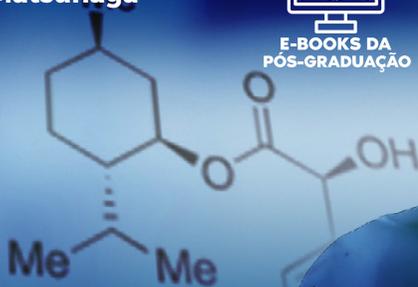


Walmir Silva Garcez
Luana Aparecida Matsunaga

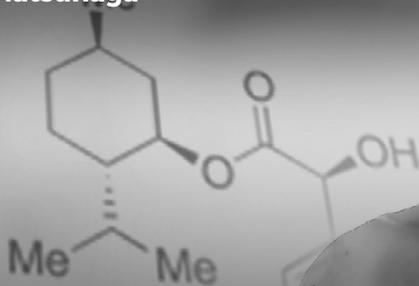


E-BOOKS DA
PÓS-GRADUAÇÃO



QUÍMICA ORGÂNICA PARA O ENSINO MÉDIO: UMA ABORDAGEM INOVADORA

Walmir Silva Garcez
Luana Aparecida Matsunaga



QUÍMICA ORGÂNICA PARA O ENSINO MÉDIO: UMA ABORDAGEM INOVADORA



**UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MATO GROSSO DO SUL**

Reitor

Marcelo Augusto Santos Turine

Vice-Reitora

Camila Celeste Brandão Ferreira Ítavo

Obra aprovada pelo

CONSELHO EDITORIAL DA UFMS
RESOLUÇÃO Nº 109-COED/AGECOM/UFMS,
DE 02 DE JUNHO DE 2022.

Conselho Editorial

Rose Mara Pinheiro (presidente)
Ana Rita Coimbra Mota-Castro
Alessandra Regina Borgo
Delasníeve Miranda Daspét de Souza
Elizabete Aparecida Marques
Geraldo Alves Damasceno Junior
Vladimir Oliveira da Silveira

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Diretoria de Bibliotecas – UFMS, Campo Grande, MS, Brasil)

Química orgânica para o ensino médio [recurso eletrônico] : uma abordagem inovadora /
organizadores, Walmir Silva Garcez, Luana Aparecida Matsunaga -- Campo Grande, MS : Ed.
UFMS, 2022.
332 p. : il. color.

Dados de acesso: <https://repositorio.ufms.br>
Inclui bibliografias.
ISBN 978-65-89995-47-0

1. Química – Estudo e ensino. 2. Química orgânica – Estudo e ensino (Ensino médio). 3. Matéria – Propriedades. I. Garcez, Walmir Silva. II. Matsunaga, Luana Aparecida. III. Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (ProfQui). IV. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

CDD (23) 340.7

Bibliotecária responsável: Tânia Regina de Brito – CRB 1/2.395

Walmir Silva Garcez
Luana Aparecida Matsunaga



QUÍMICA ORGÂNICA PARA O ENSINO MÉDIO: UMA ABORDAGEM INOVADORA

Campo Grande - MS
2022



© dos autores:

Walmir Silva Garcez

Luana Aparecida Matsunaga

1ª edição: 2022

Projeto Gráfico, Editoração Eletrônica

TIS Publicidade e Propaganda

Revisão

A revisão linguística e ortográfica

é de responsabilidade dos autores

A grafia desta obra foi atualizada conforme o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa, de 1990, que entrou em vigor no Brasil em 1º de janeiro de 2009.

Direitos exclusivos para esta edição



Secretaria da Editora UFMS - SEDIT/AGECOM/UFMS

Av. Costa e Silva, s/n° - Bairro Universitário

Campo Grande - MS, 79070-900

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Fone: (67) 3345-7203

e-mail: sedit.agecom@ufms.br

Editora associada à



Associação Brasileira
das Editoras Universitárias



**E-BOOKS DA
PÓS-GRADUAÇÃO**

O presente trabalho foi realizado com apoio
da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal
de Nível Superior - Brasil (CAPES)
Código de Financiamento 001

ISBN: 978-65-89995-47-0

Versão digital: junho de 2022.



Este livro está sob a licença Creative Commons, que segue o princípio do acesso público à informação. O livro pode ser compartilhado desde que atribuídos os devidos créditos de autoria. Não é permitida nenhuma forma de alteração ou a sua utilização para fins comerciais. br.creativecommons.org

SUMÁRIO

Capítulo 1	
INTRODUÇÃO À QUÍMICA ORGÂNICA.....	14
Capítulo 2	
CADEIAS CARBÔNICAS	26
Capítulo 3	
ISOMERIAS CONSTITUCIONAL E GEOMÉTRICA	40
Capítulo 4	
NOMENCLATURA DE COMPOSTOS ORGÂNICOS - PARTE I	57
Capítulo 5	
NOMENCLATURA DE COMPOSTOS ORGÂNICOS - PARTE II.....	73
Capítulo 6	
FUNÇÕES ÁLCOOL E ÉTER	89
Capítulo 7	
BENZENO E FUNÇÕES FENOL E ENOL	113
Capítulo 8	
FUNÇÃO AMINA.....	134
Capítulo 9	
FUNÇÕES ALDEÍDO E CETONA.....	149
Capítulo 10	
FUNÇÃO ÁCIDO CARBOXÍLICO.....	165
Capítulo 11	
FUNÇÃO ÉSTER	179

Capítulo 12	
FUNÇÕES AMIDA E ANIDRIDO.....	193
Capítulo 13	
FUNÇÃO HALETOS ORGÂNICOS	209
Capítulo 14	
SUBSTÂNCIAS MULTIFUNCIONAIS	220
Capítulo 15	
QUIRALIDADE/ISOMERIA ÓPTICA.....	238
Capítulo 16	
LIGAÇÕES QUÍMICAS E HIBRIDIZAÇÃO	271
Capítulo 17	
REAÇÕES ORGÂNICAS.....	299

APRESENTAÇÃO

Este livro é um produto do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI), Polo da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul/Instituto de Química. Ele trata do conteúdo de Química Orgânica para o Ensino Médio. O material propõe uma abordagem que contempla de forma destacada as propriedades das substâncias e não apenas a simples memorização de grupos funcionais e regras de nomenclatura. Procurou-se iniciar cada tópico trazendo uma informação acessível ao leitor, especialmente aos alunos, seja por se referir a matérias disponíveis nos meios de comunicação ou fazer parte de sua experiência cotidiana. Além disto, procurou-se situar os conhecimentos abordados no âmbito da História da Ciência. Este critério, aliado às correlações que se buscou vincular a cada tema, abre a possibilidade de um tratamento interdisciplinar, num trabalho em conjunto com professores de outras áreas. Cada tópico é tratado de uma maneira objetiva, com intuito de que possa fundamentar uma aula com nível de complexidade apropriada para um aluno de Ensino Médio, mas também fornece, em alguns momentos, conhecimentos adicionais, especialmente para o professor que deseja se aprofundar num determinado tópico.

PREFÁCIO

Recebi há alguns meses a responsabilidade de prefaciá-lo o livro “*Química Orgânica para o Ensino Médio: uma abordagem inovadora*” organizado pela Profa. Mestre Luana Aparecida Matsunaga e pelo Prof. Dr. Walmir Silva Garcez. Pela forma carinhosa e grande respeito com que recebi o convite, o aceitei, mas com muito receio de não estar a par de tamanha responsabilidade diante do material sobre tópicos de Química Orgânica. Após consultar *Os Referenciais Curriculares da Rede Estadual de Ensino de Mato Grosso do Sul para Ensino Médio* constatei que os capítulos abordavam assuntos do terceiro ano.

O livro foi desenvolvido em 17 capítulos como parte da dissertação defendida em 31/01/2020 por Luana Aparecida Matsunaga: *Minicurso de Química Orgânica: uma abordagem Inovadora*, apresentada no Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI), Polo da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul/Instituto de Química. Inicia-se com o capítulo sobre Introdução à Química Orgânica e finaliza com o capítulo sobre as Reações Orgânicas.

Propus-me a prefaciá-lo procurando um diálogo entre aquilo que me orienta como professor na Química, que é a divulgação e popularização da ciência, e as orientações colocadas pelos autores no decorrer do livro, de como mostrar um lado mais prático e com conversas mais diretas com tópicos em Química Orgânica. Este exercício foi trabalhoso, mas fiz isto como contribuição desta análise.

Ao ler todos os itens apresentados no livro, pude refletir quão importante seria a publicação da presente obra como forma de contribuir na organização de conteúdos para os professores que assumem a disciplina de Química no Ensino Médio, onde muitas vezes o livro é o próprio meio de estudo, de consulta e de orientação didática. E pensar

nos mais de 102.000 alunos de Ensino Médio de Mato Grosso do Sul, seria efetiva sua utilização por parte dos estudantes.

Nesta análise, pude trazer a minha experiência como professor de Ciências no Ensino Fundamental e de Química no Ensino Médio. Ao ler cada capítulo, percebi que organizar itens necessários para ensino de química orgânica e apresentá-los na forma documental é bastante árduo. Mas encontrei no livro uma linguagem simples e objetiva, diversos detalhes e orientações de como ajudar na organização e preparação de uma aula. Era como se os autores estivessem ao meu lado trocando ideias enquanto tomávamos um café.

Nos capítulos, pude notar a preocupação dos autores de como subsidiar os estudantes e professores do Ensino Médio para se aproximarem das aplicações cotidianas da química orgânica. Com muita propriedade e experiência profissional, os autores nos convidam a olhar como os professores de sala de aula do Ensino Médio poderiam conduzir conteúdos ministrados em química orgânica.

Os conteúdos apresentados me trouxeram lembranças felizes que tenho na minha história como aluno: i) antigo 2º grau; ii) como aluno da 4ª turma de graduação do curso de licenciatura em Química da UFMS e iii) como professor da Escola Estadual Arlindo de Andrade Gomes em Campo Grande-MS.

No antigo 2º grau, em 1983 tive o privilégio de ter visto um cartaz anunciando com destaque o “*Programa de Apoio ao Ensino de Química no 2º grau em Campo Grande-MS-PAEQ*”. Me inscrevi e fui selecionado. Foi meu primeiro contato com as atividades do Departamento de Química da UFMS. E como jovem, foi grande magia ver o quão prática e aplicada era a química. Fazer uma *Determinação do ácido cítrico no suco de laranja* foi sensacional, (apesar dos cálculos infinitos) juntamente com a *explosão do sódio metálico em água e a queima do magnésio*. Estas práticas me marcaram muito durante naquele Programa realizado nos laboratórios de Química na UFMS.

Mas foi na memória do Vestibular da Fundação Carlos Chagas de 1984, exatamente nas 40 questões de Química, sendo apenas 8 de orgânica, que me vi refletindo e conversando com outros capítulos da presente obra. Seria ótimo ter este material naquela época como apoio para responder tantas perguntas que fazia para meus professores e muitas vezes não recebia resposta. Para obtê-las, era necessário ficar por horas lendo várias enciclopédias como a Barsa, o Conhecer e jornais publicados nacionalmente. A facilidade da consulta da internet não existia, como hoje! Apesar de ter tido grande êxito na prova, lembro-me de uma questão que certamente o livro teria me ajudado, quando este fala sobre *anestésicos*.

Como aluno da 4ª turma de graduação do curso de licenciatura em Química da UFMS: Meu primeiro contato com um dos autores, Prof. Dr. Walmir Silva Garcez, que foi meu professor de Química Orgânica Biológica II e III em 1985. Lá fui apresentado a conceitos muito diferentes do que eu havia aprendido em orgânica. Li e anotava todos os questionamentos que eram feitos para os alunos das disciplinas. Agora lendo o Livro senti como se o próprio autor e professor Walmir estivesse formulando perguntas durante a construção dos capítulos para os leitores.

Outro privilégio que tive, ao me propor a escrever este prefácio, foi o de reencontrar em diversos momentos a dinâmica de aprendizagem, agilidade e pragmatismo que observei da segunda autora, Profa. Mestre Luana Matsunaga. Desde quando ela foi minha aluna na graduação em 2012, nas disciplinas de prática de ensino e estágio supervisionado, esta começava sua carreira como professora do Ensino Médio. Mesmo no início, a Profa. Luana sempre buscava formas de melhorar seu desempenho no início de carreira, tendo sempre em mente a preocupação em ser uma profissional de excelência. É notório, no decorrer dos capítulos deste livro, que toda esta dedicação rendeu belos frutos.

Sempre acreditei e defendi que a escola deve oferecer oportunidades para os alunos e professores, permitindo aquisição de novos conhecimentos e novos horizontes

“1- só se aprende o que se pratica [...]; 2,-mas não basta praticar [...]; 3- aprendemos por associação [...]; 4- não se aprende nunca uma coisa só [...]; 5- toda a aprendizagem deve ser integrada à vida [...]” Dewey, (1965, p. 36-37).

Temos a necessidade de promover estudos de metodologias e estratégias que permitam tornar estes objetivos mais comuns dentro do currículo das escolas. De modo geral, o olhar do professor do Ensino Fundamental e Médio, no que se refere à aprendizagem do aluno, está baseado na lembrança das experiências educacionais que ele teve. Os exercícios sugeridos nos capítulos seguem uma estrutura de fácil compreensão, permitindo *até pensar* “O que o aluno tem que levar para casa”.

No retorno para INQUI/UFMS em 2008, agora como professor, pude trabalhar diretamente com Prof. Walmir Silva Garcez e fui entendendo muito mais a relação entre professor universitário e a formação do futuro professor nos cursos de licenciaturas. E foi nas disciplinas de Prática de Ensino I e II que conseguimos identificar que o modelo de aula adotado pelo graduando de licenciatura em Química era muito mais próximo ao modelo do professor que o mesmo teve no Ensino Médio do que ao modelo a que foi exposto durante sua formação universitária. E também, que o Livro Didático e a internet possuem grande influência na preparação das aulas que os graduandos propõem para alunos do Ensino Médio. Neste ponto, o presente livro traz uma proposta de organização da estrutura das aulas para os conteúdos de química orgânica.

E por final, *como professor da Escola Estadual Arlindo de Andrade Gomes em Campo Grande-MS*, me trouxe à tona o quanto o professor do Ensino Médio tem pouco espaço para as reflexões sobre sua própria prática. Ele se vê obrigado a cumprir as responsabilidades tais como: diário de classe, plano de aula, correção de provas, correção de trabalhos e preenchimento de formulários vindos do órgão central de educação. Logo, ter um material como este pode colaborar em muito na preparação das

aulas do professor. A pretensão não parece ser criar uma escola ou uma linha pedagógica, mas simplesmente auxiliar verdadeiramente o professor de Química no Ensino Médio.

A preocupação dos autores com o diálogo mais simples é constante, ficando a obra com simplicidade e com profundidade na medida certa. Verdade que certamente ela passará por outros olhares, por correções, por ajustes, mas naquilo a que ela se propôs foi feliz e tranquila. Penso que a linguagem mais simples poderá ajudar alunos e professores como material complementar e paradidático.

Os autores reafirmam que optaram por um caminho de linguagem simples, com textos objetivos, estruturas sistemáticas de perguntas. Isto reflete o pensamento de um pesquisador e orientador de pesquisa em Química Orgânica e uma recém Mestre no PROFQUI lançando suas ideias para serem avaliadas e debatidas com os demais que estão discutindo e debatendo o assunto.

Espero que cada página deste livro lhes cause o mesmo fascínio que a química orgânica me provocou, quando recebi as inspirações dos meus professores da graduação como Maria Helena Costa, Walmir Silva Garcez, Rosenei Brum, Neli Kika Honda e minha orientadora Neuza Maria Mazzaro Somera do Trabalho de Conclusão de Curso, tendo como título "*Alguns aspectos sobre a história dos corantes orgânicos sintéticos*"

Ivo Leite Filho.

BIBLIOGRAFIAS

BRASIL. *Lei n. 9.394*, de 20 de dezembro de 1996. Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília: Congresso Nacional, 1996.

DEWEY, John. *Pedagogia y filosofia*. Madrid: Francisco Beltrán/Española y Extranjera, 1930.

DEWEY, John. *El niño y el programa escolar: mi credo pedagógico*. Buenos Aires: Editorial Losada S. A., 1944.

DEWEY, John. *La ciencia de la educación*. 4. ed. Buenos Aires: Editorial Losada S. A., 1951.

DEWEY, John. *Experiencia y Educación*. 9a ed. Buenos Aires: Editorial Losada S.A 1967

DEWEY, John. *Cómo pensamos: nueva exposición de la relación entre pensamiento reflexivo y proceso educativo*. Barcelona: Ediciones Paidós, 1989.

MATO GROSSO DO SUL. Os Referenciais Curriculares da Rede Estadual de Ensino de Mato Grosso do Sul. Secretaria de Estado de Educação: Campo Grande – MS.2012.263p

SCHMITZ, Egídio Francisco. *John Dewey: alguns aspectos do seu pragmatismo e possíveis conseqüências de sua aplicação à educação*. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 1976.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO À QUÍMICA ORGÂNICA

A química trata do estudo da natureza e propriedades da matéria nos seus diversos estados e formas. Nesse sentido, **você saberia dizer alguma característica ou informação sobre os constituintes químicos das amostras abaixo (Figura 1)? Quais elementos químicos estão presentes? Ou o tipo de ligação química que ocorre?**

Figura 1. parafuso, sal de cozinha, rocha e madeira



Fonte: reprodução Pixabay e Freepik.

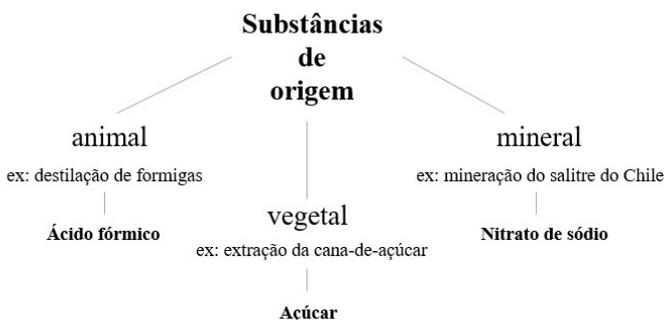
Se você está iniciando o 3º ano do ensino médio, provavelmente vai se virar bem com as três primeiras amostras, pois elas contêm compostos vistos no campo da química inorgânica. **O parafuso possui ligações metálicas entre os átomos de ferro e a pedra e o sal de cozinha são constituídos de íons, portanto, possuem ligações iônicas, mas... e a madeira?**

A madeira, naturalmente, é uma amostra muito mais complexa, mas, em princípio, ela é constituída de compostos orgânicos. **E o que são compostos orgânicos?**

Atualmente, a química orgânica é definida, de uma maneira bem objetiva, como a área da química que estuda os compostos de carbono. Mas nem sempre foi assim...

Os alquimistas foram os precursores dos químicos e, no decorrer da busca pela pedra filosofal, eles descobriram vários procedimentos, como destilação e banho maria, que mais tarde foram incorporados pelos químicos. Assim os alquimistas descobriram/produziram inúmeras substâncias a partir de animais, plantas e minerais (rochas). No século XVII, o grande século para as ciências, um alquimista francês, Lèmery, publicou um livro chamado *Chymia* que tratava em capítulos específicos os compostos de origem mineral (os mais conhecidos), vegetal e animal (Figura 2).

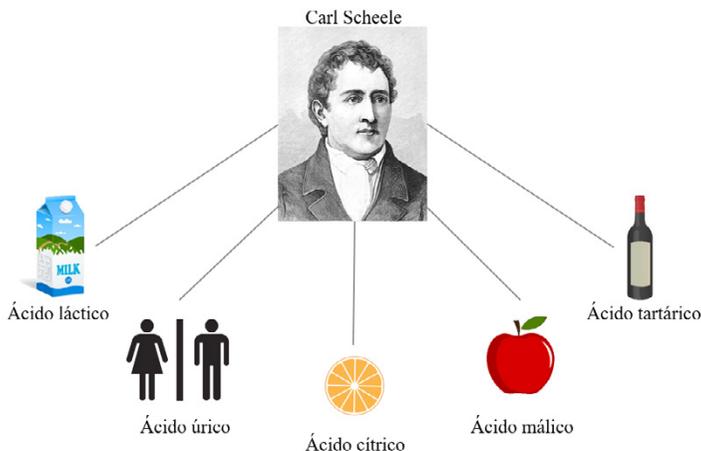
Figura 2. classificação de Lèmery



Fonte: autor.

Um personagem muito importante para a química orgânica foi o farmacêutico sueco Scheele, que isolou e purificou diversos compostos a partir de plantas e animais. Essa purificação foi essencial para que o estudo da composição destas substâncias fosse feito. Os principais ácidos isolados por ele foram: láctico (leite azedo), úrico (urina), cítrico (frutas cítricas), málico (maçã), gálico (noz de Gala), etc. (Figura 3).

Figura 3: substâncias isoladas por Scheele.



Fonte: reprodução Freepik, Wikimedia Commons e Pixabay.

Logo se percebeu que os compostos obtidos a partir de organismos vivos tinham propriedades bem diferentes daqueles obtidos do reino mineral, como pode ser constatado no experimento mostrado no Quadro 1.

Quadro 1: experimento demonstrativo: substâncias de origem mineral e vegetal.

Experimento	
Material	Método
<ul style="list-style-type: none"> - vela; - pregador de roupas de madeira; - 2 tubos de ensaio; - açúcar; - sal de cozinha; - fósforo ou isqueiro para acender a vela. 	<p>Colocar um pouco de açúcar em um tubo e no outro um pouco de sal, segurar com o prendedor a parte superior do tubo e vagarosamente aquecer o material com a vela por poucos segundos, observar as mudanças.</p> <p>* cuidado ao aquecer o material.</p>

Fonte: autor.

Após a realização do experimento, responda as perguntas do Quadro 2 com base na observação da prática experimental.

Quadro 2: perguntas e respostas do experimento.

Perguntas sobre o experimento
Pergunta: Quais foram as mudanças observadas? <i>Resposta: No sal nenhuma alteração foi observada; já no açúcar, ele se caramelizou.</i>
Pergunta: E se fizéssemos o mesmo experimento com uma sacola plástica e sal de cozinha, observaríamos a mesma coisa? <i>Resposta: Sim, pois a sacola iria queimar e o sal não sofreria qualquer alteração.</i>
Pergunta: Você saberia dar outros exemplos cotidianos que se assemelham a “natureza” do açúcar/plástico? <i>Resposta: Papel, tecidos, plásticos em geral.</i>

Fonte: autor.

Perceba que o plástico se assemelha mais ao açúcar do que ao sal. Podemos dizer que a “natureza” do plástico é semelhante à do açúcar, mas é diferente da “natureza” do sal.

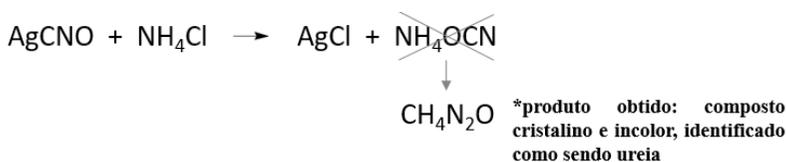
Os compostos obtidos de organismos vivos são mais sensíveis ao aquecimento e, em geral, sofrem mudanças irreversíveis. Outra característica importante, também, é que, nessa época, não era possível fazer transformações destes compostos ou produzi-los em laboratório. Isso era realizado com os compostos inorgânicos.

Então Berzelius, em 1808, classificou os compostos extraídos de animais e vegetais até então conhecidos como **orgânicos**; os obtidos de minerais foram chamados de inorgânicos. Nessa época, acreditava-se que a natureza dos compostos orgânicos era distinta dos inorgânicos e que somente seres vivos seriam capazes de produzir substâncias orgânicas. Isso por que os seres vivos possuiriam em seus corpos uma “força vital” capaz de fazer esta transformação. Esta teoria do vitalismo

era um consenso comum no período e isso não se aplicava somente à química, mas também à biologia, onde esta teoria era usada para explicar a geração da vida (geração espontânea).

Em 1828, Wöhler, ex-aluno de Berzelius, na tentativa de produzir **cianato de amônio**, a partir de cianato de prata + cloreto de amônio (inorgânicos), obteve como produto final a ureia (Figura 4). Como a ureia era um composto que já havia sido isolado da urina por Boerhaave, em 1727, e posteriormente por Rouelle, em 1773, não foi difícil identificá-la.

Figura 4: síntese de Wöhler.



Fonte: autor.

E você, já ouviu falar da ureia? Saberá dizer onde ela geralmente é encontrada?

A ureia é uma substância utilizada em ração animal e como fertilizante, sendo uma fonte de nitrogênio. Ela é encontrada na urina de animais.

Wöhler não obteve cianato de amônio, mas acabava de produzir uma substância típica de seres vivos a partir de substâncias inorgânicas, sem a presença da “força vital”. Neste momento, a teoria do vitalismo foi seriamente abalada. Outros cientistas, como Kolbe, em 1845, que produziu ácido acético a partir de carvão, ou mesmo Chevreul, que produziu ácidos graxos a partir de compostos inorgânicos, ajudaram a diminuir a influência da teoria da força vital nas ciências e ela foi caindo em desuso. A partir de meados do séc. XIX, percebeu-se que as leis químicas se aplicavam tanto para os compostos orgânicos como para

os inorgânicos, sem distinção.

O domínio do fogo foi um fator fundamental na evolução da humanidade, mas a combustão sempre foi um enigma de difícil explicação (caso se interesse, pesquise sobre a teoria do flogisto). Foi o grande químico francês Lavoisier que esclareceu o fenômeno, em torno de 1780, mostrando que a combustão é uma reação de combinação com o oxigênio.

Com base na combustão dos compostos, Lavoisier introduziu o conceito de análise elementar. Essa análise tinha caráter qualitativo (quais produtos eram formados) e quantitativo. Esse último fator resultou na chamada lei da conservação das massas, traduzida na frase emblemática: *“na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma”*. Essa frase é atribuída a Lavoisier e, apesar de não ter sido cunhada por ele, expressa bem o seu pensamento¹.

O aspecto qualitativo da combustão mostrou que a queima dos compostos orgânicos sempre origina CO₂ (gás carbônico). Esse fato resultou na nova e atual definição de química orgânica. Kekulé, em 1864, define que química orgânica é o campo da **química que trata dos compostos de carbono, independentemente de sua origem.**

Mas por que carbono? Dentre tantos elementos na tabela periódica, por que uma parte da química é centrada neste único elemento? O que ele tem de especial?

Vamos precisar voltar um pouco no tempo para responder a esta pergunta...

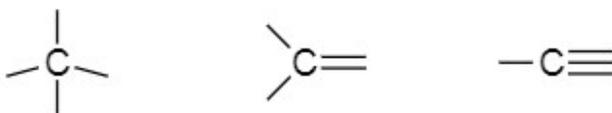
¹ Esse trecho vem de um poema grego de Anaxágoras de Clazômenas datado de aproximadamente 500 a.C.

Em meados do século XIX, Frankland propõe as valências dos átomos, que seria o poder de combinação deles (quanto cada átomo vale). Mas foram Couper e Kekulé (separadamente) que aplicaram este conceito aos compostos orgânicos, criando o que chamamos teoria estrutural.

Assim, foi definido que o carbono tinha valência quatro, o hidrogênio uma, o oxigênio duas e o nitrogênio três. Perceba que o carbono tem um grande poder de combinação e isso significa que ele pode se conectar com vários átomos. No século XX, essas combinações/ conexões foram chamadas de ligações químicas e desta forma, observa-se que o carbono faz 4 ligações para ficar estável.

Porém o aspecto mais importante é que o carbono é o único elemento que se liga a outros átomos de carbono gerando moléculas estáveis. Couper e Kekulé introduziram representações para as estruturas dos compostos orgânicos, onde as valências eram representadas por traços. Estes traços, posteriormente, vieram a corresponder às ligações químicas. Se formos atualizar a linguagem de Couper e Kekulé, diríamos que o átomo de carbono pode fazer ligações simples, duplas ou triplas entre si ou com outros elementos (Figura 5).

Figura 5: possibilidades de ligações do carbono.



Fonte: autor.

O átomo de carbono é capaz de realizar múltiplas ligações (simples, dupla e tripla).

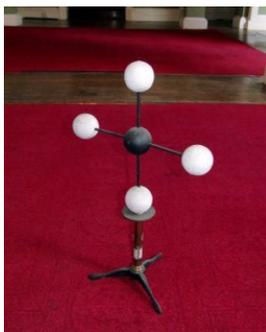
O termo “cadeias carbônicas” expressa as estruturas originadas de ligações entre átomos de carbono. Essa possibilidade de diferentes

combinações e arranjos das cadeias carbônicas confere grande **versatilidade**, fazendo com que o número de compostos orgânicos conhecidos seja muito maior que o de compostos inorgânicos (numa proporção de aproximadamente 8:2).

O número de compostos orgânicos é muito grande quando comparado ao de compostos inorgânicos.

Foi Hoffmann que, em torno de 1870, divulgou pela Europa a representação das cadeias carbônicas. Ele chegou a apresentar em palestras e congressos um modelo feito de madeira com bolinhas e varretas (Figura 6) para representar as estruturas dos compostos, muito semelhante aos modelos moleculares utilizados atualmente.

Figura 6: modelo de Hoffmann.

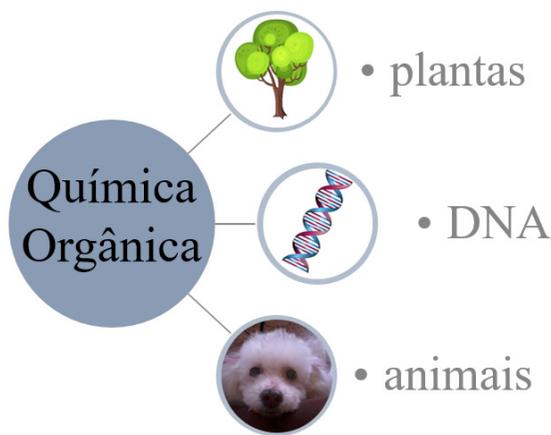


Fonte: reprodução Wikimedia Commons.

Hoje aprendemos que a química orgânica se refere aos compostos de carbono, **que podem, ou não, ter vindo dos seres vivos**. Mas quando pensamos em animais, vegetais, bactérias, etc. Todos eles são formados majoritariamente por compostos orgânicos (com exceção da água). De certa forma, essas substâncias são a chave da “vida” como a conhecemos, já que os seres vivos são formados por proteínas, lipí-

deos, carboidratos, DNA, colesterol, hormônios, etc., *que são compostos orgânicos* (Figura 7).

Figura 7: química orgânica.



Fonte: reprodução Freepik e autor.

É claro que nem todos os compostos que possuem carbono são orgânicos, mas todos os compostos orgânicos possuem carbono. Alguns exemplos de substâncias que possuem carbono, mas não são orgânicas seriam o grafite, diamante, CO_2 , carbonatos (ex: CaCO_3), CO ..., etc.

Isso porque não possuem as propriedades típicas de compostos orgânicos.

O que o aluno tem que “levar para casa”

- a química orgânica se refere aos compostos de carbono;
- o carbono se liga a vários elementos e a outros átomos de carbono de modo **muito estável**;
- o carbono faz 4 ligações;
- o carbono faz ligações múltiplas (simples, dupla e tripla);

- o carbono forma cadeias estáveis;
- a maioria dos compostos conhecidos são orgânicos;
- compostos orgânicos são sensíveis ao calor e se degradam de forma irreversível sob ação do mesmo;
- a definição de química orgânica é de 1808 (Berzelius), mas seu desenvolvimento se deu de forma mais significativa a partir de 1856 com o surgimento da teoria estrutural (Couper e Kekulé).

Perguntas do capítulo 1- Introdução à Química Orgânica

Pergunta 1: Qual o elemento central da química orgânica? Cite 3 características principais desse elemento.

Pergunta 2: Para cada substância abaixo, determine se ela é orgânica, inorgânica ou não sabe opinar.

Substância	Orgânico	Inorgânico	Não sabe opinar
água			
casca de ovo (CaCO_3)			
garrafa PET			
açúcar			
parafina			
gasolina			
linha Nylon®			
bicarbonato de sódio (NaHCO_3)			

óleo de soja			
giz de quadro negro			
panela de alumínio			
osso ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$)			

Pergunta 3: Qual a principal propriedade, facilmente verificável, que difere os compostos orgânicos dos inorgânicos?

Pergunta 4: Qual experimento você recomendaria para diferenciar um produto em orgânico e inorgânico? Por exemplo um pedaço de papel X uma rocha.

** As respostas se encontram ao final do capítulo.*

Respostas do capítulo 1- Introdução à Química Orgânica

Pergunta 1:

O elemento central da química orgânica é o carbono, as principais características dele são:

- ligações covalentes estáveis entre átomos de carbono;*
- tetravalência;*

- cadeias carbônicas estáveis, inclusive as cadeias longas;
- formação de ligações múltiplas (simples, duplas e triplas).

Pergunta 2:

Substância	Orgânico	Inorgânico	Não sabe opinar
água		X	
casca de ovo (CaCO_3)		X	
garrafa PET	X		
açúcar	X		
parafina	X		
gasolina	X		
linha Nylon®	X		
bicarbonato de sódio (NaHCO_3)			
óleo de soja	X		
giz de quadro negro		X	
panela de alumínio		X	
osso ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$)		X	

Pergunta 3:

A principal propriedade é que os compostos orgânicos sofrem combustão de maneira muito fácil, diferentemente dos compostos inorgânicos.

Pergunta 4:

Faria um experimento onde avaliaríamos a capacidade de sofrer combustão dos materiais, o papel sofreria combustão, já a rocha não.

CAPÍTULO 2

CADEIAS CARBÔNICAS

Considere as principais fontes de energia utilizadas atualmente (Figura 8):

Figura 8: principais combustíveis.



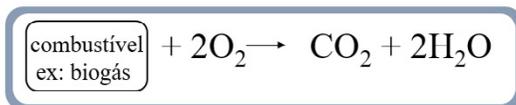
Fonte: reprodução Freepik.

O que elas têm em comum?

Todas são constituídas de compostos contendo apenas carbono e hidrogênio.

A energia é obtida destas fontes a partir de sua queima. A combustão acontece como na seguinte equação (Figura 9):

Figura 9: reação de combustão.



Fonte: autor.

O combustível reage com o oxigênio do ar e libera, além de calor, gás carbônico e água em uma reação de oxidação.

O principal constituinte do biogás ou do gás dos pântanos é um composto orgânico (Figura 9). **Você saberia dizer quais elementos estão presentes nele? (pense na equação)**

Os elementos presentes são carbono e hidrogênio.

Seria possível determinar a fórmula molecular deste gás?

A partir do balanceamento da equação, chega-se em CH_4 .

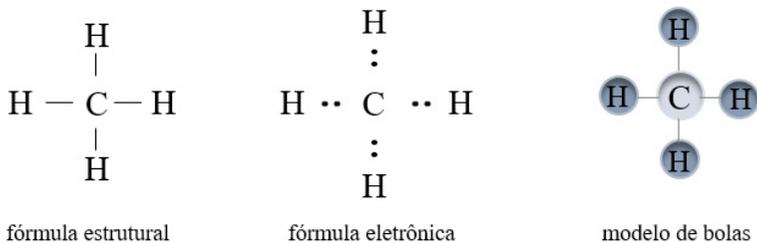
Isso mesmo! O principal componente do biogás ou do gás dos pântanos é o metano, cuja fórmula molecular é CH_4 . Ele pertence à classe mais simples dos compostos orgânicos, chamada de hidrocarbonetos. Compostos desta classe são constituídos apenas de carbono e hidrogênio. O metano representa o composto orgânico mais simples, pois suas moléculas têm só 1 carbono. A fórmula molecular do metano, juntamente com a de outros compostos, permitiu descobrir uma importante característica do carbono: a sua tetravalência.

Era assim, com experimentos de combustão controlada, que Lavoisier, em torno de 1780, fazia a análise elementar das substâncias orgânicas, determinando quali e quantitativamente o elemento carbono. Essa técnica foi aprimorada no início do século XIX por Berzelius e, posteriormente, por Liebig, permitindo análises qualitativas e quantitativas muito rápidas e precisas. Usando a análise elementar podia

obter-se a fórmula molecular dos compostos orgânicos. Com base nesses dados, em meados do século XIX surgiu a noção de valência e, logo em seguida (1856), a teoria estrutural de Kekulé e Couper e a definição atual do que é química orgânica (ramo da química que estuda os compostos de carbono).

Como vimos no tópico anterior, o carbono faz 4 ligações estáveis. Essas ligações podem ser simples ou múltiplas (representadas por $-$, $=$ e \equiv) e originam cadeias muito estáveis. Geralmente, essas cadeias possuem carbono e hidrogênio, como é o caso do nosso exemplo, o metano. Vamos ver agora as representações para o metano (Figura 10):

Figura 10: representações para o metano.

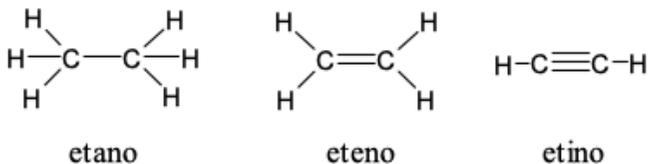


Fonte: autor.

Observe que cada traço corresponde a uma ligação covalente, portanto a um par de elétrons compartilhados.

