

Modelos moleculares alternativos: uma proposta econômica e interdisciplinar para o ensino de Química e Matemática

Rayanne P. W. Lima, Lilyane G. Figueiredo, Suzana G. Machado, Eloi A. S. Filho

O ensino de Química e Matemática pode ser desafiador devido à necessidade de percepção visual e abstração. Uma estratégia para contornar essa problemática é o uso da interdisciplinaridade entre Química e Matemática com associação dos conhecimentos individuais de cada área, aplicados a um modelo físico. Neste trabalho é proposta a construção de um modelo molecular desmontável como uma alternativa prática e de baixo custo para auxiliar no ensino de geometria molecular em associação ao ensino de ângulos, trigonometria e geometria plana na Matemática. Além disso, o artigo propõe uma atividade prática em que os alunos desenham as geometrias moleculares no papel e constroem o modelo físico correspondente. Também é demonstrado o cálculo prático da estrutura molecular da amônia (NH_3) representado neste modelo físico, onde os comprimentos de ligações e seus ângulos foram utilizados para obtenção da altura e áreas relacionadas ao sólido geométrico proposto.

► geometria, moléculas, ensino ◀

Recebido em 23/08/2023; aceito em 09/01/2024

Introdução

O ensino de química é marcado pela necessidade da percepção visual, sendo necessária uma capacidade muito grande de abstração para a aprendizagem de tópicos como ligações químicas e geometria molecular. Este é um dos desafios relacionados ao processo de ensino e aprendizagem: encontrar estratégias para trabalhar com conteúdos que exigem ampla capacidade de abstração, transformando conceitos em algo que possa ser percebido e observado pelo estudante, favorecendo a compreensão e a aprendizagem (de Farias *et al.*, 2015; Fernandez e Marcondes, 2006).

Assim como na Química, o ensino de conceitos matemáticos também é desafiador para estudantes e professores. Settimy e Bairral (2020) relatam a necessidade do equilíbrio entre o pensamento sequencial da álgebra com o visual desenvolvido pela geometria para que ocorra um desenvolvimento verdadeiro na resolução de problemas e provas de propriedades. As dificuldades envolvidas nas habilidades

visuais da percepção de objetos no espaço, aplicação de teoremas e propriedades e a integração de um novo vocabulário específico da geometria são algumas problemáticas encontradas.

Desse modo, o uso de modelos físicos durante as aulas teóricas de Química, tornando-as mais dinâmicas e integrando o aluno à aprendizagem ativa, pode ser uma boa estratégia para tornar mais concreto o ensino e a aprendizagem de conceitos abstratos. Seguindo essa linha, para minimizar as dificuldades encontradas no ensino de conceitos matemáticos, o uso de atividades práticas e lúdicas também é um recurso facilitador da aprendizagem.

Neste sentido, o uso de modelos físicos pode contribuir tanto para a aprendizagem de tópicos relevantes da geometria espacial, favorecendo a visualização das moléculas, quanto para o estudo de geometrias moleculares, a partir da construção dos modelos (de Farias *et al.*, 2015).

Assim, pode-se dizer que estes modelos têm potencial para ajudar na percepção espacial de formas geométricas associadas às moléculas, além de conciliar conceitos e

Desse modo, o uso de modelos físicos durante as aulas teóricas de Química, tornando-as mais dinâmicas e integrando o aluno à aprendizagem ativa, pode ser uma boa estratégia para tornar mais concreto o ensino e a aprendizagem de conceitos abstratos.



conteúdos da Matemática e da Química à dinâmica de ensino-aprendizagem, promovendo uma abordagem mais integrada e interdisciplinar, o que pode proporcionar uma ampliação do interesse e da motivação do estudante para o tema, bem como potencializar a aprendizagem.

Por abordagem interdisciplinar, apoiando-se nos estudos de Fazenda (2008), Japiassu (1976), Trindade (2013), entre outros, entende-se a utilização de práticas que promovam diálogo e cooperação coordenados entre disciplinas e, neste caso específico, entre Química e Matemática. Nas palavras de Fazenda (2008), a atitude interdisciplinar é “[...] uma atitude diante de alternativas para conhecer mais e melhor; [...] atitude de reciprocidade que impele à troca, que impele ao diálogo [...]” e, ainda nesta esteira, Trindade (2013) acrescenta que o trabalho interdisciplinar, nesta perspectiva,

[...] pressupõe uma desconstrução, uma ruptura com o tradicional e com o cotidiano tarefairo escolar. O professor interdisciplinar percorre as regiões fronteiriças flexíveis onde o ‘eu’ convive com o ‘outro’, sem abrir mão de suas características, possibilitando a interdependência, o compartilhamento, o encontro, o diálogo e as transformações. Esse é o movimento da interdisciplinaridade caracterizada por atitudes ante o conhecimento (grifo no original).

