

# Procedimentos para Desenhar Conformações do Ciclo-hexano, Ciclo-hexeno e Decalinas

## Procedures for Drawing Conformations of Cyclohexane, Cyclohexene and Decalins

Leonardo Antonelli,<sup>a</sup> Talita Santana Nascimento,<sup>a</sup> Silvio Cunha<sup>a,b,\*</sup>

<sup>a</sup>Universidade Federal da Bahia, Instituto de Química, Salvador-BA, CEP 40170-115, Brasil

<sup>b</sup>Universidade Federal da Bahia, INCT de Energia e Ambiente, Salvador-BA, CEP 40170-290, Brasil

\*E-mail: [silvioc@ufba.br](mailto:silvioc@ufba.br)

Recebido: 10 de Outubro de 2023

Aceito: 18 de Março de 2024

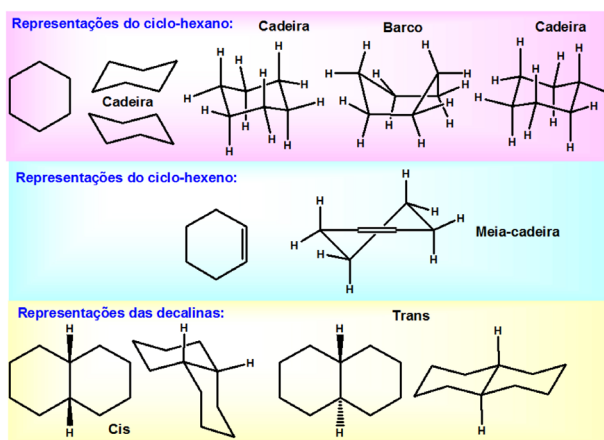
Publicado online: 22 de Março de 2024

Among the traditional areas of chemistry, organic chemistry stands out as it often requires visual representations to understand its inherent points deeply. To address the somewhat scattered or imprecise instructions for the drawing of cyclohexane and decalines, and the apparent lack of methods for cyclohexene in the literature, we have developed systematic and detailed procedures that aim to aid the students to represent these structures accurately, enabling them to acquire a complete understanding of the needed key points and enhance their ability to draw structural formulas for chair and boat conformations to cyclohexane, half-chair to cyclohexene, and trans and cis decalines. To improve the accessibility to non-native Portuguese speakers, the procedure to draw each conformation is available in English and Spanish in the supplementary material and as a PowerPoint archive for the instructors.

**Keywords:** Chemistry models; conformations; organic chemistry learning; undergraduate.

### 1. Introdução

Desenhar as conformações cadeira e barco do ciclo-hexano é uma habilidade necessária no estudo da análise conformacional do ciclo-alcenos, ensinada nos cursos básicos de Química Orgânica, mas os estudantes geralmente apresentam dificuldades em escrever estas estruturas, principalmente na disposição das ligações carbono-hidrogênio (C-H). Existem propostas de procedimentos para desenhar a conformação cadeira em artigos na área de educação em química,<sup>1-7</sup> em livros didáticos<sup>8-13</sup> e vídeos na internet.<sup>14-19</sup> Apesar das contribuições para a conformação cadeira serem adequadas para o desenho das ligações carbono-carbono (C-C), as instruções não são inequívocas na indicação de como desenhar as ligações C-H,<sup>1-5,8-13</sup> e são escassos os procedimentos para se desenhar a conformação barco<sup>6</sup> e os dois isômeros da decalina,<sup>1</sup> e inexistem procedimentos para a conformação meia-cadeira do ciclo-hexeno.<sup>7</sup> Na Figura 1 estas estruturas estão desenhadas como são comumente encontradas em livros textos de graduação.



**Figura 1.** Estruturas planas e tridimensionais do ciclo-hexano, ciclo-hexeno e das decalinas encontradas em livros

Em continuação à elaboração de material didático para o ensino teórico de química orgânica,<sup>20-23</sup> apresentamos aqui procedimentos que habilitam os estudantes a desenhar as

conformações das substâncias mencionadas e seus derivados. Os passos detalhados são compatíveis para dotar o estudante da segurança que muitas vezes a explicação rápida da sala de aula e/ou a leitura dos textos didáticos dispersos, pouco adequados para o autoestudo, não proporciona.

