C	Bola e bastão	Preenchimento do espaço
Coloração H	Laranja	Branco
Coloração C	Cinza claro	Cinza claro



Fonte: Dados da pesquisa.

Em ambas as analogias produzidas por amigurumis, utilizou-se a cor cinza clara para representar o átomo de carbono, conforme o modelo de coloração proposto por Martz (2000). No Amigurumi 2, o átomo de hidrogênio é representado na cor branca, conforme a maioria dos modelos de coloração (COREY, PAULING, 1953; KOLTUN, 1965; MARTZ, 2000). Já no Amigurumi 1, o átomo de hidrogênio é representado pela cor laranja, uma escolha de coloração não usual nos modelos mencionados.

No Amigurumi 1, temos uma combinação de duas formas de representação: preenchimento de espaço para as ligações entre átomos de carbono e hidrogênio, e modelo bola e bastão para as ligações entre átomos de carbono, usando bastões de crochê na cor branca. Na foto, são visíveis 8 dos 10 átomos de hidrogênio, uma vez que os dois átomos não visíveis estão posicionados de modo a respeitar a geometria tetraédrica da molécula, sendo ocultados pelos átomos de carbono.

No Amigurumi 2, temos apenas a representação de preenchimento de espaço, tanto para as ligações entre hidrogênio e carbono quanto para as ligações entre carbono e carbono. Todos os 10 átomos de hidrogênio são visíveis, dispostos de maneira clara nos átomos de carbono, sem levar em consideração suas geometrias específicas.

Se considerássemos que os amigurumis dos átomos de carbono e hidrogênio fossem esferas, poderíamos comparar seus volumes relativos com base na relação entre os raios escolhidos. No Amigurumi 1, os átomos de hidrogênio deveriam ter 35,0% do volume dos átomos de carbono, enquanto no Amigurumi 2, essa relação seria de 11,0%. Em ambos os modelos, uma linha preta foi usada para atribuir características antropomórficas aos átomos, como olhos e sobrancelhas franzidas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção dos isômeros por meio dos amigurumis permitiu aos participantes do projeto refletirem sobre suas próprias percepções acerca das analogias entre os modelos moleculares vistos

durante sua formação como licenciandos, e a maneira como escolheram representá-los. Além disso, essa abordagem proporcionou uma oportunidade para críticas sobre os aspectos pedagógicos que cada modelo desenvolvido oferece, bem como para refletir sobre as analogias empregadas em cada modelo atômico, considerando os aspectos nos quais a familiaridade com o domínio é mais evidente.

Adicionalmente, é importante destacar a liberdade artística presente nessas produções. Isso se manifesta na decisão de mesclar os modelos de bola e bastão com preenchimento de espaço, no uso de cores que fogem dos modelos usuais, e na caracterização dos amigurumis com aspectos antropomórficos que estabelecem uma relação afetiva com o público. O projeto está em andamento com o desenvolvimento de propostas para utilizar os amigurumis produzidos em atividades de ensino e divulgação científica em química.



Referências

ALVES, Q. J.; MARTINS, J. T.; ANDRADE, J. J. **Currículo sem Fronteiras**, v. 21, n. 1, p. 241-268, jan./abr. 2021. Disponível em: <https://www.curriculosemfronteiras.org/vol21iss1articles/alves-martins-andrade.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Educação é a base**. Brasília, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 10 jul. 2024.

COREY, R. B.; PAULING, L. **Molecular models of amino acids, peptides, and proteins**. *Review of Scientific Instruments*, v. 24, p. 621-627, 1953.

GENTNER, D. **Analogical transfer and analogical access**. In: PRIEDITIS, A. (Ed.). **Analogica**. Los Altos, CA: Morgan Kaufmann Publishers, 1988. p. 63-88.

HARRISON, A. G. **Conceptual change in secondary chemistry: the role of multiple analogical models of atoms and molecules**. 356 f. Tese (Doutorado em Química) – Curtin University of Technology, Perth, Austrália, 1996.

KOLTUN, W. L. **Space filling atomic units and connectors for molecular models**. U.S. Patent 3170246, 1965.

LOPES, A. R. **Espalhamento elástico de elétrons por isômeros de C₃H₄, C₄H₆, C₄H₈ e C₄H₁₀**. 132 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

MASSARI, C. H. A. L.; MIGLINO, M. A. **Artesanato como ferramenta complementar ao ensino-aprendizagem de Ciências Morfológicas**. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, Brasília, v. 103, n. 263, p. 221-240, jan./abr. 2022.

MARTZ, E. **RasMol/Chime Color RGB Values Excerpted from the RasMol Reference Manual**. 2000. Disponível em: <https://www.umass.edu/microbio/rasmol/rascolor.htm>. Acesso em: 10 jul. 2024.

NAGEL, E. **The structure of science: problems in the logic of scientific explanation**. London: Routledge & Kegan Paul, 1961.

RAUPP, T. D. et al. **Uma Breve História da Estereoquímica: da negação à legitimação.** *História da Ciência e Ensino*, [S.l.], v. 24, p. 2-18, dez. 2021. Disponível em:

<https://revistas.pucsp.br/index.php/hcensino/article/view/55135>. Acesso em: 13 jun. 2024.

RICKHAUS, M. **Scientific Crocheting – A Proposal.** *Chimia*, v. 77, p. 789, 2023.

SOLOMON, J. **Higher level understanding of the nature of science.** *Studies in Science Education*, v. 14, p. 63-82, 1995.

ZOOK, K. B. **Effect of analogical processes on learning and misrepresentation.** *Educational Psychology Review*, v. 3, n. 1, p. 41-72, 1991.

RESUMO

Neste artigo, apresentamos os resultados do primeiro ano de execução de um projeto de pesquisa sobre amigurumis e modelos atômicos, desenvolvido com licenciandos de química. Como escopo teórico, discutimos o potencial das analogias para o ensino de química, destacando, entre outros aspectos, seu uso nos modelos moleculares "bola e bastão" e "preenchimento de espaço". Também abordamos a relevância do projeto ao proporcionar meios de aprendizagem sobre o tópico de isômeros, sua abordagem na BNCC em contraste com sua presença usual no ENEM. Por fim, realizamos uma comparação crítica dos amigurumis produzidos no projeto, suas escolhas artísticas e o potencial de estabelecer relações análogas entre domínios familiares e novos domínios.

Palavras-chave: Amigurumis; Modelos atômicos; Analogias.

RESUMEN

En este artículo, presentamos los resultados del primer año de ejecución de un proyecto de investigación sobre amigurumis y modelos atómicos, desarrollado con estudiantes de licenciatura en química. Como alcance teórico, discutimos el potencial de las analogías para la enseñanza de la química, destacando, entre otros aspectos, su uso en los modelos moleculares "bola y palo" y "relleno de espacio". También abordamos la relevancia del proyecto al proporcionar medios de aprendizaje sobre el tema de los isómeros, su tratamiento en la BNCC en contraste con su presencia habitual en el ENEM. Finalmente, realizamos una comparación crítica de los amigurumis producidos en el proyecto, sus elecciones artísticas y el potencial de establecer relaciones análogas entre dominios familiares y nuevos dominios.

Palabras clave: Amigurumis; Modelos atómicos; Analogías.