Com dois átomos de carbono e hidrogênios podemos ter três estruturas diferentes. **Vamos propor as fórmulas estruturais delas?**

Fórmulas estruturais possíveis.

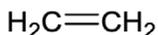


O etano é um gás residual presente no gás natural; o eteno é o gás do amadurecimento das frutas e o etino é o gás utilizado nos maçaricos.

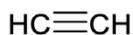
As estruturas moleculares dessas substâncias também podem ser representadas como mostrado abaixo, na representação condensada.



etano



eteno

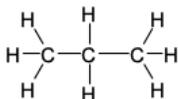


etino

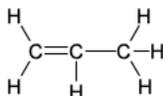
Seguindo esta linha de raciocínio, podemos ter moléculas mais complexas, com maior número de átomos de carbono e diferentes arranjos.

Vamos tentar com três átomos de carbono e hidrogênios?

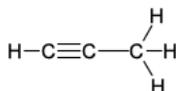
Essas são as possibilidades estruturais para moléculas de três carbonos.



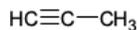
ou



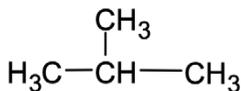
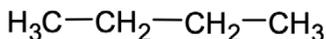
ou



ou



Com quatro átomos de carbono e **apenas ligações simples** podemos ter duas possibilidades:



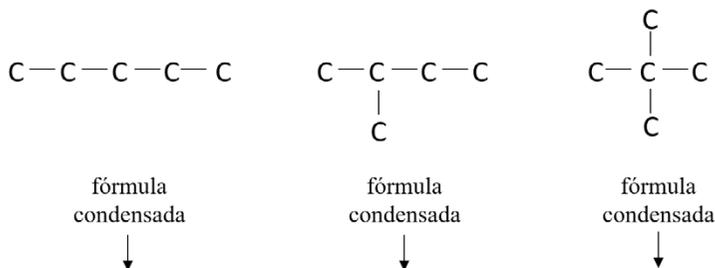
Observe que nesta segunda fórmula estrutural tem um átomo de carbono ligado a outros três átomos de carbono.

Qual a fórmula molecular dos compostos acima?

Ambos são C_4H_{10} .

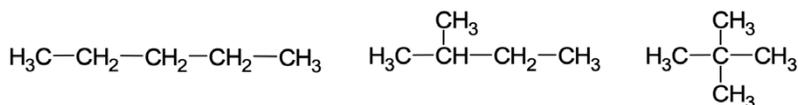
Com **cinco** átomos de carbonos e apenas ligações simples podemos ter três estruturas químicas. **Considerando as cadeias carbônicas incompletas a seguir (Figura 11), represente os átomos de hidrogênio ligados a cada átomo de carbono e mostre também as fórmulas estruturais condensadas.**

Figura 11: cadeias carbônicas incompletas com cinco átomos de carbono.



Fonte: autor.

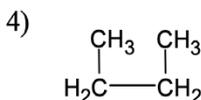
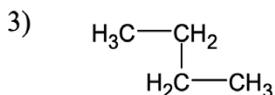
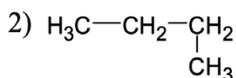
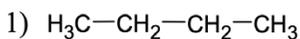
As fórmulas estruturais são:



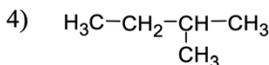
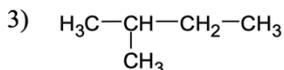
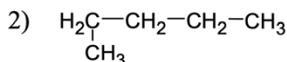
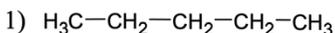
Qual a fórmula molecular destes compostos?

Todos são C_5H_{12} .

Deve-se observar que nestas representações o importante é a sequência dos átomos de carbono na cadeia, não importando a forma como seja mostrada. Por exemplo, todas as representações abaixo correspondem à mesma estrutura.



Vejamos agora a representação de algumas estruturas com 5 átomos de carbono.

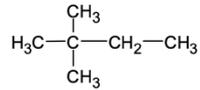
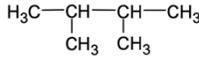
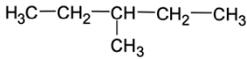
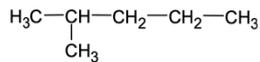
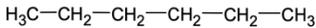


Você saberia dizer quantas substâncias estão representadas?

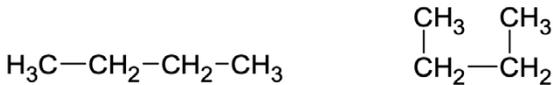
Duas substâncias. 1 e 2 são iguais; 3 e 4 são iguais.

Com seis átomos de carbono fazendo apenas ligações simples são possíveis cinco estruturas. **Vamos tentar representá-las?**

Estas são as representações.

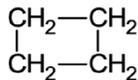


Vamos observar agora essas duas representações de uma cadeia carbônica com quatro átomos de carbono:



Seria possível existir alguma estrutura na qual os dois átomos de carbono das extremidades estejam ligados?

A resposta é sim! E neste caso temos compostos cíclicos (abaixo).



Essa cadeia é chamada de fechada ou cíclica e, conseqüentemente, as mostradas anteriormente são ditas abertas ou acíclicas.

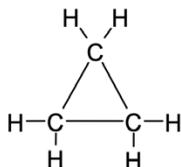
As cadeias carbônicas podem ser abertas ou fechadas.

Será que existe uma cadeia cíclica com 3 átomos de carbono?

Sim, existe.

Como seria a sua representação?

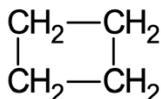
Essa seria a sua representação:



ou



Os ciclos podem ser representados na forma chamada “representação em bastão ou em linha”.



ou



Repare que cada vértice corresponde a um carbono (ligado aos respectivos hidrogênios).

Na representação em linha, cada vértice corresponde a um carbono com os respectivos hidrogênios.

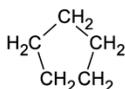
Vamos representar as fórmulas estruturais em linha abaixo na forma de representação condensada?



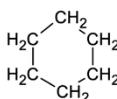
e



As representações condensadas são:

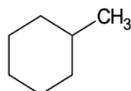


e



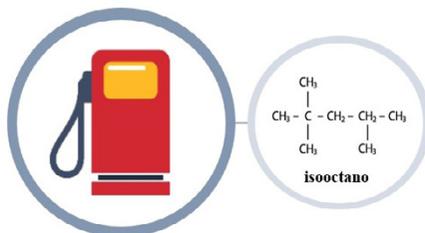
Portanto, o átomo de carbono pode fazer várias ligações estáveis, gerando cadeias abertas e fechadas.

Existe ainda a possibilidade de termos ciclos substituídos ou com ramificações, como neste caso abaixo:



Vamos ver a seguir algumas características estruturais e termos utilizados para categorizar os carbonos e as cadeias carbônicas nas estruturas dos compostos orgânicos. Para isso, observe a fórmula estrutural do isooctano (Figura 12), principal componente da gasolina.

Figura 12: isooctano.



Fonte: reprodução Freepik.

Os carbonos dessa cadeia carbônica podem ser classificados como: primário (ligado a 1 outro carbono), secundário, terciário ou quaternário.

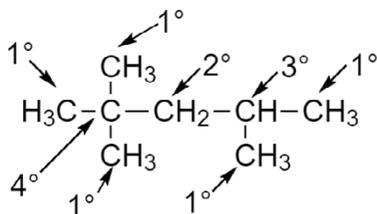
O que seriam carbonos secundários, terciários e quaternários?

São, respectivamente: carbonos ligados a dois carbonos, três carbonos e quatro carbonos.

Vamos, então, classificar os carbonos da estrutura do isooctano?

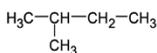
Veja a resposta na Figura 13.

Figura 13: classificação dos carbonos da molécula do isooctano.



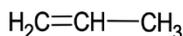
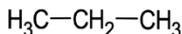
Fonte: autor.

Qual a diferença que você pode destacar entre essas duas fórmulas estruturais?



Uma cadeia é dita linear/normal e a outra ramificada.

Que diferença você vê entre essas duas fórmulas estruturais?



Uma possui apenas ligações simples e a outra possui uma ligação dupla.

Quando uma estrutura possui **ligação dupla ou tripla** entre carbonos chamamos a cadeia de **insaturada** e quando se têm apenas ligações **simples** chamamos de cadeia **saturada** (está saturada de hidrogênio).

Essa característica é muito importante, porque, por exemplo, é ela que determina se um lipídeo será óleo (líquido) ou gordura (sólido). O óleo possui moléculas com cadeias insaturadas e a gordura com cadeias saturadas.

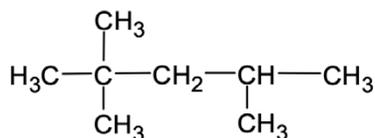
Perceba que neste tópico nós exploramos as possibilidades de estruturas para as cadeias carbônicas, e que isso influencia diretamente em suas propriedades físicas e químicas.

O que o aluno tem que “levar para casa”

- hidrocarbonetos possuem apenas átomos de carbono e de hidrogênio;
- existem diversos tipos de representação das estruturas dos compostos orgânicos, destacando-se as representações condensada e em linha;
- uma mesma substância pode ter representações distintas;
- em todas as estruturas o átomo de carbono sempre faz 4 ligações;
- as cadeias podem ser: abertas x fechadas, normais x ramificadas, saturadas x insaturadas;
- os átomos de carbonos podem **se ligar** a 1, 2, 3 ou 4 outros carbonos (classificados como primário, secundário, terciário e quaternário).

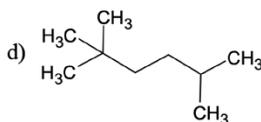
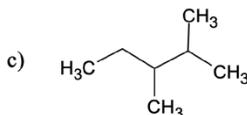
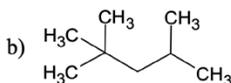
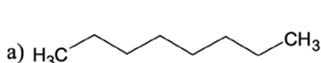
Perguntas do capítulo 2- Cadeias carbônicas

Pergunta 1: O isooctano é um dos componentes da gasolina comercial. Sua fórmula estrutural está representada abaixo.

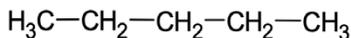


isooctano

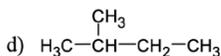
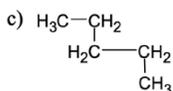
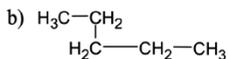
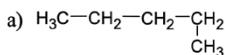
Qual das alternativas corresponde à fórmula estrutural em linhas para o Isooctano?



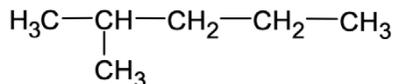
Pergunta 2: O pentano é um derivado de petróleo e pode ser usado como solvente. Sua fórmula estrutural está representada abaixo.



Vimos que existem diversas maneiras de se representar a estrutura de uma mesma substância. Sabendo disso, qual das alternativas abaixo **NÃO** é uma representação de uma estrutura linear (não ramificada)?



Pergunta 3: Os hidrocarbonetos são muito utilizados como solventes, principalmente devido à sua alta apolaridade e, conseqüentemente, alta hidrofobia. Observe a fórmula estrutural do 2-metilpentano.



Considerando a fórmula estrutural deste hidrocarboneto, representado acima, determine:

- quais carbonos são primários?
- quais carbonos são secundários?
- quais carbonos são terciários?
- a cadeia é saturada ou insaturada?
- a cadeia é normal ou ramificada?

* As respostas se encontram ao final do capítulo.

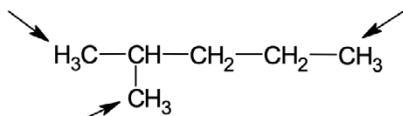
Respostas do capítulo 2- Cadeias carbônicas

Pergunta 1: *alternativa b*

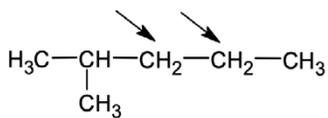
Pergunta 2: *alternativa d*

Pergunta 3:

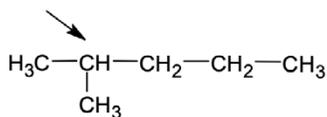
a)



b)



c)



d) *saturada.*

e) *ramificada.*

CAPÍTULO 3

ISOMERIAS CONSTITUCIONAL E GEOMÉTRICA

O termo isomeria foi cunhado por Berzelius, em 1830, para explicar a existência de duas substâncias com a mesma composição: o ácido cianico (HOCN - caracterizado por Wöhler) e o ácido fulmínico (HCNO - produzido por Liebig). Foi o primeiro fato a evidenciar que os átomos não estavam arranjados de forma aleatória nas moléculas (não era um pacote de átomos). Foi a primeira indicação de ligações químicas.

Para entendermos um pouco mais sobre isomeria, vamos explorar inicialmente as possibilidades estruturais para as moléculas com as características indicadas a seguir.

a) Represente moléculas com 4 átomos de carbono, apenas ligações simples e acíclicas. (2 possibilidades)

b) Represente moléculas com 4 átomos de carbono, uma ligação dupla e acíclicas. (3 possibilidades)

** para quem já sabe, desconsidere isômeros cis/trans neste caso.*

c) Represente moléculas com 4 átomos de carbono, apenas ligações simples e cíclicas. (2 possibilidades)

d) Represente moléculas com 4 átomos de carbono, uma ligação tripla e acíclicas. (2 possibilidades)

e) Represente moléculas com 4 átomos de carbono, duas ligações duplas e acíclicas. (2 possibilidades)

** respostas no final do capítulo.*

Vamos determinar agora as fórmulas moleculares para todas as estruturas representadas?

As fórmulas moleculares são: a) C_4H_{10} , b) C_4H_8 , c) C_4H_8 , d) C_4H_6 , e) C_4H_6

Vocês conseguiram observar alguma semelhança?

Algumas fórmulas moleculares são iguais: b/c e d/e.

Será que b e c apresentam diferenças apenas na estrutura? Ou há diferenças também nas propriedades?

As fórmulas moleculares são iguais, porém as substâncias e suas propriedades são diferentes.

Isso significa que uma mesma fórmula molecular pode corresponder a estruturas diferentes. Uma analogia que se pode usar são os brinquedos que possuem peças de montagem, como o Lego™, onde **as mesmas peças podem originar objetos diferentes**. Na química esse fenômeno é chamado de **isomeria**, ou seja, substâncias com fórmulas moleculares iguais, porém, com estruturas diferentes e, acima de tudo, com propriedades físicas e químicas diferentes.

Isomeria designa compostos que têm a mesma fórmula molecular e diferentes fórmulas estruturais.

No capítulo anterior já vimos alguns casos de isomeria e este conceito permeia toda a química orgânica. Neste capítulo será abordada a isomeria de hidrocarbonetos.

Vamos agora observar a relação C/H (nº. de carbonos/no. de hidrogênios) nos diversos casos. Podemos observar que esta relação muda em função das características das moléculas.

Vamos tomar, por exemplo, os casos **b e c**. **Vamos encontrar a relação entre as quantidades de carbono e de hidrogênio?**

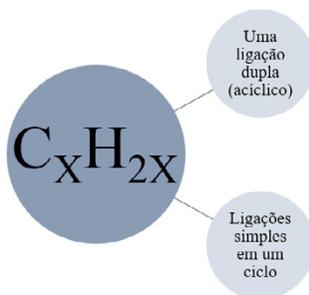
A quantidade de hidrogênios é o dobro da quantidade de carbonos.

Isso mesmo! O número de hidrogênios (8) é o dobro do número de carbonos (4). Então, podemos escrever uma fórmula genérica para essa classe de substâncias.



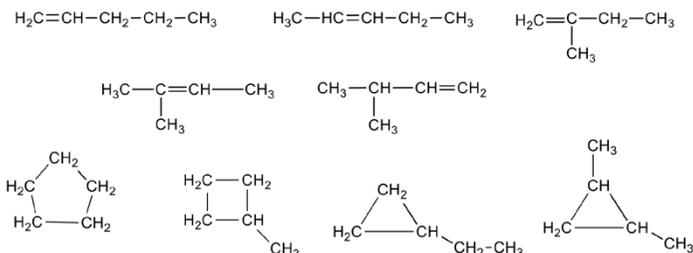
Portanto, qualquer fórmula molecular que se encaixar nesta relação C/H poderá corresponder a uma estrutura com uma ligação dupla ou um ciclo (Figura 14).

Figura 14: Possibilidades estruturais para $C_X H_{2X}$



Fonte: autor.

Vamos ver outro caso? Olhe as possibilidades estruturais (isômeros) para a fórmula molecular C_5H_{10} . São 9 possibilidades e todas com a relação $C_X H_{2X}$ (com uma ligação dupla ou um ciclo)



Agora vamos agora tentar determinar qual a relação C/H no caso a (C_4H_{10}). **O número de hidrogênios (10) representa o dobro, mais que o dobro ou menos que o dobro do número de carbonos (4)?**

Mais que o dobro.

Se mais que o dobro, exatamente quantas unidades a mais?

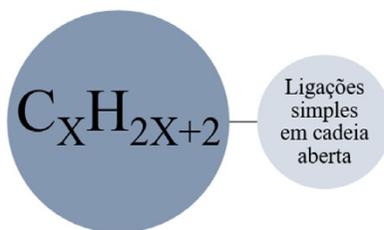
Duas unidades a mais que o dobro.

Como você percebeu, as estruturas do caso **a** são todas **acíclicas** e que apresentam **apenas ligações simples**.



Portanto, com essa relação, podemos representar hidrocarbonetos de cadeia aberta com ligações simples. Mas que fique claro que ela não corresponde a uma única estrutura, C_4 ou C_3 , mas a todo hidrocarboneto com estas características estruturais: **cadeia aberta com apenas ligações simples** (Figura 15).

Figura 15: Possibilidade estrutural para $C_X H_{2X+2}$.



Fonte: autor.

Vamos representar algumas estruturas? Tente representar as fórmulas estruturais para C_5H_{12} (3 possibilidades).

Isômeros possuem a mesma fórmula molecular, mas estruturas e propriedades diferentes.

** respostas no final do capítulo.*

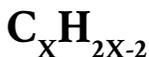
Agora vamos determinar a relação C/H para os casos **d** e **e**. **O número de hidrogênios (6) representa o dobro, mais que o dobro ou menos que o dobro do número de carbonos (4)?**

Menos que o dobro.

Se menos que o dobro, exatamente quantas unidades a menos?

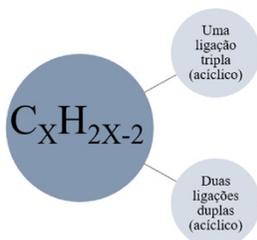
2 unidades a menos.

Portanto, a relação de C/H para estas moléculas é: C_xH_{2x-2} . Assim, substâncias cujas fórmulas moleculares se enquadrem nessa relação podem ter na sua estrutura uma ligação tripla ou 2 ligações duplas. Isso significa que essas características (uma ligação tripla ou 2 ligações duplas) são equivalentes, pois levam à mesma relação C/H.



Qualquer fórmula molecular que se encaixar nesta relação C/H poderá corresponder a estruturas acíclicas com duas ligações duplas ou uma ligação tripla (Figura 16).

Figura 16: Algumas possibilidades estruturais para C_xH_{2x-2} .



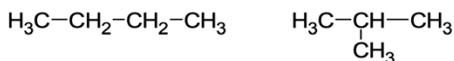
Fonte: autor.

A relação entre o número de carbonos e de hidrogênios em uma fórmula molecular permite prever as estruturas possíveis.

ISOMERIA CONSTITUCIONAL X ISOMERIA GEOMÉTRICA

Todos os exemplos anteriores correspondem à **isomeria constitucional**, que se refere a isômeros que diferem apenas na sequência em que os átomos são conectados.

Exemplo de isômeros constitucionais:

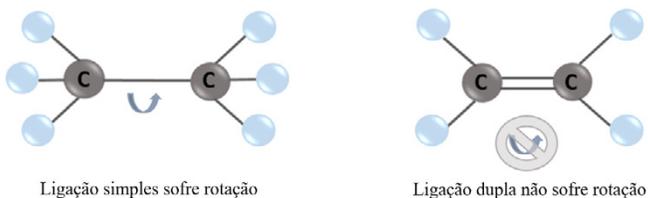


Mas o que seria a isomeria geométrica?

É um tipo particular de isomeria que ocorre com compostos que apresentam ligações duplas.

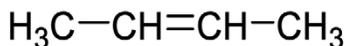
A ligação dupla, diferentemente da ligação simples, é rígida, e não permite o giro da ligação (Figura 17).

Figura 17: Giro da ligação simples e a “rigidez” da ligação dupla.

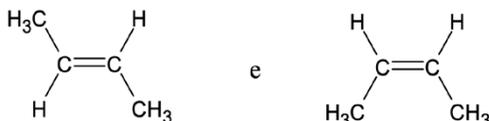


Fonte: autor.

Vejamos, então, o caso do 2-buteno (but-2-eno):

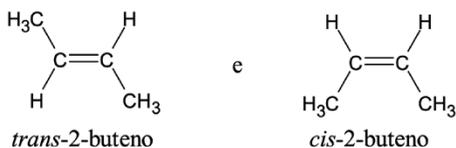


Essa fórmula estrutural não especifica um único composto. Ela pode corresponder a duas formas, pensando na sua disposição no espaço.



O nome 2-buteno não especifica um único composto. Pode haver duas formas para representá-lo, considerando o arranjo espacial.

Estas duas fórmulas estruturais correspondem a dois compostos diferentes, os quais têm propriedades físicas e químicas bem distintas. Por exemplo, o ponto de ebulição do primeiro composto representado é 3,73 °C, enquanto o do segundo é 0,96 °C. Como são substâncias diferentes, com propriedades diferentes, precisam ter nomes diferentes. E assim, são designados como mostrado abaixo:



* *trans* = lados opostos

* *cis* = mesmo lado

*Obs.: Existe um outro sistema de nomenclatura para designar isômeros geométricos, conhecido como sistema E/Z. Esse sistema não será tratado nesse livro.

O *cis*-2-buteno e o *trans*-2-buteno são isômeros (mesma fórmula molecular – C_4H_8). Este caso, porém, não é de isomeria constitucional, porque a sequência dos átomos é a mesma. A diferença entre os isômeros é no arranjo espacial. Este caso específico de isomeria, em função do arranjo dos substituintes na ligação dupla, é chamado de isomeria geométrica.

Mas todos compostos com ligação dupla na estrutura geram isômeros geométricos?

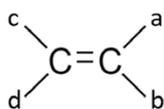
Não.

Para apresentar isomeria geométrica devem atender às seguintes condições estruturais:

- possuir ligação dupla entre carbonos;
- os substituintes de cada carbono devem ser diferentes entre si.

Veja resumidamente na figura 18 as condições para a existência de isomeria geométrica.

Figura 18: condição para isomeria geométrica em estruturas com ligação dupla.

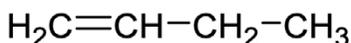


Onde:

$a \neq b$ e $c \neq d$, ou seja, não pode ter dois substituintes iguais ligados ao mesmo carbono da ligação dupla.

Fonte: autor.

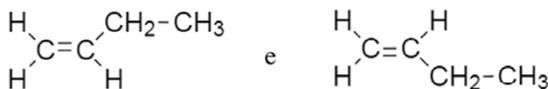
Considere o caso do 1-buteno:



Ele pode ter isômero geométrico?

Não, pois ele possui na sua estrutura dois substituintes iguais (H) no mesmo carbono da ligação dupla (Figura 19).

Figura 19: representações do 1-buteno (as duas representações correspondem ao mesmo composto).



Fórmulas estruturais iguais:
representam o mesmo composto

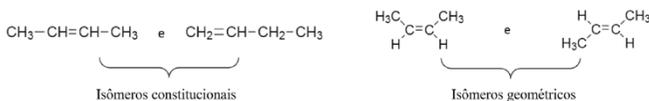
Fonte: autor.

A isomeria geométrica é um tipo de isomeria espacial. Os isômeros só são distinguidos pela representação espacial dos substituintes da ligação dupla.

A isomeria geométrica é um tipo de isomeria espacial. Os isômeros só são distinguidos pela representação espacial dos substituintes da ligação dupla.

Não se deve confundir isomeria constitucional e isomeria geométrica. Observe nos exemplos abaixo (Figura 20).

Figura 20: representações de isômeros constitucionais e geométricos.



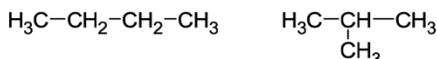
Fonte: autor.

Você já ouviu falar de gordura *trans*? Você verá um pouco disso no Capítulo 17, mas pode fazer uma pesquisa para se informar sobre isso. Sugerimos o link abaixo:

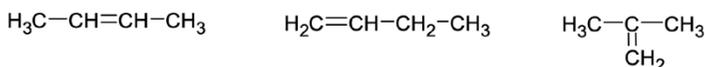
http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/2010/Quimica/artigos/o_que_e_gordura_trans.pdf .
Acesso em: 30 dez. 2020.

Respostas das atividades propostas:

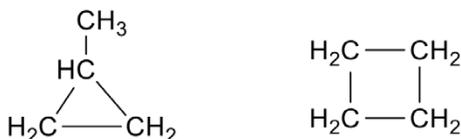
a) *Fórmulas estruturais com 4 átomos de carbono, apenas ligações simples e acíclicas (2 possibilidades)*



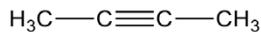
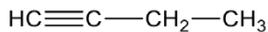
b) *Fórmulas estruturais com 4 átomos de carbono, uma ligação dupla e acíclicas. (3 possibilidades)*



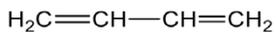
c) *Fórmulas estruturais com 4 átomos de carbono, apenas ligações simples e cíclicas. (2 possibilidades)*



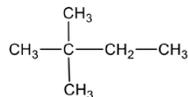
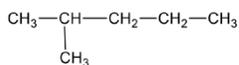
d) Fórmulas estruturais com 4 átomos de carbono, uma ligação tripla e acíclicas. (2 possibilidades)



e) Fórmulas estruturais com 4 átomos de carbono, duas ligações duplas e acíclicas. (2 possibilidades)



Vamos representar outras estruturas? Tente representar as fórmulas estruturais para C_5H_{12} (3 possibilidades).



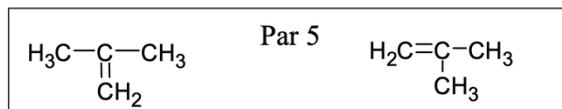
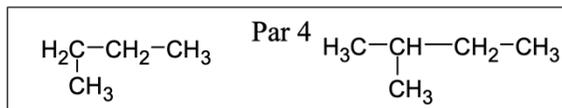
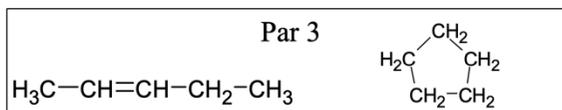
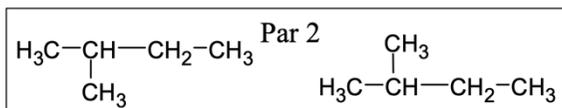
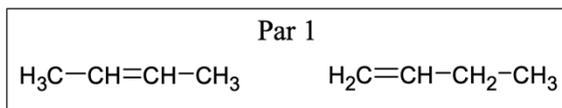
O que o aluno tem que “levar para casa”

- uma molécula não é um pacote de átomos; o arranjo dos átomos (conectividade) pode formar substâncias diferentes;
- isômeros possuem mesma fórmula molecular e fórmulas estruturais diferentes;
- uma mesma fórmula molecular pode corresponder a estruturas diferentes;
- estruturas diferentes correspondem a substâncias com propriedades diferentes;
- a relação C/H pode fornecer informação sobre as estruturas possíveis para determinada fórmula molecular;
- C_xH_{2x+2} : cadeias carbônicas abertas com apenas ligações simples;
- C_xH_{2x} : cadeias carbônicas abertas com uma ligação dupla ou com um ciclo de ligações simples;
- C_xH_{2x-2} : cadeias carbônicas abertas com apenas uma ligação tripla ou uma cadeia aberta com duas ligações duplas (há outras possibilidades);
- diferenciar isomeria constitucional de isomeria geométrica;
- requisito estrutural para ter isomeria geométrica (ligação dupla e substituintes diferentes em cada carbono da ligação dupla).

Perguntas do capítulo 3- Isomerias Constitucional e Geométrica

Pergunta 1: Qual a relação C:H para a fórmula molecular C_5H_{12} ?
 Represente as possibilidades estruturais (lembre-se que esta fórmula molecular é compatível apenas com cadeias abertas com ligações simples).

Pergunta 2: Para cada par de moléculas representadas abaixo determine se são: isômeros, não isômeros ou substâncias idênticas.

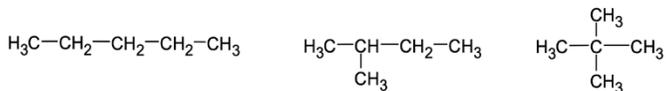


Pergunta 3: A fórmula molecular C_5H_{10} corresponde apenas a hidrocarbonetos com uma única ligação dupla? Justifique.

** As respostas se encontram ao final do capítulo.*

Respostas do capítulo 3- Isomerias Constitucional e Geométrica

Pergunta 1: São 3 isômeros. A relação C:H é C_xH_{2x+2}



Pergunta 2:

Par 1: isômeros

Par 2: substâncias idênticas

Par 3: isômeros

Par 4: não isômeros

Par 5: substâncias idênticas

Pergunta 3: Não. Pode representar também hidrocarbonetos cíclicos.

CAPÍTULO 4

NOMENCLATURA DE COMPOSTOS ORGÂNICOS- PARTE I

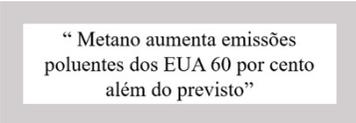
O que você faz para chamar uma pessoa quando a encontra na rua? Ou quando quer chamar o seu cachorro para brincar?

Chamo pelo nome!

O nome é uma palavra que identifica uma pessoa, um animal, um objeto ou um lugar. Para comprar um alimento ou um medicamento precisamos usar o seu nome para localizá-lo ou pedir ao atendente.

O mesmo vale para as substâncias. A nomenclatura química é uma ferramenta que nos permite identificar as substâncias e nos comunicarmos a respeito delas. Por exemplo, veja a notícia abaixo (Figura 21).

Figura 21: notícia sobre o metano



“ Metano aumenta emissões poluentes dos EUA 60 por cento além do previsto”

Fonte: Disponível em: <https://www.dn.pt/motor-24/interior/metano-aumenta-emissoes-poluentes-dos-eua-60-por-cento-alem-do-previsto-9560722.html>. Acesso em: 30 dez. 2020.

O que é metano?

É o nome de uma substância.

O nome que se dá a uma pessoa, animal, lugar ou produto é uma escolha aleatória: Maria, João, Totó, Pipoca, Campo Grande, Amambai, etc. Não existem “regras” para se dar nome nestes casos.

E os nomes das substâncias também são escolhas aleatórias? Ou existem regras para se dar nomes?

As substâncias recebem nomes oficiais através de regras de nomenclatura bem específicas.

Como se dá o nome a uma substância?

A linguagem química é altamente organizada e nada aleatória. A atribuição dos nomes às substâncias segue regras bem específicas. Mas nem sempre foi assim...

Até o século XVIII os nomes das substâncias eram dados em função do seu descobridor (sal de Glauber, sal de Alembroth), ou da origem da substância (ácido fórmico – formigas, ácido málico – maçãs) ou mesmo do aspecto físico (óleo de vitríolo, manteiga de antimônio), etc. Este método de dar nomes é muito subjetivo e causou muita confusão e atraso no desenvolvimento científico. Há casos de uma mesma substância ter mais de 15 nomes diferentes!

Atualmente, há um sistema de nomenclatura química regulado pela IUPAC (“International Union of Pure and Applied Chemistry” – em português, União Internacional de Química Pura e Aplicada), que tem normas específicas para se dar nomes aos compostos.

É importante se ter em mente que o sistema de **nomenclatura química é uma linguagem** para as pessoas se comunicarem sobre as substâncias.

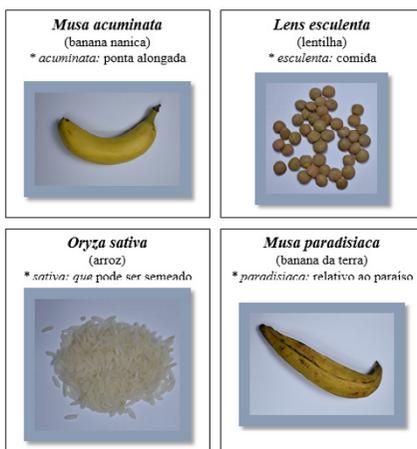
O sistema de nomenclatura química é uma linguagem para as pessoas se comunicarem sobre as substâncias.

A ORIGEM DA NOMENCLATURA CIENTÍFICA

A nomenclatura não era um fator limitante apenas na química, sendo a área da biologia particularmente afetada. O marco decisivo nesta questão é o trabalho de Carl von Linnè, o qual publicou em 1735

o livro *Sistema Natural* (em latim, *Systema Naturae*). Neste, ele propôs um sistema de classificação (taxonomia) das plantas e aperfeiçoou a **nomenclatura binominal**. Por este princípio, cada planta ou ser teria um **nome composto por duas palavras**: o gênero e o termo específico da espécie, **em latim**. Vejamos os exemplos abaixo (Figura 22).

Figura 22: nomenclatura binominal das espécies



Esse sistema de nomenclatura é fantástico, pois o nome da espécie já traz informações sobre sua posição sistemática (o gênero, p. ex.: *Musa*, *Homo*) e o nome da espécie pode indicar características da mesma ou fazer uma homenagem.

NOMENCLATURA QUÍMICA

O sistema de nomenclatura química se iniciou na França, no final do século das luzes (séc. XVIII). Quatro personagens estiveram envolvidos nesse processo, iniciado em 1772: Guyton de Morveau, Lavoisier, Fourcroy e Berthollet.

Na química orgânica também temos funções orgânicas, por exemplo: hidrocarboneto, álcool, aldeído, cetona, ácido carboxílico, éter, éster, amina, amida, etc.

Como mencionado, cada função é caracterizada pelas propriedades e estrutura química (grupos funcionais). Estas funções serão estudadas nos próximos capítulos. No momento, nos interessa mencionar que uma das informações contidas no nome do composto é a função orgânica de que faz parte.

A primeira função a ser estudada é hidrocarboneto. Essa função engloba todas as substâncias constituídas **apenas** de carbono e hidrogênio.

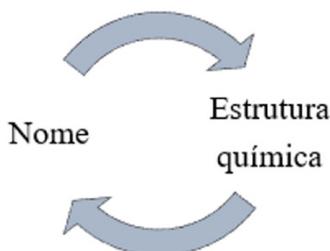
PRINCÍPIO GERAL DA NOMENCLATURA DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS

O princípio geral da nomenclatura dos compostos orgânicos define que:

– um nome está associado a apenas uma substância ou estrutura química. Não pode haver duas substâncias com o mesmo nome.

– é possível deduzir o nome de uma substância a partir de sua estrutura e vice-versa, ou seja, a estrutura química leva ao seu nome (Figura 24).

Figura 24: relação estrutura e nome dos compostos orgânicos.



Fonte: autor.

Agora que entendemos o princípio geral da nomenclatura dos compostos orgânicos, vamos pensar um pouco.

Qual é o elemento que necessariamente está presente nos compostos orgânicos?

Carbono.

Como estes átomos de carbono estão arranjados nas estruturas dos compostos orgânicos?

Em cadeias carbônicas.

Quantos átomos de carbono tem uma cadeia carbônica?

Como assim, professor? O número de átomos de carbono é variável. As cadeias podem ter número diferentes de átomos de carbono.

As cadeias carbônicas podem ter um número variável de átomos de carbono.

Portanto, o nome do composto deve trazer a informação sobre o **número de átomos de carbono** na cadeia. A parte do nome que contém essa informação é o “**prefixo**” (a parte inicial do nome).

Os prefixos indicativos do número de átomos de carbono estão no Quadro 3.

Vimos também que os átomos de carbono não se encontram soltos em uma molécula, eles fazem ligações entre si.

Quais tipos de ligação o carbono pode fazer?

Ligações simples, duplas e triplas.

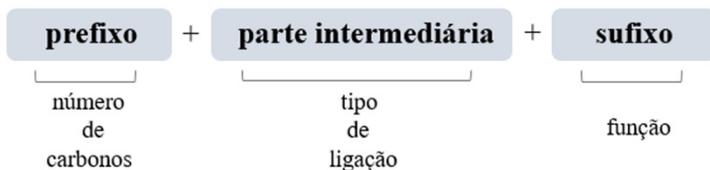
O **tipo de ligação** entre os carbonos é uma informação importante, por isso ela também faz parte da estrutura do nome do com-

posto, correspondendo à “**parte intermediária**” do nome. Os termos referentes aos tipos de ligação estão no Quadro 4.

Cada substância, orgânica ou inorgânica, pode ser classificada em determinada **função**, e esta informação precisa estar presente no nome do composto. No caso, a **função** corresponde ao **sufixo** (parte final do nome).

Considerando todas essas informações (**número de carbonos + tipo de ligação + função**), chegamos na sistemática da nomenclatura orgânica, que é a junção das 3 informações fundamentais (Figura 25):

Figura 25: estrutura do nome de um composto orgânico.



Fonte: autor.

PREFIXO

Como mencionado, o prefixo está associado ao número de átomos de carbono na cadeia (Quadro 3).