## 2. Procedimento para Desenhar as Conformações Cadeiras do Ciclo-hexano

---

O procedimento para desenhar a conformação cadeira é dividido em passos e inicia-se pelo traçado de duas linhas verticais, passo 1 da Figura 2. Ao se unir estas linhas com uma diagonal negativa ou positiva faz-se a indicação de uma ligação C-C. No passo 2, onde se exemplifica com uma diagonal negativa ou positiva, esta linha representa os carbonos C1 e C2 do anel do ciclo-hexano, como pode ser verificado na estrutura numerada com todas as ligações C-C já desenhadas, que corresponde ao passo 7. Apesar do procedimento completo ser dividido em doze passos, há repetições de etapas, e o maior detalhamento dos sete passos iniciais permite ao estudante visualizar, traço a traço, o desenvolvimento do desenho que ele manualmente construirá.

O procedimento para se chegar até o passo final é autoexplicativo. Acrescentamos algumas observações evidentes na conformação desenhada seguindo os passos 1-7: notar que o ângulo de projeção formado pelas ligações C1-C2-C3 e C4-C5-C6 é de 90 graus na cadeira de inclinação negativa (na cadeira de inclinação positiva este ângulo de projeção é formado pelas ligações C3-C4-C5 e C6-C1-C2), mas é apenas o ângulo projetado, o ângulo de ligação real é o típico do  $C_{sp^3}$  tetraédrico. Para desenhar as ligações axiais são empregados os passos 8-9, e para as ligações na equatorial são empregados os passos 11-12, tanto para a cadeira desenhada com inclinação positiva (Figura 2, meio) quanto para a cadeira desenhada com inclinação negativa (Figura 2, abaixo).

As ligações na posição axial são de mais fácil localização e devem ser executadas primeiro pois apontam para mesma direção das linhas traçadas a lápis, sendo que o sentido (para cima ou para baixo) coincide com o sentido do vértice. Se o vértice aponta para cima, a ligação axial aponta para cima, se o vértice aponta para baixo, a ligação axial aponta para baixo (comparar os passos 8 e 9). Já cada ligação na posição equatorial é sempre paralela a uma dada linha constituinte do anel, traçada à caneta, que fica distante dela três ligações. Por exemplo, na sequência dos passos 10 a 12 é fácil verificar que a ligação equatorial do C2 é paralela à ligação C1-C6, e assim sucessivamente.

Uma vez desenhadas as conformações cadeira do ciclo-hexano, é possível verificar se as ligações axiais e equatoriais foram traçadas corretamente, refletindo os ângulos de ligação da geometria tetraédrica do carbono, explicada pela hibridização de  $C_{sp^3}$ . Para este fim são apresentados,

na Figura 3A, os equilíbrios entre a duas cadeiras onde se tem a estrutura da direita do equilíbrio como uma imagem espelhada da estrutura da esquerda, de forma que cada carbono do vértice inverte o sentido, se aponta para cima numa conformação com inclinação positiva, aponta para baixo na outra com inclinação negativa. Por este motivo, quando os átomos de H são escritos, fica claro que todo H-axial passa para a ser H-equatorial, e vice-versa.

Na Figura 3B é possível verificar a correção do desenho através da visualização dos zig-zags negativos, positivos e laterais, que servem para certificar que as ligações equatoriais foram traçadas corretamente. Já na Figura 3C temos as projeções cavaletes destacadas do anel, onde é possível verificar o traçado correto das ligações axiais e equatoriais de dois carbonos vizinhos pois sempre se tem a subestrutura cavalete na projeção de ligações alternadas, nunca eclipsadas.

## 3. Procedimento para Desenhar a Conformação Barco do Ciclo-hexano

---

A conformação barco é também ensinada nos cursos básicos de Química Orgânica e os estudantes apresentam dificuldade algo maior que no desenho da cadeira para localizar as ligações C-H. O procedimento descrito na Figura 5 se inicia pelo desenho, a lápis, de um triângulo de lados iguais, e a sequência de passos é autossuficiente para se chegar ao desenho final. Contudo, o sucesso dos passos depende da habilidade prévia em escrever a conformação cadeira com destreza.