O trabalho aqui apresentado propõe essa ruptura e se configura como esse encontro de saberes e práticas, como diálogo, compartilhamento com possibilidades de transformações de práticas e aprendizagens.

Ainda numa perspectiva de trabalho interdisciplinar entre Química e Matemática, é possível utilizar a Teoria de Repulsão dos Pares de Elétrons da Camada de Valência -VSEPR (Atkins *et al.*, 2018) - para determinar a geometria molecular e, logo depois, utilizar conceitos matemáticos para analisar e comparar diferentes geometrias, distâncias e ângulos presentes na molécula comparando-a com um sólido geométrico (pirâmides, primas, etc.).

Na literatura, são relatados modelos moleculares com o uso de diversos materiais, tais como: polimérico por impressão 3D (Penny *et al.*, 2017); canudos, hastes flexíveis e frascos de desodorante rollon (Silva *et al.*, 2017; de Farias *et al.*, 2015); e bolas de isopor e palitos de madeira (de Menezes *et al.*, 2017). Embora a diversidade de metodologias, os aspectos de reciclagem e o engajamento dos alunos na construção sejam aspectos positivos, esses modelos apresentam algumas questões de ordem prática que precisam ser levadas em consideração. Se a escola não tiver espaço físico adequado, a construção dos modelos pelos alunos torna-se mais complexa. O custo do material também é um fator que merece atenção, bem como o fato de serem modelos fixos que, em caso de necessidade de transporte, precisam ser alocados em caixas grandes. Uma alternativa seria o uso de

um modelo molecular desmontável, podendo ser alocado em um caixa de sapato, construído com materiais de baixo custo, de boa durabilidade, favorecendo sua utilização de forma prática em diferentes ambientes escolares.

Como citado anteriormente, esta é a proposta deste artigo: apresentar uma estratégia eficaz e de fácil construção e utilização, com a finalidade de dinamizar o ensino da Química e da Matemática, promovendo uma prática interdisciplinar, associando modelos moleculares da disciplina de Química com a geometria espacial da Matemática.

Uma contextualização à problemática do ensino de Química e Geometria

A Química é uma ciência que trata de fenômenos que ocorrem em escalas atômicas e subatômicas, as quais são representadas em nível submicroscópico, sendo baseada em modelos. Um modelo pode ser entendido como um meio entre a abstração teórica e as ações concretas de um experimento (da Silva, 2021). Para que o aprendizado aconteça, é necessário que o aluno consiga abstrair e compreender o modelo proposto, levando em conta que este serve para explicar

um fenômeno que não pode ser visto, mas com evidências de que ocorra. Contudo, os estudantes apresentam dificuldades em compreender as representações em Química. Ben-Zvi *et al.* (1987) relatam que as compreensões em escala microscópica e os símbolos trabalhados na Química são especialmente difíceis para os estudantes, porque são invisíveis e abstratos e os alunos necessitam também de uma construção de informação sensorial. Sendo assim, é interessante trabalhar inicialmente com informações observáveis, no nível macroscópico, para depois abordar os conceitos utilizando modelos, promovendo assim, discussões em nível microscópico (Lecrer e Pazuch, 2020; Fernandez e Marcondes, 2006).

Uma forma de potencializar a aprendizagem dos estudantes sobre geometria molecular é o desenvolvimento de um modelo mental a partir de um modelo físico. Segundo Setti *et al.* (2019), os modelos mentais não precisam ser precisos, mas funcionais para a interação do aluno com o conhecimento previamente adquirido pelos conceitos e fenômenos que, anteriormente, eram considerados de alto grau de complexidade para seu entendimento. Portanto, a construção de significado das geometrias moleculares é uma forma de desenvolver a percepção sensorial e aprendizagem ativa, na qual os próprios alunos constroem seus conhecimentos científicos mediados pelo professor.

O fato de a geometria molecular ser difícil de visualizar torna a Química um assunto desafiador para estudar. Além disso, a forma como as pessoas visualizam estruturas complexas depende da base teórica e preparação visual. Segundo Martins *et al.* (2020):

Para que o aprendizado aconteça, é necessário que o aluno consiga abstrair e compreender o modelo proposto, levando em conta que este serve para explicar um fenômeno que não pode ser visto, mas com evidências de que ocorra.

Essa dificuldade em visualizar modelos geométricos em três dimensões pode aparecer ainda no ensino fundamental no estudo de Geometria Espacial, na disciplina de Matemática, assim quando o aluno chega ao Ensino Médio e se depara com Geometria Molecular ele logo pode associar sua dificuldade em Matemática para com a Química, já que o aluno precisará de algumas habilidades, como conhecer a geometria espacial e plana, noções de profundidade e espaço e capacidade (Martins *et al.*, 2020)).