Quadro 3: prefixos indicativos do número de átomos de carbono.

Número de carbonos	Prefixo
1 C	Met
2 C	Et
3 C	Prop
4 C	But
5 C	Pent
6 C	Hex
7 C	Hept
8 C	Oct
9 C	Non
10 C	Dec

Fonte: autor.

Como se vê, a partir de 5 carbonos usa-se os prefixos gregos. De 1 a 4 carbonos os prefixos tem uma origem histórica, que será mencionada posteriormente.

PARTE INTERMEDIÁRIA

Como mencionado, a parte intermediária do nome está associada ao tipo de ligação presente na estrutura (Quadro 4).

Quadro 4: termos relativos à parte intermediária dos nomes.

Tipo de ligação	Parte intermediária
Apenas ligações simples carbono-carbono	AN
Uma ligação dupla carbono-carbono	EN
Uma ligação tripla carbono-carbono	IN

Fonte: autor.

SUFIXO

O sufixo está associado à função. Cada função orgânica é designada por um sufixo. Assim, a função hidrocarboneto corresponde ao sufixo **O**, a função álcool corresponde ao sufixo **OL**, a função aldeído corresponde ao sufixo **AL**, e assim por diante.

Assim, o sistema geral de nomenclatura para hidrocarbonetos é mostrado no Quadro 5.

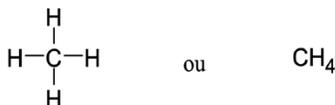
Quadro 5: sistema de nomenclatura dos hidrocarbonetos.

Nº de carbonos	Tipo de ligação	Função
Met	AN (–)	O (hidrocarboneto)
Et		
Prop	EN (=)	
But		
Pent	IN (≡)	
Hex		

Fonte: autor.

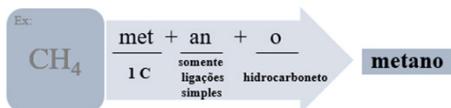
APLICANDO AS REGRAS DE NOMENCLATURA DE COMPOSTOS ORGÂNICOS

Qual seria o nome da substância correspondente às fórmulas estruturais abaixo?



O nome é metano. Veja na Figura 26.

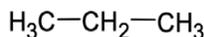
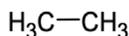
Figura 26: nomenclatura do metano.



Fonte: autor.

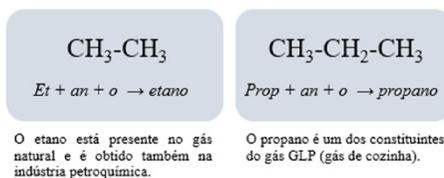
Metano é o principal constituinte do gás natural e do biogás, sendo conhecido como gás dos pântanos. Ele existe em pequena proporção na atmosfera, sendo um dos responsáveis pelo efeito estufa.

Vamos tentar mais uma vez! **Quais os nomes correspondentes a estas fórmulas estruturais?**



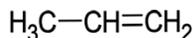
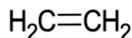
Os nomes são etano e propano, respectivamente. Veja na Figura 27.

Figura 27: nomenclatura do etano e do propano.



Fonte: autor.

Usando os modelos anteriores, **vamos determinar os nomes correspondentes às fórmulas estruturais a seguir.**



Seus nomes são, respectivamente: eteno e propeno.

Agora vamos tentar chegar na estrutura, a partir do nome.

Represente as fórmulas estruturais dos compostos abaixo.

Etino

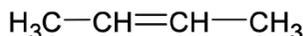
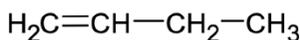
Butano

Suas fórmulas estruturais são, respectivamente:



Perceba que o sistema de nomenclatura química permite que você estabeleça a estrutura a partir do nome, ou o nome a partir da estrutura.

Vejamos outros exemplos. **Como seriam os nomes das substâncias correspondentes às fórmulas estruturais abaixo?**



Essas fórmulas estruturais são idênticas?

Não. Não são idênticas.

Se elas não são idênticas, podem ter o mesmo nome?

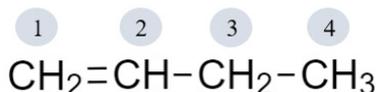
Não podem, pois cada substância tem um nome característico e um nome remete a uma única estrutura.

Perceba que as fórmulas estruturais não são iguais, logo devem ter nomes diferentes. **Mas em que exatamente as cadeias diferem?**

Elas diferem pela posição da ligação dupla.

Já que a posição/ localização da ligação dupla na cadeia é a diferença entre as moléculas, essa diferença deve ser evidenciada no nome da substância. Por isso, neste caso, devemos inserir a numeração da cadeia para indicar a posição da ligação dupla. A numeração começa pela extremidade mais próxima da ligação dupla (Figura 28).

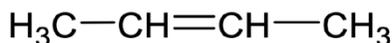
Figura 28: numeração da cadeia do 1-buteno ou but-1-eno.



Fonte: autor.

Logo, o nome desta substância é 1-buteno ou but-1-eno. O número indica a posição da ligação dupla na cadeia. Perceba que apenas um carbono da ligação dupla é mencionado: aquele de menor número.

Agora tente dar o nome para o outro buteno.



O nome é 2-buteno ou but-2-eno.

A nomenclatura é importante para identificarmos as substâncias, como foi dito no início do capítulo. Observe a seguir a notícia veiculada em um jornal (Figura 29).

Figura 29: notícia sobre o butano.

“A Refinaria Presidente Bernardes de Cubatão (RPBC) sofreu um novo vazamento na manhã desta quinta-feira (24). Este já é o quinto incidente em pouco mais de um mês. O mais recente aconteceu na última segunda-feira (21). De acordo com informações do Sindipetro-LP, o acidente aconteceu pouco antes das 7 horas e envolveu o vazamento de butano - produto que compõe o GLP (o conhecido gás de cozinha).”

Fonte: Disponível em: <http://www.fnpetroleiros.org.br/noticias/4351/bomba-relogio>.
Acesso em: 30 dez. 2020.

Perceba que agora você sabe reconhecer a estrutura das moléculas do butano a partir de seu nome.

O que você acha que significam os termos: alcanos, alcenos e alcinos?

Designam hidrocarbonetos que apresentam na estrutura:

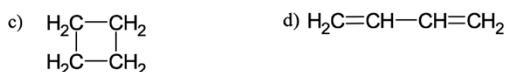
- apenas ligações simples (*an*) - alcanos
- uma ligação dupla (*en*) – alcenos
- uma tripla (*in*) - alcinos.

O que o aluno tem que “levar para casa”

- a nomenclatura química é muito importante. É uma linguagem química.
- a nomenclatura segue um sistema lógico;
- o nome carrega informações sobre a estrutura;
- no caso dos compostos orgânicos:
- o nome é constituído por: número de carbonos +tipo de ligação + função;
- número de carbonos: met, et, prop, but, pent, hex, hept, oct, non, dec..
- tipo de ligação: simples – an; dupla - en; tripla – in
- função hidrocarboneto: sufixo - o

Perguntas do capítulo 4 - Nomenclatura de Compostos Orgânicos – Parte I

Pergunta 1: O butadieno é uma matéria prima muito importante na produção de borracha sintética SBR, que é uma das mais difundidas no mundo. Conhecendo as regras de nomenclatura de hidrocarbonetos, qual seria a opção mais provável para a fórmula estrutural do butadieno?



Pergunta 2: No caso acima, o nome butadieno leva a apenas essa fórmula estrutural? É necessário numerar a cadeia? Explique.

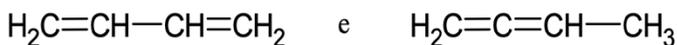
Pergunta 3: Quando colhemos uma fruta verde, temos o costume de embrulhá-la em um jornal para que ela amadureça mais rápido. A justificativa científica para isso é que existe um gás que é liberado pela fruta e provoca o amadurecimento. Ao embrulhar a fruta em jornal esse gás é retido e concentrado e o processo de amadurecimento ocorre mais rapidamente. A fórmula molecular desse gás é C_2H_4 . Qual sua fórmula estrutural e seu nome (oficial e não oficial)? Se tivesse que comprar esse gás, qual nome usaria?

** As respostas se encontram ao final do capítulo.*

Respostas do capítulo 4 - Nomenclatura de Compostos Orgânicos – Parte I

Pergunta 1: alternativa d.

Pergunta 2: Não. Existem duas possibilidades para uma cadeia de quatro carbonos com duas ligações duplas, por isso é necessária a numeração da cadeia para indicar suas posições.

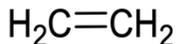


1,3-butadieno

e

1,2-butadieno

Pergunta 3: Seu nome oficial é eteno e seu nome não oficial é etileno. Seu nome mais utilizado é etileno.



CAPÍTULO 5

NOMENCLATURA DE COMPOSTOS ORGÂNICOS- PARTE II

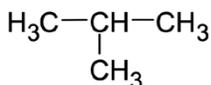
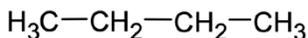
Falamos da **importância da nomenclatura** para as ciências em geral e qual a sistemática para darmos nomes aos compostos orgânicos. Lembre-se que o nome é constituído de 3 partes (n° de carbonos + tipo de ligação + função – Quadro 6). Vimos também, que, em certos casos, é necessário que se coloque a posição de uma insaturação.

Quadro 6: sistema de nomenclatura dos compostos orgânicos.

N° de carbonos	Tipo de ligação	Função
Met	AN (-)	O (hidrocarboneto)
Et		
Prop	EN (=)	OL (álcool)
But		
Pent	IN (≡)	ONA (cetona)
Hex		

Fonte: autor.

Como seria o nome das substâncias cujas moléculas têm as fórmulas estruturais abaixo?



Ambas possuem:

- 4 carbonos: but;
- só ligações simples: an
- função hidrocarboneto: o

Então seria butano?

As fórmulas estruturais são iguais?

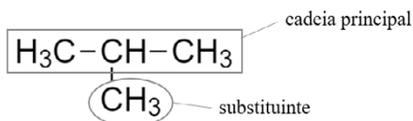
Não. Têm a mesma composição (mesma fórmula molecular - C_4H_{10}), mas são diferentes.

Se as estruturas das moléculas não são idênticas (são isômeras), as substâncias correspondentes não podem ter o mesmo nome.

As cadeias das duas estruturas são diferentes. A primeira cadeia é dita **LINEAR** ou **NORMAL** e a segunda **RAMIFICADA**.

Para fins de nomenclatura, consideramos que a cadeia ramificada é constituída de uma **cadeia principal e do substituinte**. A cadeia principal é a maior sequência de carbonos (Figura 30).

Figura 30: cadeia ramificada.

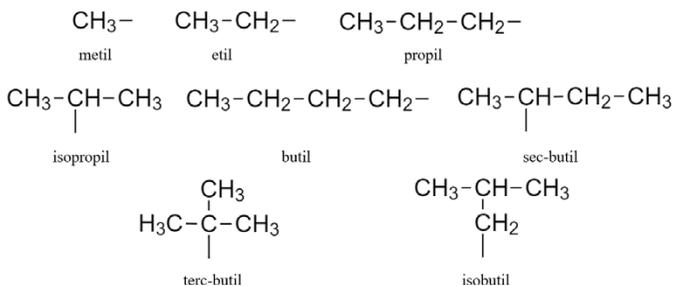


Fonte: autor.

Assim, nas cadeias ramificadas o nome é constituído de duas partes: o nome do substituinte e da cadeia principal. Lembrando que a cadeia principal é a maior sequência contínua de carbonos; já os substituintes representam os ligantes desta cadeia principal.

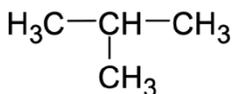
O nome da **cadeia principal** se refere ao hidrocarboneto correspondente, conforme mostrado anteriormente. Nesse caso, corresponde ao **propano**. Já ao substituinte é atribuído o nome considerando o número de carbonos + o sufixo IL (Figura 31); nesse caso é o metil.

Figura 31: principais substituintes



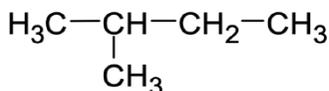
Fonte: autor.

Portanto, na cadeia ramificada o nome é formado pela cadeia principal e o substituinte.



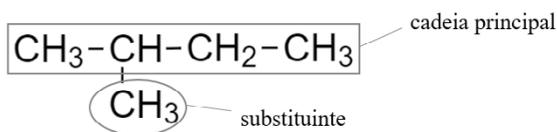
- Cadeia principal: propano
- Substituinte: metil
- Nome do composto: metilpropano

Vamos tentar um outro caso? Determine inicialmente a cadeia principal e depois o substituinte.



Fica conforme mostrado na Figura 32:

Figura 32: cadeia principal e substituinte (5 carbonos).

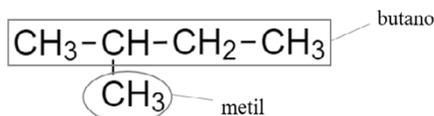


Fonte: autor.

Com base na Figura 32, **tente dar o nome correspondente à cadeia principal e identifique o substituinte.**

Fica conforme mostrado na Figura 33.

Figura 33: nomes correspondentes à cadeia principal e ao substituinte (5 carbonos).

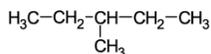
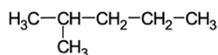


Fonte: autor.

Então, qual é o nome do composto representado?

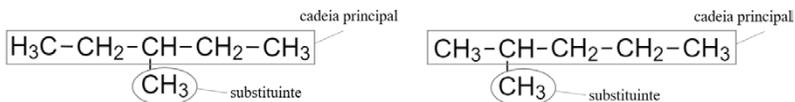
Seu nome é metilbutano.

Vamos a outros exemplos. **Determine inicialmente a cadeia principal e depois o substituinte das fórmulas estruturais abaixo.**



Fica conforme mostrado na Figura 34.

Figura 34: nomes correspondentes à cadeia principal e ao substituinte (6 carbonos).



Fonte: autor.

Então, qual é o nome atribuído à cadeia principal? E ao substituinte.

Fica conforme mostrado na Figura 35.

Figura 35: substituinte e cadeia principal da cadeia carbônica de 6 carbonos.



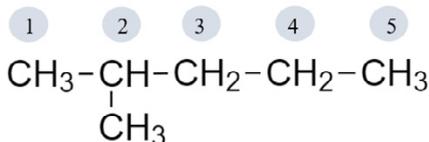
Fonte: autor.

A cadeia principal é o pentano e o substituinte é o metil, nas duas fórmulas estruturais.

Você percebe que as duas fórmulas estruturais levariam ao mesmo nome? E sabemos que isso não pode.

Então, é necessário introduzir uma nova variável para indicar a localização do substituinte na cadeia. Isso é feito **numerando** a cadeia principal (Figura 36).

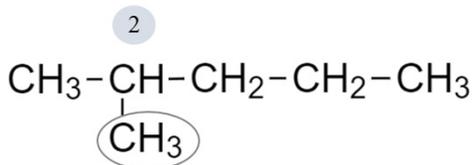
Figura 36: numeração da cadeia principal de 5 carbonos.



Fonte: autor.

A regra para se **numerar** a cadeia ramificada é igual à usada para as cadeias insaturadas, ou seja, **a partir da extremidade mais próxima do substituinte. Isto leva ao menor número para indicar a posição do substituinte** (Figura 37).

Figura 37: menor número para indicar a posição do substituinte.

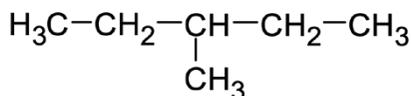


Fonte: autor.

Então, o nome fica: *2-metilpentano*

A regra para se numerar a cadeia é sempre adotar a que leva aos menores números para indicar as posições de substituintes ou insaturações.

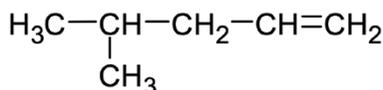
Agora você pode dar o nome para o outro caso.



O nome é *3-metilpentano*.

Veja que neste caso a numeração é a mesma, seja da direita para a esquerda ou da esquerda para a direita.

Vamos agora atribuir o nome de um composto cuja cadeia é, ao mesmo tempo, insaturada e ramificada. Vamos tomar como exemplo esta substância:



Inicialmente devemos determinar a cadeia principal e o substituinte. O ponto mais reativo desta molécula é a ligação dupla (a insaturação), e isso denota uma grande importância desta parte da molécula.

Qual a consequência disso?

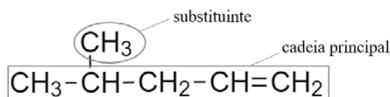
Isso significa que a cadeia principal é a maior possível contendo a insaturação, se houver.

A cadeia principal é a maior possível com a insaturação, se houver.

Mostre agora a cadeia principal e o substituinte para a fórmula estrutural acima.

Fica conforme mostrado na Figura 38.

Figura 38: cadeia principal e substituinte de uma estrutura insaturada e ramificada.



Fonte: autor.

Precisamos, também, determinar a posição tanto da insaturação quanto do substituinte. As possíveis numerações são as mostradas na Figura 39.

Figura 39: numerações possíveis para a cadeia principal de uma estrutura insaturada e ramificada.



Fonte: autor.

E aí, qual das possibilidades você acha que é a correta?

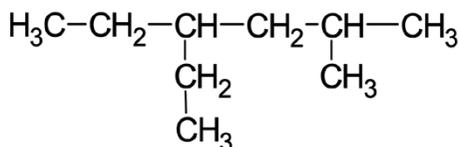
A ligação dupla tem prioridade sobre o substituinte, portanto a segunda possibilidade é a correta.

Então o nome do composto é: 4-metil-1-penteno ou 4-metil-pent-1-eno.

Lembre-se que na numeração da cadeia carbônica:

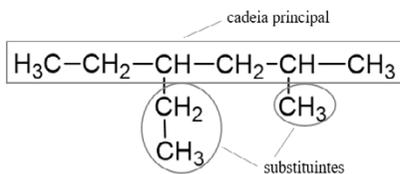
- sempre usaremos os menores números possíveis;
- a insaturação sempre está na cadeia principal;
- a insaturação tem prioridade sobre o substituinte (a posição dela deve determinar a numeração da cadeia).

Vamos encarar mais um desafio? **Como seria o nome da substância correspondente a esta fórmula estrutural?**



Vamos determinar a cadeia principal no primeiro momento (Figura 40).

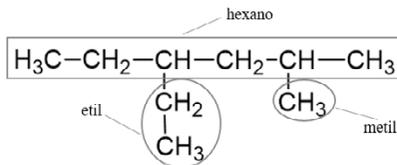
Figura 40: substituintes e cadeia principal da cadeia carbônica de 9 carbonos.



Fonte: autor.

A cadeia principal deve ser aquela com o maior número de carbonos possível, no caso, seria a de seis carbonos. Observe que teremos 2 substituintes, **vamos determinar o nome da cadeia principal e dos substituintes?**

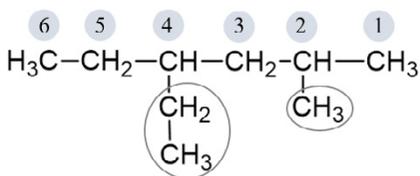
Figura 41: nomes da cadeia principal e substituintes.



Fonte: autor.

Determinando as posições a partir da extremidade mais próxima do substituinte, temos: (Figura 42)

Figura 42: numeração para a cadeia carbônica de 8 carbonos com insaturação.

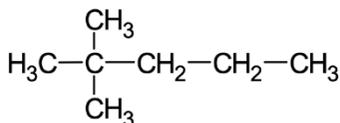


Fonte: autor.

Mas agora entramos numa outra questão, **qual o substituinte que escreveríamos primeiro? Etil ou metil?**

Neste caso usamos a ordem alfabética para dar o nome. Por isso o nome seria: 4-etil-2-metil-hexano.

Usando a mesma linha de raciocínio, como ficaria o nome correspondente a esta fórmula estrutural?

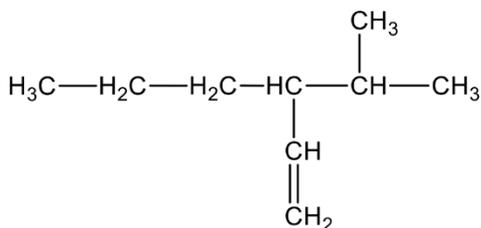


Seu nome seria 2,2-dimetilpentano. Isso porque sua cadeia principal possui cinco carbonos (pentano), há 2 substituintes idênticos (metil) e, como são dois, usamos o prefixo de repetição “di”. Pense a respeito das posições “2,2”. **Você poderia justificar a repetição do número?**

São dois substituintes, e cada um deles está na posição “2” da cadeia principal. Por isso usamos “2,2”; não poderíamos colocar apenas “2”, pois, se temos dois substituintes, precisamos indicar suas posições, mesmo que sejam idênticas. Se colocamos apenas “2”, estamos indicando a posição de apenas um deles. Onde está o segundo substituinte?

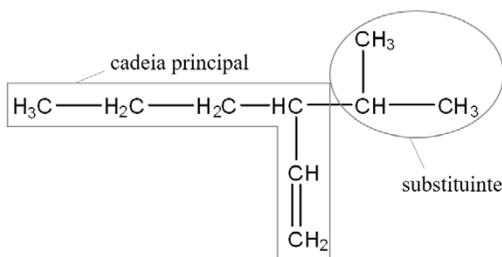
Outra coisa: não se pronuncia o termo “vírgula”. Não é um número fracionário. “2,2” pronuncia-se “dois dois”.

Vamos para mais um desafio? **Como seria o nome da substância correspondente a esta fórmula estrutural?**



Vamos determinar qual é a cadeia principal e os substituintes (Figura 43).

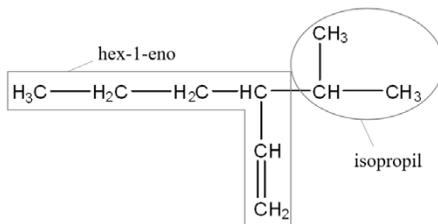
Figura 43: substituintes e cadeia principal da cadeia carbônica de 9 carbonos.



Fonte: autor.

A cadeia principal é aquela com o maior número de carbonos, mas que contenha a insaturação. Agora vamos determinar os nomes para o substituinte e a cadeia principal (Figura 44).

Figura 44: nomes da cadeia principal e substituintes.



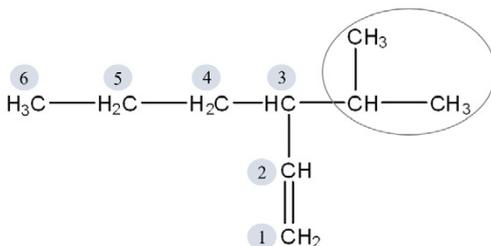
Fonte: autor.

Agora precisamos determinar as posições para a insaturação e o substituinte. Quem terá prioridade para a numeração da cadeia principal? **Substituinte ou insaturação?**

A insaturação, como já vimos.

As posições ficam assim (Figura 45):

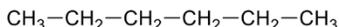
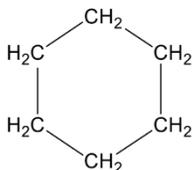
Figura 45: numeração para a cadeia carbônica de 9 carbonos com insaturação.



Fonte: autor.

Seu nome ficaria: 3-isopropil-1-hexeno ou 3-isopropil-hex-1-eno.

Vamos agora a um último caso. **Quais nomes você daria às substâncias correspondentes às fórmulas estruturais abaixo?**



Qual é a semelhança entre elas?

E a diferença?

As duas fórmulas estruturais possuem 6 carbonos, mas uma é fechada e a outra é aberta.

Esta informação deve estar presente no nome, por isso as cadeias fechadas são indicadas pelo termo “ciclo” em seu nome.

Os nomes correspondentes às fórmulas estruturais representadas são: ciclo-hexano e hexano, respectivamente (o uso do hífen no ciclo-hexano é porque a letra h não pode ficar entre duas vogais; ciclopentano se escreve sem o hífen).

As regras de nomenclatura vistas aqui servirão de base para as outras funções.

O nome de uma substância é necessário para podermos nos referir a ela.

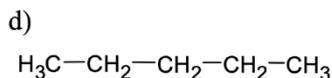
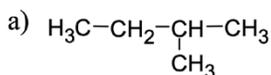
No caso da nomenclatura dos compostos orgânicos, o nome permite decodificar a estrutura da substância (e vice-versa).

O que o aluno tem que “levar para casa”

- em cadeias ramificadas, a cadeia principal é a maior possível;
- a cadeia principal deve conter a insaturação, se houver;
- em caso de substituinte, seu nome vem antes do nome da cadeia principal;
- quando for necessário, deve-se numerar a cadeia para indicar ramificações ou insaturações;
- a insaturação tem prioridade sobre o substituinte, no caso dos hidrocarbonetos (a posição dela deve determinar a numeração da cadeia);
- quando a cadeia é cíclica, adicionar o termo “ciclo” no nome.

Perguntas do capítulo 5 - Nomenclatura de Compostos Orgânicos - Parte II

Pergunta 1: Qual das fórmulas estruturais abaixo corresponde ao ciclopentano?



Pergunta 2: Por que o metilpropeno não requer nenhum localizador em seu nome? Justifique.

Pergunta 3: Existem diversos hidrocarbonetos que são usados como solventes orgânicos, como, por exemplo, o metilciclo-hexano, que está presente na composição de corretivos líquidos e também em combustíveis de avião. Determine a fórmula estrutural das moléculas deste solvente.

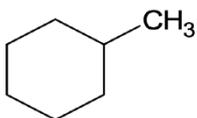
* As respostas se encontram ao final do capítulo.

Respostas do capítulo 5 - Nomenclatura de Compostos Orgânicos – Parte II

Pergunta 1: *alternativa b.*

Pergunta 2: *O metilpropeno possui apenas uma única possibilidade para a posição da insaturação ou do substituinte. Como existe uma única possibilidade, não há a necessidade de localizador.*

Pergunta 3: *a fórmula estrutural é:*



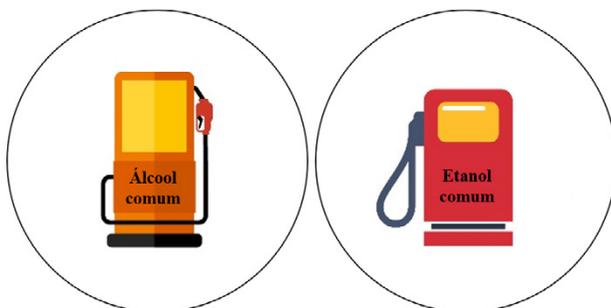
CAPÍTULO 6

FUNÇÕES ÁLCOOL E ÉTER

ÁLCOOL

Você já foi a um posto de combustível e se deparou com alguma destas bombas? (Figura 46)

Figura 46: bombas de combustível.



Fonte: reprodução Freepik.

Qual destas imagens é a atual?

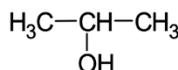
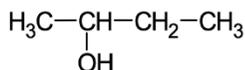
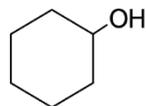
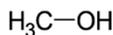
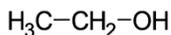
A da direita.

Você tem algum palpite sobre o porquê de trocarem o nome nas bombas de combustível?

A palavra álcool foi substituída porque não remete a uma substância, e sim a uma classe de substâncias, uma função orgânica. Na bomba de combustível existe o etanol e não várias substâncias da função álcool.

A palavra álcool remete a um grupo de substâncias (função) e não a uma única substância.

Para você ter uma ideia, abaixo estão representados alguns exemplos de álcoois.



Você consegue perceber alguma semelhança estrutural nestas substâncias?

Você pode reparar que todas elas possuem um -OH (hidroxila) ligado a um carbono. Este é o grupo funcional dos álcoois, ou seja, é o grupo que identifica os álcoois.

O grupo funcional dos álcoois é a hidroxila (-OH).

Considerando as informações sobre nomenclatura dos hidrocarbonetos, **o que podemos concluir a respeito da estrutura do “etanol”?**

Lembre-se da construção do nome “ET + AN + OL”.

O prefixo “ET” significa que possui 2 átomos de carbono e “AN” significa que existem apenas ligações simples entre carbonos.

E o final “OL”? Provavelmente indica o quê?

Indica a função da substância, ou seja, a função álcool.

Como vimos nas aulas anteriores, precisamos de um nome para nos referirmos a uma substância, ou mesmo para “comprar”. Para deduzirmos esse nome, segundo as regras da IUPAC, devemos considerar o n° de carbonos + tipo de ligação+ função, presentes na estrutura. Neste caso, o sufixo indicativo da função álcool é **OL**.

O sufixo referente à função álcool é OL.

Vamos ver esta notícia (Figura 47):

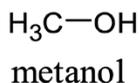
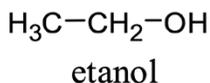
Figura 47: notícia sobre metanol.

“Um posto de combustíveis em Jundiaí, município a 57 quilômetros da capital de São Paulo, vendia como se fosse etanol um produto que continha 98% de metanol, sendo que a porcentagem máxima permitida seria de 0,5%. Além disso, a gasolina apresentou 59% de etanol, sendo que o limite máximo legal é de 27%. As descobertas se deram na última semana durante uma operação de fiscalização da Polícia Civil de São Paulo. O dono está foragido.”

Fonte: Disponível em: <http://www.sinpospetrocampinas.com.br/posto-em-jundiai-vendia-como-etanol-mistura-que-continha-98-de-metanol/>. Acesso em: 01 jan. 2021.

Quais são as fórmulas estruturais dos dois álcoois citados na notícia?

Estas são as fórmulas estruturais.



Resumidamente, este é o esquema de nomenclatura dos álcoois (Quadro 1).

Quadro 7: sistema de nomenclatura orgânica de álcoois.

Nº de carbonos	Tipo de ligação	Função
Met (1C)	AN (–)	O (hidrocarboneto)
Et (2C)		
Prop (3C)	EN (=)	
But (4C)		
Pent (5C)	IN (≡)	
Hex (6C)		

Fonte: autor.

Falando mais sobre etanol e metanol, os dois são líquidos incolores, voláteis e solúveis em água, mas, em mistura com a água, o etanol pode ser ingerido (“bebidas alcoólicas”) e o metanol não! O metanol é extremamente tóxico e, quando ingerido, mesmo em pequenas quantidades, gera cegueira e morte.

Veja a notícia (Figura 48):

Figura 48: notícia sobre o envenenamento por metanol.

“Em países como a Índia e a Rússia, casos de intoxicação por metanol vêm crescendo nos últimos anos. De acordo com uma declaração do Serviço Federal de Vigilância da Rússia sobre Proteção de Direitos do Consumidor e Bem-Estar Humano, aproximadamente 1.200 casos são registrados anualmente, o que significa cerca de 34% de todos os casos de envenenamento relacionados ao álcool. Essa estatística não inclui o surto de intoxicação por metanol em grande escala ocorrido em Irkutsk, na Sibéria, em dezembro de 2016, que levou a 77 mortes.”

Fonte: Disponível em: <https://veja.abril.com.br/saude/ingerir-alcool-ilegal-pode-trazer-riscos-a-saude/>. Acesso em: 01 jan. 2021.

O etanol pode ser chamado de álcool etílico, que é seu nome usual (não oficial). Sabendo disso, você seria capaz de dizer o nome usual do metanol?

Seu nome é álcool metílico.

Existe uma doença associada ao consumo excessivo de bebidas alcoólicas, o alcoolismo. Mas pensando bem, como ela está relacionada ao consumo de um álcool específico, o etanol ou álcool etílico, o nome mais correto seria etilismo.

Falando sobre o etanol, você tem ideia de qual é a diferença entre os produtos mostrados na Figura 49?

Figura 49: exemplo de produtos com etanol em nosso dia a dia.



Fonte: reprodução Freepik.

Todos eles têm etanol, mas precisamos lembrar que estes produtos são misturas e não substâncias puras. Isso quer dizer que além de etanol, existem outras substâncias. No caso do combustível de posto e do produto de limpeza doméstico, existem aditivos que, se ingeridos, fazem muito mal à saúde, como visto na notícia em que o etanol estava contaminado com metanol. Já as bebidas, como a cachaca/pinga, são soluções aquosas de etanol e não possuem aditivos tóxicos (em princípio), mas não podemos esquecer que o consumo em excesso também faz mal.

Falando em bebidas alcoólicas, você sabe de onde vem o etanol?

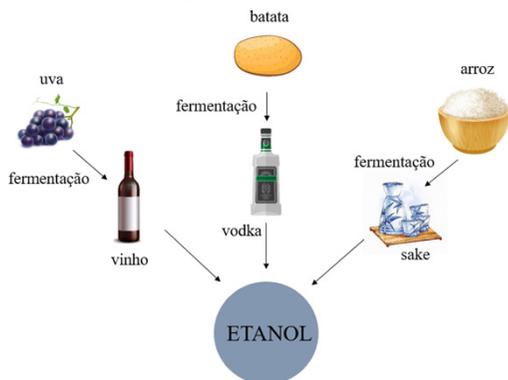
Pode vir da cana-de-açúcar.

Então, você acredita que a cana-de-açúcar possui etanol?

Se você acredita que a cana possui etanol, então quando você toma garapa, está ingerindo altas doses de etanol?

Na verdade, o açúcar da cana quando fermentado por um fungo, em condições adequadas, gera o etanol. Inclusive, várias outras matérias primas fermentadas podem gerar este álcool, formando as diversas “bebidas alcoólicas” (Figura 50).

Figura 50: exemplo de produtos com etanol em nosso dia a dia.



Fonte: reprodução Freepik.

Falando em bebidas que contêm etanol, você sabe o que acontece quando um vinho não é armazenado em condições adequadas?

Vira vinagre.

O que significa isso quimicamente?

Esta transformação está relacionada a uma importante propriedade: os álcoois sofrem oxidação. A oxidação de um álcool leva a outras funções (que serão vistas mais à frente). Por exemplo, a oxidação do etanol leva a um aldeído (Figura 51).

Figura 51: transformação do etanol em acetaldeído.



Fonte: autor.

O problema é que um aldeído se oxida com mais facilidade que o álcool. Logo, ele se oxida rapidamente originando outra função orgânica, um ácido carboxílico (Figura 52).

Figura 52: transformação do acetaldeído em ácido acético.



Fonte: autor.

Neste caso, o ácido carboxílico produzido é o ácido acético, principal constituinte do vinagre.

A oxidação do etanol é o princípio utilizado nos diferentes tipos de bafômetro. Se houver etanol na respiração, ele será detectado pela sua oxidação (Figura 53).

Figura 53: bafômetro e bebida.



Fonte: reprodução Pixabay.

Ficou curioso e quer saber mais sobre o teste do bafômetro? Sugerimos este link para você pesquisar um pouco mais:

<https://super.abril.com.br/tecnologia/como-funciona-o-bafometro/> Acesso em: 01 jan. 2021.

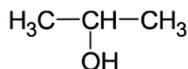
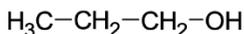
Álcoois sofrem oxidação.

Você já reparou que existem diversos “tipos” de etanol no supermercado?

Na verdade, não são “tipos” diferentes de etanol, mas sim diferentes concentrações de etanol, que são preparadas em função do uso que se pretende ter. As soluções mais comuns possuem as seguintes concentrações: 70% (m/m) ou 70° INPM, 46° INPM e ainda 20% (v/v) ou 20°GL.

A graduação de 70% (m/m), popularmente chamada de álcool 70, é a ideal para higienização das mãos e superfícies, já que esta concentração possui uma relação de água e etanol perfeita para matar microrganismos. Já a concentração de 46,2° INPM é ideal para ser usada como um produto de limpeza, já que o etanol solubiliza bem as substâncias de caráter apolar, como as gorduras.

Agora vamos deduzir o nome oficial das substâncias correspondentes às fórmulas estruturais abaixo.



Os dois poderiam ser chamados de “propanol”?

Não, porque representam estruturas diferentes. E um nome deve remeter a uma única estrutura.

Qual a diferença entre as duas moléculas representadas?

A posição da hidroxila.

Exato! A diferença está na posição do grupo -OH . Então, esta diferença deve estar presente no nome do composto: a posição da hidroxila deve ser indicada.

Como se pode indicar a posição da hidroxila?

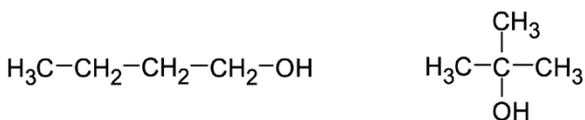
Numerando a cadeia carbônica.

Logo, qual seria o nome correto das substâncias correspondentes?

1-propanol ou propan-1-ol e

2-propanol ou propan-2-ol, respectivamente.

E qual seria o nome para as substâncias correspondentes a estas fórmulas estruturais?



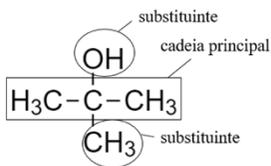
Ambas seriam butanol?

Não, já que possuem fórmulas estruturais diferentes.

Neste caso, precisamos observar que a segunda fórmula estrutural é de uma cadeia ramificada e, neste caso, precisamos indicar a cadeia principal e os substituintes. Para isso, seguimos o mesmo princípio usado na nomenclatura dos hidrocarbonetos visto no capítulo anterior.

Da mesma maneira que os alcenos, onde a cadeia principal deve conter a ligação dupla, no caso dos álcoois a cadeia principal deve conter a hidroxila (Figura 54).