## 4. Procedimento para Desenhar a Conformação Meia-cadeira do Ciclo-hexano

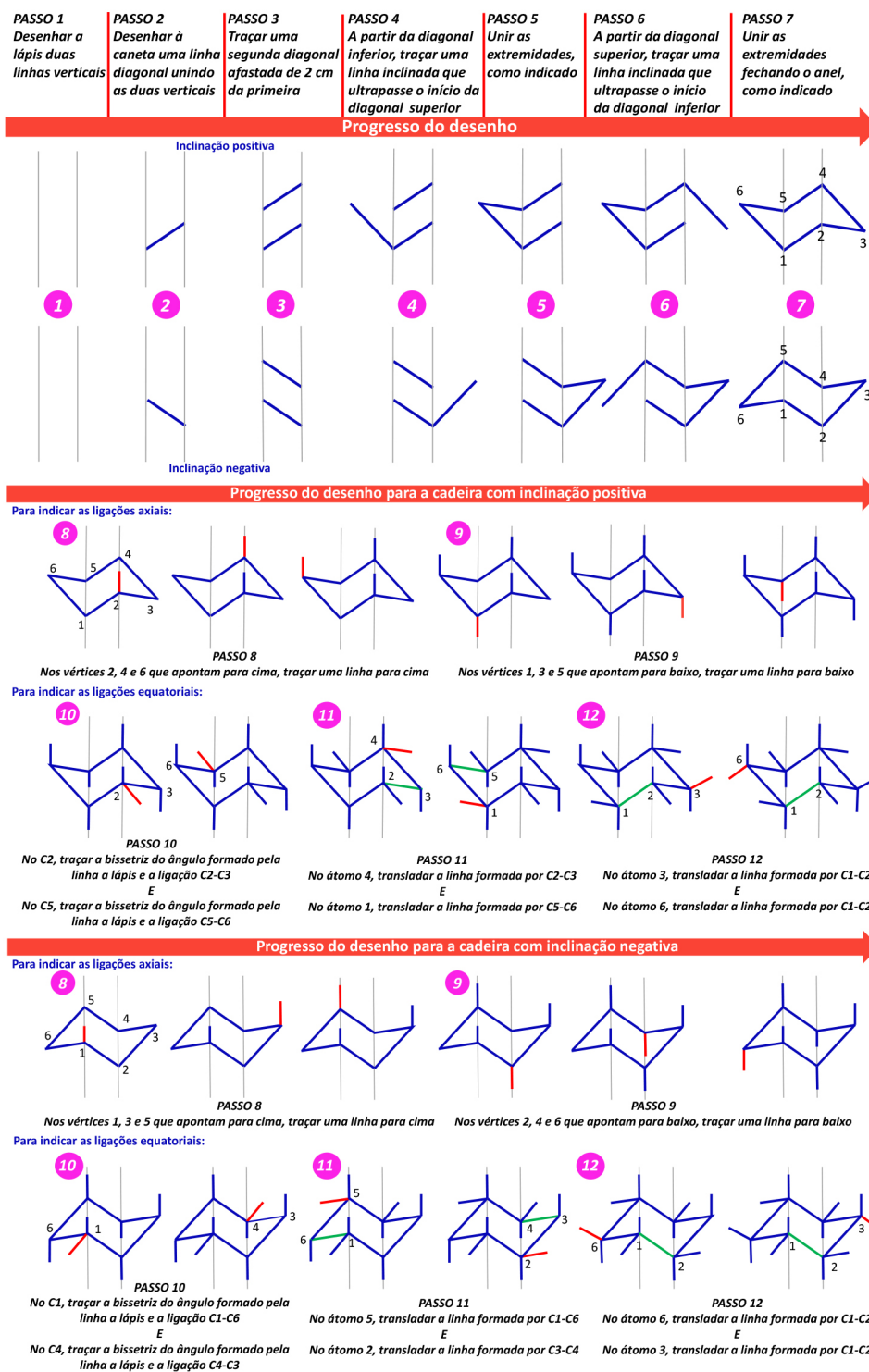
---

A conformação meia-cadeira do ciclo-hexano é ensinada nos cursos básicos, mas raramente se trabalha a habilidade de desenhá-la. Por se tratar de um modelo estrutural muito útil em cursos mais avançados, como no estudo da hidrogenação estereosseletiva de ciclo-hexenos substituídos,<sup>7,9</sup> é interessante desenvolver a habilidade de representar a conformação meia-cadeira já nos cursos básicos. Essa conformação é facilmente desenhada com o procedimento descrito na Figura 5.