Os alunos aprendem Ciências por meio de um processo de construção, interpretação e modificação de suas próprias representações da realidade com base em suas experiências (Fernandez e Marcondes, 2006). De acordo com a teoria construtivista de aprendizagem, os alunos tentarão incorporar as representações mentais de objetos e conceitos, acompanhados de detalhes fornecidos pelo professor, adaptando assim seus conhecimentos anteriores para, em última análise, construir seus próprios entendimentos (Harle e Towns, 2011). Os alunos geram suas próprias imagens mentais quando ouvem sobre o material apresentado em aula ou leem um texto. Portanto, é importante para os alunos desenvolverem alfabetização visual e habilidade espacial, visto que a Química e Matemática são disciplinas conceituais. Normalmente, tais disciplinas utilizam modelos tanto para explicar conceitos, como também para descrever e relacionar o mundo submicroscópico com as propriedades macroscópicas da matéria e com a utilização dos teoremas e cálculos algébricos (Taber, 2002).

As habilidades de alfabetização visual são importantes para os alunos de Química compreenderem as estruturas e funções de moléculas de várias representações externas (Harle e Towns, 2011). Muitos fenômenos da Química não são óbvios sem o uso da visualização por modelos bidimensionais ou tridimensionais. Os modelos mentais requerem a existência de ferramentas de visualização como o uso do modelo desmontável como instrumento educacional nas aulas teóricas de geometria molecular. No estudo da geometria

espacial, a visualização dos sólidos geométricos representa um grande desafio para os professores de Matemática. Inicialmente, os alunos apresentam dificuldades ligadas às propriedades dos sólidos geométricos como, por exemplo, calcular arestas, áreas laterais e ângulos, devido ao pouco conhecimento de conceitos básicos de geometria espacial (Rogenski e Pedroso, 2009). Outro fator relevante é que a visualização apresenta um caráter individualizado, pois abrange aspectos como desenhar, formar imagens, visualizar e mudar formas mentalmente (Lemos e Bairral, 2010).

No caso das geometrias moleculares, a manipulação dos modelos será usada para o estudo de pirâmides. Além disso, vamos utilizar os modelos para os cálculos de área de superfície da base, área de superfície lateral, volume de pirâmide e de tronco de pirâmide. Trataremos da visualização de elementos fundamentais para esses cálculos, tais como aresta da base, aresta lateral, apótema da base, apótema lateral e altura.

É importante ressaltar que o modelo pode ser usado para o estudo de outros poliedros com o mesmo objetivo, ampliando, dessa forma, as possibilidades para o ensino da geometria espacial. Ainda numa perspectiva interdisciplinar, outros conteúdos podem ser trabalhados com a proposta desenvolvida por este modelo, como ângulos, trigonometria, geometria plana que podem ser associados a estruturas moleculares.

Montagem do modelo físico e proposta de aplicação

Para a criação do modelo físico proposto são necessários os seguintes materiais: bolas de isopor de 5 cm e 8 cm de diâmetro, um conjunto de hastes para suporte de balão decorativo, balões para festa coloridos e cola de isopor (Figura 1). Esses materiais podem ser encontrados em lojas de material de escritório, onde o valor total médio é de R\$ 30 para montar um Kit com as geometrias moleculares básicas (linear, trigonal, tetraédrica, bipirâmide e octaédrica).

Para a montagem das geometrias moleculares é necessária a utilização da Teoria de Repulsão dos Pares de Elétrons



Figura 1: Material utilizado na confecção do modelo e estrutura finalizada.

da Camada de Valência (VSEPR) (Brown *et al.*, 2016) para ajustar as quantidades de ligações químicas e ângulos de ligação. Montar uma molécula envolve o planejamento prévio do comportamento dos pares de elétrons contidos em cada átomo, como demonstrado para a molécula do formaldeído na Figura 2. Deve-se seguir as etapas de: (1) fazer a distribuição de Lewis, (2) verificar o número de pares eletrônicos ligantes e não ligantes, (3) definir a estrutura mais provável considerando a VSEPR (indicado na Tabela 1) e (4) colocar os demais átomos em volta do átomo central.

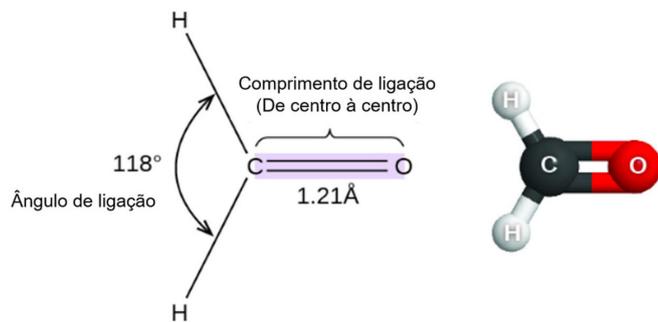


Figura 2: Geometria molecular do formaldeído e sua implicação no comprimento de ligação e ângulo. (Blader *et al.*, 2019) (Adaptado)