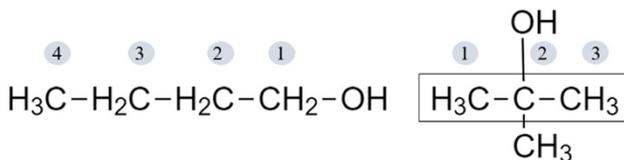
Figura 54: cadeia principal e substituintes de um álcool.



Fonte: autor.

- a numeração deve começar pela extremidade mais próxima do grupo funcional (Figura 55);

Figura 55: numeração dos carbonos de um álcool.



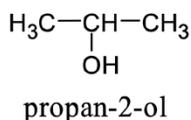
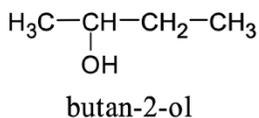
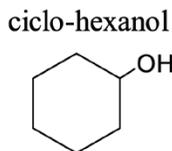
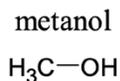
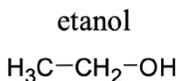
Fonte: autor.

Logo, os nomes das substâncias correspondentes são:

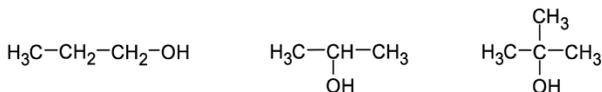
1-butanol ou butan-1-ol e

2-metil-2-propanol ou 2-metilpropan-2-ol.

Olhe só os nomes dos álcoois representados lá no início.



Vejamos outras questões que podem ser abordadas sobre os álcoois.

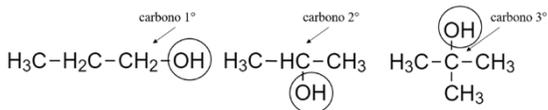


Se você tivesse que classificar os compostos acima como álcool primário, secundário e terciário, como seria?

Como seria a definição de álcool primário, secundário e terciário?

Álcoois primários são aqueles em que a hidroxila está ligada a um carbono primário; já no álcool secundário a hidroxila está ligada a um carbono secundário, enquanto no terciário, a hidroxila está ligada a um carbono terciário (Figura 56) (veja capítulo 2).

Figura 56: classificação de álcool.

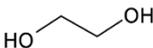


Fonte: autor.

Você acha que pode haver compostos com duas ou mais hidroxilas?

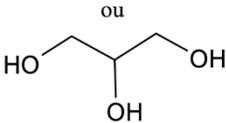
Sim. Para responder a essa pergunta, vamos ilustrar com duas substâncias importantes: etileno glicol e glicerol (Quadros 8 e 9).

Quadro 8: informações sobre o etilenoglicol.

Fórmula estrutural	Características
$\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ ou 	- classificado como um diol
	- nome pelo qual é mais conhecido: etilenoglicol
	- nome oficial: 1,2-etanodiol ou etano-1,2-diol
	- pesquise: onde o etilenoglicol é usado?

Fonte: autor.

Quadro 9: informações sobre o glicerol.

Fórmula estrutural	Características
$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2 \\ \quad \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$ ou $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{HC}-\text{OH} \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \end{array}$ ou 	- classificado como um triol
	- nome pelo qual é mais conhecido: glicerol ou glicerina
	- nome oficial: 1,2,3-propanotriol ou propano-1,2,3-triol
	- pesquise: onde glicerina ou glicerol é usado?
	- o glicerol é encontrado em nosso organismo na forma de triglicerídeos
	- os triglicerídeos, constituintes dos óleos e gorduras, serão estudados na função éster
- o glicerol é um subproduto de produção do biodiesel	
- é utilizado em cremes e loções hidratantes (olhe no rótulo de produtos que tem em casa)	

Fonte: autor.

Perceba que existem diversos álcoois importantes em nosso dia a dia. Faça uma pesquisa breve sobre as substâncias do Quadro 8 e 9 para aprender um pouco mais sobre álcoois.

ÉTER

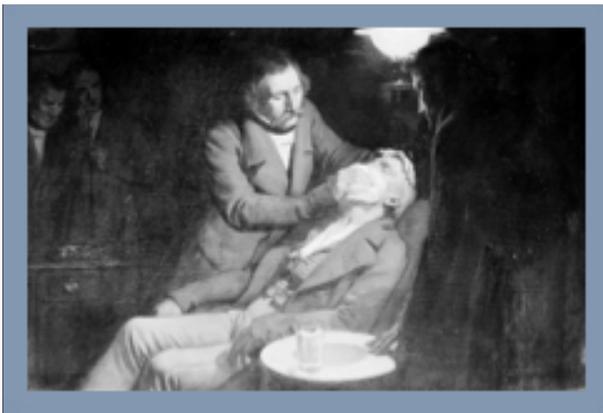
Você sabe como um paciente consegue suportar a dor de uma cirurgia ou no dentista?

É usada uma anestesia.

Mas nem sempre foi assim.

O advento dos anestésicos inalatórios foi revolucionário para o campo da medicina. Foi Crawford Long que usou o éter comum, em 30 de março de 1842, como o primeiro anestésico. Com o passar do tempo ele foi sendo substituído por outras substâncias mais eficientes e que não traziam os incômodos do éter comum, como vômitos e desidratação. Mas, de qualquer forma, o éter foi muito importante para a história da medicina.

Figura 57: uso do éter comum como anestésico.



Fonte: reprodução Wikimedia Commons.

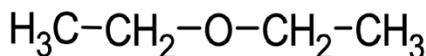
O que é éter?

O éter etílico é um produto industrial muito importante, sendo utiliza-

do como solvente. Isto se deve ao fato de os éteres serem inertes. Quimicamente, esta é a principal característica dos éteres: eles são pouco reativos.

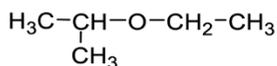
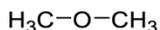
Os éteres são pouco reativos.

O éter é uma função, mas o termo “éter” está muito associado a uma substância específica, que é o anestésico éter etílico, representado abaixo.



Até hoje este éter pode ser encontrado ilegalmente em drogas, como o lança perfume.

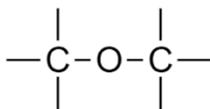
Vejamos abaixo outras fórmulas estruturais de éteres:



Você consegue perceber a similaridade entre essas fórmulas estruturais? Saberá identificar o grupo funcional da função éter?

O grupo funcional que caracteriza os éteres é um oxigênio entre dois carbonos (Figura 58):

Figura 58: grupo funcional dos éteres



Fonte: autor.

Vejamos uma notícia que fala desta função (Figura 59):

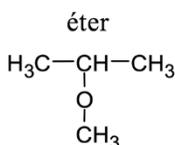
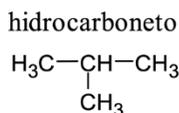
Figura 59: notícia sobre éter.

“A apreensão ocorreu no Jardim Oliveira Camargo. Dentro da casa estavam, aproximadamente, 40 tijolos da substância, vasilhas, máscaras, luvas, vidros de acetona e de éter, liquidificadores e embalagens. ”

Fonte: Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/noticia/policia-militar-apreende-quase-50-kg-de-pasta-base-de-cocaina-em-refinaria-de-drogas-em-indaiatuba.ghml>. Acesso em: 01 jan. 2021.

Na matéria acima, o éter se refere ao éter etílico. Ele é um produto controlado pela Polícia Federal porque pode ser usado como solvente na extração de drogas. Éter etílico, apesar de ser o nome mais importante, não é o nome oficial.

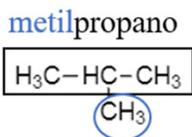
Vejamos o exemplo abaixo:



Como nós já aprendemos as bases da nomenclatura química, **qual é o nome do hidrocarboneto acima?**

Seu nome é metilpropano (Figura 60).

Figura 60: metilpropano.

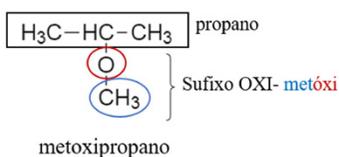


Fonte: autor.

Esse mesmo princípio é utilizado na nomenclatura dos éteres. Neste caso, a cadeia menor ligada ao oxigênio é considerada o substituinte da cadeia principal. Este substituinte é designado pelo sufixo **OXI**.

Assim, na fórmula estrutural do éter acima a cadeia principal tem 3 carbonos (propano) e o substituinte é o grupo -O-CH_3 (metóxi) (Figura 61).

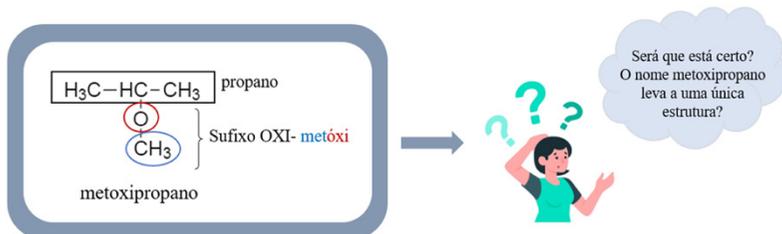
Figura 61: metoxipropano.



Fonte: autor.

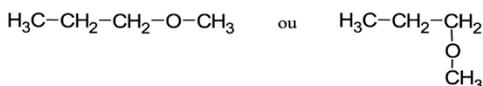
Humm! Será que está certo? (Figura 62)

Figura 62: possível nomenclatura do metoxipropano.



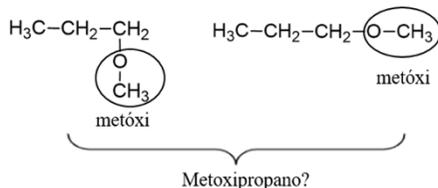
Fonte: reprodução Freepik.

Vamos ver. **Como você daria o nome para a substância correspondente à fórmula estrutural abaixo?**



Ela também seria metoxipropano (Figura 63)?

Figura 63: outra possibilidade de metoxipropano.



Fonte: autor.

Pelo que vimos, os dois compostos (Figura 64) seriam designados como “metoxipropano”. Mas eles são diferentes, não podem ser chamados pelo mesmo nome.

Figura 64: diferença estrutural entre os dois éteres.

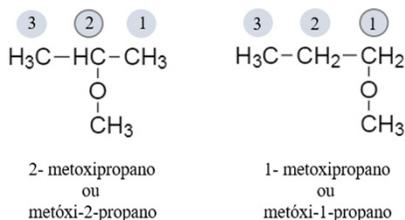


Fonte: autor.

Como fazer, então?

O que diferencia os dois compostos é a posição da metoxila na estrutura. Portanto, devemos numerar a cadeia para indicar a posição desse substituinte (Figura 65).

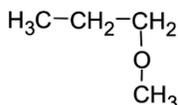
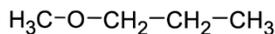
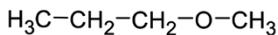
Figura 65: Nomenclatura correta dos éteres.



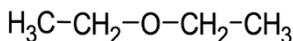
Fonte: autor.

*** Observação importante!**

As fórmulas estruturais abaixo são todas idênticas e representam a mesma substância: 1- metoxipropano ou metóxi-1-propano.

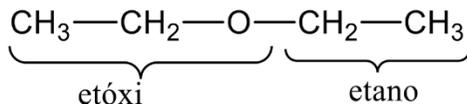


Como fica, então, o nome oficial da substância correspondente a esta fórmula estrutural?



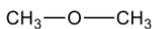
Seu nome oficial é **etoxietano** (Figura 66).

Figura 66: Nomenclatura do etoxietano (éter etílico).

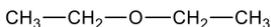


Fonte: autor.

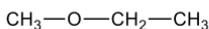
O prefixo “et” para se referir a 2 carbonos se originou de Éter (*aether*, em latim), pois o éter mais comum (etoxietano) contém grupos de 2 carbonos e foi produzido a partir do etanol.



éter dimetílico ou éter metílico



éter dietílico ou éter etílico



éter metil etílico

Observe a notícia abaixo que fala sobre o éter etílico (Figura 67).

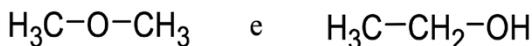
Figura 67: notícia sobre éter etílico.

“Um caminhão transportando acetato de etila, éter etílico e tintas para impressão parou na Polícia Rodoviária Federal (PRF) de Araranguá após o vazamento de um galão de acetato de etila. O Corpo de Bombeiros foi acionado e com equipamentos especiais retirou o material do baú do caminhão. O vazamento ocorreu por causa de um prego solto em um dos estrados de madeira usados para calçar os galões. O motorista passa bem e a ocorrência foi registrada por volta das 10 horas desta manhã.”

Fonte: Disponível em: <http://www.engeplus.com.br/noticia/seguranca/2016/corpo-de-bombeiros-e-acionado-apos-vazamento-de-produto-quimico-em-caminhao>. Acesso em: 01 jan. 2021.

Para finalizar, **vamos representar as estruturas das moléculas destas duas substâncias:** metoximetano e etanol.

Suas fórmulas estruturais são:



Você percebe alguma semelhança entre elas?

As fórmulas moleculares são iguais.

Perceba que a fórmula molecular ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) é a mesma, mas as estruturas e propriedades são muito distintas. **Você saberia dizer o nome deste fenômeno?**

É isomeria!

Álcoois podem ser isômeros de éteres.

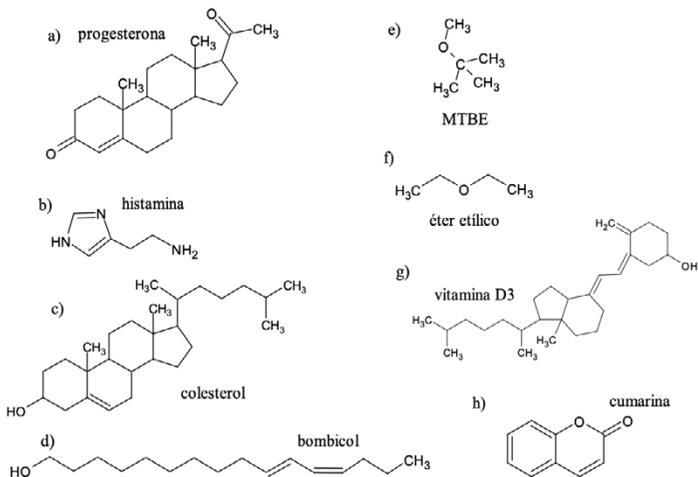
Os álcoois podem ser isômeros dos éteres.

O que o aluno tem que “levar para casa”

- “álcool” não se refere a uma única substância e sim a uma classe (função) de substâncias;
- o grupo funcional dos álcoois é uma hidroxila ligada a carbono (há exceções mostradas mais tarde);
- o etanol pode ser obtido através da fermentação de açúcar;
- uma propriedade química importante dos álcoois é a reação de oxidação; este é o princípio do bafômetro;
- o éter é uma função relacionada com os álcoois;
- o grupo funcional dos éteres é C-O-C (oxigênio entre carbonos);
- quimicamente os éteres se caracterizam por serem pouco reativos (inertes);
- éter etílico é o éter mais importante;
- álcool e éter são funções isômeras.

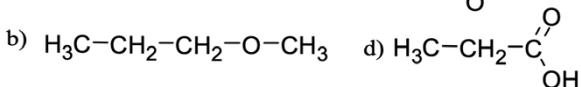
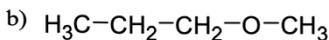
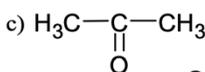
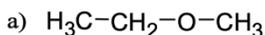
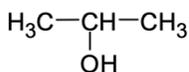
Perguntas do capítulo 6 - Funções Álcool e Éter

Pergunta 1: A função álcool engloba várias substâncias, e todas elas podem ser identificadas pelo grupo funcional dos álcoois. Das substâncias representadas abaixo, marque quais são álcoois?

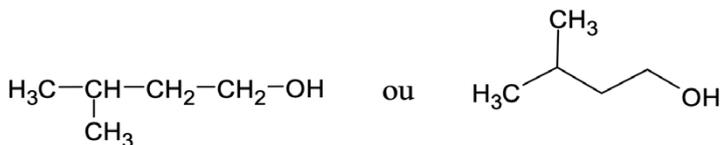


Pergunta 2: Explique com suas palavras, por que o termo "alco-olismo" não é adequado para descrever a doença crônica associada ao consumo incontrolável de bebidas.

Pergunta 3: O álcool isopropílico (representado abaixo) é ideal para a limpeza de peças eletrônicas, telas de celular e computador, porque ele não deixa resíduos e remove bem gordura. Esse álcool é um isômero de qual substância representada abaixo?



Pergunta 4: O álcool isoamílico (nome não oficial) é representado pela fórmula estrutural abaixo. Qual é o nome oficial do álcool isoamílico?



álcool isoamílico

* As respostas se encontram ao final do capítulo.

Respostas do capítulo 6 - Função Álcool e Éter

Pergunta 1: *alternativa c, d e g.*

Pergunta 2: *o termo alcoolismo não é correto, pois a doença refere-se apenas ao consumo de etanol ou álcool etílico e não de todos os álcoois. O termo etilismo é mais apropriado.*

Pergunta 3: *alternativa a*

Pergunta 4: *o nome seria: 3-metilbutan-1-ol ou 3-metil-1-butanol.*

CAPÍTULO 7

BENZENO E FUNÇÕES FENOL E ENOL

BENZENO

Você já leu “Moby Dick”, de Herman Melville? Conhece a história? Viu o filme?

O romance é inserido no contexto da caça às baleias. Essa atividade teve grande impacto econômico no século XIX. O óleo de baleia era um produto muito valorizado e uma de suas aplicações era a iluminação pública (Figura 68). Inicialmente, foi utilizado diretamente na queima, em lâmpões, e, posteriormente, na geração de gás de iluminação. Este gás era obtido pelo aquecimento do óleo a altas temperaturas e nos reservatórios onde este gás era armazenado sob pressão formava-se um resíduo oleoso.

Figura 68: antiga iluminação pública.



Fonte: reprodução de Bernhard Stärck por Pixabay.

Michael Faraday, o grande cientista inglês que fez grandes contribuições no estudo da eletricidade e eletromagnetismo, estudou a composição química deste resíduo oleoso entre 1820 e 1825. Deste estudo, resultou a descoberta de uma substância muito importante. Inicialmente, Faraday a chamou de bicarbureto de hidrogênio, mas, cerca de dez anos depois, a substância passou a ser designada pelo nome que tem atualmente: benzeno.

Faraday estudou as propriedades físicas e químicas do benzeno e determinou sua fórmula molecular: C_6H_6 . Como se observa, a relação C/H

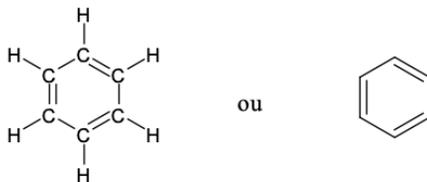
é de 1:1 e isto foi totalmente fora do comum. Se você considerar a fórmula molecular do etano por exemplo, C_2H_6 , percebe que a relação C/H é de 1:3 (para hidrocarbonetos saturados e acíclicos esta relação é expressa como C_xH_{2x+2} , onde X é o número de átomos de carbono).

Numa outra vertente, temos a investigação da goma de benjoin, originária da Ásia e utilizada desde a antiguidade, que foi considerada uma especiaria no período das grandes navegações.²

No século XVI (1556) a goma de benjoin foi investigada pelo alquimista Nostradamus (aquele das profecias), que a submeteu a uma destilação seca (equivalente a uma sublimação), obtendo um produto cristalino. Posteriormente, este composto foi denominado **ácido benzoico** (a grafia original de benjoin é “benzoyn”).

Em 1835, o pesquisador alemão Mitscherlich aqueceu ácido benzoico em presença de cal hidratada (hidróxido de cálcio) e obteve o benzeno. Daí a origem do termo: “benzoyn” → benzeno.

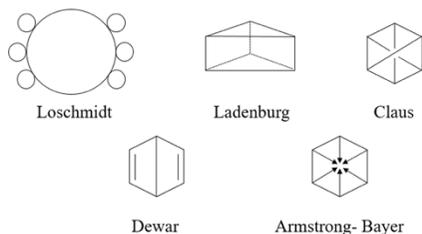
Somente a partir da década de 1850 a química orgânica se desenvolveu no que diz respeito à estrutura dos compostos. Logo a estrutura química do benzeno se tornou o motivo de uma grande controvérsia. Foi somente em 1865 que outro pesquisador alemão, August Kekulé, propôs a estrutura correta, representada abaixo:



Mas esta estrutura não foi aceita de forma unânime, já que havia propostas diferentes, de outros autores (Figura 69).

² Menção ao livro: Guerra Santa: As viagens épicas de Vasco da Gama e o ponto de Viragem em séculos de confrontos entre civilizações (Nigel Cliff).

Figura 69: antigas propostas de fórmulas estruturais para o benzeno.

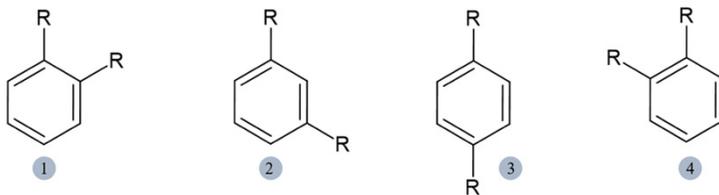


Fonte: Caramori; Oliveira, 2009, p. 1873.

Havia muitas restrições à proposta de Kekulé. Por exemplo, o benzeno não se comporta como um alceno (hidrocarboneto com ligação dupla), apesar de ter ligações duplas. Os alcenos sofrem reação de adição (veja capítulo 17) enquanto o benzeno sofre reação de substituição.

Outra questão importante são os derivados dissustituídos. A estrutura proposta por Kekulé deveria gerar quatro produtos dissustituído (Figura 70):

Figura 70: representações dos possíveis produtos dissustituídos do benzeno.

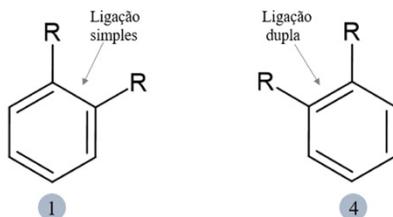


Fonte: autor.

Perceba que os compostos correspondentes a 1 e 4 são diferentes, “tecnicamente”. Consegue ver a diferença?

Observe na Figura 71.

Figura 71: fórmulas estruturais de 1 e 4.

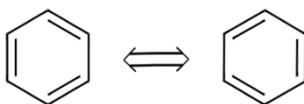


Fonte: autor.

Porém, só se conseguia produzir em laboratório três derivados dissubstituídos. Esse fato não era compatível com a estrutura proposta por Kekulé para o benzeno.

Para solucionar esta questão, Kekulé fez uma proposta ousada. Sua hipótese era que as ligações duplas não estavam fixas e sim “vibrando” entre duas posições extremas. Segundo Kekulé, o benzeno poderia ser descrito dessas duas maneiras (Figura 72), de modo equivalente. Para ele, os átomos e as ligações “vibrariam” em todas as direções, assim todos os carbonos teriam ligações iguais.

Figura 72: fórmulas estruturais equivalentes do benzeno, propostas por Kekulé.



Fonte: autor.

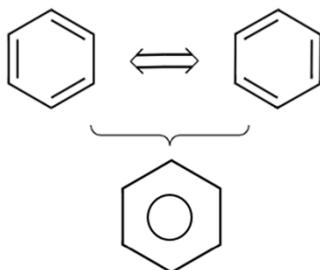
** Observe que Kekulé não propôs equilíbrio entre as duas estruturas. Não é uma estrutura se transformando em outra; são apenas representações possíveis para uma mesma estrutura.*

Segundo Kekulé, não haveria ligações simples ou duplas no benzeno, mas sim, algo intermediário entre essas ligações.

Esta proposta visionária de Kekulé foi comprovada no século XX com a determinação da estrutura por difração de raio-X e explicada pelo conceito de ressonância (que foge do nível deste livro). Estes estudos mostraram que todas as ligações são iguais entre si, de mesmo comprimento, não sendo nem duplas e nem simples.

Assim, a estrutura do benzeno passou a ser representada como um híbrido das duas estruturas (Figura 73):

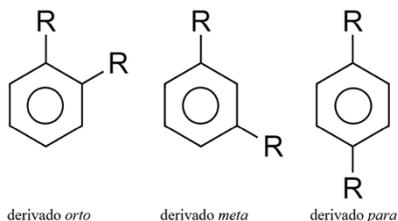
Figura 73: fórmulas estruturais do benzeno, mostrando a forma híbrida (híbrido de ressonância).



Fonte: autor.

Esta estrutura comporta apenas três derivados dissustituídos, conforme observado experimentalmente (Figura 74):

Figura 74: fórmulas estruturais dos derivados dissustituídos do benzeno.



Fonte: autor.

Assim, a proposta de estrutura do benzeno foi solidamente demonstrada.

O anel benzênico pode fazer parte de estruturas mais complexas. Os compostos que possuem o anel benzênico na sua estrutura são chamados de **compostos aromáticos**. Esta denominação surgiu em 1855, quando se percebeu que muitos compostos presentes em óleos essenciais, como o óleo do cravo-da-Índia, possuíam na sua constituição uma relação C/H semelhante à do benzeno (1:1).

O benzeno tem um cheiro adocicado, porém, é necessário enfatizar que não há uma associação entre o anel benzênico e o cheiro agradável. Essa denominação se mantém em uso e se constitui num item de classificação dos compostos orgânicos (compostos aromáticos).

Compostos aromáticos: possuem anel benzênico na sua estrutura.
Compostos alifáticos (de “fat”= gordura): compostos que não tem o anel benzênico na sua estrutura.

O anel benzênico está presente na estrutura de muitas substâncias cotidianas, como naftalina, creolina, os aminoácidos tirosina e fenilalanina, no eugenol (óleo do cravo-da-Índia) ou mesmo em contaminantes de alimentos defumados.

Estudos indicam que a ingestão de substâncias poliaromáticas (vários anéis benzênicos fundidos), presentes em fumaça e fuligem, pode causar câncer, por isso, é melhor diminuir a quantidade de churrasco ou bacon!

Olhe só essa notícia (Figura 75):

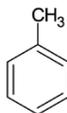
Figura 75: notícia sobre compostos aromáticos.

“Pesquisas afirmam que a fumaça produzida pelas churrasqueiras contém uma quantidade considerável de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA), compostos cancerígenos que podem causar doenças respiratórias e mutações no DNA. Um novo estudo, porém, mostra que a maior parte dessas substâncias não penetra no organismo dos participantes do churrasco pelas vias respiratórias, mas através da pele. ”

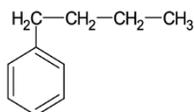
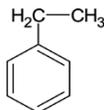
Fonte: Fonte: Disponível em: <http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/editorias/verso/online/compostos-cancerigenos-do-churrasco-podem-ser-absorvidos-atraves-da-pele-aponta-pesquisa-1.1944070>. Acesso em: 01 jan. 2021.

Vamos dar nome aos hidrocarbonetos aromáticos?

O nome oficial do composto representado abaixo é metilbenzeno, mas é mais conhecido como tolueno (relativo ao bálsamo de Tolu).



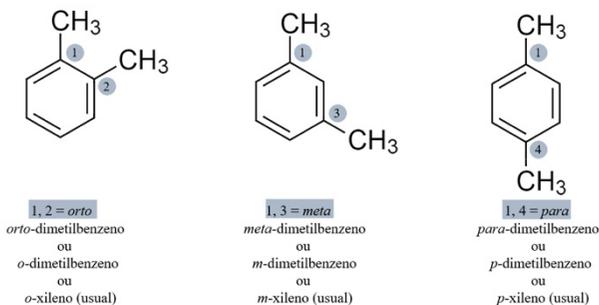
Usando o exemplo acima, vamos tentar dar o nome para as substâncias representadas abaixo?



Os nomes das substâncias são, respectivamente, etilbenzeno e n-butilbenzeno.

Quando o anel benzênico tem 2 substituintes, podemos usar os prefixos: **orto**, **meta** e **para**. Eles indicam a substituição nas posições: 1,2; 1,3; 1,4, respectivamente (Figura 76).

Figura 76: prefixos para anel benzênico dissustituído: *orto*, *meta* e *para*



Fonte: autor.

Os prefixos *orto*, *meta* e *para* são de origem grega, e significam:

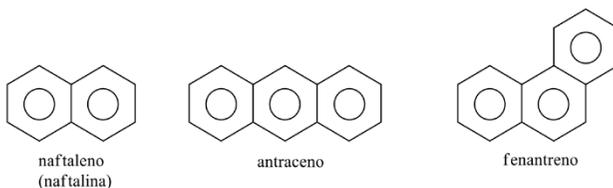
– *Orto*: o princípio, a origem.

– *Meta*: entre.

– *Para*: oposto a.

Outros compostos aromáticos são mostrados na Figura 77.

Figura 77: representações de compostos aromáticos com anéis fundidos.



Fonte: autor.

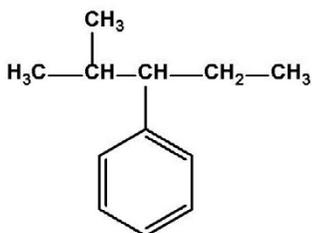
Você já deve ter ouvido falar da naftalina, não é? É aquele produto usado nos guarda-roupas para se espantar insetos (Figura 78). A naftalina corresponde ao naftaleno.

Figura 78: bolinhas de naftalina.



Fonte: autor.

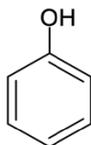
Como substituinte de uma cadeia o anel benzênico é chamado de fenil. Veja o exemplo abaixo.



3-fenil-2-metilpentano

FENOL

A função fenol é caracterizada por ter uma hidroxila (-OH) ligada a um anel benzênico.

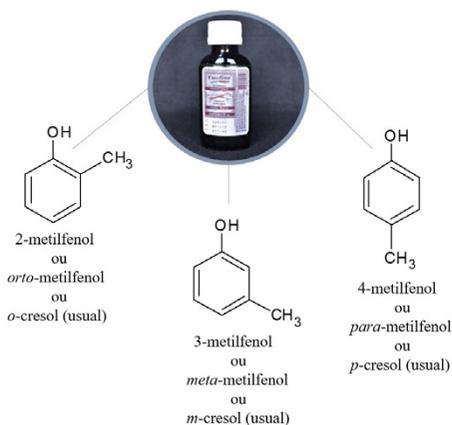


fenol
ou
hidroxibenzeno

A função fenol é caracterizada por hidroxila ligada a anel benzênico.

A creolina, um desinfetante muito utilizado pela população, tem como princípio ativo uma mistura de três fenóis (Figura 79):

Figura 79: representação dos principais componentes da creolina.



Fonte: autor.

Observe que estes três compostos são isômeros.

Isômeros são substâncias diferentes, mas de mesma fórmula molecular.

Faça uma pesquisa e observe os rótulos de produtos desinfetantes à base de creolina ou de produtos veterinários para a desinfecção de feridas.

Qual o grupo funcional dos fenóis?

É a hidroxila (-OH)

É o mesmo dos álcoois?

Sim.

Por que é uma função diferente, se possuem o mesmo grupo funcional?

Por que os fenóis têm propriedades diferentes.

A principal diferença é que os fenóis têm caráter ácido.

Os fenóis têm propriedades diferentes dos álcoois; a principal delas é a acidez.

Os fenóis neutralizam bases como o NaOH, produzindo sal e água; os álcoois não reagem com este tipo de base (na verdade, os álcoois têm um grau de acidez equivalente ao da água).

Para falar um pouco mais sobre este caráter ácido dos fenóis, vamos propor um experimento (Quadro 10).

Quadro 10: experimento demonstrativo: acidez do fenol.

EXPERIMENTO	
Material	Método
<ul style="list-style-type: none">- fenolftaleína alcoólica;- NaOH diluído;- fenol aquoso;- etanol;- 2 tubos de ensaio;- pipetas Pasteur.	Coloque as soluções da base (NaOH) e do indicador (fenolftaleína) nos dois tubos, depois adicione, gota a gota, etanol em um deles e no outro a solução do fenol. Observe qualquer mudança de cor.

Fonte: autor.

Após a realização do experimento, responda as perguntas do Quadro 11.

Quadro 11: perguntas e respostas sobre o experimento.

Perguntas sobre o experimento

Pergunta: Qual a cor inicial do indicador com a base?

Resposta: O indicador adquire uma cor rosa em meio básico.

Pergunta: Qual a mudança de cor observada ao se gotear o etanol sobre a solução base/fenolftaleína? E com o fenol?

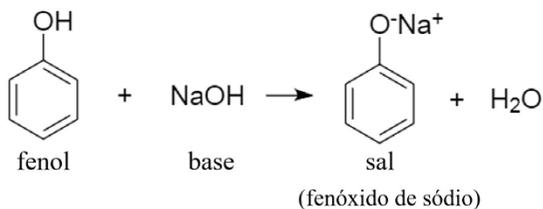
Resposta: Com o etanol, a cor da solução não sofre alteração, ou seja, continua rosa. Com o fenol, a cor do indicador desaparece.

Fonte: autor.

Podemos concluir com este experimento que o fenol tem propriedades ácidas e o etanol (álcool) não.

A reação que acontece no experimento com o fenol é a mostrada na Figura 80.

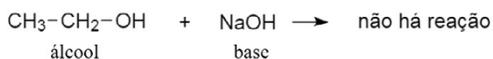
Figura 80: representação da reação de neutralização do fenol.



Fonte: autor.

E com o etanol, o que acontece? Veja na Figura 81.

Figura 81: representação da reação entre álcool e base.



Fonte: autor.

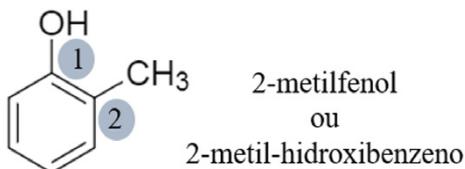
NOMENCLATURA

Como visto no início do capítulo, o **nome** da substância mais simples dessa função é fenol ou hidroxibenzeno. A nomenclatura dos fenóis é derivada destes nomes.

Quando o fenol possui substituinte, deve-se indicar a posição da hidroxila e do substituinte. Lembre-se que os números indicativos das posições devem ser os menores possíveis. Neste caso, **quem você acha que deve ter a prioridade na numeração (mais importante)? O substituinte ou o grupo funcional?**

Como o grupo funcional é mais importante, ele tem prioridade sobre o substituinte, ou seja, o grupo funcional (OH) está sempre na posição 1 (Figura 82).

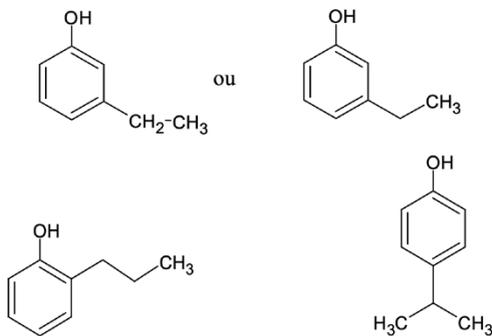
Figura 82: representação do 2-metilfenol.



Fonte: autor.

* *Veja que a posição da hidroxila é omitida (ela é sempre a posição 1)*

Seguindo estes princípios, **como seriam os nomes dos compostos representados abaixo?**



Seus nomes são respectivamente:

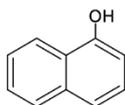
3-etilfenol (ou 3-etil-hidroxibenzeno);

2-propilfenol (ou 2-propil-hidroxibenzeno) e

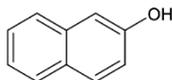
4-isopropilfenol (ou 4-isopropil- hidroxibenzeno)

** lembre-se que nestes casos, também podemos usar os prefixos orto, meta e para, já que são compostos aromáticos dissustituídos.*

Outros fenóis importantes



α -naftol



β -naftol

Curiosidade:

De onde vem o nome fenol?

Fenol foi obtido do alcatrão, em 1834, e chamado de “karbolsäure”-ácido carbólico (ácido do óleo de carvão).

Em 1836, foi proposto por pesquisadores franceses o nome “phene” para o benzeno. O nome não “pegou”, mas foi incorporado, posteriormente, nos termos fenol e fenil (visto anteriormente).

O fenol foi o primeiro produto usado como antisséptico em cirurgias, em torno de 1867. O cirurgião era Joseph Lister, daí o produto antisséptico bucal “Listerine®”, criado em 1879 e em uso até hoje (Figura 83).

Figura 83: frascos antigo e novo de Listerine®.



Fonte: reprodução Wikimedia Commons.

Vamos dar uma olhada nesta notícia (Figura 84):

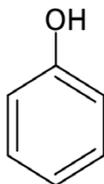
Figura 84: notícia sobre fenóis.

“O poder do *peeling* de fenol

Embora seja um procedimento agressivo em comparação com outros mais modernos, o *peeling* de fenol traz resultados inigualáveis no quesito rejuvenescimento.”

Fonte: Disponível em: <https://veja.abril.com.br/blog/letra-de-medico/o-poder-do-peeling-de-fenol/>. Acesso em: 01 jan. 2021.

Como visto, o fenol, também chamado de fenol comum, ácido fênico, ácido carbólico ou hidroxibenzeno, é muito utilizado como agente corrosivo do *peeling* (técnica de tratamento de pele), devido à sua acidez.



Outro exemplo importante de fenóis no dia a dia, são os taninos, que estão presentes em plantas (Figura 85), e são usados no curtimento do couro, como antissépticos e cicatrizantes (por exemplo: cascas do barbatimão).