## 5. Procedimento para Desenhar as Decalinas

---

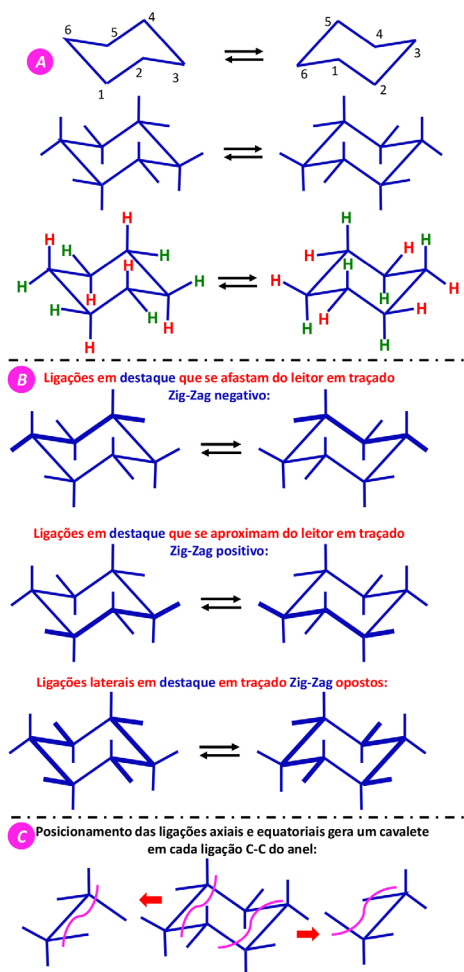
Desenhar as estruturas tridimensionais da trans e da cis-decalina são habilidades requeridas logo no início do estudo dos hidrocarbonetos bicíclicos. Mesmo quando habilitado a desenhar a conformação cadeira do ciclo-hexano, escrever as estruturas das decalinas não é tarefa que os estudantes transpõem sem dificuldades. Por este motivo, são apresentados os procedimentos na Figura 6 para guiar os



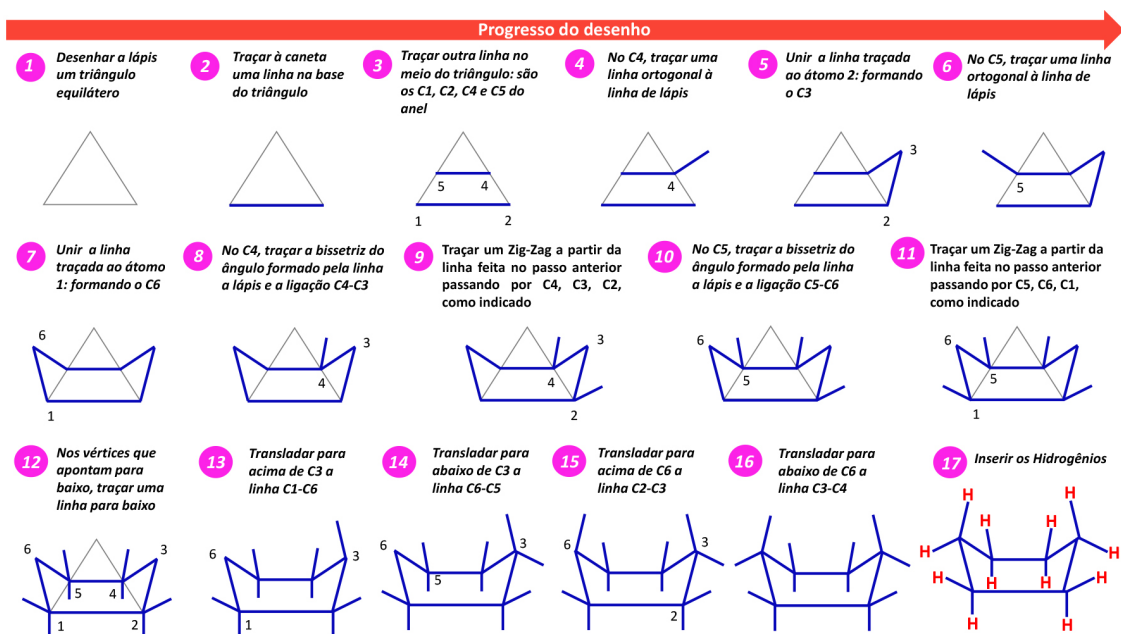
**Figura 2.** Sequência de passos para desenhar as duas conformações cadeiras do ciclo-hexano: sem as ligações carbono-hidrogênio explícitas (acima, Passos 1 a 7); para desenhar as ligações nas posições axiais (Passos 8 e 9) e equatoriais (Passos 10 a 12) para as cadeiras com inclinação positiva (meio) e negativa (abaixo)