4

A VSEPR é uma teoria utilizada para prever a geometria de uma molécula com base na ideia de que, os pares de elétrons na camada de valência de um átomo central, tendem a se distribuir no espaço de forma a minimizar as repulsões entre eles. Os pares de elétrons, sejam ligantes ou não-ligantes, se repelem, mutuamente, para se obter o máximo

de distância entre eles. Isso resulta em arranjos geométricos específicos ao redor do átomo central, determinados pelo número de pares de elétrons ao redor desse átomo (Brown *et al.*, 2016). Após a definição da localização dos pares de elétrons, é possível associar a geometria molecular obtida pelas principais estabelecidas pelo VSEPR e relacionados na Tabela 1 (Blader *et al.*, 2019).

Utilizando essas informações é possível preparar o material para a construção do modelo, onde as bolas de isopor são inseridas dentro do balão que pode ser organizado por cores para a percepção visual dos planos geométricos nas moléculas, além de proteger o isopor para ter uma durabilidade maior. Após isso, o posicionamento das peças do suporte é feito de forma a ter os ângulos das ligações respeitados no átomo central e a fixação é feita com a cola de isopor. Em sequência, as hastes são utilizadas para conectar as bolas de isopor (átomos ligantes e central) e finalizar a montagem do modelo de bola e bastão. Por ser um modelo desmontável, é de fácil transporte e armazenamento, tendo em média uma duração útil de 5 anos. A Figura 3 apresenta a estrutura desse modelo físico.

Como pode-se observar, esse modelo permite a apresentação das geometrias moleculares: linear, trigonal, tetraédrica, bipirâmide e octaédrica. Além disso, com a utilização de cores, é possível identificar planos geométricos e fazer a diferenciação dos átomos ligantes e central. Sua alocação pode ser feita em uma caixa de 25x25 cm, facilitando seu transporte.

Após esse momento de construção do conhecimento sobre as geometrias, pode-se instigar os alunos a desenvolverem

Tabela 1: Exemplos de moléculas e suas geometrias via VSEPR. (Blader *et. al.*, 2019) (Adaptado)

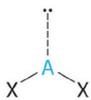
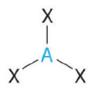
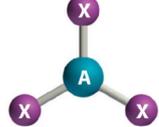
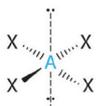
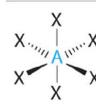
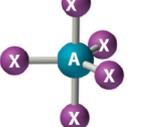
Geometria	Linear	Angular	Trigonal Plana	Piramidal
	X—A—X			
				
Ângulos de ligações esperados	180°	< 180°	120°	< 120°
Geometria	Quadrado Planar	Tetraédrica	Bipiramidal	Octaédrica
				
				
Ângulos de ligação esperados	90°	109,5°	90°, 120°	90°



Figura 3: Modelo físico proposto com disposição de todas as partes em uma caixa e comparação das geometrias moleculares com uma caneta.

o modelo físico a partir de uma percepção visual 3D. Uma proposta para esse experimento é da orientação dos estudantes para definir a geometria das moléculas de Cl_2 , H_2S , SO_3 , PF_3 e CHCl_3 . Os alunos podem ser divididos em grupos que desenharão as geometrias de cada molécula no papel. Após este período, um representante de cada grupo pode ser convidado a ir até a lousa e desenhar a representação que o grupo realizou. Em seguida, pode-se solicitar que cada grupo construa a molécula com os modelos físicos e compare com a representação em papel. Os critérios de análise serão estabelecidos pelo professor, mas algumas sugestões são: fórmula molecular, ligações químicas, tridimensionalidade e a geometria molecular.

Na associação com os conhecimentos de geometria espacial podem ser desenvolvidos cálculos que permitam a obtenção dos sólidos geométricos e visualização de figuras

planas em moléculas. Por exemplo, a configuração linear se assemelha a um eixo, enquanto a trigonal planar lembra um triângulo plano e a tetraédrica se relaciona a um tetraedro regular. Essas analogias simplificadas permitem imaginar a distribuição espacial dos átomos em moléculas complexas como a bipiramidal, que pode ser visualizada como duas pirâmides de base triangular sobrepostas, facilitando a compreensão da sua estrutura tridimensional. Associar essas geometrias a sólidos conhecidos ajuda a tornar a compreensão das estruturas moleculares mais acessível e tangível. Para exemplificar, a molécula de amônia possui a fórmula NH_3 (Figura 4), comprimento de ligação N-H de 101,7 pm e ângulos de ligação H-N-H de $106,7^\circ$ (Química Nova Interativa, 2023). Com esses dados temos um modelo de pirâmide de base triangular regular (Figura 5-a), cuja face lateral pode ser representada pela Figura 5-b.