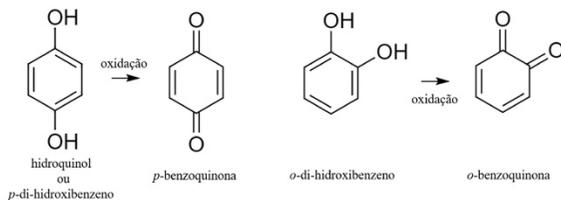
Figura 85: barbatimão.



Fonte: Wikimedia Commons.

Outra propriedade importante dos fenóis é a oxidação. Os fenóis se oxidam mais facilmente que os álcoois, principalmente os *orto* e *para* di-hidroxibenzeno. Esta propriedade está relacionada aos antioxidantes (Figura 86).

Figura 86: reações de oxidação de compostos fenólicos.



Fonte: autor.

Com exceção da vitamina C, os antioxidantes naturais ou sintéticos (usados como conservantes) são fenóis.

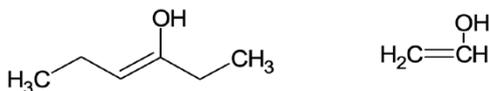
Os fenóis são bons antioxidantes.

Como atua um antioxidante?

Ele se oxida facilmente, protegendo os outros compostos da degradação.

ENOL

A função enol é caracterizada por ter uma hidroxila (-OH) ligada a carbono de ligação dupla.



Os enóis possuem hidroxila (-OH) ligada a carbono de ligação dupla.

Da mesma maneira que os álcoois e fenóis, o grupo funcional dos enóis é a hidroxila.

Por que, então, é outra função?

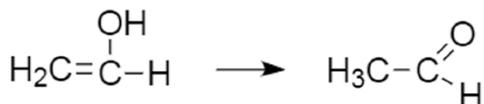
Porque tem propriedades diferentes.

A principal característica dos enóis é a instabilidade. Os enóis se transformam espontaneamente e rapidamente, gerando outra classe de compostos.

Por exemplo, **se você quiser comprar o etenol, não conseguirá.**

Se ele for produzido, imediatamente se converterá num outro composto. Isso vale para qualquer enol (Figura 87). Um dos poucos enóis que se mantém nessa forma é a vitamina C, mas é um composto instável que se oxida rapidamente.

Figura 87: conversão do enol em aldeído (tautomeria).



Fonte: autor.

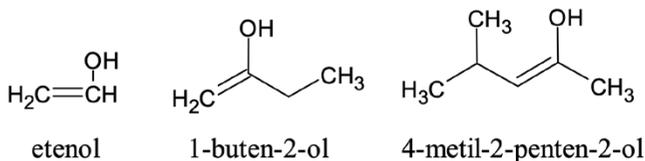
** A função aldeído será vista mais à frente.*

Este tipo de transformação é chamado de tautomeria (um tipo de isomeria).

A rigor, as duas espécies estão em equilíbrio, mas este está tão deslocado no sentido do aldeído que não há necessidade de indicá-lo.

NOMENCLATURA

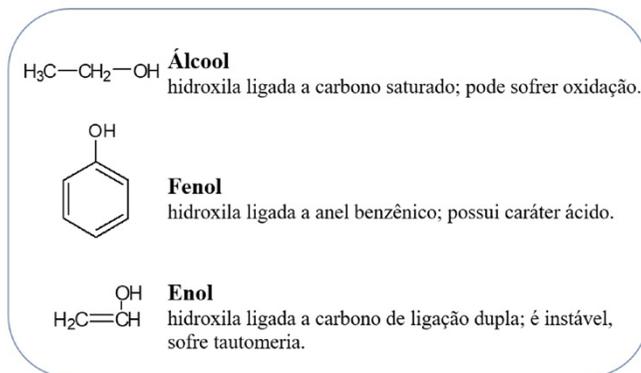
A nomenclatura segue o padrão dos álcoois.



Devemos perceber a diferença entre enol, fenol e álcool. Todos possuem hidroxila na sua estrutura, mas as propriedades são muito diferentes entre si.

Abaixo está um resumo das características e propriedades das três funções hidroxiladas (Figura 88).

Figura 88: resumo das funções hidroxiladas.



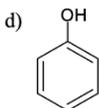
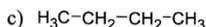
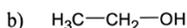
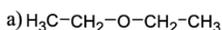
Fonte: autor.

O que o aluno tem que “levar para casa”

- o benzeno tem uma proporção de C : H muito particular (1:1);
- a estrutura do benzeno gerou muita discussão na comunidade científica, no século XIX;
- reconhecer a estrutura do benzeno;
- os fenóis tem hidroxila ligada ao anel benzênico;
- os fenóis tem caráter ácido;
- os fenóis são usados em produtos desinfetantes;
- têm propriedades antioxidantes (se oxidam facilmente);
- álcool, fenol e enol têm o mesmo grupo funcional: a hidroxila;
- álcool, fenol e enol possuem propriedades diferentes;
- a principal propriedade dos enóis é a instabilidade;
- os enóis se convertem rapidamente e espontaneamente em outras funções (aldeídos e cetonas);
- esse processo de conversão é chamado de tautomeria.

Perguntas do capítulo 7- Benzeno e funções Fenol e Enol

Pergunta 1: Um químico acidentalmente derrubou uma solução de soda cáustica (NaOH) sobre a bancada de trabalho. A fim de neutralizar a soda cáustica, qual das substâncias abaixo poderia ser utilizada?



Pergunta 2: O termo "aromático" surgiu com uma definição diferente do que conhecemos hoje como "compostos aromáticos". Essa classe de substâncias tem características muito marcantes. Das características abaixo, escolha aquela que define, atualmente, essa classe de compostos.

a) Todos têm cheiro agradável.

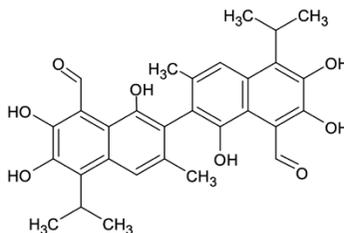
b) Todos têm cheiro desagradável.

c) Todos são cancerígenos.

d) Todos têm anel benzênico na sua estrutura química.

e) São hidrocarbonetos de 6 carbonos.

Pergunta 3: O gossipol é um produto natural presente nas sementes de algodão. Ele vem sendo muito utilizado como antioxidante em biodiesel. Que característica estrutural você associa com a propriedade antioxidante?



* As respostas se encontram ao final do capítulo.

Pergunta 1: *alternativa d.*

Pergunta 2: *alternativa d.*

Pergunta 3: *O gossipol tem na sua estrutura várias hidroxilas fenólicas, com destaque para hidroxilas vizinhas, que facilmente sofrem reações de oxidação. Ao se oxidarem, protegem os outros compostos e, assim, tem propriedade de antioxidante. Há, ainda, carbonilas de aldeído, que se oxidam também (será visto mais à frente).*

CAPÍTULO 8

FUNÇÃO AMINA

O NITROGÊNIO NA QUÍMICA ORGÂNICA

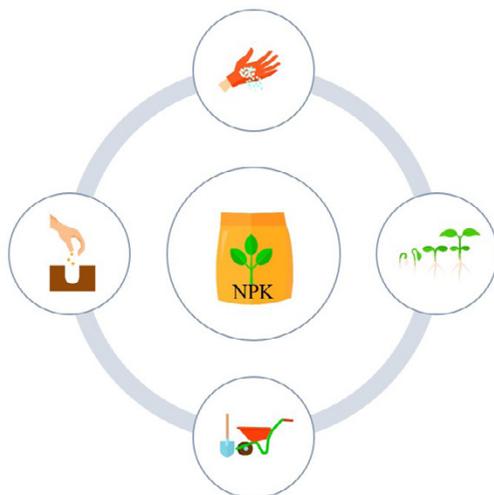
Você já ouviu falar de NPK?

É um produto para plantas.

O que significa NPK?

O NPK é um fertilizante e a sigla significa: nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (Figura 89).

Figura 89: o fertilizante NPK e a agricultura.



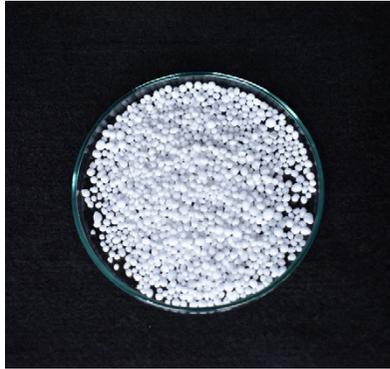
Fonte: reprodução Freepik.

A importância da utilização de compostos inorgânicos na agricultura foi percebida pelo químico alemão Liebig, ainda no séc. XIX.

E de ureia, você já ouviu falar?

É uma substância presente na urina, mas seu grande uso é na composição de ração animal (Figura 90).

Figura 90: ureia.



Fonte: autor.

Que tal fazer uma pesquisa na internet para saber os demais usos de NPK e ureia? Aqui temos algumas sugestões:

<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/pimenta/arvore/CONT000gn08zc7m02wx5ok0liq1mqw825isw.html> Acesso em: 05 jan. 2021.

<https://rehagro.com.br/blog/adubacoes-via-ureia/> Acesso em: 05 jan. 2021.

O **nitrogênio** é um elemento essencial para a vida, e o **NPK** e a **ureia** representam fontes importantes deste elemento.

O nitrogênio está presente no DNA e nas proteínas.

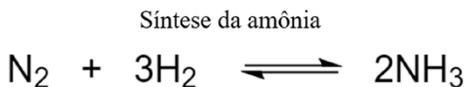
O ar atmosférico contém cerca de 80% de N_2 , porém nesta forma gasosa, o nitrogênio não é utilizável pelas plantas. Por isso o ciclo do nitrogênio é tão importante para os vegetais.

Neste ciclo, alguns seres vivos, especialmente bactérias, transformam o nitrogênio gasoso (N_2) em **formas absorvíveis pelas plantas**, como os nitratos (NO_3^-) e íon amônio (NH_4^+).

Não se esqueça de que as plantas, na teia alimentar, são os produtores, representando o início de todo o processo natural ao captar energia do sol.

No início do séc. XX, os pesquisadores alemães Bosch e Haber desenvolveram um processo pelo qual o N_2 é convertido em amônia (NH_3). Atualmente, cerca de 500 milhões de toneladas /ano de amônia são produzidos por este processo (Figura 91).

Figura 91: reação de Haber-Bosch.

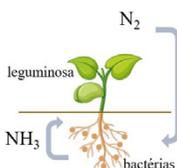


Fonte: autor.

O processo de Haber-Bosch exige grande dispêndio de energia (altas temperaturas) e catalisadores inorgânicos.

No entanto, algumas bactérias, que vivem em simbiose com algumas plantas, também conseguem realizar esta transformação, a qual é designada como fixação biológica do nitrogênio (Figura 92).

Figura 92: fixação biológica do nitrogênio por bactérias em simbiose com plantas.



Fonte: reprodução Freepik.

As plantas que participam deste processo pertencem ao grupo das leguminosas (ex: feijão, lentilha, soja, etc.) e as bactérias que existem em simbiose com as raízes destas leguminosas, principalmente do gênero *Rhizobium*, formam nódulos (Figura 83).

Figura 93: nódulos de bactérias *Rhizobium* em simbiose com raízes de leguminosas.



Fonte: reprodução Wikimedia Commons.

A associação destas bactérias com as raízes das leguminosas é essencial para a obtenção de compostos nitrogenados para as plantas.

Um elemento importante nesse processo de redução do N_2 a NH_3 nas bactérias é o molibdênio. Ele está presente nas enzimas que fazem esta transformação.

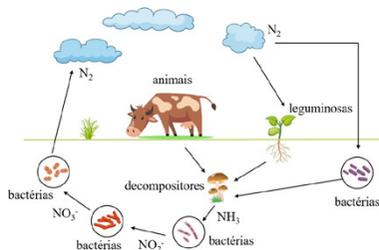
Veja a posição do molibdênio na tabela periódica.

Ele está no 5º período e no grupo 6 da tabela.

Uma vez gerada a amônia, ela pode ser oxidada a nitrato (NO_3^-), que é a forma mais comum.

Você já deve ter estudado sobre o ciclo do nitrogênio (Figura 94) na biologia. É uma ótima oportunidade de revê-lo.

Figura 94: ciclo do nitrogênio.



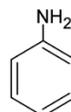
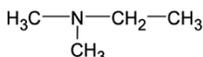
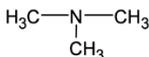
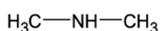
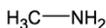
Fonte: reprodução Freepik.

As plantas utilizam esses compostos nitrogenados para a produção de todos os 20 aminoácidos proteicos e as bases nitrogenadas.

FUNÇÃO AMINA

Na química orgânica o nitrogênio ligado a cadeias carbônicas se constitui numa importante função orgânica: as aminas.

Veja algumas fórmulas estruturais de aminas:

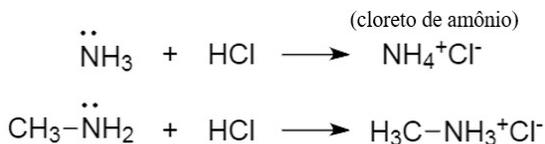


PROPRIEDADES QUÍMICAS DAS AMINAS

A propriedade química mais importante das aminas é a basicidade. O nitrogênio confere propriedades básicas às aminas. Da mesma maneira

que a amônia, as aminas reagem com ácidos formando sais. Gay-Lussac, em 1808, já designava a amônia como uma base (Figura 95).

Figura 95: neutralização de compostos nitrogenados.



Fonte: autor.

Veja que é uma reação ácido/base de acordo com o conceito de Brönsted-Lowry, onde bases são espécies receptoras de H^+ .

As aminas são básicas.

Você já percebeu que muitos princípios ativos de medicamentos se encontram na forma de “cloridratos”?

O que significa cloridrato?

Cloridrato é o sal de uma amina que reagiu com HCl.

Logo o princípio ativo do medicamento é uma amina na forma de sal (Figura 96).

Figura 96: medicamento na forma de cloridrato.

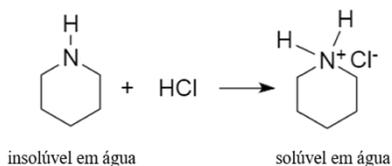


Fonte: autor.

SOLUBILIDADE

A conversão de uma amina em seu sal altera sua solubilidade. As aminas em geral são solúveis em solventes orgânicos (éter etílico, hexano, clorofórmio) e na forma de sal passam a ser solúveis em água (Figura 97).

Figura 97: reação de formação de um cloridrato.



Fonte: autor.

Para ilustrar sobre a solubilidade dos sais derivados da reação de ácidos com aminas, usaremos a reação de anilina (fenilamina) com ácido clorídrico (Quadro 12).

Quadro 12: experimento demonstrativo: reação de amina com ácido, formando sal.

EXPERIMENTO	
Material	Método
- solução de ácido clorídrico 1M; - anilina; - água; - tubo de ensaio.	Coloque água no tubo e algumas gotas de anilina (fenilamina). Perceba que haverá a formação de duas fases (anilina é insolúvel em água). Depois vá adicionando lentamente gotas de ácido com agitação.

Fonte: autor.

Após a realização do experimento, responda as perguntas do Quadro 13.

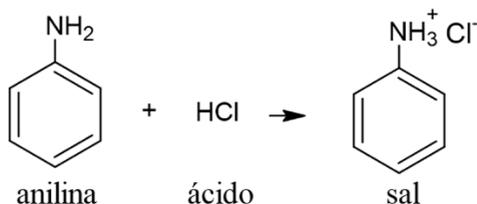
Quadro 13: perguntas e respostas do experimento.

Perguntas sobre o experimento
Pergunta: Qual o número de fases da mistura anilina + água? Resposta: <i>Duas fases, já que a anilina não se dissolve em água.</i>
Pergunta: Qual reação acontece entre anilina e ácido clorídrico? Resposta: <i>Reação ácido/base, formando um sal.</i>
Pergunta: Por que após a reação o sistema fica homogêneo? Resposta: <i>A reação forma um sal que é solúvel em água.</i>

Fonte: autor.

A reação do experimento é a mostrada na Figura 98.

Figura 98: reação da anilina com HCl.



Fonte: autor.

As aminas são básicas e quando neutralizadas formam sais solúveis em água.

Outra característica das aminas de cadeia pequena é relacionada com a matéria abaixo (Figura 99):

Figura 99: notícia sobre cheiro de aminas.

“Uma síndrome rara fez com que uma mulher passasse a cheirar como peixe. A “Trimethylaminuria”, conhecida como a Síndrome Cheiro de Peixe, também transformou Kelly Fidoe-White, hoje com 36 anos, em um alvo fácil do preconceito desde que estava na escola. Além disso, a britânica passou a trabalhar de madrugada para evitar contato com outras pessoas.”

Fonte: Disponível em: <https://saude.ig.com.br/2017-02-21/cheiro-peixe.html>. Acesso em: 05 jan. 2021.

Isso mesmo, as aminas de cadeia pequena têm cheiro desagradável!

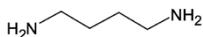
Os peixes, mesmo que frescos, costumam exalar um odor nada agradável. Isso é resultado das aminas que são liberadas por ele (Figura 100).

Figura 100: ilustração de aminas liberadas por peixes.

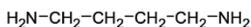


Fonte: reprodução Freepik.

A decomposição de proteínas gera amônia e aminas. Por isso, animais mortos têm odor tão desagradável. Duas aminas (na verdade, diaminas) liberadas neste processo são mostradas abaixo e seus nomes são muito sugestivos.



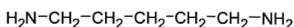
ou



putrescina



ou



cadaverina

Mas, quando temperamos um peixe com limão ou vinagre, percebemos o mesmo odor? Ou ele é substancialmente amenizado?

É amenizado.

O que justificaria a diminuição do cheiro?

Porque as aminas são básicas e, ao reagir com os ácidos do limão ou vinagre, formam um sal, que não tem cheiro e são solúveis em água (vão embora ao se lavar o peixe).

As aminas possuem caráter básico, logo, quando reagem com ácidos, formam um sal, que não tem odor desagradável. Por isso, peixes temperados dessa maneira não possuem odor forte. Essa dica também é muito valiosa para retirar aquele odor de peixe das mãos e da geladeira.

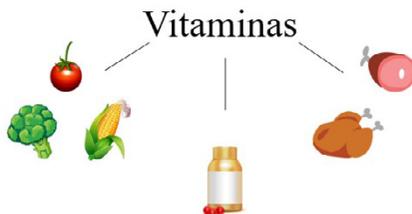
As aminas de cadeia pequena possuem odor desagradável.

Ainda falando sobre as aminas, você toma alguma vitamina diariamente?

Sim/Não.

Em 1911, Casimir Funk descobriu a primeira vitamina (B1), a qual recebeu esse nome pela junção das palavras “vita” (vida) + “aminas”, ou seja, aminas essenciais à vida (Figura 101). Hoje sabemos que nem toda vitamina tem a função amina, mas historicamente foi este o nome dado.

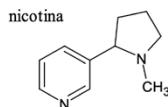
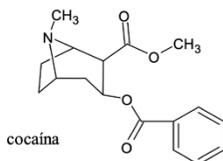
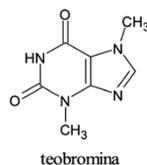
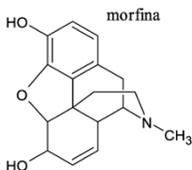
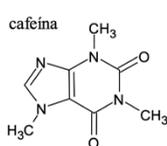
Figura 101: fontes de vitaminas.



Fonte: reprodução Freepik.

Muitas **aminas** têm ação sobre o sistema nervoso.

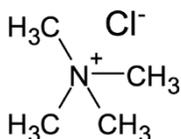
O termo alcaloide designa substâncias de plantas que contêm nitrogênio. Muitas delas são princípios ativos de drogas. Veja algumas fórmulas estruturais:



Repare que todas essas substâncias têm nitrogênio na sua estrutura e, por isso, possuem características básicas e podem ser neutralizadas por ácidos. É por isso que a cocaína é comercializada na forma de sal (ácido + base = sal), o cloridrato de cocaína.

Pode haver amina quaternária?

Não. Amina quaternária, não. Mas pode haver o sal de amônio quaternário.



sal de amônio quaternário

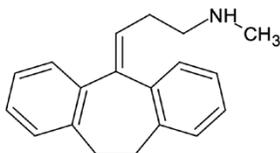
O que o aluno tem que “levar para casa”

- o nitrogênio é um elemento importante nos compostos orgânicos;
- o nitrogênio é essencial para a vida e está presente no DNA e nas proteínas;
- reconhecer a função amina (nitrogênio ligado a cadeia carbônica);
- as aminas são básicas. Reagem com ácidos formando sais (os sais são solúveis em água);
- as aminas de cadeia pequena têm cheiro desagradável;
- muitos princípios ativos de plantas (maracujá, vinca, pilocarpina, etc.), incluindo as drogas, são aminas (chamados de alcaloides).

Perguntas do capítulo 8 – Função amina

Pergunta 1: Miriam esqueceu um peixe na geladeira por alguns dias e, quando se lembrou, percebeu que a geladeira estava com um cheiro desagradável mesmo após a remoção do peixe. Com qual substância você limparia a geladeira a fim de eliminar o cheiro ruim e ajudar a Miriam? Por que?

Pergunta 2: Ciclobenzaprina é um relaxante muscular muito usado para o tratamento de dores musculares, que é insolúvel em água. Imagine que uma farmacêutica deseja vender este produto numa forma solúvel em água. O que ela pode fazer para tornar a ciclobenzaprina solúvel em água? Represente o produto.



Pergunta 3: O cloridrato de amoxicilina é um antibiótico muito comum, do mesmo grupo das penicilinas. O que podemos deduzir sobre as propriedades ácidas ou básicas da amoxicilina?

** As respostas se encontram ao final do capítulo.*

Pergunta 1: *Uma substância ácida, já que o cheiro do peixe em decomposição é gerado por aminas, que são básicas. Assim, limão ou vinagre neutralizariam o aroma.*

Pergunta 2: *Como ela possui a função amina, ela tem características básicas, que pode reagir com um ácido produzindo um sal que é solúvel em água.*

Pergunta 3: *Como a amoxicilina é comercializada na forma de cloridrato, significa que ela é um sal que foi obtido a partir da reação entre HCl e a amoxicilina. Logo, a amoxicilina deve ser básica, uma amina.*

CAPÍTULO 9

FUNÇÕES ALDEÍDO E CETONA

ALDEÍDOS

Vamos ver algumas notícias para discutirmos um pouco sobre aldeídos (Figuras: 104, 105 e 106).

Figura 104: notícia sobre o formol no leite.

O “*Formolfree*”, tecnologia desenvolvida pelo Laboratório de Inspeção de Produtos de Origem Animal, o LIPOA, é um novo método para detecção rápida de formol no leite, direcionado ao setor produtivo. O método foi o primeiro a gerar royalties para a universidade.

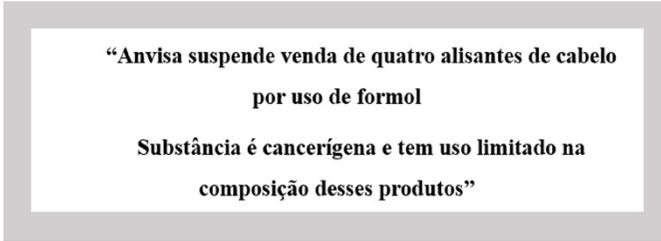
Fonte: disponível em: <http://ruralpecuaria.com.br/agrovideo/metodo-desenvolvido-na-uel-detecta-formol-no-leite.html>. Acesso em: 05 jan. 2021.

Figura 105: notícia sobre formol nos alisantes.

“Formol além da conta:
teste reprova 10 marcas de escova
progressiva”

Fonte: disponível em: <https://www.metropoles.com/vida-e-estilo/beleza/formol-alem-da-conta-teste-reprova-10-marcas-de-escova-progressiva>. Acesso em: 05 jan. 2021.

Figura 106: notícia sobre suspensão de alisantes com formol.



Fonte: disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/defesa-do-consumidor/anvisa-suspende-venda-de-quatro-alisantes-de-cabelo-por-uso-de-formol-22507752>. Acesso em: 05 jan. 2021.

Você já ouviu falar do formol?

Sim, nos noticiários.

Você sabe dizer porque a Anvisa proibiu a venda de alisantes com formol?

Porque ele é cancerígeno.

Você saberia dizer alguma outra aplicação para ele?

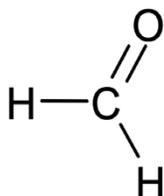
Na conservação de cadáveres.

O formol é um produto industrial de uso muito variado. A sua utilização no alisamento dos cabelos o tornou bem conhecido do público. Mas, além disso, é usado como conservante de peças anatômicas (e no embalsamento), em cosméticos e na produção de polímeros, mas é considerado um produto tóxico.

Mas o que é formol?

Formol é a solução de um gás, conhecido como formaldeído, numa concentração de aproximadamente 40%.

O formaldeído faz parte da função aldeído e tem a estrutura representada abaixo.

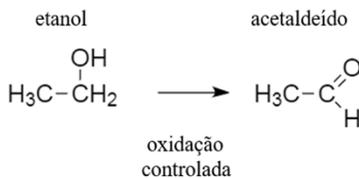


O formaldeído foi produzido em 1859, pelo químico russo Butlerov, e definitivamente caracterizado pelo alemão Hofmann, em 1869.

Mas o primeiro aldeído conhecido foi produzido a partir do etanol, portanto com dois carbonos. A primeira menção a este produto foi feita pelo farmacêutico sueco Scheele, em 1774. Vários outros pesquisadores mencionaram este composto, mas ele foi definitivamente caracterizado pelo químico alemão Liebig, em 1835. Ele o denominou aldeído, devido ao seu método de produção, a oxidação do etanol. O produto seria o álcool (etanol) desidrogenado (em latim *alcohol dehydrogenatus- aldeído*).

A reação de obtenção do aldeído é mostrada na Figura 107.

Figura 107: oxidação do etanol.

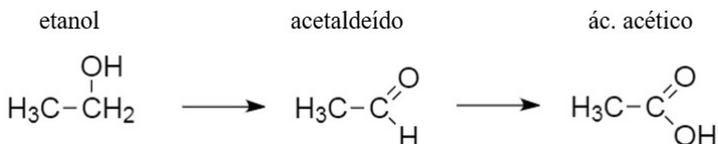


Fonte: autor.

Posteriormente, aldeído passou a designar a função, enquanto este composto é chamado de acetaldeído.

Quando se ingere bebidas alcoólicas, o etanol é oxidado inicialmente a acetaldeído pela enzima álcool desidrogenase. Em seguida, o acetaldeído é oxidado a uma outra função, ácido carboxílico (visto mais à frente) (Figura 108).

Figura 108: etapas de oxidação do etanol.



Fonte: autor.

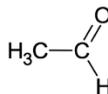
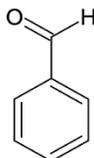
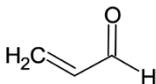
Quando a segunda etapa é lenta, e o acetaldeído se acumula no corpo, gera um profundo mal-estar, conhecido como ressaca (Figura 109).

Figura 109: ressaca – acúmulo de acetaldeído.



Fonte: reprodução Freepik.

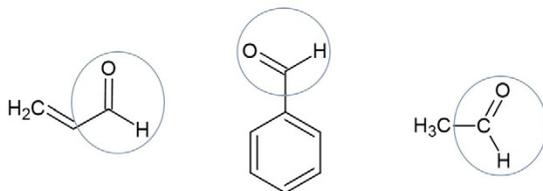
Observe as estruturas representadas abaixo.



Você saberia dizer o que as moléculas representadas possuem de semelhante estruturalmente?

A semelhança está neste grupamento (Figura 110):

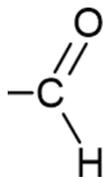
Figura 110: grupamento comum aos aldeídos.



Fonte: autor.

Portanto, este é o grupo funcional que caracteriza a função aldeído (Figura 111).

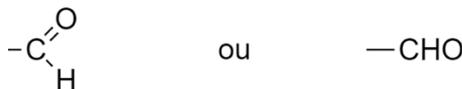
Figura 111: grupo funcional dos aldeídos.



Fonte: autor.

O grupo funcional é a carbonila (C=O). No caso dos aldeídos, a carbonila está localizada na extremidade da cadeia*, e é representada como mostrado na Figura 112.

Figura 112: representação do grupo funcional dos aldeídos.



Fonte: autor.

** este grupo funcional pode ser representado como -CHO (não confundida com o grupo funcional de álcoois).*

Alguns aldeídos têm cheiro agradável, como os mostrados na Figura 113.

Figura 113: representações de alguns aldeídos de cheiro agradável e suas fontes.



Fonte: reprodução Freepik.

A propriedade química mais importante dos aldeídos é a oxidação. Os aldeídos se oxidam muito facilmente. O próprio oxigênio do ar consegue oxidá-los.

Falando nisso... **você já parou para pensar por que todos os vinhos são armazenados para envelhecer na horizontal (Figura 114)?**

Figura 114: vinhos envelhecendo.

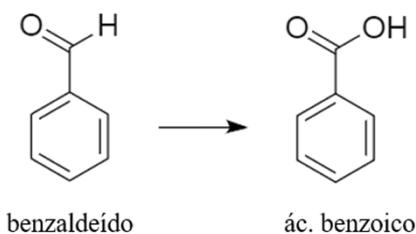


Fonte: reprodução Freepik.

Os vinhos são guardados desta maneira para que a rolha permaneça úmida e não deixe o oxigênio do ar entrar dentro da garrafa, porque o oxigênio do ar em contato com o vinho o transforma em vinagre. Isso acontece por que o etanol, em contato com o oxigênio, lentamente se transforma em aldeído e depois em ácido carboxílico, o qual compõe o vinagre. Essa capacidade de se oxidar é uma característica bastante importante dos álcoois e aldeídos.

Como mostrado anteriormente, a oxidação de álcoois primários (e metanol) gera aldeídos. Já a oxidação de aldeídos, gera os ácidos carboxílicos (Figura 115).

Figura 115: oxidação de aldeído a ácido carboxílico.



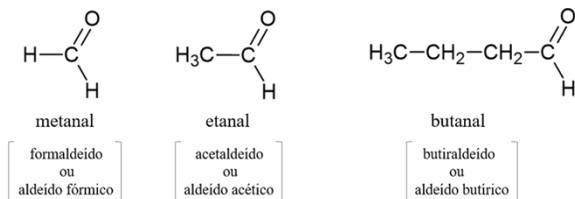
Fonte: autor.

NOMENCLATURA

Os aldeídos têm uma associação muito próxima com os ácidos carboxílicos. Por isso, a principal denominação dos aldeídos, a nomenclatura não oficial, é **derivada** dos nomes dos ácidos carboxílicos correspondentes. Como a nomenclatura dos ácidos carboxílicos será vista posteriormente, faremos apenas menção aos nomes.

A nomenclatura **oficial** atribui à função aldeído o sufixo **al**, como mostrado na Figura 116.

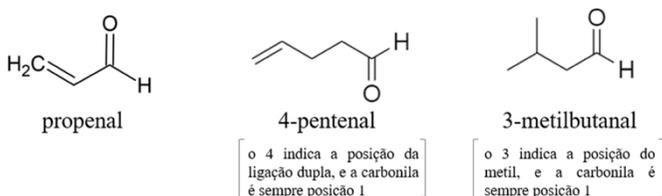
Figura 116: fórmulas estruturais e nomes de alguns aldeídos (entre colchetes os nomes não oficiais).



Fonte: autor.

Na Figura 117, apresentamos alguns aldeídos com estruturas um pouco mais complexas, com cadeias ramificadas ou insaturadas.

Figura 117: fórmulas estruturais e nomes de mais alguns aldeídos.



Fonte: autor.

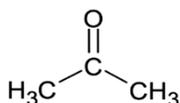
O sufixo referente à função aldeído é AL.

CETONA

O que você faz para remover seu esmalte das unhas?

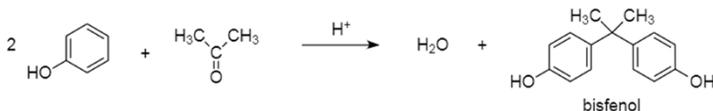
Uso acetona.

A acetona pode ser usada como solvente em geral e sua comercialização é controlada pela Polícia Federal, pois pode ser usada na extração de drogas. Abaixo a fórmula estrutural da acetona.



Esta substância não serve apenas para a remoção de esmaltes, ela é um insumo industrial importantíssimo para a produção de plásticos, como é o caso do bisfenol (Figura 118).

Figura 118: reação de obtenção do bisfenol.



Fonte: autor.

A produção mundial de acetona em 2010 foi de 5,5 milhões de toneladas!

A acetona é uma **CETONA**.

A função da acetona é cetona.

Qual o grupo funcional presente?

É a carbonila (C=O).

Mas, este não era o mesmo grupo funcional dos aldeídos?

Sim.

Mas como isso é possível?

Nas cetonas a carbonila se encontra entre dois carbonos, enquanto nos aldeídos a carbonila se encontra na extremidade da cadeia (Figura 119).

Figura 119: representação da diferença estrutural entre aldeídos e cetonas.

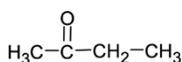


Cetonas e aldeídos têm o mesmo grupo funcional (carbonila, C=O), mas são funções diferentes. **Isto se deve ao fato de cetonas e aldeídos apresentarem algumas propriedades diferentes.**

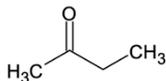
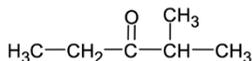
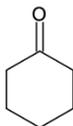
A principal diferença é que cetonas não sofrem oxidação, enquanto os aldeídos sofrem oxidação facilmente. O fato de a carbonila se encontrar entre dois carbonos dificulta a oxidação das cetonas.

Aldeídos sofrem oxidação; as cetonas não.

Representações de algumas cetonas:



ou



As cetonas são produzidas pela oxidação de álcoois secundários (Figura 120).

Figura 120: representação da produção de cetona por oxidação de álcool secundário.

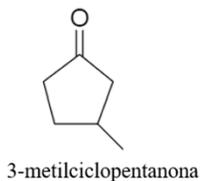
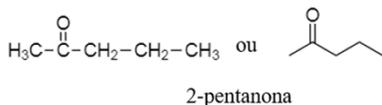
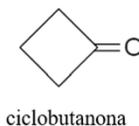
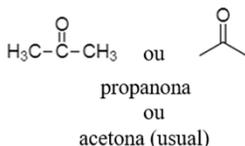


Fonte: autor.

NOMENCLATURA

O sufixo correspondente à função cetona é ONA (Figura 121).

Figura 121: representações de algumas cetonas e seus nomes.

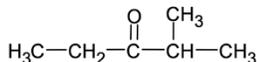
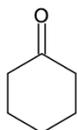
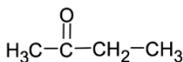


Fonte: autor.

O sufixo referente à função cetona é ONA.

O sufixo para Cetonas é ONA.

Agora tente dar o nome aos compostos representados anteriormente:



Os nomes são: butanona, ciclo-hexanona e 2-metilpentan-3-ona ou 2-metil-3-pentanona, respectivamente.

Veja que em alguns casos é necessário numerar a cadeia para indicar a posição da carbonila nas cetonas.

O sufixo **ONA** indica a presença de carbonila de cetona na estrutura. Por exemplo:

- progesterona (hormônio sexual);
- benzoquinona (em medicamentos)

Os **açúcares** são compostos que têm carbonila na sua estrutura. **Podem ser aldeídos ou cetonas.** Estes compostos serão vistos no tópico compostos multifuncionais (Capítulo 14).

As cetonas também fazem parte de um importante processo biológico...

Você já ficou muito tempo sem comer?

Sim.

Já observou que quando isso acontece o seu hálito lembra acetona (removedor de esmalte)?

Quando você fica muitas horas sem comer seu corpo fica com pouco carboidrato para obter energia, então ele recorre aos lipídeos (gorduras). Mas o metabolismo rápido destas substâncias libera cor-

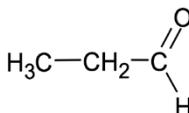
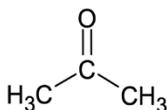
pos cetônicos, que são diversas cetonas, dentre elas a acetona. Por isso, o hálito fica com esse cheiro característico, assim como a urina. Esse fenômeno é muito comum em quem tem diabetes, por isso existe um teste de urina que utiliza os corpos cetônicos como indicador do nível de insulina no sangue (Figura 122).

Figura 122: fitas de teste cetônico.



Fonte: Wikimedia Commons.

O que há em comum entre as duas substâncias representadas pelas fórmulas estruturais abaixo?



Possuem a mesma fórmula molecular ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$).

Por isso dizemos que aldeídos podem ser isômeros de cetonas e vice-versa.

O que o aluno tem que “levar para casa”

- aldeídos e cetonas possuem carbonila como grupo funcional;
- nos aldeídos a carbonila está na extremidade da cadeia e nas cetonas ela está entre carbonos;
- aldeídos e cetonas têm o mesmo grupo funcional, mas têm propriedades diferentes;
- os aldeídos sofrem oxidação e cetonas não;
- a “acetona” é um nome comercial;
- cetona é o nome de uma função química e não de uma substância;
- aldeídos e cetonas podem ser isômeros.

Perguntas do capítulo 9 – funções aldeído e cetona

Pergunta 1: Qual a principal propriedade que diferencia aldeídos de cetonas?

Pergunta 2: Qual destas substâncias é um isômero da propanona?