novatos no domínio desta habilidade, mas que demanda o domínio prévio no desenho das conformações cadeira, pois na representação das decalinas é empregado como ponto de partida o desenho final do passo 7 da Figura 2. Para a trans-decalina, duas linhas verticais adicionais são desenhadas para guiar a construção do segundo anel.

Um segundo procedimento para desenhar a conformação cadeira do ciclo-hexano e, conseqüentemente, para as decalinas foi também desenvolvido e é apresentado no material suplementar, cabendo ao instrutor e ao estudante avaliar qual procedimento se adequa melhor à sua cultura de desenho técnico.



**Figura 3.** Destaques das conformações cadeiras do ciclo-hexano: (a) estruturas em equilíbrio sem ligações C-H explícitas, com indicações genéricas axial e equatorial, e com ligações C-H explícitas, (b) verificação do desenho através da visualização dos zig-zags negativos, positivos e laterais, (c) verificação através das subestruturas destacadas do anel em cavaletes na projeção de ligações alternados



**Figura 4.** Sequência de passos para desenhar a conformação barco do ciclo-hexano

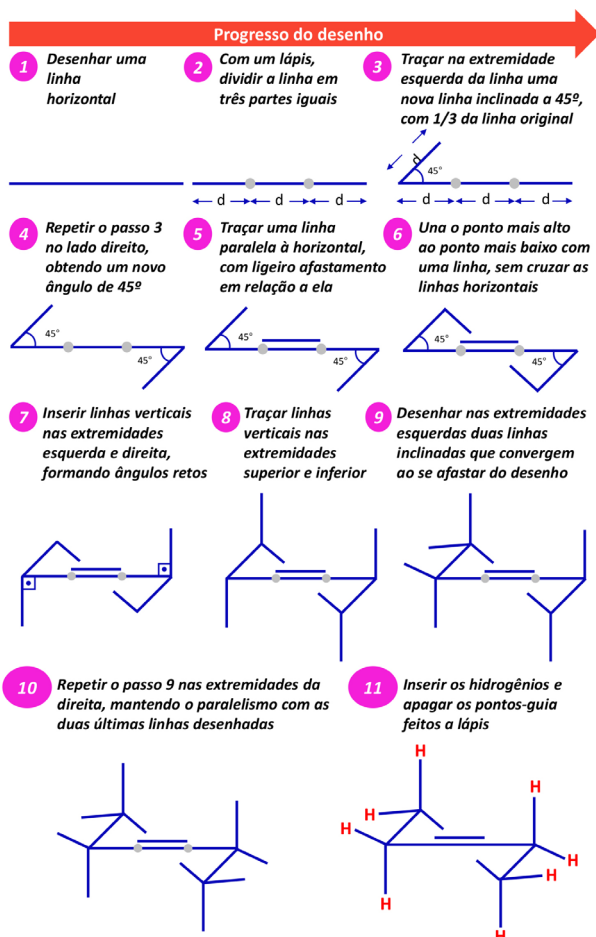


Figura 5. Sequência de passos para desenhar a conformação meia-cadeira do ciclo-hexeno