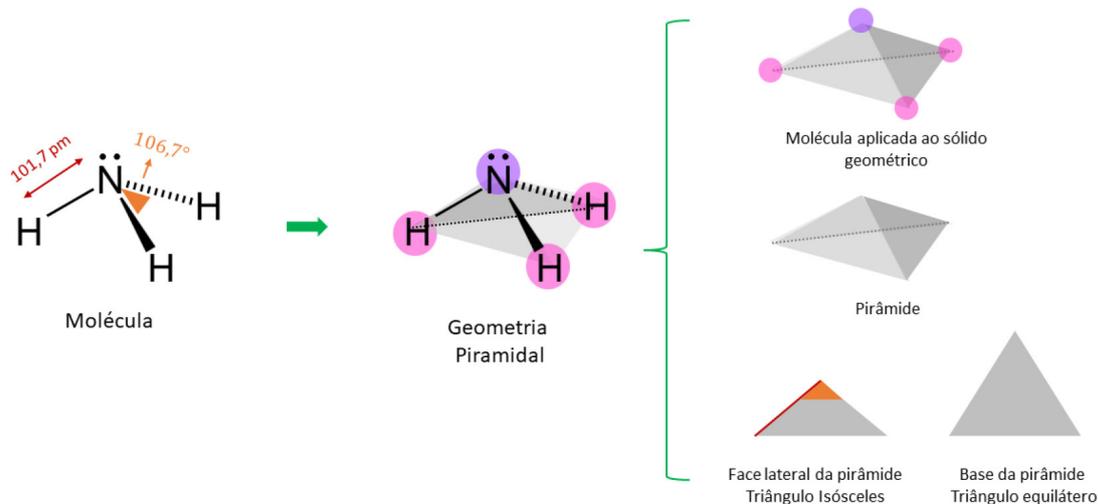


Figura 4: Demonstração da geometria piramidal da molécula de NH_3 em associação com a pirâmide, triângulos da base e face lateral.

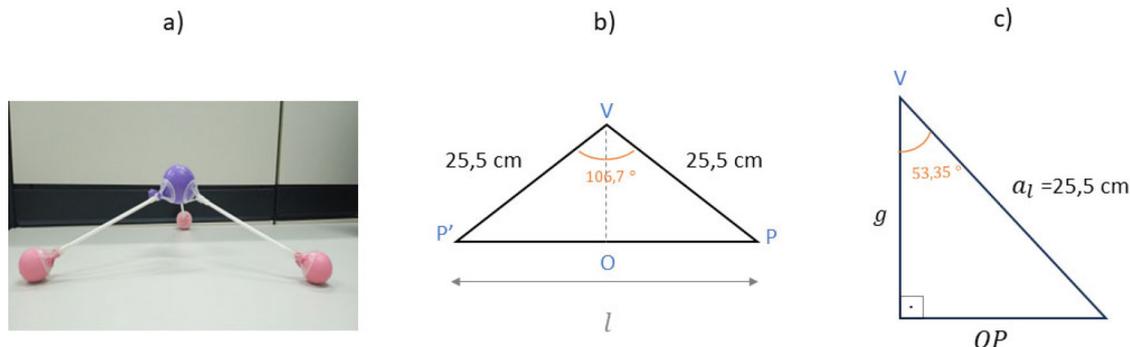


Figura 5: (a) Modelo representativo da molécula de NH_3 (b) Face lateral da pirâmide (c) Destaque do triângulo retângulo derivado da face lateral com a hipotenusa, ou aresta lateral (a_l) igual a 25,5 cm, cateto oposto (OP), ângulo de $53,35^\circ$ e apótema da pirâmide (g) em destaque.

Utilizando o modelo físico, podemos medir os comprimentos das ligações para ilustrar as distâncias entre os átomos. Essa abordagem permite a visualização pelo aluno e a correlação geométrica entre o tamanho do modelo físico e a estrutura molecular da amônia. Analisando o modelo molecular da amônia (Figura 5a), cada vareta (ou ligação) representaria a distância entre o átomo de nitrogênio e um átomo de hidrogênio. Assim, ao medir essas varetas com a régua, estaríamos determinando os comprimentos aproximados das ligações na molécula de amônia. Por exemplo, temos um triângulo isósceles na face lateral da molécula (Figura 5b) e, extraído dele, um triângulo retângulo (Figura 5c) que nos permite calcular a aresta da base (l) dessa pirâmide a partir do comprimento do segmento $P'P$. Usando a definição de seno de um ângulo como a razão do cateto oposto (OP) pela hipotenusa, as dimensões reais das distâncias no modelo molecular proposto e o valor do ângulo da ligação N-H, podemos afirmar que:

$$\text{sen}53,35^\circ = \frac{OP}{25,5} \quad (1)$$

$$0,8022 = \frac{OP}{25,5}$$

$$OP = 20,46 \text{ cm}$$

A aresta da base (l) da pirâmide será o dobro desse valor, ou seja, $l = 40,92 \text{ cm}$, já que nesse triângulo isósceles, o segmento VO é uma mediana (reta que parte do vértice até o ponto médio do lado oposto). Passamos agora para os cálculos de apótema da base (m) e raio da base (r) da pirâmide que são, respectivamente, um terço e dois terços da altura de um triângulo equilátero (Figura 6a). Considerando que a altura de um triângulo equilátero é relacionada por $\frac{l\sqrt{3}}{2}$, podemos calcular:

$$m = \frac{1}{3} \frac{l\sqrt{3}}{2} = \frac{l\sqrt{3}}{6} = \frac{40,92 \times 1,73}{6} = 11,8 \text{ cm} \quad (3)$$

$$r = \frac{2}{3} \frac{l\sqrt{3}}{2} = \frac{l\sqrt{3}}{3} = \frac{40,92 \times 1,73}{3} = 23,6 \text{ cm} \quad (4)$$

Para o cálculo do apótema da pirâmide (g), vamos considerar uma face lateral e nela destacar dois triângulos retângulos. Para cada triângulo retângulo (Figura 5c), vale a seguinte relação para a aresta lateral (a_l):

$$(a_l)^2 = g^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2 \quad (5)$$

onde a_l é correlacionado com o segmento VP na Figura 5c e $l = 40,92 \text{ cm}$ que foi calculado anteriormente. Assim temos:

$$\begin{aligned} (25,5)^2 &= g^2 + (20,46)^2 \\ g^2 &= 231,6384 \\ g &= 15,22 \end{aligned}$$

Em toda pirâmide reta, podemos afirmar que:

$$g^2 = h^2 + m^2 \quad (6)$$

Com isso, conseguimos calcular o valor da altura (h) da pirâmide (Figura 6b):

$$\begin{aligned} h^2 &= 231,6384 - 139,24 \\ h^2 &= 92,3984 \\ h &= 9,61 \text{ cm} \end{aligned}$$

Finalmente, com todos os elementos acima, passamos aos cálculos de área lateral (A_l), área da base (A_B) e volume (V) da pirâmide:

$$A_l = 3 \times \left(\frac{l \times g}{2}\right) = 3 \times \left(\frac{40,92 \times 15,22}{2}\right) = 311,4 \text{ cm}^2 \quad (7)$$

$$A_B = \frac{l^2 \sqrt{3}}{4} = \frac{(40,92)^2 \times \sqrt{3}}{4} = 725,05 \text{ cm}^2 \quad (8)$$

$$V = \frac{1}{3} A_B h = \frac{1}{3} \times 725,05 \times 9,61 = 2322,58 \text{ cm}^3 \quad (9)$$

Os valores calculados foram próximos dos valores reais medidos no modelo molecular proposto. Além disso, ao utilizar a relação demonstrada na Equação 1 com os dados

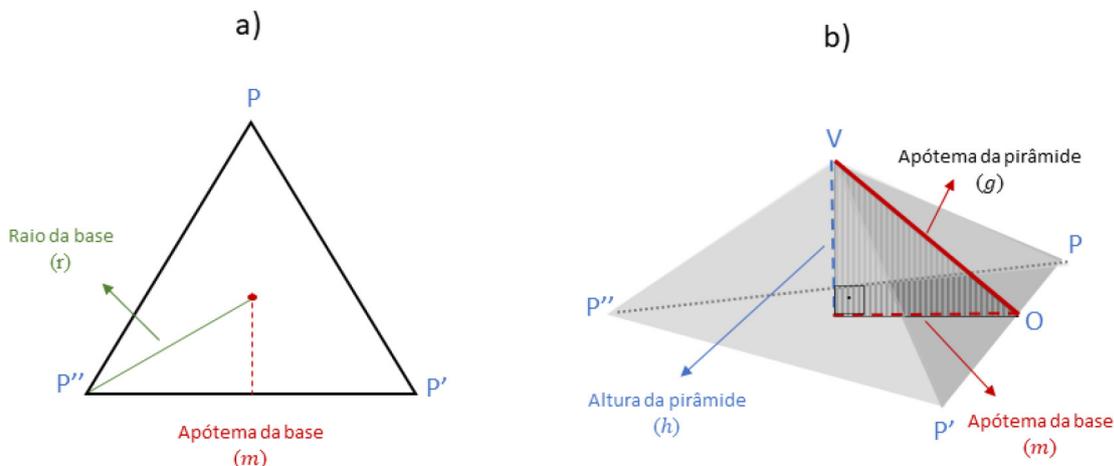


Figura 6: (a) Demonstração da base da pirâmide com forma trigonal equilátera (b) Projeção da altura da pirâmide, apótema da pirâmide e lateral no sólido geométrico.