- a) metano
- b) etanol
- c) fenol
- d) propanal
- e) propeno

Pergunta 3: Um reagente muito utilizado para se diferenciar aldeídos de cetonas é o reagente de Tollens, que é constituído de prata (Ag^+) e amônia (chamado diamin prata). Um leve aquecimento da amostra na qual se adicionou algumas gotas do reagente pode revelar um resultado muito atrativo. O resultado positivo do teste origina um espelho de prata na superfície do frasco, já que a prata do meio sofre redução (Ag^+ para Ag^0) e a substância investigada sofre oxidação. Considerando as propriedades de aldeídos e cetonas, os compostos de qual função você acredita que dá positivo no teste? Justifique.

** As respostas se encontram ao final do capítulo.*

Respostas do capítulo 9 – funções aldeído e cetona

Pergunta 1: *Os aldeídos podem sofrer reações de oxidação, já as cetonas não.*

Pergunta 2: *alternativa d.*

Pergunta 3: *Como o teste positivo se dá por uma oxidação da substância investigada, isso só poderá acontecer com os aldeídos, pois as cetonas não sofrem oxidação.*

CAPÍTULO 10

FUNÇÃO ÁCIDO CARBOXÍLICO

Você tem cachorro? Se você tem, sabe que ele “adivinha” que você está chegando em casa minutos antes de você entrar. Como ele faz isso? Como você acha que seu cão lhe reconhece?

O cão o reconhece pelo seu cheiro.

Você já viu algum filme ou série em que uma peça de roupa de um desaparecido é dada a um cão farejador para ele encontrá-lo? Por que a polícia utiliza esse recurso?

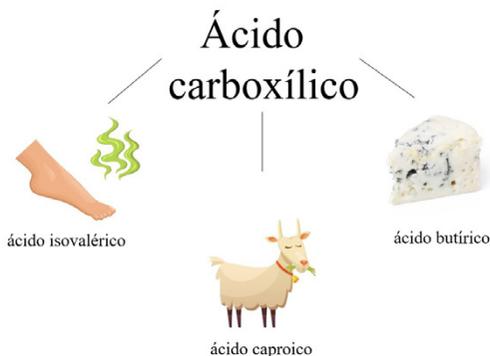
A resposta é muito simples. O olfato do cão é cerca de 100 mil vezes melhor que a do ser humano e, por isso, ele consegue reconhecer muito bem o nosso “cheiro”. Além disso, cada pessoa tem uma composição aromática diferente, que os cães reconhecem. De certa forma, é uma impressão digital olfativa.

Mas o que é responsável por esse “cheiro”?

O cheiro é o resultado de uma mistura de várias substâncias voláteis, sendo que a principal classe presente nessa mistura é a dos ácidos carboxílicos.

Os ácidos carboxílicos correspondem a uma função orgânica e os de cadeia carbônica pequena são comumente associados a cheiro (em geral desagradáveis) (Figura 123). Por exemplo: vinagre (ácido acético), queijo gorgonzola, manteiga estragada (ácido butírico), cheiro de cabras (ácidos cáprico, caproico e caprílico), chulé ou “cecê” (ácido isovalérico).

Figura 123: ácidos carboxílicos de odor desagradável.



Fonte: reprodução Freepik.

Esta propriedade, às vezes, pode ser uma arma, como se vê na notícia abaixo (Figura 124):

Figura 124: notícia sobre o ácido butírico.

“Paul Watson (Toronto, 1950) foi, no início dos anos 70, um dos pioneiros do Sierra Club que ajudou a organizar o Greenpeace. Mais tarde, e por divergências com a organização, que não aprovou o ambientalismo radical que Watson defende, ele funda a sociedade de conservação Sea Shepherd, de onde se dedica, por exemplo, a assediando navios baleeiros japoneses jogando garrafas de ácido butírico (bombas de mau cheiro).”

Fonte: Disponível em: <https://www.achetudoeregiao.com.br/noticias/destaque0062.html>. Acesso em: 07 jan. 2021.

Outra curiosidade: muitos se referem ao mau cheiro corporal como “cecê”. **Mas de onde vem este termo?**

De uma propaganda publicitária de sabonetes.

Uma empresa americana de sabonetes usou o termo B.O. (*body odor*) para se referir ao cheiro do corpo. No Brasil, virou C.C. (cheiro de corpo), como se vê na propaganda do produto (Figura 125), e depois foi popularizado para cecê.

Figura 125: propaganda de sabonete usando o termo cecê.



Fonte: O Cruzeiro, 15/02/1947, n. 17, p. 33. Acervo Biblioteca Nacional – Rio de Janeiro e Acervo Estado de Minas/Revista O Cruzeiro – Belo Horizonte.

Os ácidos carboxílicos também estão relacionados com os “ácidos graxos”. **Este nome (“graxo”) lembra alguma coisa?**

Lembra graxa.

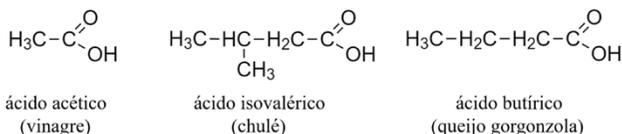
Graxas são oleosas, assim como os ácidos graxos, daí a relação. Mas, cuidado, as substâncias presentes na graxa são completamente diferentes dos ácidos graxos.

Ácidos graxos são ácidos carboxílicos de **cadeia linear** (não ramificada), com **número par de átomos de carbono**. Por não serem solúveis em água receberam o termo “graxo”. São considerados ácidos graxos os que possuem a partir de quatro átomos de carbono, mas os

mais comuns são os de 16 a 20 átomos de carbono. Muitos destes são referidos como ômega-3, ômega -6, etc. e são importantes para a saúde humana. Os ácidos graxos dificilmente aparecem na forma livre, encontrando-se principalmente como triglicerídeos. Esse tema será tratado no capítulo 11, onde teremos mais informações sobre ácidos graxos.

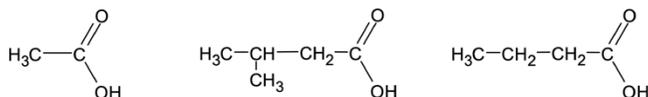
A seguir, as fórmulas estruturais de alguns ácidos carboxílicos importantes (Figura 126).

Figura 126: representações de alguns ácidos carboxílicos.



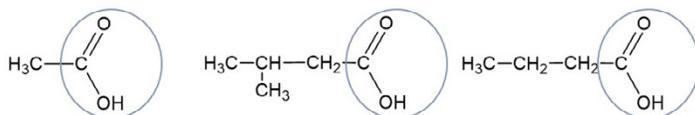
Fonte: autor.

Existe algo em comum nas estruturas de todos os ácidos carboxílicos?



Sim. Todos apresentam o mesmo grupo funcional, que é destacado abaixo (Figura 127).

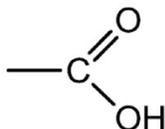
Figura 127: grupos funcionais dos ácidos carboxílicos.



Fonte: autor.

Este é o grupo funcional que caracteriza os ácidos carboxílicos e é denominado carboxila (128):

Figura 128: representações do grupo funcional carboxila.



Fonte: autor.

Também representado como $-\text{CO}_2\text{H}$ ou $-\text{COOH}$.

A carboxila é o grupo funcional dos ácidos carboxílicos.

Formalmente, é constituído de uma carbonila e uma hidroxila, daí o nome carboxila (Figura 129).

Figura 129: carboxila.



Fonte: autor.

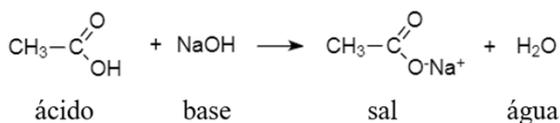
Os ácidos carboxílicos são ácidos fracos, mas ionizam-se parcialmente em água (Figura 130) e sofrem reação de neutralização (Figura 131).

Figura 130: ionização de ácido carboxílico.



Fonte: autor.

Figura 131: neutralização de ácido carboxílico.



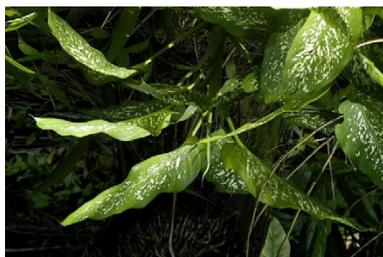
Fonte: autor.

Por que será que os desodorantes têm sempre uma base na sua composição?

Porque o cecê tem características ácidas (ácido carboxílico) e com a base ele é neutralizado, formando sais.

O oxalato de cálcio é um sal de ácido carboxílico presente em cálculos renais e é o princípio tóxico de algumas plantas, como a comigo-ninguém-pode (Figura 132). Ele causa a irritação da glote e pode levar à asfixia (veja a fórmula estrutural do ácido oxálico no Quadro 17).

Figura 132: comigo-ninguém-pode – contém oxalato de cálcio.



Fonte: reprodução Wikimedia Commons.

Agora vamos fazer um teste para medir uma propriedade bem importante dos ácidos carboxílicos (Quadro 14).

Quadro 14: experimento com ácidos carboxílicos.

EXPERIMENTO	
Material	Método
<ul style="list-style-type: none"> - fenolftaleína alcoólica; - NaOH diluído; - limão; - vinagre; - 2 tubos de ensaio; - pipetas Pasteur. 	<p>Coloque as soluções da base (NaOH) e do indicador nos dois tubos, depois, adicione gota a gota, o limão em um deles e no outro o vinagre. Observe qualquer mudança de cor.</p>

Fonte: autor.

Após ter realizado o experimento, tente responder as perguntas a seguir (Quadro15).

Quadro 15: perguntas e respostas do experimento.

Perguntas sobre o experimento
<p>Pergunta: Qual a cor inicial do indicador com a base?</p> <p><i>Resposta: O indicador adquire uma cor rosa em meio básico.</i></p>
<p>Pergunta: Como ocorreu a mudança de cor?</p> <p><i>Resposta: Tanto o limão quanto vinagre são ácidos e assim neutralizam a base. Em meio ácido ou neutro o indicador fica incolor.</i></p>

Fonte: autor.

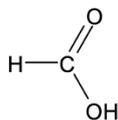
Repare que tanto o limão quanto vinagre mudaram a cor do indicador, mostrando que os ácidos carboxílicos têm propriedades ácidas (geram $\text{pH} < 7$, em solução aquosa) e, assim, neutralizam bases.

Os ácidos carboxílicos são ácidos e neutralizam as bases.

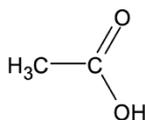
Como fica a nomenclatura dos ácidos carboxílicos?

A nomenclatura tem a inserção do termo ácido no início do nome e o sufixo correspondente é OICO.

Assim:



ácido metanoico



ácido etanoico

O sufixo correspondente aos ácidos carboxílicos é OICO.

Mas se você chegar numa empresa química e pedir 1L de ácido metanoico e 1 L de ácido etanoico, poderá receber a resposta: “tem, mas acabou”.

Então você pede 1L de ácido fórmico e 1 L de ácido acético e será prontamente atendido.

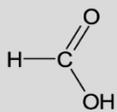
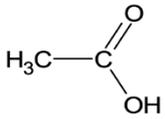
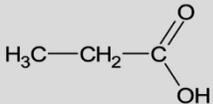
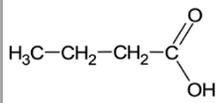
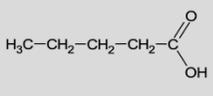
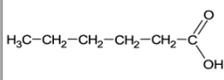
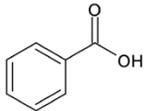
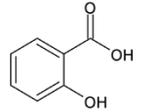
Mas qual a diferença?

Ácido fórmico e ácido acético são nomes não oficiais dos ácidos metanoico e etanoico, respectivamente.

Esta passagem reflete o fato de que para os ácidos carboxílicos o nome não oficial (ou usual) é mais importante que o nome que segue as regras da IUPAC.

No Quadro 16 estão listados os ácidos carboxílicos mais comuns e conhecidos pelos seus nomes usuais.

Quadro 16: principais ácidos carboxílicos de nosso dia a dia.

Nome oficial	Nome usual	Origem	Fórmula estrutural
ác. metanoico	ác. fórmico	formigas	
ác. etanoico	ác. acético	vinagre (acetum: azedo)	
ác. propanoico	ác. propiônico	O primeiro a ter características de ácido graxo (protos: primeiro e pion: gordura)	
ác. butanoico	ác. butírico	manteiga estragada (<i>butyrum</i> : manteiga)	
ác. pentanoico	ác. valérico	valeriana/ <i>Valeriana officinalis</i>	
ác. hexanoico	ác. caproico	gordura de cabra	
ác. benzenocarboxílico	ác. benzoico	Extraído do benjoin	
ác. 2-hidroxibenzoico	ác. salicílico	Extraído das cascas de árvore do gênero Salix	

Fonte: autor.

Alguns ácidos carboxílicos são mais conhecidos pelo seu nome usual do que pelo oficial.

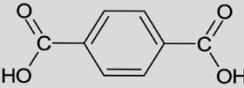
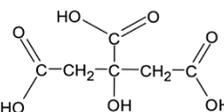
Vale destacar que os prefixos “PROP” E “BUT” vieram dos nomes propiônico e butírico, e depois passaram a designar três e quatro carbonos, respectivamente.

Alguns ácidos di e tricarboxílicos são bem importantes em nosso dia a dia e, por isso, no Quadro 17 são mostrados a fórmula estrutural, o nome e a origem de alguns destes ácidos.

Quadro 17: alguns ácidos di e tricarboxílicos importantes.

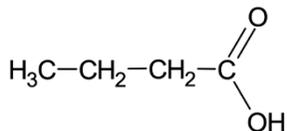
Nome usual/ Oficial	Origem	Estrutura
ác. oxálico/ ác. etanodioico	Planta do gênero <i>Oxalis</i> ; seu sal de cálcio ocorre em cálculos renais	
ác. malônico/ ác. propanodioico	Relacionado com maçã (<i>Malus domestica</i> - latim)	
ác. succínico/ ác. butanodioico	De <i>succinum</i> (latim: âmbar) É um importante intermediário metabólico	
ác. glutárico/ ác. pentanodioico	É um importante intermediário metabólico	
ác. adípico/ ác. hexanodioico	Matéria prima para a produção de Nylon	

Fonte: autor.

Nome usual/ Oficial	Origem	Estrutura
ác. Tereftálico/ ác. p-benzenodicarboxílico	Matéria prima para a produção de PET	
ác. cítrico/ ác. 2-hidroxiopropano- 1,2,3-tricarboxílico	Presente em frutas cítricas	

Agora você já consegue dizer qual a fórmula estrutural do ácido butírico, jogado nos navios baleeiros?

Sim, sua fórmula estrutural é:

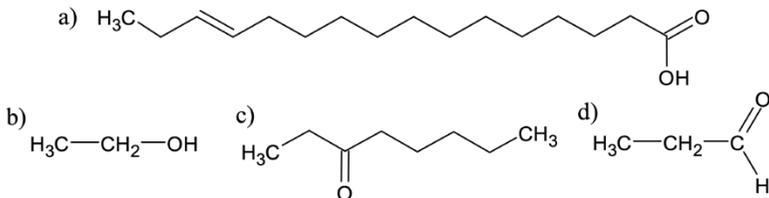


O que o aluno tem que “levar para casa”

- ácidos carboxílicos de cadeia pequena têm cheiro desagradável: cecê, chulé, cabras, manteiga estragada...
- os ácidos carboxílicos possuem propriedades ácidas;
- os ácidos são neutralizados por bases e geram sal e água;
- o grupo funcional dos ácidos carboxílicos é a carboxila ($-\text{COOH}$, CO_2H);
- os ácidos estão presentes em nosso dia a dia: ác. acético, ác. cítrico, ác. graxo, etc...;
- o nome usual do ácido está associado à sua origem (fórmico, acético, butírico).

Perguntas do capítulo 10 - Função ácido carboxílico

Pergunta 1: Identifique, entre as moléculas representadas abaixo, qual é um ácido carboxílico.



Pergunta 2: Dê 3 exemplos de produtos do cotidiano que possuem ácidos carboxílicos.

Pergunta 3: Imagine a seguinte situação: você foi usar uma solução de soda cáustica (NaOH) para desentupir a pia de sua casa e, de repente, você derrama sobre uma superfície um pouco desta base; imediatamente, você decide jogar um pouco de vinagre sobre a soda cáustica derramada. Esta decisão foi acertada? Justifique.

* As respostas se encontram ao final do capítulo.

Respostas das perguntas do capítulo 10 - Função ácido carboxílico

Pergunta 1: *alternativa a.*

Pergunta 2: *vinagre, limão, queijos azuis.*

Pergunta 3: *Sim, pois o vinagre contém ácido (ácido acético), o qual reage com a soda cáustica, que é básica, promovendo a neutralização.*

CAPÍTULO 11

FUNÇÃO ÉSTER

Você sabe o que são flavorizantes?

São substâncias adicionadas nas bebidas e alimentos para conferir odor e sabor agradáveis.

Você gosta do cheiro de abacaxi? De maçã? **O que será que confere o cheiro agradável a estes produtos?**

As essências.

Em geral, o cheiro de frutas e outros produtos de odor agradável está relacionado a uma classe de substâncias, a função éster.

Será que as balas com cheiro de frutas (framboesa, uva, ...) realmente contêm estas frutas?

Provavelmente, não.

Será que numa bala de framboesa tem framboesa? Lembrando que a framboesa só é produzida em lugares frios e somente em 3 meses do ano.

Só para você ter uma ideia de valores (Figura 133):

Figura 133: preço comparativo: bala de framboesa e framboesa.



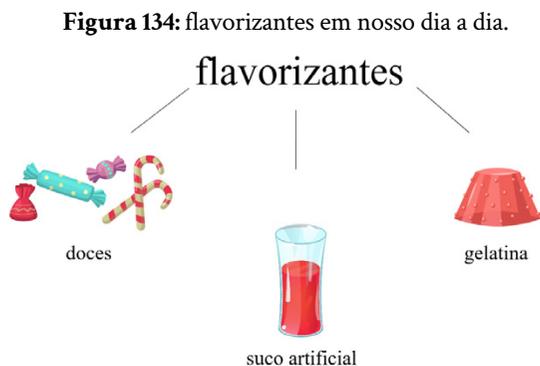
Fonte: reprodução Freepik.

Olhando os preços, é possível perceber que na bala de framboesa, não há a fruta framboesa.

Na verdade, a maioria dos produtos industrializados com sabor de frutas não tem nada originado da fruta. No lugar são utilizados os flavorizantes, que são substâncias sintéticas, muito mais baratas que a fruta em si. Ou seja, o flavorizante é diferente do extrato ou da polpa; ele é um produto feito em laboratório (não tem fruta).

Quimicamente, estas substâncias sintéticas são idênticas às substâncias presentes nas plantas e que contribuem para o gosto e o cheiro das frutas naturais. Porém, no flavorizante que dá o gosto do abacaxi, por exemplo, encontramos uma única substância. Já na fruta (abacaxi) existem mais de 300 substâncias responsáveis pelo seu sabor e cheiro. A indústria “copia” a substância mais abundante no abacaxi (ou a que é marcante para gerar o sabor e cheiro) e a usa como flavorizante. Por isso, são mais baratas, mas não reproduzem exatamente o gosto das frutas, apenas lembram.

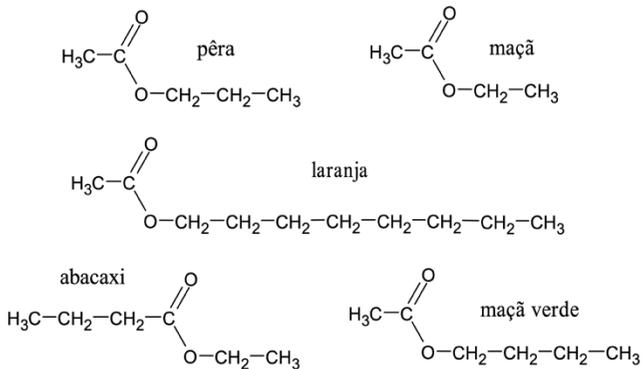
Existem diversos produtos em nosso dia a dia que usam flavorizantes (Figura 134).



Fonte: reprodução Freepik.

Os principais flavorizantes que imitam as características de frutas são ésteres.

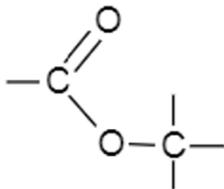
Vejamos abaixo algumas fórmulas estruturais de substâncias usadas como essências.



Você consegue perceber o que há em comum nessas fórmulas estruturais?

Se você respondeu: esta parte das moléculas (Figura 135),

Figura 135: grupo funcional dos ésteres.



Fonte: autor.

está correto! Este é o grupo funcional que caracteriza os ésteres.

A maior parte das essências de frutas é formada por ésteres, como as representadas acima. É claro que as substâncias responsáveis por cheiro e sabor não são exclusivamente ésteres; existem compostos de outras funções que também dão esta característica, como vimos no texto sobre aldeídos (benzaldeído e cinamaldeído).

Os ésteres são considerados **derivados de ácidos carboxílicos**, porque, em geral, são produzidos por uma reação entre um ácido carboxílico um álcool, conhecida como esterificação de Fischer (Figura 136). *

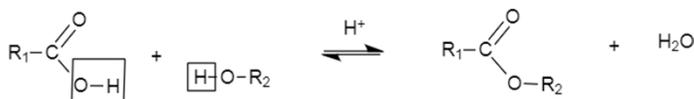
Figura 136: reação de esterificação.



Fonte: autor.

* A reação requer uma catálise ácida (Figura 137).

Figura 137: reação de esterificação catalisada por ácido. *

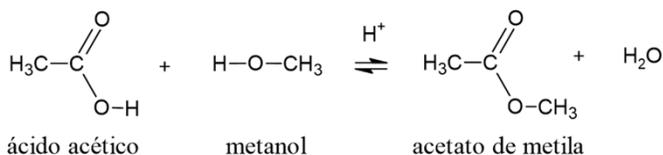


Fonte: autor.

** como vamos ver mais à frente, esta reação não é o único caminho para se obter ésteres.*

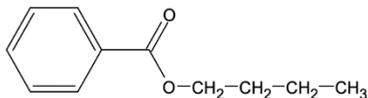
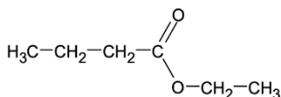
Observe abaixo a reação que mostra a esterificação para a produção do acetato de metila (Figura 138).

Figura 138: reação de formação do acetato de metila.



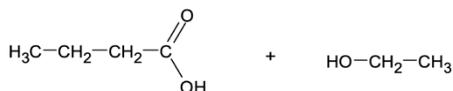
Fonte: autor.

Quais seriam os ácidos carboxílicos e álcoois envolvidos na síntese dos ésteres representados abaixo?

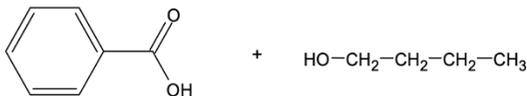


Estes são os reagentes utilizados:

Primeiro exemplo:



Segundo exemplo:

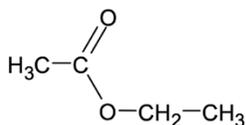


Os ésteres são derivados de ácidos carboxílicos.

NOMENCLATURA

A nomenclatura dos ésteres é derivada da nomenclatura dos ácidos carboxílicos e lembra a nomenclatura dos sais.

Observe o éster representado abaixo, que está presente na composição de frutas, conferindo um aroma de maçã.



Qual ácido origina este éster?

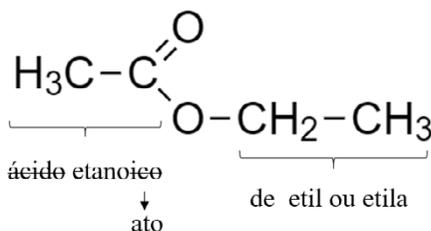
Ácido acético ou ácido etanoico.

O nome do éster se dá pela:

- eliminação do termo “ácido”;
- substituição do sufixo ICO por ATO (como nos sais);
- adição dos termos: DE + nome do substituinte (proveniente do álcool) com sufixo IL.

Vamos ver este exemplo da Figura 139:

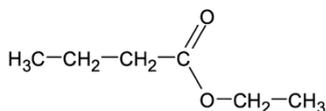
Figura 139: nomenclatura do etanoato de etila.



Fonte: autor.

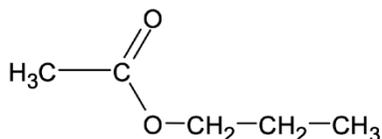
(Para lembrar: 1C: ác. Fórmico; 2C: ác. Acético; 3C: ác. Propiônico; 4C: ác. Butírico).

Por exemplo:



butirato de etila

Como fica o nome usual do éster representado abaixo?



Seu nome é acetato de propila.

Vamos ver uma notícia bem interessante (Figura 141):

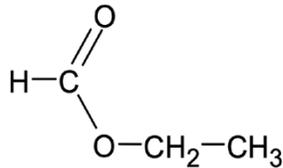
Figura 141: notícia sobre éster.

“A Via Láctea tem gosto de framboesa: astrônomos alemães descobriram metanoato de etila, substância química que dá à framboesa seu sabor característico, em uma nuvem de poeira próximo ao centro da Via Láctea. Mas, se astronautas fossem até lá, não poderiam deliciar-se com ela, pois a nuvem também é formada por cianeto de propila, um veneno letal...”

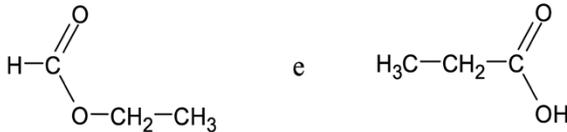
Fonte: Disponível em: Fonte: <https://super.abril.com.br/ciencia/ciencia-ma-luca-17/>. Acesso em: 07 jan. 2021.

Vocês podem representar a estrutura do éster da notícia?

Este é o metanoato de etila, também chamado de formato de etila:



Represente agora a estrutura do metanoato de etila e do ácido propanoico. **Você consegue ver alguma relação entre eles?**



Eles possuem a mesma fórmula molecular ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$), mas possuem estruturas diferentes, ou seja, são isômeros.

Os ésteres podem ser isômeros de ácidos carboxílicos.

Você conhece o termo triglicerídeo?

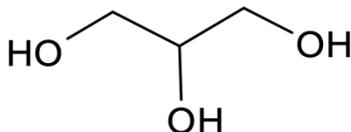
O termo é comumente empregado como um indicador de um tipo de lipídeo.

“Triglicerídeos” é um parâmetro bioquímico avaliado nos exames de sangue (veja o exame de sangue de alguém da sua família).

Portanto, os triglicerídeos são constituintes do nosso corpo.

Os triglicerídeos são ésteres de ácidos graxos e glicerol e são os constituintes de óleos e gorduras. **Você se lembra do glicerol?** Caso não se lembre, volte no capítulo dos álcoois e dê uma relembração.

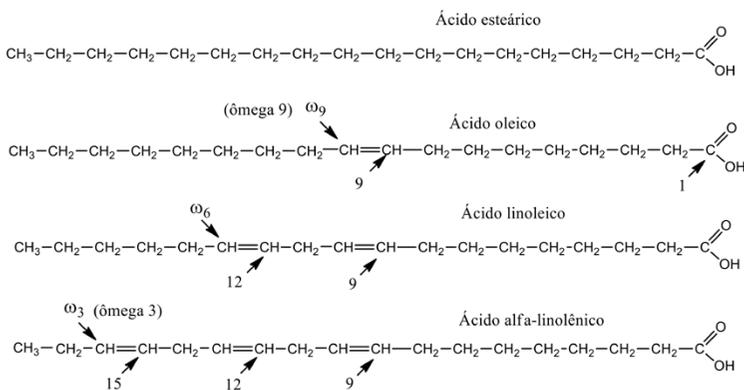
Esta é a fórmula estrutural (em linha) do glicerol:



Ácidos graxos são ácidos carboxílicos com cadeia linear e número de carbonos múltiplo de dois, a partir de quatro carbonos. Os ácidos graxos mais comuns têm 18 átomos de carbono (Figura 142). Eles podem ser saturados ou conter ligações duplas, sempre com configuração *cis*.

Triglicerídeos são ésteres de ácidos graxos e glicerol.

Figura 142: representações de alguns ácidos graxos importantes. *



Fonte: autor.

* **Perceba que a numeração ω (ômega) é feita a partir da extremidade oposta à carboxila.** Os ácidos graxos ditos “ômega 3” são mais raros e importantes para a saúde humana (Figura 143). A ideia de que quanto maior o valor de “ômega” mais importante é o ácido graxo é equivocada.

Figura 143: cápsulas de óleo com “ômega 3”.

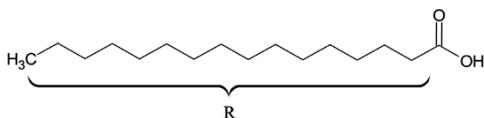


Fonte: reprodução Pixabay.

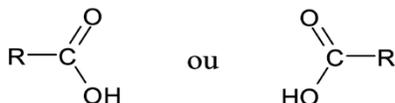
Os ácidos graxos vistos anteriormente costumam aparecer na natureza esterificados, principalmente, na forma de triglicerídeos. **Mas como é a estrutura de um triglicerídeo?**

Triglicerídeos são ésteres de ácidos graxos e glicerol.

Para facilitar a representação dos triglicerídeos vamos considerar a cadeia ligada à carboxila como R.



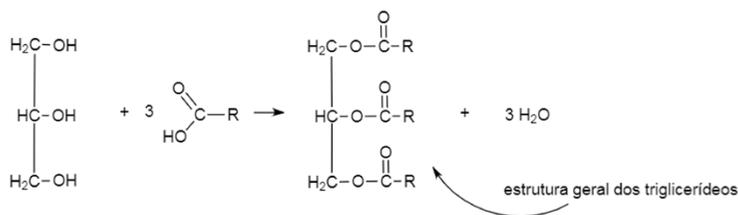
Assim:



*** Lembrando que R representa a cadeia de qualquer ácido graxo.**

Observe esta reação de esterificação para a formação de um triglicerídeo (Figura 144).

Figura 144: formação de um triglicerídeo.



Fonte: autor.

Os óleos e gorduras são triglicerídeos.

O que o aluno tem que “levar para casa”

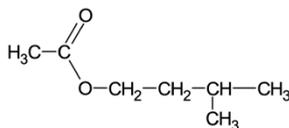
- os ésteres são associados ao cheiro de frutas;
- ésteres são derivados de ácidos carboxílicos;
- os ésteres são obtidos pela reação entre: ácido carboxílico e álcool (ou fenol);
- a nomenclatura dos ésteres é originada dos ácidos carboxílicos que os formam;
- os triglicerídeos são ésteres de glicerol e ácidos graxos;
- óleos e gorduras são triglicerídeos;
- os ésteres podem ser isômeros dos ácidos carboxílicos.

Perguntas do capítulo 11- Função éster

Pergunta 1: Os ésteres estão associados ao cheiro de frutas e esterificação é o nome da reação para a produção dos compostos dessa função. Quais são os reagentes necessários para esta reação?

Pergunta 2: Qual o ácido carboxílico utilizado para a produção do éster representado abaixo, que tem cheiro de banana?

- a) ácido acético
- b) ácido propanoico
- c) ácido pentanoico
- d) ácido sulfúrico



Pergunta 3: Sabendo que o nome do éster da pergunta 2 é acetato de isoamila, qual poderia ser o nome do álcool utilizado para sua síntese.

- a) pentanol
- b) metilbutanol
- c) pentílico
- d) amílico
- e) isoamílico

** As respostas se encontram ao final do capítulo.*

Respostas do capítulo 11- Função éster

Pergunta 1: *A reação de esterificação necessita de ácido carboxílico, álcool e um catalisador ácido.*

Pergunta 2: *alternativa a.*

Pergunta 3: *alternativa e (lembrando que metilbutanol não é um nome correto, porque não indica a posição da hidroxila).*

CAPÍTULO 12

FUNÇÕES AMIDA E ANIDRIDO

AMIDA

Olha só essa notícia de jornal (Figura 145):

Figura 145: notícia sobre um fisiculturista.

“Gari fisiculturista come 30 claras de ovos por dia para manter corpo ideal aos 40 anos de idade no ES”

Fonte: Disponível em: <https://g1.globo.com/espírito-santo/noticia/gari-fisiculturista-come-30-claras-de-ovos-por-dia-para-manter-corpo-ideal-aos-40-anos-de-idade-no-es.ghtml>. Acesso em: 09 jan. 2021.

Será que é apenas um gosto pessoal ou existe um porquê de tanto ovo?

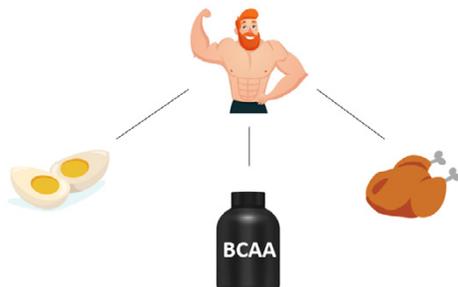
Deve ter algum motivo especial.

Você saberia dizer qual a base da alimentação de um fisiculturista?

Proteínas.

Se você disse proteína, está correto! Eles ingerem muita proteína, através de carnes magras, ovos ou mesmo através de suplementos como *Whey Protein*[®] (Figura 146).

Figura 146: alimentação de fisiculturistas.



Fonte: reprodução Freepik.

Mas por que isso é necessário?

Esse tipo de atleta busca a construção dos músculos, e eles são feitos de proteínas. Por isso a ingestão deste tipo de alimento é tão importante. Esses alimentos servem de “matéria prima” para o corpo ter ganho muscular.

Mas o que é proteína?

Uma proteína é um polímero: uma molécula grande (macromolécula), constituída de unidades, os monômeros.

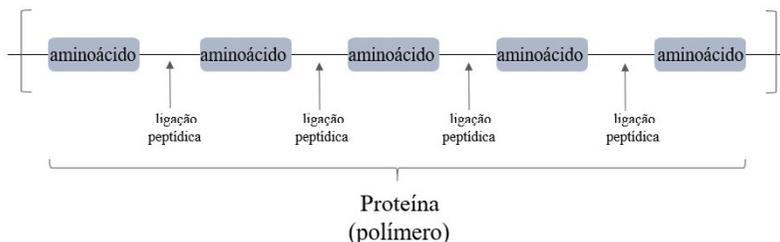
As unidades que constituem as proteínas são os aminoácidos.

Você já ouviu falar em aminoácidos?

Os aminoácidos são substâncias que têm duas funções, amina e ácido carboxílico, e são essenciais para a formação das proteínas.

Os aminoácidos se ligam formando as proteínas. Essas ligações entre os aminoácidos são chamadas de ligações peptídicas (Figura 147).

Figura 147: esquema geral de uma proteína.

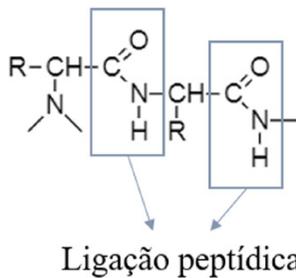


Fonte: autor.

Como é uma ligação peptídica?

Ela pode ser representada desta maneira (Figura 148):

Figura 148: representação de ligação peptídica.



Fonte: autor.

A ligação peptídica acontece entre um grupamento ácido carboxílico de um aminoácido e o grupamento amina de outro aminoácido.

A que função corresponde a ligação peptídica?

É uma nova função: AMIDA.

Não confunda com amina. Aminas e amidas são diferentes!

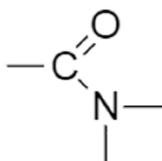
Você já ouviu falar em poliamida?

O Nylon® é uma poliamida.

Você pode fazer uma pesquisa para saber mais sobre o Nylon®?

A função amida é caracterizada pelo grupo funcional abaixo (Figura 149):

Figura 149: grupo funcional das amidas.



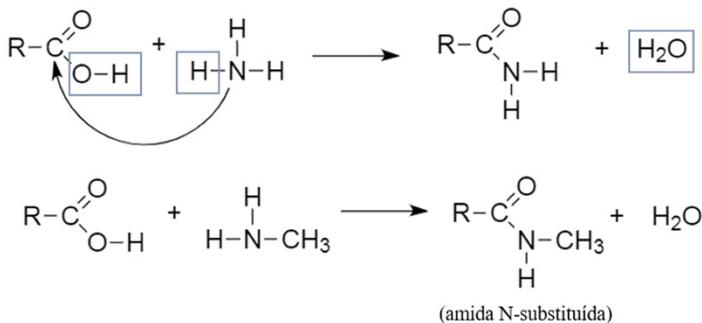
Fonte: autor.

As amidas são consideradas derivadas de ácidos carboxílicos.

As amidas são consideradas derivadas de ácidos carboxílicos.

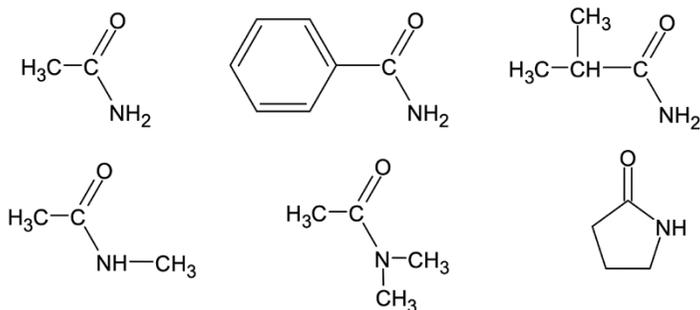
As amidas podem ser formadas a partir de ácidos carboxílicos, por reação com amônia ou aminas (Figura 150).