## 6. Conclusões

Os procedimentos desenvolvidos são adequados para autoestudo, pois os passos detalham a construção das estruturas químicas traço por traço, habilitando o estudante a desenhar as conformações cadeira e barco do ciclo-hexano, a conformação meia-cadeira do ciclo-hexeno, e as conformações cis e trans da decalina. Para ficar mais acessível a quem não tem o português como língua nativa, o procedimento para desenhar cada conformação está disponível em inglês e espanhol no material suplementar, e em arquivo PowerPoint para instrutores.

## Informações Suplementares

Figuras 2 a 6 em inglês (Figuras 1S a 5S) e em espanhol (Figuras 6S a 10S), e uma alternativa de procedimentos (Figuras 11S a 13S) para as conformações cadeira do ciclo-hexano e para as decalinas na forma de arquivo PDF, e arquivos das mesmas figuras em formato PPT estão

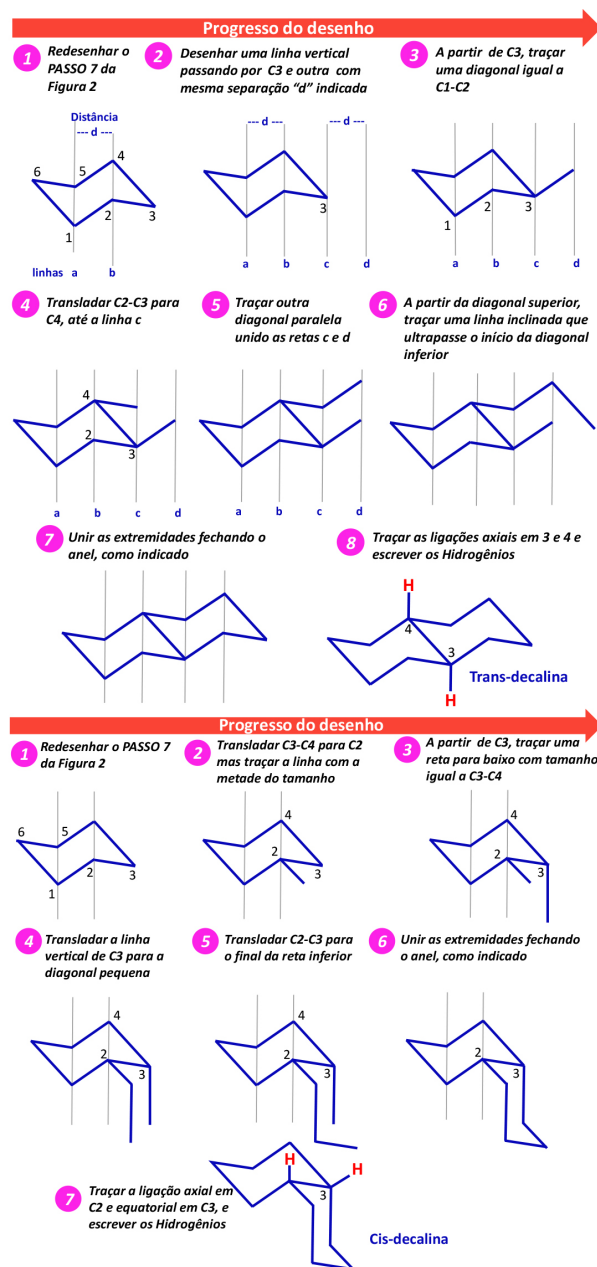


Figura 6. Sequência de passos para desenhar a cis e a trans-decalina

disponíveis em <https://rvq.sbq.org.br/>, com acesso livre.

## Agradecimentos

Os autores agradecem o suporte financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradecemos a bolsa de pós-graduação para T.S. Nascimento (CAPES) e L. Antonelli (CNPq), e a bolsa de produtividade em pesquisa de S. Cunha (CNPq).