reais do comprimento da ligação N-H igual a 101,7 pm e ângulo de $106,7^\circ$ (Química Nova Interativa, 2023), obtemos o valor de $l = 163,9$ pm. Para essa molécula, a razão entre o comprimento l e a aresta da base (a_1) é de 1,60. O mesmo valor é encontrado ao fazer a razão entre comprimento l e a aresta da base (a_1) do modelo molecular proposto, demonstrando proporcionalidade entre a molécula de NH_3 . Esta abordagem pode fornecer uma representação física e tangível das distâncias entre os átomos na molécula de amônia, utilizando medidas proporcionais para refletir as distâncias reais das ligações químicas. Como podemos observar, a utilização desse modelo permite a integração dos conhecimentos matemáticos para a identificação e construção de modelos moleculares na Química. A proposta de aplicação desenvolvida permite a interdisciplinaridade nas aulas, favorecendo, desse modo a compreensão dos conceitos e a aprendizagem.

[...] a utilização desse modelo permite a integração dos conhecimentos matemáticos para a identificação e construção de modelos moleculares na Química. A proposta de aplicação desenvolvida permite a interdisciplinaridade nas aulas, favorecendo, desse modo a compreensão dos conceitos e a aprendizagem.

Considerações finais

O modelo aqui apresentado foi criado, inicialmente, para dinamizar e auxiliar estudantes de uma turma de pré-vestibular no entendimento de ligações químicas e geometria molecular, sendo observado, de forma empírica, a melhora da compreensão da teoria de repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência, por parte dos alunos.

Com base nesta experiência inicial, a proposta foi apresentada e realizada nas disciplinas de Matemática e Química, com os estudantes de ensino técnico integrado ao ensino médio, evidenciando o grande potencial dessa técnica como estratégia pedagógica interdisciplinar e como favorecedora da aprendizagem de conceitos abstratos de modo especialmente concreto. Isto se dá por ser um modelo facilmente desmontável, possibilitando a demonstração de como as moléculas se formam e dos elementos essenciais de figuras

e sólidos geométricos.

Por isso, consideramos que esta proposta se configura como uma estratégia pedagógica que pode ser ressignificada e aplicada em diversas temáticas, níveis de ensino e áreas de conhecimento. O aperfeiçoamento da ferramenta e o estudo da utilização desse modelo podem trazer benefícios ao ensino de Química e de Matemática em sala de aula, mas não apenas isso. Pode também, se construído pelos alunos com a mediação do professor, promover ações interdisciplinares com outras áreas curriculares e de conhecimento, como artes, por exemplo.

Acreditamos que o desenvolvimento dessa proposta pode abrir caminhos para diversos estudos do seu uso como ferramenta pedagógica e para práticas docentes mais contextualizadas, integradas e facilitadoras do processo de ensino e de aprendizagem.

Rayanne Penha Wandenkolken Lima (rayanne.lima@ifes.edu.br) mestra em Química e aluna de doutorado da Universidade Federal do Espírito Santo. Atualmente é professora substituta no Instituto Federal do Espírito Santo, Venda Nova do Imigrante, ES-BR. **Lilyane Gonzaga Figueiredo** (lilyane.figueiredo@ifes.edu.br) mestra em Matemática pela Universidade Federal de Uberlândia e atualmente é professora no Instituto Federal do Espírito Santo, Venda Nova do Imigrante, ES-BR. **Suzana Grimaldi Machado** (suzana.machado@ifes.edu.br) mestra em Educação pela Universidade do Estado de Santa Catarina e professora voluntária nas disciplinas da área pedagógica do curso de Licenciatura em Letras. Atualmente é técnica em assuntos educacionais no Instituto Federal do Espírito Santo, Venda Nova do Imigrante, ES-BR. **Eloi Alves da Silva Filho** (eloisilv@gmail.com) doutor em Química pela Universidade Estadual de Campinas e atualmente é professor na Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES-BR.

Referências

ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. *Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente*. Porto Alegre: Bookman Editora, 2018.