Figura 150: reação de formação de uma amida.



Fonte: autor.

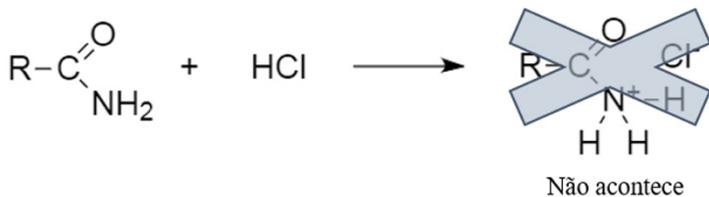
Outros exemplos de amidas



As amidas se comportam como os ácidos carboxílicos e os ésteres, em termos das reações químicas que sofrem.

O nitrogênio das amidas não tem caráter básico. Em meio ácido não sofre protonação* (Figura 151).

Figura 151: amidas em meio ácido.

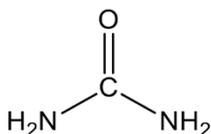


Fonte: autor.

Ao contrário das aminas, que são facilmente protonadas.

* protonação: recebimento do íon H^+ .

E a ureia? Ela é uma amida?



Ureia - Fórmula estrutural

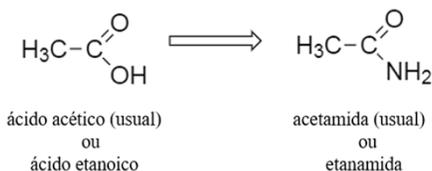
A ureia é estruturalmente relacionada com as amidas, mas, a rigor, não é uma amida. A literatura oficial a chama de carbonil diamida ou carbamida.

As amidas não são básicas.

NOMENCLATURA

A nomenclatura das amidas é relacionada com a dos ácidos carboxílicos (Figura 152).

Figura 152: nomenclatura de amidas.

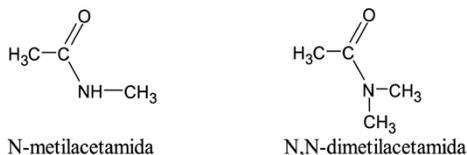


Fonte: autor.

Compare o nome do ácido carboxílico e da amida correspondente. Explique como se dá o nome à amida.

O nome de uma amida é dado pela substituição do sufixo oico por amida, e eliminação do termo ácido.

As amidas N-substituídas devem ser indicadas como abaixo:



Inúmeras moléculas têm a função amida. No capítulo sobre compostos de funções múltiplas (Capítulo 14) veremos outras substâncias com essa função, como alguns anestésicos (benzocaína, procaína, etc.).

O termo proteína foi criado por Berzelius em 1838, mostrando que estas substâncias já eram estudadas nesta época.

As proteínas são muito importantes e seu estudo se situa no campo da bioquímica.

ANIDRIDO DE ÁCIDO

O **acetato de celulose** é uma importante matéria prima da indústria, principalmente da têxtil (Figura 153), possuindo características semelhantes às da seda. Em geral, é produzido a partir da celulose obtida do algodão ou da polpa da madeira.

Figura 153- Acetato de celulose na indústria têxtil.



Fonte: reprodução Freepik.

Como o acetato de celulose é preparado nos processos industriais?

Veja abaixo uma descrição de como foi preparado acetato de celulose a partir da casca do arroz:

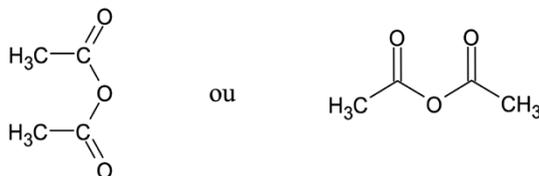
*“Obtenção do acetato de celulose.... Pesou-se 1g da casca de arroz purificada e adicionou-se 9,5 mL de **ácido acético glacial**, 4,6 mL de **anidrido acético** e, finalmente, adicionou-se lentamente 2,7 mL de **ácido sulfúrico** concentrado.”**

Fonte: Pinto,B.; Calloni,G.; Silva, S. A.da, **Obtenção de acetato de celulose a partir da casca de arroz (Oryza sativa), Revista Liberato 2013, 14, 21, 01.*

Dos reagentes mencionados no processo, apenas um você não conhece ainda: **anidrido acético**.

O que será o anidrido acético?

O anidrido acético é um líquido incolor, que ferve a 140°C. Esta é fórmula estrutural do anidrido acético.



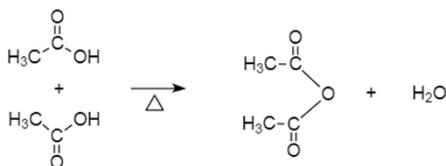
Este composto não existe na natureza e foi sintetizado pela primeira vez em 1852, pelo pesquisador francês Gerhardt.

Trata-se de um composto da função anidrido. Os compostos que têm esta função são considerados **derivados de ácidos carboxílicos**, da mesma maneira que ésteres e amidas.

Anidridos são derivados de ácidos carboxílicos.

Formalmente, são produzidos pela desidratação de ácidos carboxílicos (Figura 154).

Figura 154- reação de produção de anidridos de ácido.

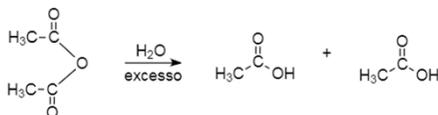


Fonte: autor.

Anidrido = formado pela perda de água – compare com o termo anidro.

São compostos muito reativos que reverterem a ácidos rapidamente em presença de excesso de água (Figura 155).

Figura 155- reação de decomposição de anidridos de ácido.



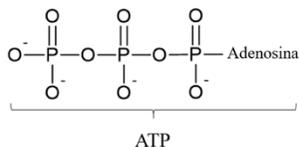
Fonte: autor.

Portanto, devem ser conservados em frascos fechados para evitar o contato com o ar, porque este contém vapor d'água suficiente hidrolisar o anidrido.

Você já ouviu falar em ATP?

Trifosfato de adenosina – um composto que representa a energia armazenada na forma química (Figura 156).

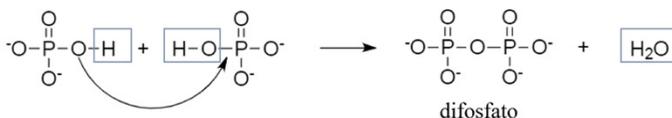
Figura 156: representação de parte da estrutura do ATP.



Fonte: autor.

A unidade de trifosfato também é um anidrido, formado a partir de ácido fosfórico (Figura 157).

Figura 157: formação de difosfato.



Fonte: autor.

Como você viu no início do tópico, o anidrido acético é utilizado em grande escala na produção industrial de acetato de celulose.

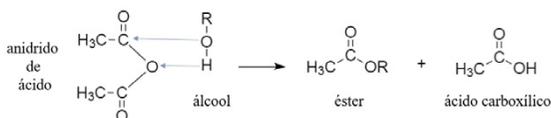
Como isto ocorre?

Acetato lembra qual função orgânica?

Lembra éster.

O anidrido acético ao reagir com a celulose forma um éster. A celulose é constituída de unidades de glicose, um açúcar que tem na sua estrutura inúmeros grupos -OH (de álcool) (Figura 158).

Figura 158: reação de álcool com anidrido de ácido.

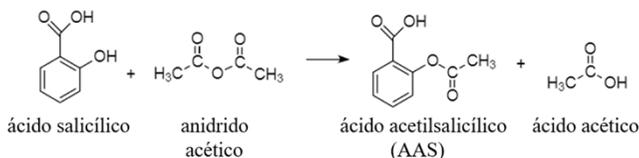


Fonte: autor.

Outra utilização industrial do anidrido acético é na fabricação do AAS (Figura 159). **Você sabe o que é AAS?**

É o princípio da Aspirina, o medicamento usado há mais de um século para combater dor e febre.

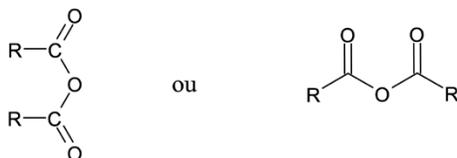
Figura 159: reação de obtenção do AAS.



Fonte: autor.

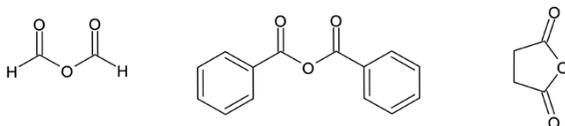
Observe que, neste caso, o anidrido reagiu com um fenol para originar um éster.

O anidrido acético é a substância mais importante desta função orgânica, mas qualquer composto que tenha o grupo funcional abaixo é um anidrido.



Os grupos R, em geral, são iguais, mas podem ser diferentes.

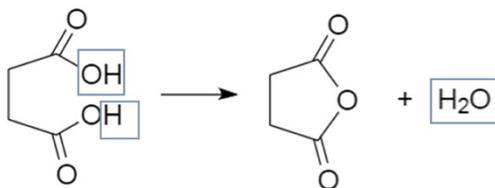
Outras fórmulas estruturais de anidridos:



Veja que há um anidrido cíclico. **Como ele pode ser formado?**
Pense um pouco!

Ele é formado por uma reação de eliminação de água de um ácido dicarboxílico (Figura 160).

Figura 160: reação de obtenção de um anidrido cíclico.

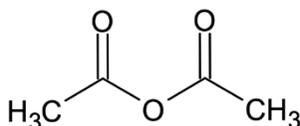


Fonte: autor.

NOMENCLATURA

Como foi dito, os anidridos são derivados de ácidos carboxílicos e, sendo assim, sua nomenclatura é relacionada com o nome do ácido carboxílico que o originou. Basta substituir o termo ácido por anidrido.

Você já viu a fórmula estrutural do anidrido acético, gerado a partir do ácido acético.



anidrido acético

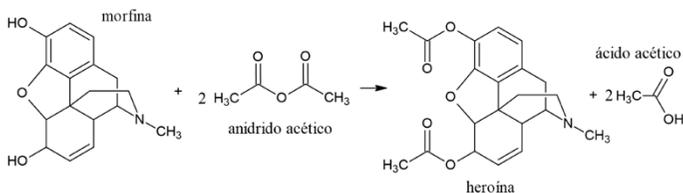
Os ácidos que originam os anidridos mostrados anteriormente são: ácido fórmico, ácido benzoico e ácido succínico (veja as fórmulas estruturais no capítulo sobre ácidos carboxílicos). Logo, como serão os nomes dos anidridos correspondentes?

Anidrido fórmico, anidrido benzoico e anidrido succínico.

Anidridos são muito reativos.

Os anidridos são muito reativos e também podem ser usados no preparo de drogas pesadas, como no caso da heroína. Por isso sua venda é controlada (Figura 161)!

Figura 161: reação de produção de heroína.



Fonte: autor.

A morfina é um alcaloide (veja o capítulo de aminas) extraído do ópio, e ela vem do líquido leitoso que as cápsulas verdes das flores de papoula produzem (Figura 162).

Figura 162: imagem das flores de papoula.



Fonte: Reprodução NickyPe por Pixabay.

Olha só essa notícia (Figura 163):

Figura 163: notícia sobre anidrido.

“Três paquistaneses presos por suspeita de crime incomum. Eles teriam transportado 536 litros do anidrido acético, de um depósito da província de Kanagawa até uma revenda de carros usados, no bairro de Kita, em Niigata. ”

Fonte: disponível em: Fonte:<http://www.portalmie.com/atualidade/noticias-do-japao/crime/2018/01/tres-paquistaneses-presos-por-suspeita-de-crime-incomum/>. Acesso em: 09 jan. 2021.

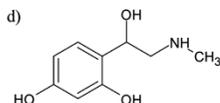
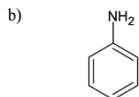
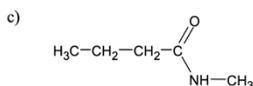
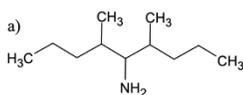
O que o aluno tem que “levar para casa”

- as amidas podem ser obtidas pela reação de um ácido carboxílico com amina;
- as amidas estão presentes nas ligações peptídicas (proteínas);
- essas ligações são essenciais na formação das proteínas e, por consequência, na formação dos seres vivos;
- amidas possuem propriedades diferentes das aminas; amidas não são básicas;
- anidrido é uma função orgânica gerada pela desidratação de ácidos (reforçar o reconhecimento do grupo funcional);
- o anidrido mais importante, pela sua utilização industrial, é o anidrido acético;
- os anidridos reagem com álcoois e fenóis gerando ésteres;
- o nome do anidrido é relacionado ao nome do ácido que o originou.

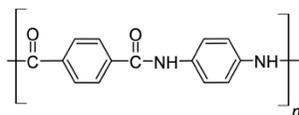
Perguntas do capítulo 12 – Funções amida e anidrido

Pergunta 1: Qual função orgânica está relacionada com as proteínas? Quais são as unidades constituintes das proteínas?

Pergunta 2: Identifique entre as moléculas representadas abaixo, qual tem a função amida.



Pergunta 3: O kevlar é um polímero de altíssima resistência mecânica a altas temperaturas. Ele é o material que compõe coletes à prova de balas e também reveste o tanque de combustível de carros de Fórmula 1. Uma parte da estrutura do Kevlar é representada abaixo:



Avaliando a estrutura representada, você diria que esse polímero é um tipo de:

- a) poliéster
- b) poliálcool
- c) poliamida
- d) poliamina
- e) policetona

* As respostas se encontram ao final do capítulo.

Respostas do capítulo 12 – Funções amida e anidrido

Pergunta 1: *A função que está relacionada à formação das proteínas é a amida, já que ela é formada pela reação do grupo amina de um aminoácido e o ácido carboxílico de outro aminoácido. As unidades formadoras das proteínas são os aminoácidos.*

Pergunta 2: *alternativa c.*

Pergunta 3: *alternativa c.*

CAPÍTULO 13

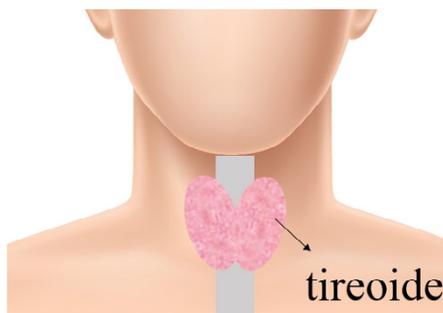
FUNÇÃO HALETOS ORGÂNICOS

Os halogênios existem na natureza principalmente nos compostos inorgânicos, na forma de sais. Mas podem ocorrer também em compostos orgânicos. Em plantas e animais os compostos orgânicos halogenados existem, mas não são abundantes. São mais comuns em organismos marinhos. Porém, há um grande número de compostos halogenados obtidos por síntese que são medicamentos ou importantes matérias-primas para a indústria.

Você sabe o que é a tireoide (Figura 164)?

É uma glândula que produz hormônios importantes, que estão relacionados ao crescimento e desenvolvimento dos vertebrados.

Figura 164: imagem representativa da glândula da tireoide.



Fonte: reprodução Freepik.

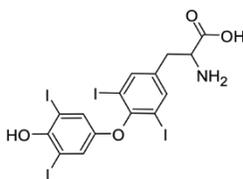
A tiroxina é um dos hormônios da tireoide, também chamada de T₄, cuja estrutura química tem quatro átomos de iodo. A ingestão de iodo se faz necessária na alimentação para a produção deste tipo de hormônio, e a deficiência deste elemento causa o bócio ou papo (Figura 165). Os hormônios da tireoide desempenham importante função de regulação do metabolismo.

Figura 165: imagem de pessoa com bócio.



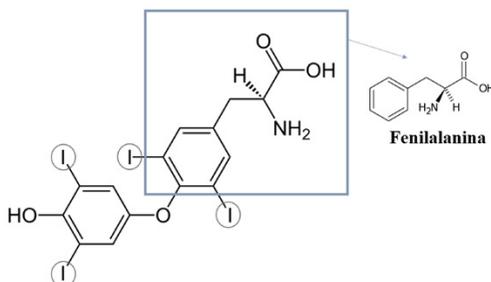
Fonte: Wikimedia Commons.

A tiroxina é um exemplo de um **composto halogenado**, onde temos halogênios ligados à cadeia carbônica.



Observe que na fórmula estrutural da tiroxina podemos verificar a presença de quatro átomos de iodo e que o aminoácido **fenilalanina** faz parte da estrutura (Figura 166).

Figura 166: Destaque da fenilalanina na fórmula estrutural da tiroxina.



Fonte: autor.

Os halogênios são monovalentes (fazem uma ligação) e substi-

tuem um hidrogênio na cadeia carbônica. Na Figura 167 são mostrados os halogênios mais comumente encontrados na natureza.

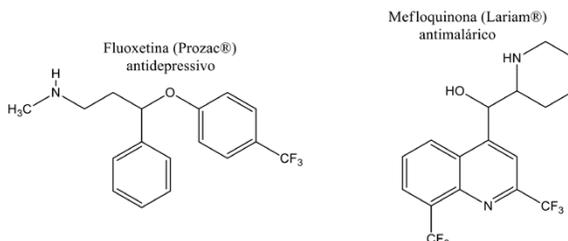
Figura 167: Principais halogênios.

9	F flúor 19
17	Cl cloro 35,5
35	Br bromo 80
53	I iodo 127

Fonte: autor.

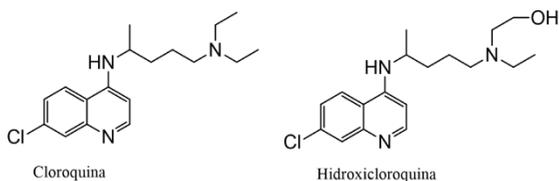
Muitos medicamentos (sintéticos) usados atualmente tem halogênios na sua estrutura, como os mostrados nas Figura 168 e 169.

Figura 168: representações de medicamentos contendo flúor na sua estrutura.



Fonte: autor.

Figura 169: representações de medicamentos contendo cloro na sua estrutura.



Fonte: autor.

Outros compostos halogenados importantes são representados na Figura 170.

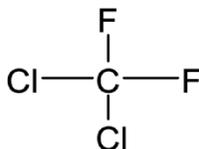
Figura 170: informações sobre alguns compostos halogenados importantes.



Fonte: autor.

CFCs (clorofluorcarbono)

Este termo designa um conjunto de compostos polêmicos, que foram largamente utilizados. Um dos mais importantes é o **Freon - 12[®]** ou **diclorodifluormetano**.



Você sabe como funciona uma geladeira?

Para seu funcionamento, ela necessita de um gás refrigerante! Esse gás, no processo de se liquefazer sob pressão e se expandir ao novamente se tornar gás, promove as trocas de calor, permitindo o resfriamento do aparelho. Numa forma resumida: ele “rouba” calor do interior da geladeira para se tornar gás novamente.

O Freon - 12[®] é um dos mais importantes gases de refrigeração. Ele substituiu a amônia (apesar desta ainda ser utilizada – Figura 171).

Figura 171: matéria sobre acidente com vazamento de amônia.

“Funcionária passa mal e frigorífico é evacuado após vazamento de amônia.”

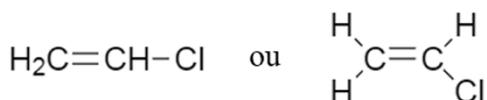
Fonte: Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/presidente-prudente-regiao/noticia/funcionarias-passam-mal-e-frigorifico-e-evacuado-apos-vazamento-de-amonia.ghtml>. Acesso em: 10 jan. 2021.

Os CFCs são gases refrigerantes muito eficientes e também podem ser utilizados como propelentes de aerossóis. Porém, na década de 1970, descobriu-se que eles **são grandes vilões no ataque à camada de ozônio**. Eles geram radicais livres sob ação de luz ultravioleta e estes radicais reagem com o ozônio e consomem a camada de ozônio da atmosfera. Por isso, eles têm sido substituídos por outros gases que não causam este malefício.

PVC

PVC é uma sigla amplamente utilizada. Vem do inglês “Poly-VinylChloride” – cloreto de polivinila. Trata-se de um **polímero** muito utilizado para fazer desde encanamentos aos chamados discos de vinil. A **unidade precursora** é o cloreto de vinila ou cloroeteno (Figura 172).

Figura 172: fórmula estrutural do cloreto de vinila.



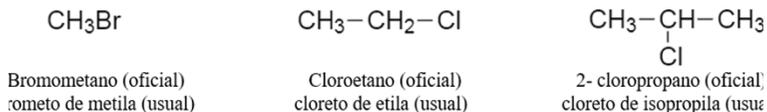
Cloreto de vinila
(vinyl chloride, em inglês)

Fonte: autor.

NOMENCLATURA

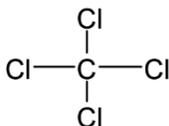
Como foi visto, na nomenclatura oficial o halogênio é considerado um substituinte da cadeia carbônica. A nomenclatura não oficial tem um formato diferente (veja abaixo), mas é largamente utilizada (Figura 173).

Figura 173: exemplos de haletos.



Fonte: autor.

O composto representado abaixo é um líquido, eventualmente usado como solvente. Mas ele é extremamente tóxico. Deixar parte de um dedo em contato com ele por alguns minutos é irreversível: morte certa!

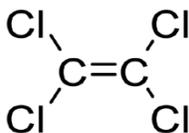


Como será o nome deste composto?

É tetraclorometano ou tetracloreto de carbono ou “carbon tet” na indústria de limpeza.

Falando em indústria de limpeza, o produto mais utilizado na lavagem a seco é o tetracloroetano ou percloroetileno. **Qual será a estrutura deste composto?**

A fórmula estrutural do tetracloroetano é:



O que o aluno tem que “levar para casa”

- os halogênios podem fazer parte da estrutura dos compostos orgânicos;
- na natureza os compostos orgânicos halogenados são relativamente incomuns;
- nos organismos marinhos, porém, são muito frequentes;
- muitos medicamentos sintéticos contêm halogênio na sua estrutura;
- o termo “vinil” (disco LP) está associado a policloreto de vinila;
- CFCs são compostos orgânicos halogenados que podem atacar a camada de ozônio;
- o Clorofórmio (CHCl_3) é um importante solvente orgânico que já foi usado como anestésico e sedativo.

Perguntas do capítulo 13 – Função haleto orgânico

Pergunta 1: Um exemplo de haleto orgânico em nosso dia a dia são alguns agrotóxicos, geralmente chamados de organoclorados, já que a maioria deles são haletos de cloro. Pesquise sobre o DDT (DicloroDifenilTricloroetano) e outros agrotóxicos clorados e represente suas fórmulas estruturais.

Pergunta 2: Explique por que os CFC's são proibidos como gases de refrigeração e propelentes de aerossóis.

Pergunta 3: Qual é a fórmula estrutural do 2-cloro-4-metilpentano?

Pergunta 4: Lindano (*Lindane*, em inglês) é um agrotóxico usado na agricultura intensiva, porém, por ser muito tóxico, é proibido em muitos países. No Brasil, era proibido pela Anvisa, porém, em 2017 seu uso foi liberado junto com outros 516 agrotóxicos (Brasil tem 517 tipos de agrotóxicos liberados pela Anvisa – (<https://ciclovivo.com.br/planeta/meio-ambiente/brasil-tem-517-tipos-de-agrotoxicos-liberados-pela-anvisa/>)).

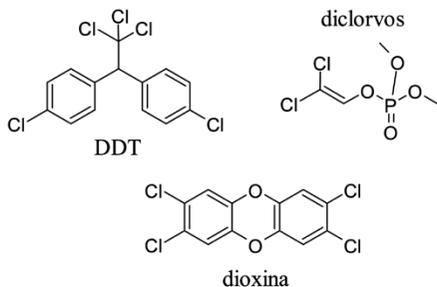
Seguindo a nomenclatura química, o nome do Lindano é 1,2,3,4,5,6-hexaclorociclo-hexano (ou hexacloroexano). Qual a sua estrutura?

Pergunta 5: Isoflurano, é um líquido incolor de ponto de ebulição 49 °C usado como anestésico geral por inalação e comercializado com o nome de **Forane**. Seguindo a nomenclatura química, o nome do isoflurano é 2-cloro-2-(difluorometoxi)-1,1,1-trifluoroetano. Represente a estrutura deste composto.

** As respostas se encontram ao final do capítulo.*

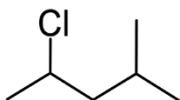
Respostas do capítulo 13 – Função haleto orgânico

Pergunta 1:

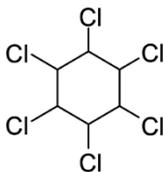


Pergunta 2: Os CFC's são proibidos porque eles degradam a camada de ozônio, que é muito importante para barrar parte dos raios ultravioletas que chegam até a terra.

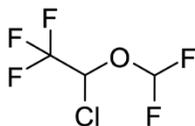
Pergunta 3: Essa é a fórmula estrutural do 2-cloro-4-metilpentano:



Pergunta 4: Essa é a fórmula estrutural do Lindano:



Pergunta 5: A fórmula estrutural do Isoflurano é:



CAPÍTULO 14

SUBSTÂNCIAS MULTIFUNCIONAIS

Nos tópicos anteriores estudamos as funções orgânicas individualmente. Como vimos, as funções orgânicas são caracterizadas pelos grupos funcionais e por suas propriedades.

Vamos completar a imagem abaixo (Figura 174) e relembrar os grupos funcionais de cada função e destacar as suas principais propriedades (a característica pode ser a ocorrência ou não ocorrência de uma propriedade) *.

Figura 174: resumo das funções.

<input type="checkbox"/>	Hidrocarboneto • propriedades:
<input type="checkbox"/>	Álcool • propriedades:
<input type="checkbox"/>	Fenol • propriedades:
<input type="checkbox"/>	Éter • propriedades:
<input type="checkbox"/>	Enol • propriedades:
<input type="checkbox"/>	Aldeído • propriedades:
<input type="checkbox"/>	Cetona • propriedades:

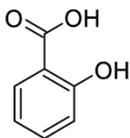
Figura 174: resumo das funções.

<input type="text"/>	Ácido carboxílico • propriedades:
<input type="text"/>	Éster • propriedades:
<input type="text"/>	Amina • propriedades:
<input type="text"/>	Amida • propriedades:
<input type="text"/>	Anidrido de ácido • propriedades:
<input type="text"/>	Haleto • propriedades:

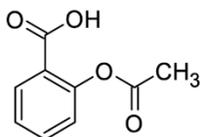
Fonte: autor.

** as respostas se encontram no final do capítulo.*

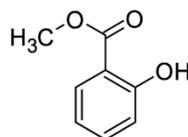
Na natureza, porém, é mais comum a ocorrência de moléculas com mais de um grupo funcional. Já mencionamos anteriormente o ácido salicílico e ácido acetilsalicílico. Neste grupo, podemos mencionar também o salicilato de metila, a substância responsável pelo cheiro do Gelol®.



ácido salicílico



ácido acetilsalicílico

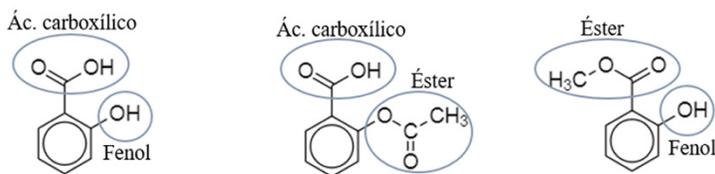


salicilato de metila

Você poderia identificar as funções presentes em cada uma das substâncias representadas?

As funções são destacadas na Figura 175.

Figura 175: destaque dos grupos funcionais nas fórmulas estruturais dos princípios ativos mencionados.

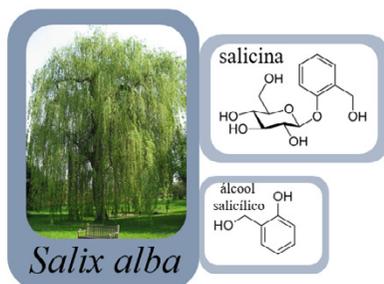


Fonte: autor.

Mas, qual a história do ácido salicílico e o ácido acetilsalicílico?

A casca do salgueiro, *Salix alba*, foi usada durante mais de dois mil anos, inclusive por Hipócrates (em torno de 400 a.C.), o pai da medicina, para o tratamento de dores e febre. Em 1838, o alemão Büchner isolou o princípio ativo desta planta, um glicosídeo (açúcar + composto orgânico), e o chamou de salicina (Figura 176).

Figura 176: imagem do salgueiro e seus derivados.



Fonte: reprodução Wikimedia Commons.

Dez anos depois, em 1848, o italiano Piria fez a hidrólise do glicosídeo, separando o açúcar da parte não açúcar (chamada genericamente de aglicona), que corresponde ao que é chamado atualmente de álcool salicílico. O próprio Piria converteu o álcool salicílico em ácido salicílico. **Você saberia dizer que reação foi feita para transformar álcool salicílico em ácido salicílico?**

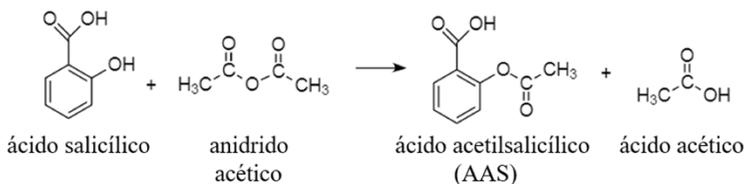
Ele fez uma oxidação, pois álcoois primários podem ser oxidados, gerando ácidos carboxílicos.

A partir do ácido salicílico foi obtido o ácido acetilsalicílico (pela primeira vez em 1853, pelo químico francês Gerhardt).

Felix Hoffmann, um químico da empresa Bayer®, interessou-se pela pesquisa de substâncias para tratamento da dor porque seu pai sofria de artrite e penava com as dores desta doença. Em 1897, voltou-se para os estudos do salgueiro, redescobriu o trabalho de Gerhardt, e desenvolveu uma forma tamponada do ácido acetilsalicílico, muito menos irritante da mucosa gástrica. Em 1899, a empresa Bayer patenteou e passou a comercializar este produto sob o nome de Aspirina® ou AAS, o qual é vendido no mundo todo até hoje.

Veja só a síntese do AAS (Figura 177):

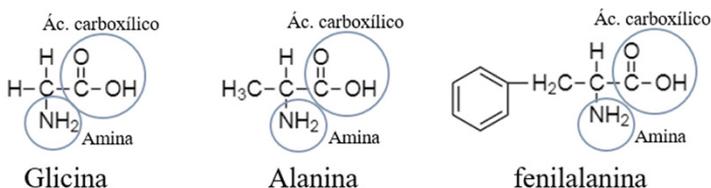
Figura 177: síntese do AAS.



Fonte: autor.

Outro grupo de substâncias com função múltipla e importante nas nossas vidas são os aminoácidos, unidades que formam as proteínas. Vamos ver alguns exemplos de aminoácidos (Figura 178).

Figura 178: representação de grupos funcionais dos aminoácidos.



Fonte: autor.

Repare que a glicina, alanina e fenilalanina possuem os grupos amina + ácido = AMINOÁCIDO.

Existem ao todo 20 α -aminoácidos proteicos, que se combinam para formar todas as proteínas que conhecemos (músculos, queratina, albumina, hemoglobina...)

Os aminoácidos podem ser divididos em:

– **Essenciais:** que o corpo humano não produz; ao todo são 8.

– **Não essenciais:** que o corpo humano consegue produzir; ao todo são 12.

Quando centenas de aminoácidos se ligam para formar as proteínas temos cadeias muito longas e de propriedades muito variadas. As enzimas, que catalisam as reações químicas nos organismos, são proteínas.

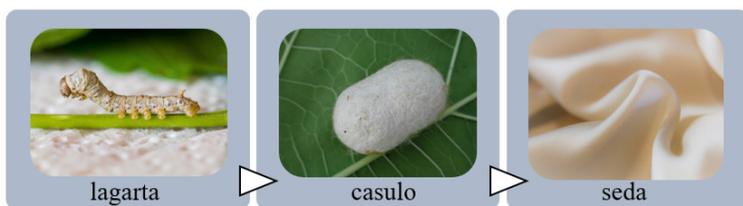
Podemos citar, também, como exemplo de proteína, o tecido mais nobre: a seda

Vocês sabem como é produzida a seda?

Bombyx mori é uma lagarta que tece um fio único, o qual depois é processado para virar a seda. É um tecido de enorme delicadeza e brilho, mas nem por isso pouco resistente. Isadora Duncan, uma famosa bailarina, faleceu enforcada por uma echarpe de seda enquanto passeava em um conversível, na França. O tecido ficou preso por uma das pontas na roda do veículo e acabou estrangulando-a.

Graças à estrutura química da seda temos suas propriedades de brilho, maciez e resistência (Figura 179).

Figura 179: etapas de produção da seda.



Fonte: reprodução Pixabay.

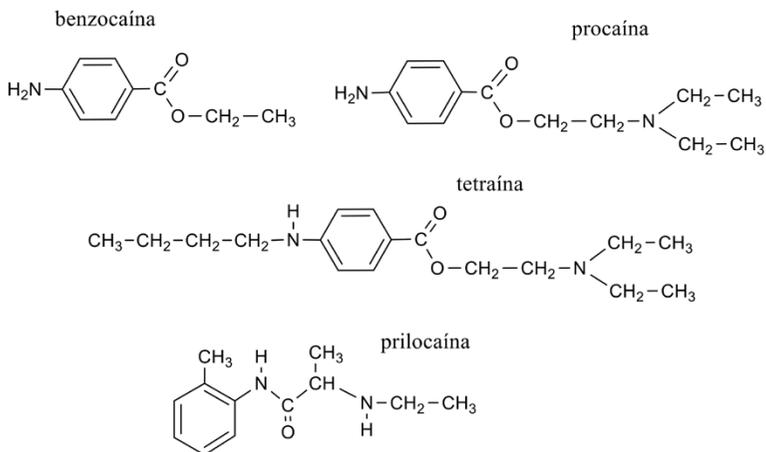
Mas como a seda é muito cara, seu uso em roupas de seda era muito restrito. Por isso, em 1939, pouco antes da II Guerra, foi lançada a meia Nylon® (meia calça), um substituto semelhante às meias de seda, porém muito mais barato. Como já visto, o Nylon® é um polímero, uma poliamida. No primeiro ano após o lançamento foram vendidos 64 milhões de pares.

Curiosidade

Nylon® é solúvel (se desmancha) em solvente orgânico; a seda não. Assim, você pode confirmar se a gravata é de seda: mergulhe-a em acetona!

Você tem medo de dentista?

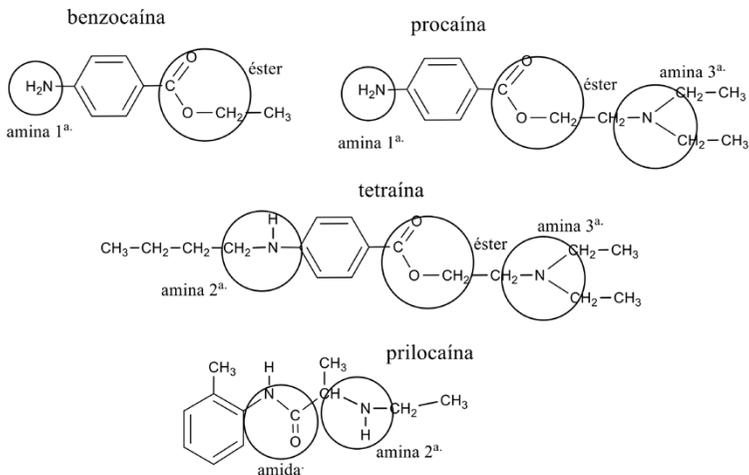
Pois é! A maioria de vocês provavelmente disse que não. Mas vocês, jovens, não tem noção do terror que era encarar um dentista. Atualmente, os anestésicos, começando pelos anestésicos locais, tornam este martírio uma simples dificuldade em manter a boca aberta. A seguir, as fórmulas estruturais de alguns anestésicos locais.



Vamos tentar identificar as funções orgânicas presentes na estrutura destes anestésicos?

As funções estão na (Figura 180):

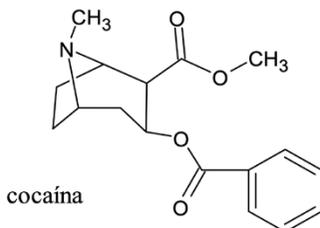
Figura 180: funções orgânicas nas fórmulas estruturais dos anestésicos.



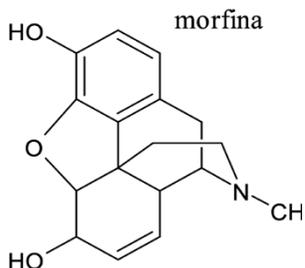
Fonte: autor.

Por que será que os nomes terminam em “aína”?

Porque estas substâncias são relacionadas ou inspiradas na cocaína. Observe a fórmula estrutural da cocaína abaixo. Perceba que a molécula possui dois grupos éster e uma amina terciária.



Veja abaixo esta fórmula estrutural, que é de uma droga, um dos anestésicos mais potentes:

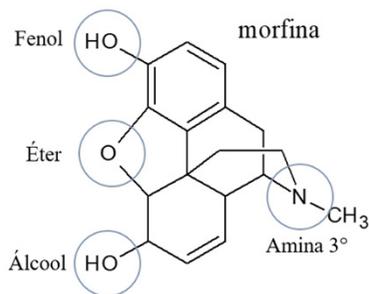


Estrutura complexa, não? A morfina foi obtida do ópio em 1804.