## Referências Bibliográficas

1. Dragojlovic, V.; A Method for Drawing the Cyclohexane Ring and Its Substituents. *J. Chem. Educ.* **2001**, *78*, 923. [Crossref]
2. Shaw, D. G.; Drawing the chair conformers of cyclohexane. *J. Chem. Educ.* **1988**, *65*, 587. [Crossref]
3. Woolf, A. A.; A projection for bond location in chair cyclohexane and related structures. *J. Chem. Educ.* **1991**, *68*, 646. [Crossref]
4. Cheer, C. J.; A method for drawing cyclohexane chairs. *J. Chem. Educ.* **1984**, *61*, 947. [Crossref]
5. Lriverend, P.; A simple way to draw the chair and boat conformations of cyclohexane. *J. Chem. Educ.* **1991**, *68*, 957. [Crossref]
6. Lyle, G.; Lyle, R. E.; The boat form of cyclohexane as viewed by Midwestern sailors. *J. Chem. Educ.* **1973**, *50*, 655. [Crossref]
7. Niederer, K. A.; Fodor, M. D.; Catino, A. J.; A Simple Method for the Visualization of Chair and Twist-Boat Transition States in Torsionally Controlled Addition Reactions. *J. Chem. Educ.* **2018**, *95*, 1230. [Crossref]
8. Carey, F. A.; *Química Orgânica*, 7a. ed., McGraw-Hill-Bookmann: São Paulo, 2011, vol. 1.
9. Clayden, J., Greeves, N., Warren, S.; *Organic Chemistry*, 2a. ed., Oxford University Press: Oxford, 2012.
10. McMurry, J.; *Química Orgânica*, 3a. ed., Cengage Learning: São Paulo, 2016, vol. 1.
11. Solomons, T. W. G.; Fryhle, C. B.; *Química Orgânica*, 10a. ed., LTC: Rio de Janeiro, 2012, vol. 1.
12. Vollhardt, K. P. C.; Schore, N. E.; *Química Orgânica: Estrutura e Função*, 6a. ed., Bookman: Porto Alegre, 2013.
13. Bruice, P. Y.; *Química Orgânica*, 4a. ed., Prentice Hall: São Paulo, 2006, vol. 1.
14. Conformações cadeira do ciclohexano e as variações Axial/equatorial dos hidrogênios. Disponível em: <<https://youtu.be/wjCR3ROBB3Y>>. Acesso em: 31 julho 2023.
15. Aprendendo a desenhar conformação em cadeira. Disponível em: <<https://youtu.be/Nk9EAsmFqDo>>. Acesso em: 31 julho 2023.
16. Conformação cadeira - Você sabe desenhar? Disponível em: <<https://youtu.be/6gAYm9IEc8Y>>. Acesso em: 31 julho 2023.
17. QUI 630 - VÍDEO 05 - DICAS PARA DESENHAR CONFORMAÇÕES EM CADEIRA DO CICLOEXANO. Disponível em: <<https://youtu.be/AODvxM2t-P0>>. Acesso em: 31 julho 2023.
18. Desenhando Conformações de Cadeira. Disponível em: <<https://youtu.be/gBIaOtOCxyA>>. Acesso em: 31 julho 2023.
19. 38- Desenhando o Confôrmero Em Cadeira do Ciclohexano ( Cicloexano ). Disponível em: <<https://youtu.be/rzPwiKGFO1U>>. Acesso em: 31 julho 2023.
20. Cunha, S.; Topologia dos Orbitais Moleculares de Polienos para Deduzir Energias Relativas e Avaliar Aromaticidade. *Quim. Nova* **2018**, *41*, 948. [Crossref]
21. Cunha, S.; Topologia Unificada dos Orbitais Moleculares de Fronteira para Explicar Reações Pericíclicas. *Quim. Nova* **2018**, *41*, 699. [Crossref]
22. Cunha, S.; Estabilidade relativa de alcenos: análise dos critérios encontrados nos livros textos de graduação e uma proposta de explicação operacional para alcenos dissubstituídos. *Quim. Nova* **2003**, *26*, 948. [Crossref]
23. Antonelli, L.; De Paula, R.; Cunha, S.; A Propagação do Erro do pKa da Água nos Livros de Química Orgânica. *Quim. Nova*, **2024**, *47*, 1, e-20230093. [Crossref]