- BEN-ZVI, R.; EYLON, B.; SILBERSTEIN, J. Students' visualization of a chemical reaction. *Education in Chemistry*, v. July, p. 117-120, 1987.
- BLADER, M., RINDGE, R., GROVES, P., FLOWERS, P., THEOPOLD, K. e LANGLEY, R. VSEPR Geometry. Libretext Chemistry. 2019. Disponível em: <https://chem.libretexts.org/@go/page/98647?pdf>, acesso em jun. 2023.
- BROWN, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. *Química: a Ciência Central*. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.
- DA SILVA, E. C. C.; NASCIMENTO, T. F.; AGUIAR, D. S. Análise do ensino-aprendizagem em estereoquímica por meio de aulas dinâmicas por modelos moleculares. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 7, p. 65898-65907, 2021.
- DE FARIAS, F. M. C., DEL-VECCHIO, R. R., CALDAS, F. R. R. e GOUVEIA-MATOS, J. A. Construção de um modelo molecular: uma abordagem interdisciplinar química-matemática no ensino médio. *Revista Virtual de Química*, v. 7, n. 3, p. 849-863, 2015.
- DE MENEZES, F. L., SILVA, S. B., DE MENEZES, S. C. e DA SILVA, D. S. O ensino de geometria molecular com materiais de baixo custo. *Conexões-Ciência e Tecnologia*, v. 10, n. 4, p. 101-107, 2017.
- FAZENDA, I. C. A. *O que é interdisciplinaridade?* 2 ed. São Paulo: Cortez, 2008.
- FERNANDEZ, C. e MARCONDES, M. E. R. Concepção dos estudantes sobre ligação química. *Química Nova na Escola*, v. 24, p. 20-24, 2006.
- GRIFFITHS, A. K. e PRESTON, K. R. Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of research in Science Teaching*, v. 29, n. 6, p. 611-628, 1992.
- HARLE, M. e TOWNS, M. A review of spatial ability literature, its connection to chemistry, and implications for instruction. *Journal of Chemical Education*, v. 88, n. 3, p. 351-360, 2011.
- JAPIASSU, H. *Interdisciplinaridade e patologia do saber*. Rio de Janeiro: Imago, 1976.
- LECRER, O. P. V. G. e PAZUCH, V. O ensino de geometria espacial: um panorama de pesquisas por meio de uma metassíntese. *Revista Paranaense de Educação Matemática*, v. 9, n. 20, p. 38-61, 2020.
- LEMONS, W. G. e BAIRRAL, M. A. *Poliedros estrelados no currículo do ensino médio*. Série InovaComTic, v.2. Rio de Janeiro: Edur, 2010.
- MARTINS, M. G.; DE FREITAS, G. F. G.; DEVASCONCELOS, P. H. M. A dificuldade dos alunos na visualização de moléculas em três dimensões no ensino de geometria molecular. *Conexões-Ciência e Tecnologia*, v. 14, n. 3, p. 45-53, 2020.
- PENNY, M. R., CAO, Z. J., PATEL, B., DOS SANTOS, B. S., ASQUITH, C. R. M., SZULC, B. R., RAO, Z. X., MUWAFFAK, Z., MALKINSON, J. P. E HILTON, S. T. Three-dimensional printing of a scalable molecular model and orbital kit for organic chemistry teaching and learning. *Journal of Chemical Education*, v. 94, n. 9, p. 1265-1271, 2017.
- Química Nova Interativa. Amônia, NH₃. Sociedade Brasileira de Química. Disponível em: qnit.sbq.org.br, acesso em jun. 2023.
- ROGENSKI, M. L. C. e PEDROSO, S. M. D. O ensino da geometria na educação básica: realidade e possibilidades. Ponta Grossa, Brasil. 2009. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/44-4.pdf>, acesso em mai. 2023.
- SETTI, G. O.; GIBIN, G. B.; FERREIRA, L. Ensino de geometria molecular por meio do uso de modelo físico construído com materiais recicláveis e de baixo custo. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 14, n. 2, p. 542-557, 2019.
- SETTIMY, T. F. O. e BAIRRAL, M. A. Dificuldades envolvendo a visualização em geometria espacial. *VIDYA*, v. 40, n. 1, p. 177-195, 2020.
- SILVA, T. S.; DE SOUZA, J. J. N.; DE CARVALHO FILHO, J. R. Construção de modelos moleculares com material alternativo e sua aplicação em aulas de química. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 12, n. 2, p. 104-117, 2017.
- TABER, K. *Chemical misconceptions-prevention, diagnosis and cure*. London: Royal Society of Chemistry, p. 402, 2002.
- TRINDADE, D. F. Interdisciplinaridade: um novo olhar sobre as ciências. In: FAZENDA, I. C. *O que é interdisciplinaridade?* São Paulo: Cortez, p. 71-89, 2013.

Abstract: *Alternative molecular models: a cost-effective and interdisciplinary proposition for the teaching of Chemistry and Mathematics.* Teaching Chemistry and Mathematics can pose challenges due to the need for visual perception and abstraction. One way to overcome this issue is by employing interdisciplinary approaches that combine Chemistry and Mathematics, utilizing the individual knowledge from each field and applying it to a physical model. This study proposes the construction of a dismantlable molecular model as a practical and cost-effective alternative to aid in teaching molecular geometry, alongside angles, trigonometry, and plane geometry in Mathematics. Furthermore, the article suggests a practical activity where students sketch molecular geometries on paper and construct the corresponding physical model. Additionally, it demonstrates the practical calculation of the molecular structure of ammonia (NH₃) as represented in this physical model. Bond lengths and angles are utilized to determine the height and areas related to the proposed geometric solid.

Keywords: geometry, molecules, teaching