Vamos tentar encontrar as funções presentes na estrutura da morfina?

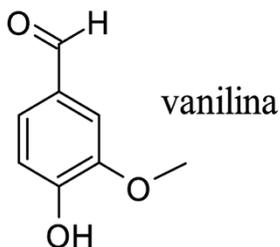
Aqui estão as funções presentes na estrutura (Figura 181):

Figura 181: grupos funcionais da morfina.



Fonte: autor.

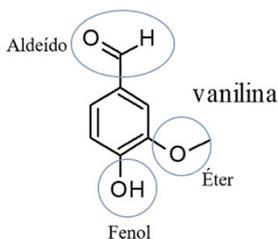
Vamos tomar outro exemplo, a molécula da vanilina, representada abaixo. Ela é o principal componente do extrato e da essência de baunilha.



Você saberia dizer quais são as funções presentes?

Estas são as funções presentes (Figura 182):

Figura 182: grupos funcionais da vanilina.



Fonte: autor.

Você sabe onde a vanilina é usada?

A vanilina pode ser usada em doces, balas, sorvetes, chocolates e na perfumaria de um modo geral.

Mas você sabe da onde vem a vanilina? De onde vem a baunilha?

A baunilha vem da vagem de uma espécie de orquídea. Ela é a 2ª especiaria mais cara do mundo, chegando a custar 500 dólares o quilo. Cada

fava de baunilha demora cerca de 6 meses para ser colhida e comercializada e poucos são os produtores, já que esta espécie de orquídea não se adapta a muitas regiões (Figura 183).

Figura 183: etapas de produção da vagem da baunilha.



Fonte: reprodução Pixabay.

Frente e essa condição, você acredita que o milk-shake que você toma, tem baunilha de “verdade” ou essência sintética de baunilha?

A baunilha é uma das especiarias mais utilizadas no mundo todo, seja em doces ou mesmo perfumes, mas o extrato natural tem custo muito elevado. Por isso, ele é utilizado apenas em perfumes muito caros ou restaurantes finos. Nos produtos mais comuns, como sorvetes e biscoitos, é utilizada a essência de baunilha sintética, que é muito mais barata e acessível que a natural.

É claro que a essência de baunilha sintética não é idêntica ao extrato natural, já que este último contém centenas de substâncias (e principalmente a vanilina) que lhe conferem o sabor e aroma característicos. Já a essência sintética contém apenas a vanilina e, por isso, seu aroma e sabor são menos ricos.

Ainda falando de substâncias que estão em nosso cotidiano, você já ouviu falar de cravo-da-índia e noz moscada (Figura 184)?

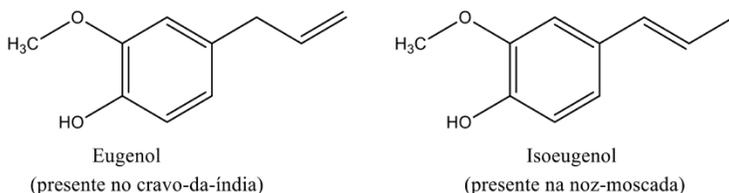
Figura 184: noz moscada e cravo da Índia.



Fonte: reprodução Freepik.

Nestes produtos naturais existem centenas de substâncias, mas duas delas estão representadas abaixo (Figura 185):

Figura 185: representação das estruturas das principais substâncias presentes no cravo da Índia e na noz-moscada.

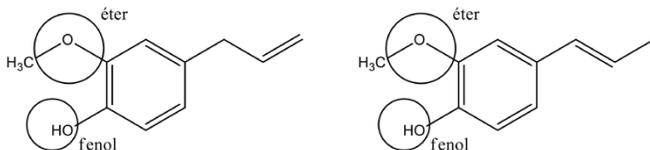


Fonte: autor.

Quais são as funções presentes nas estruturas?

As funções são (Figura 186):

Figura 186: grupos funcionais presentes no eugenol e isoeugenol.



Fonte: autor.

Você saberia dizer a diferença entre as estruturas do eugenol e do isoeugenol? Qual o nome que damos para substâncias diferentes com a mesma fórmula molecular?

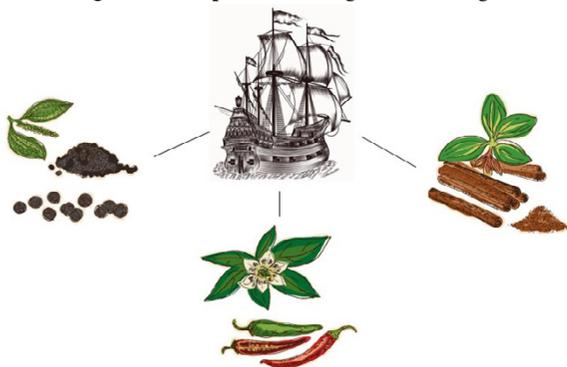
A diferença está na posição da ligação dupla. São isômeros constitucionais.

O óleo de cravo era utilizado por dentistas como antisséptico (bactericida), principalmente pela ação do eugenol. Você se lembra das propriedades antissépticas dos fenóis (Capítulo 7)?

Como visto, essas substâncias estão presentes no cravo da Índia e na noz moscada. **Você tem noção da importância que essas especiarias tiveram para a história da humanidade?**

No período das grandes navegações (séc. XV a XVII), o comércio de especiarias (Figura 187) movimentava muito dinheiro.

Figura 187: especiarias nas grandes navegações.



Fonte: reprodução Freepik.

O uso destes temperos era essencial, não apenas para agregar sabor, mas, principalmente, para a conservação dos alimentos. Muitas especiarias são capazes de diminuir a proliferação de microrganismos,

e a geladeira só foi inventada muito depois (1856). Essas especiarias só nasciam em regiões muito específicas do planeta, geralmente em condições de calor e umidade muito diferente do clima temperado da Europa, o grande consumidor destes temperos. Muita gente morreu, foi escravizada e conflitos surgiram, como este caso que vamos contar...

Era muito comum durante o surto da peste negra (a maior epidemia da história antiga) que uma pessoa usasse uma noz moscada pendurada ao pescoço, para evitar a doença. Apenas pessoas muito ricas conseguiam fazer isso, já que a especiaria era muito cara! Isso alavancou as vendas da noz e os holandeses queriam deter o monopólio do comércio, por isso sempre que vendiam uma noz, a mergulhavam antes em cal para evitar a germinação. Os holandeses tinham pactos comerciais com quase todas as ilhas produtoras da noz, exceto uma: a ilha de Run, na Indonésia. Esta ilha pertencia à Inglaterra, por isso, no tratado de Breda, Inglaterra e Holanda fizeram uma troca: a Holanda cedia a “Nova Amsterdã” e a Inglaterra cedia a ilha de Run. O que ninguém sabia é que a “Nova Amsterdã” se tornaria a atual Nova York!!! Como as substâncias químicas mudam a história, não é mesmo? (*Os botões de Napoleão*)

O que o aluno tem que “levar para casa”

- na química orgânica é mais comum a ocorrência de moléculas multifuncionais;
- nessas, tem-se mais de uma função presente na estrutura da substância;
- exemplos de substâncias multifuncionais: AAS, aminoácidos, morfina, vanilina, etc...
- as substâncias (e suas moléculas) podem mudar a vida do homem e a sua história.

* respostas da atividade inicial:



Hidrocarboneto

- Sofre combustão
- Se constitui nos principais combustíveis



Álcool

- Sofre oxidação
- O etanol é um importante combustível



Fenol

- Pode ser antioxidante
- Tem caráter ácido
- Propriedades antissépticas



Éter

- Pouco reativo (inerte)
- O éter etílico é um excelente solvente



Enol

- É instável
- Se converte em aldeídos ou cetonas



Aldeído

- Se oxida facilmente
- Pode ser isômero de cetonas



Cetona

- Não se oxida
- Pode ser isômera de aldeídos



Ácido carboxílico

- Tem caráter ácido
- Ác. carboxílicos de cadeia pequena tem odor desagradável



Éster

- Principal flavorizante (frutas)
- É derivado de ácido carboxílico
- Ác. carboxílico + álcool = éster



Amina

- Tem caráter básico
- Pode reagir com ácido formando um sal solúvel em água (cloridrato)



Amida

- É derivada de ácido carboxílico
- Amônia ou amina + ácido carboxílico = amida
- Faz parte da estrutura das proteínas
- O nitrogênio não tem caráter básico



Anidrido de ácido

- É muito reativo
- É derivado de ácido carboxílico
- É usado para produzir ésteres



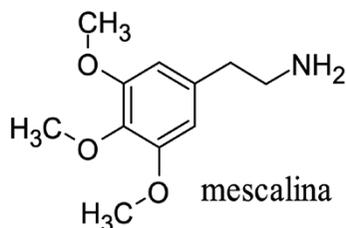
Haleto

- É pouco polar
- É raro na natureza
- Obtido por síntese

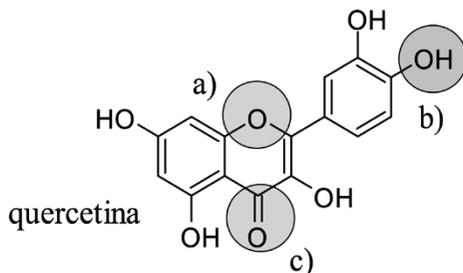
Perguntas do capítulo 14- Substâncias multifuncionais

Pergunta 1: Os aminoácidos são essenciais para a vida, já que formam as proteínas, que exercem diversas funções no organismo. Os aminoácidos são anfóteros, ou seja, possuem características ácidas e básicas. Qual a justificativa para esta propriedade?

Pergunta 2: A mescalina é uma substância alucinógena extraída do cacto peyote, comum no México. Analise as funções presentes na molécula de mescalina e indique se ela tem caráter ácido ou básico. JUSTIFIQUE.



Pergunta 3: A quercetina é um produto natural encontrado na maçã e nas frutas vermelhas, que possui propriedades anti-inflamatória e anticarcinogênica. Identifique na fórmula estrutural da quercetina as funções presentes nos círculos a), b) e c) abaixo.



* As respostas se encontram ao final do capítulo.

Respostas do capítulo 14- Substâncias multifuncionais

Pergunta 1: *São anfóteros pois possuem o caráter básico das aminas e ácido dos ácidos carboxílicos.*

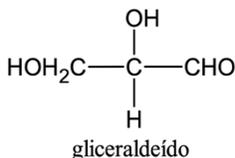
Pergunta 2: *Ela é básica pois possui um grupo funcional amina, que é básico.*

Pergunta 3: *Os grupos funcionais são: a) éter, b) fenol e c) cetona. .*

CAPÍTULO 15

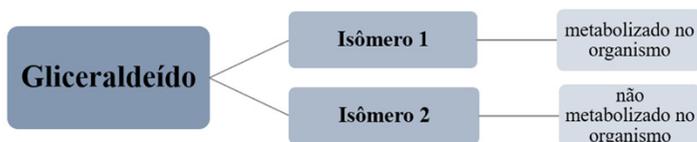
QUIRALIDADE/ISOMERIA ÓPTICA

A molécula representada abaixo é de uma substância chamada gliceraldeído.



O gliceraldeído existe em duas formas isoméricas. Uma delas é produzida pelo nosso organismo e faz parte do metabolismo dos açúcares. A outra não (Figura 188).

Figura 188: isômeros do gliceraldeído.



Fonte: autor.

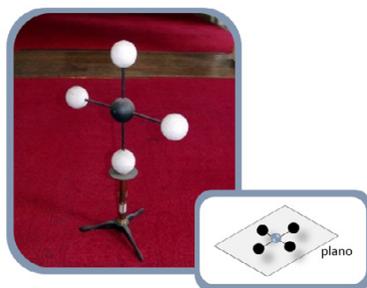
Como pode haver duas substâncias diferentes com a mesma estrutura?

A resposta é: essa fórmula estrutural pode corresponder a duas moléculas diferentes. São duas estruturas que diferem por ter arranjos espaciais diferentes dos átomos.

Inicialmente, considerava-se que nas estruturas das moléculas orgânicas **todos os átomos estavam num mesmo plano** (2D-duas dimensões). Ou seja, o átomo de carbono e os quatro substituintes estariam no mesmo plano, como se estivessem dispostos na superfície de uma folha. Em torno de 1868, August Hofmann, no processo de di-

vulgação da teoria estrutural, elaborou modelos para o carbono tetravalente, visando criar uma imagem visual das moléculas (Figura 189).

Figura 189: modelo de Hofmann para o carbono tetravalente (em torno de 1868).



Fonte: reprodução Wikimedia Commons.

Em 1874, os químicos van't Hoff (holandês) e Le Bel (francês) propuseram que os 4 substituintes do carbono não estariam no mesmo plano. Segundo a proposta, o carbono teria um arranjo tetraédrico, onde o carbono estaria no centro do tetraedro e os substituintes estariam nos 4 vértices (Figura 190).

Figura 190: modelo de carbono tetraédrico.



Fonte: autor.

O campo da química que trata das questões relacionadas ao arranjo dos átomos do espaço é chamado de **estereoquímica** (*stereo* vem do grego e significa espaço).

Para iniciarmos a compreender como uma mesma fórmula estrutural pode corresponder a arranjos espaciais diferentes, vamos considerar dois objetos simples, como as duas bolas mostradas na Figura 191.

Figura 191: duas bolinhas.



Fonte: autor.

Essas bolinhas são idênticas?

Sim.

Se forem idênticas, e se fosse possível, uma conseguiria se sobrepor à outra? Se encaixar na outra completamente?

Sim, elas são sobreponíveis (Figura 192).

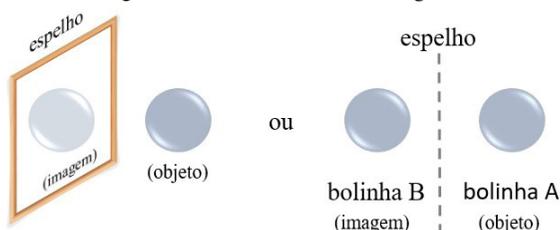
Figura 192: bolinhas superpostas.



Fonte: autor.

Repare que se existisse um espelho refletindo a bolinha A, a imagem dela seria a bolinha B. Ou seja, uma bolinha é imagem especular (de espelho) da outra (Figura 193).

Figura 193: a bolinha e sua imagem.



Fonte: autor.

A bolinha A (objeto) se sobrepõe à imagem (bolinha B)?

Sim, se sobrepõe.

Então podemos dizer que a bolinha A e sua imagem, bolinha B, são idênticas.

Se dois objetos se sobrepõem, eles são idênticos.

E se fizéssemos essa operação com as mãos? Como seria a imagem da mão direita (Figura 194)?

Figura 194: mão direita no espelho.



Fonte: reprodução Freepik.

A imagem da mão direita é a mão esquerda (Figura 195).

Figura 195: imagem da mão direita.



Fonte: autor.

A mão esquerda é idêntica direita?

Ou seja, a mão direita (objeto) e a mão esquerda (imagem) são idênticas?

Aparentemente, sim...

Se forem idênticas, é possível sobrepor uma à outra.

As mãos não se sobrepõem (Figura 196).

Figura 196: as mãos direita e esquerda não se sobrepõem.

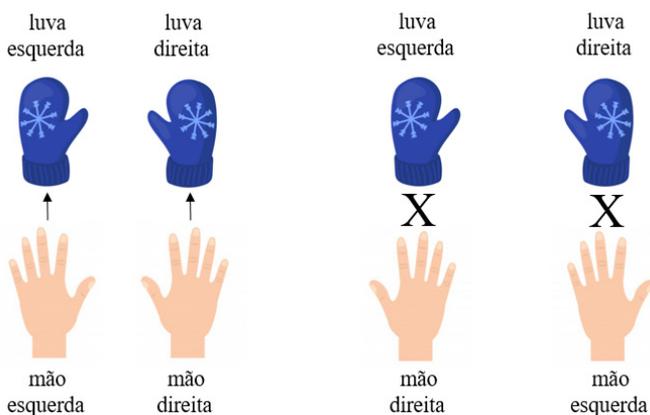


Fonte: autor.

Perceba que as mãos são parecidas, mas não são sobreponíveis, ou seja, não são idênticas. As mãos possuem uma relação de imagem, onde uma é a imagem especular da outra, mas não são sobreponíveis

(não vale colocar uma de frente para a outra; isso não seria sobreposição). Apesar de serem parecidas, o arranjo dos dedos é diferente. Se você não está convencido de que as mãos não são idênticas, pense no seguinte: se elas fossem idênticas, qualquer uma das mãos (esquerda ou direita) caberia em qualquer uma das luvas (esquerda ou direita) (Figura 197).

Figura 197: as mãos e o encaixe nas luvas.



Fonte: reprodução Freepik.

Viu! Essa é uma forma bem simples de comprovar que as mãos são semelhantes, mas não idênticas!

A operação de sobreposição de objeto e imagem está relacionado à simetria.

Simetria é um elemento que permeia os vários segmentos do conhecimento humano: as artes, a arquitetura, a natureza (a biologia), a matemática, etc.

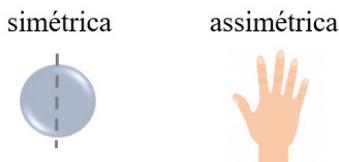
Se desejar conhecer mais, faça uma pesquisa sobre simetria.

De uma maneira bem simples: um objeto (ou uma entidade qualquer) é simétrico quando ao ser “dividido” ao meio as duas partes “são iguais”.

Dividir ao meio significa passar um plano imaginário pelo meio do objeto. Se as duas metades forem “iguais”, diz-se que há um plano de simetria. Havendo um plano de simetria o objeto é simétrico.

Vamos ver os exemplos dados, bolinha e mão. **Qual dos dois é simétrico?** Veja na Figura 198.

Figura 198: a bolinha tem um plano de simetria e a mão não tem.

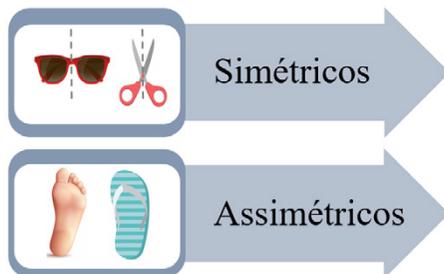


Fonte: reprodução Freepik.

Voltando à operação de sobreposição, perceba que a bolinha, que é simétrica, teve sobreposição entre objeto e imagem. Já a mão, que é assimétrica (não tem plano de simetria), o objeto e imagem não se sobrepuseram.

Vamos analisar estes outros exemplos (Figura 199):

Figura 199: objetos simétricos e assimétricos.



Fonte: reprodução Freepik.

Qual relação você estabelece entre simetria e sobreposição de objeto e imagem?

Em objetos **simétricos** a imagem e o próprio objeto são **sobreponíveis**, enquanto em objetos **assimétricos** objeto e imagem **não** são **sobreponíveis**. Ou seja, imagem e objeto são coisas diferentes.

Este fenômeno também ocorre com as moléculas. **Existem moléculas simétricas e assimétricas**, com a consequente sobreposição ou não entre o objeto e sua imagem.

Nos objetos simétricos a imagem se sobrepõe ao objeto; nos objetos assimétricos não há essa sobreposição.

Quando a imagem de uma molécula não se sobrepõe à molécula que lhe deu origem, temos duas moléculas diferentes. Como as duas mãos, direita e esquerda.

Mas isso só corre porque estamos considerando o objeto ou as moléculas no espaço. **A representação no plano (fórmula estrutural plana) não mostra essa diferença.**

Sendo duas moléculas diferentes, elas são isômeras (mesma fórmula molecular e fórmulas estruturais diferentes). Porém, nesse caso, só se percebe a diferença se considerarmos o arranjo dos átomos no espaço. Ou seja, a fórmula estrutural dos isômeros possui a mesma conectividade, a mesma sequência de átomos na estrutura, porém o arranjo espacial dos átomos é diferente.

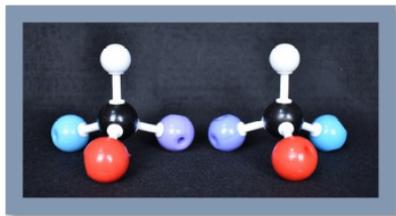
Este tipo de isomeria é chamado de estereoisomeria ou isomeria espacial ou isomeria óptica. Como mencionado, esse fenômeno é tratado num campo da química chamado **estereoquímica**.

É uma área complexa da química, sendo que no Ensino Médio faz-se uma introdução ao assunto. É um tema importante porque tem reflexos na **compreensão de como as moléculas**, sejam substâncias do nosso metabolismo ou medicamentos, **atuam no nosso organismo**.

O arranjo espacial dos átomos nas moléculas pode levar a substâncias diferentes.

As moléculas que são assimétricas ocorrem de duas maneiras diferentes (imagem e objeto), que **podem** provocar efeitos biológicos muito distintos. Esses isômeros espaciais são chamados de **enantiômeros** e correspondem à “imagem espelhada” um do outro (Figura 200).

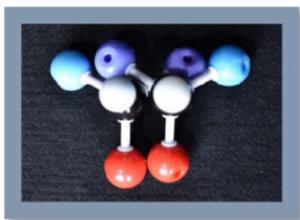
Figura 200: enantiômeros (objeto e imagem).



Fonte: autor.

Observe que objeto e imagem não são sobreponíveis (Figura 201).

Figura 201: objeto e imagem não são sobreponíveis.



Fonte: autor.

Mas como uma simples disposição espacial pode mudar tanto o efeito de uma droga?

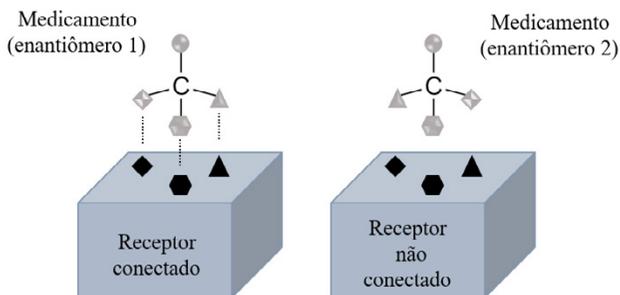
Você sabe como uma substância atua num ser vivo, exercendo sua função biológica?

As moléculas têm um arranjo espacial e os receptores biológicos também. Como uma molécula não tem “mãos”, ela exerce sua ação se encaixando em sítios ativos (receptores) de enzimas.

Você precisa lembrar que as moléculas orgânicas têm um arranjo espacial (3D).

Fazendo uma analogia bem simples: um determinado medicamento atua como uma peça de quebra cabeça, que se “encaixa” em uma determinada estrutura do nosso organismo (Figura 202). O arranjo espacial dos átomos na molécula é fundamental, porque se essa estrutura espacial for diferente não haverá “encaixe” desta substância e, conseqüentemente, sua atuação ficará comprometida. A maioria das moléculas de importância biológica (hormônios, neurotransmissores) possui essa relação de encaixe com os receptores.

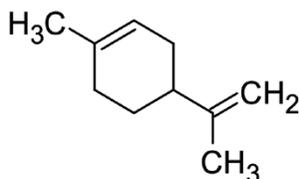
Figura 202: esquema molécula-receptor.



Fonte: autor.

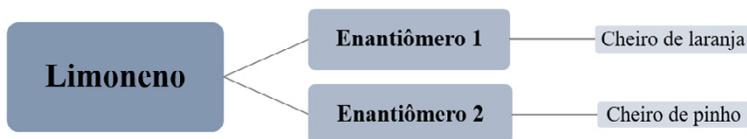
Esses isômeros espaciais (enantiômeros – imagem e objeto) possuem as **mesmas propriedades físicas** (ponto de fusão, ponto de ebulição, solubilidade, etc. – com uma exceção, que é **a interação com a luz polarizada**, a qual será tratada mais à frente) e químicas, mas biologicamente são muito diferentes. Isso se deve justamente a se “encaixarem” de maneira diferente nos receptores biológicos.

Um exemplo de estrutura assimétrica é a do Limoneno.



Como o Limoneno é assimétrico, a sua imagem não se sobrepõe à molécula original. Assim, existem dois enantiômeros, cada um com propriedades particulares (Figura 203).

Figura 203: propriedades dos enantiômeros do limoneno



Fonte: autor.

QUIRALIDADE

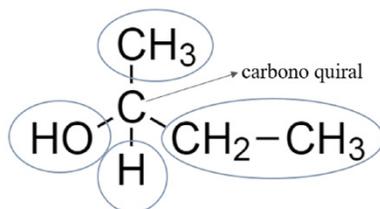
O termo quiralidade foi cunhado por Lord Kelvin em 1893 e tem ampla utilização em química orgânica.

A origem do termo quiral é a palavra grega *kheir*, que significa **mão** (em inglês, *chiral* e em português, quiral). Qualquer molécula **que se comporte como a mão**, ou seja, que a imagem não se sobreponha ao objeto, é dita **quiral**.

Quiral equivale a assimétrico.

Uma maneira de lidar com a quiralidade é considerar a presença de **carbono quiral** ou assimétrico. Ele é definido como um carbono que faz quatro ligações simples com 4 ligantes diferentes (Figura 204).

Figura 204: representação de uma molécula com carbono quiral.



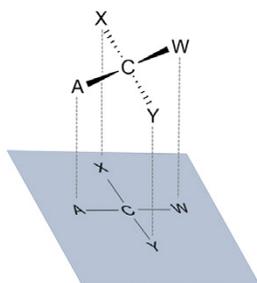
Fonte: autor.

Carbono quiral possui quatro ligantes diferentes.

Um carbono que possui **dois ligantes iguais** não é quiral ou assimétrico.

Uma forma convencional de representar as moléculas no espaço é a **representação de Fischer**. Nessa, apesar de a molécula ser tridimensional, ela é representada no plano. Como se observa na Figura 205, há uma correspondência da estrutura projetada no plano com o arranjo espacial.

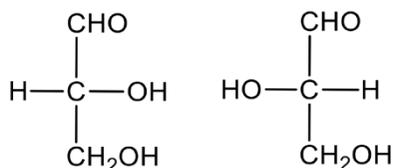
Figura 205: representação de Fischer.



Fonte: autor.

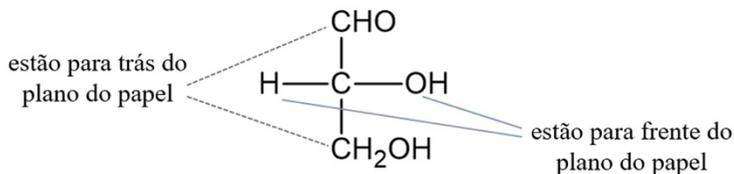
A figura foi levemente girada para a esquerda para permitir a visualização. As cunhas cheias representam que os substituintes estão para a frente; as hachuradas indicam que estão para trás. Essa convenção será explicada mais à frente.

Veja abaixo a **representação de Fischer** das duas formas enantioméricas do gliceraldeído, mencionado no início do capítulo.



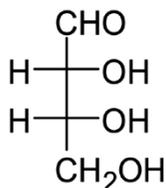
Lembre-se que a figura está no plano, mas representa um arranjo tridimensional dos átomos, conforme mostrado abaixo (Figura 206).

Figura 206: representação de plana.



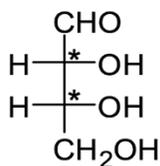
Fonte: autor.

Agora, uma molécula pode ter mais de um carbono quiral. Veja a representação abaixo.



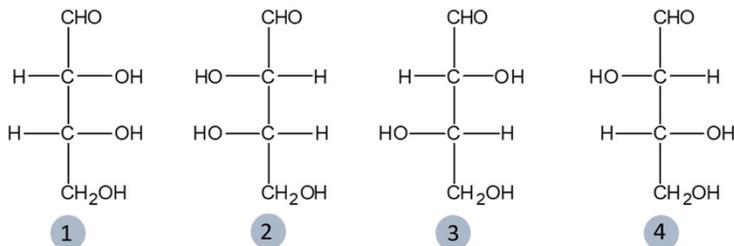
Quantos carbonos quirais a molécula representada possui?

Dois carbonos quirais. Estão marcados com asteriscos.



Quando se tem mais de um carbono quiral é possível um número maior de arranjos espaciais, ou seja, de estereoisômeros (isômeros espaciais). Veja na Figura 207 as possibilidades com dois carbonos quirais.

Figura 207: estruturas isoméricas com dois carbonos quirais.



Fonte: autor.

Veja que há dois pares de enantiômeros (são imagens um do outro):

- 1 é imagem de 2.

- 3 é imagem de 4.

Qual a relação entre 1 e 3? Ou entre 2 e 4?

Pode-se dizer que são estereoisômeros.

- Estereoisômeros: isômeros espaciais.

- Enantiômeros: estereoisômeros que são imagem um do outro.

- Isômeros geométricos são estereoisômeros.

Uma relação utilizada para se calcular o número de estereoisômeros em função do número de carbonos quirais é a seguinte: 2^n , onde n é o número de carbonos quirais diferentes. No caso acima, 2 carbonos quirais diferentes: $2^2=4$. Quatro estereoisômeros.

Essa relação tem algumas limitações, portanto, não se deve considerá-la absoluta. Em alguns casos particulares ela não é válida.

RECONHECENDO UMA MOLÉCULA QUIRAL

Como reconhecer se uma molécula é quiral ou aquiral?

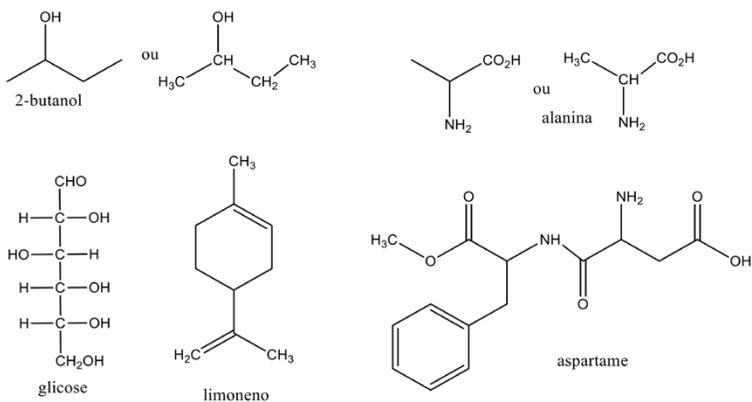
Na verdade, já vimos os princípios disso. Temos que considerar os seguintes parâmetros:

- presença de carbono quiral;

- presença de plano de simetria;
- se a imagem é sobreponível ao objeto.

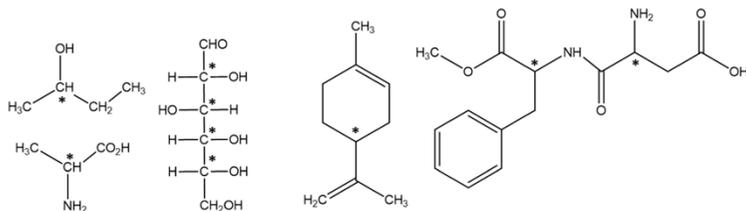
Vamos explorar estes parâmetros.

Em geral, a presença de carbonos quirais na estrutura de um composto indica que ele é quiral (veja as fórmulas estruturais de substâncias quirais abaixo; localize os carbonos quirais).



Resposta na Figura 208.

Figura 208: indicação dos carbonos quirais.



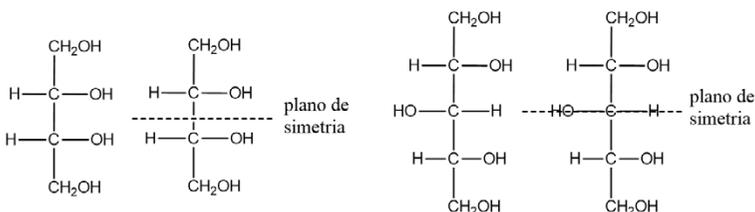
Fonte: autor.

Quando a estrutura apresenta apenas um carbono quiral, a molécula é necessariamente quiral.

Excepcionalmente, em alguns casos, moléculas com **mais de um carbono quiral podem ser aquirais** (ou simétrica).

Veja os casos abaixo, onde há dois e três carbonos quirais. Perceba que o primeiro e o último carbono da cadeia são iguais (Figura 209).

Figura 209: planos de simetria em fórmulas estruturais.



Fonte: autor.

Observe que mesmo tendo carbonos quirais as moléculas são aquirais, porque apresentam plano de simetria. Nestes exemplos, as imagens destas moléculas se sobrepõem às moléculas que lhe lhes deram origem (objetos).

Esse tipo de situação caracteriza os compostos ditos **meso**: as moléculas possuem carbonos quirais, mas são aquirais. Isso ocorre porque a disposição espacial dos ligantes faz com que a molécula seja simétrica.

Essa é a maneira mais eficaz de se definir se o composto é quiral ou aquiral: determinando a existência ou ausência de plano de simetria.

Molécula que não apresenta plano de simetria: é quiral.
Molécula que apresenta plano de simetria: é aquiral.
Molécula aquiral significa que a imagem se sobrepõe ao objeto.

Por isso, dizer que a existência de carbonos quirais numa molécula garante a assimetria, não é uma informação 100% verdadeira. Existe a possibilidade de ter carbonos quirais que sejam imagens uns dos outros, e estarem dispostos de tal modo que possibilite a simetria da molécula.

Isso quer dizer que o modo mais eficaz de se determinar se uma molécula é quiral ou aquiral é verificar a existência ou não de plano de simetria, e não apenas a presença de carbonos quirais.

QUIRALIDADE E ISOMERIA ÓPTICA

Por que se diz que a Quiralidade está relacionada à Isomeria Óptica?

O conceito de quiralidade surgiu a partir de estudos da interação de soluções de substâncias orgânicas com a luz.

Estuda-se a luz de uma maneira científica desde o século XVII. As primeiras questões diziam respeito à natureza da luz: a teoria ondulatória de Huygens e a teoria corpuscular de Newton.

Ainda no século XVII (1669), Bartolin descobriu o fenômeno da birrefringência (ou dupla refração) do espató da Islândia, uma variedade cristalina de CaCO_3 (calcita) (Figura 210).

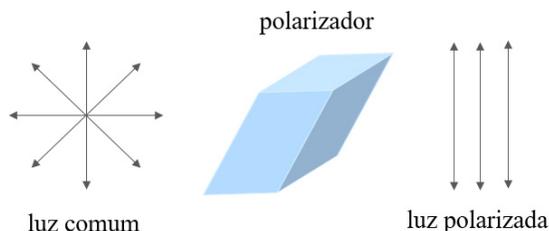
Figura 210: fenômeno da birrefringência da calcita óptica. Ao se observar a linha através do cristal se percebe duas linhas.



Fonte: autor.

O fenômeno da birrefringência foi estudado ao longo dos próximos séculos e resultou na descoberta da chamada luz polarizada. Ao atravessar o cristal, a luz se divide em dois raios luminosos (por isso, duas imagens). Foi chamada assim porque acreditava-se que esses raios luminosos tinham polos; mesmo depois que se demonstrou que não era o caso, o nome permaneceu. Cada **raio luminoso (chamado agora de luz polarizada)** se propaga num **único plano**, diferentemente da luz comum, que se propaga em planos aleatórios (Figura 211).

Figura 211: polarizador da luz comum.



Fonte: autor.

Observou-se, também, que a luz polarizada ao atravessar um cristal de calcita, que é assimétrico, muda seu plano de propagação. Em 1812, o químico francês Biot resolveu avaliar se substâncias dissol-

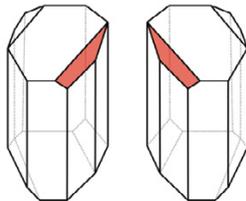
vidas (soluções) poderiam, também, mudar o plano de propagação da luz polarizada. Para sua surpresa, ele verificou que algumas substâncias orgânicas mudam o plano de propagação (açúcares, por exemplo) e outras não.

Essa característica, de soluções de substâncias orgânicas mudarem o plano de propagação da luz polarizada, tornou-se um enigma, porque, num cristal sólido, assimétrico, pode-se admitir a interação da luz com um corpo sólido, mas, e as moléculas em solução?

Um passo importante para o avanço dessa parte da Ciência foi dado em 1848, quando Pasteur, que se tornou um importante cientista francês, trabalhando com cristalização de sais de ácido tartárico, cristalizou o sal duplo de tartarato de sódio e amônio. Você já viu os cristais que se formam no fundo dos frascos de suco de uva? Os sais de Pasteur são derivados do mesmo ácido que formam aqueles precipitados do suco de uva integral.

Com incrível capacidade de observação, Pasteur verificou que haviam se formado dois tipos de cristais, sendo um a imagem do outro (Figura 212). Após separar manualmente os dois tipos de cristais, ele investigou suas propriedades ópticas.

Figura 212: cristais dos sais de ácido tartárico.

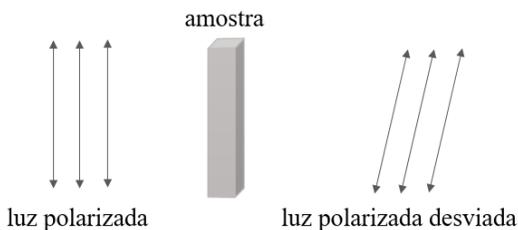


Fonte: reprodução Wikimedia Commons.

Ele verificou que **soluções de mesma concentração** dos dois cristais desviavam a luz polarizada para lados opostos. Um desviava

para direita e o outro para a esquerda. E mais: os ângulos em que os planos da luz polarizados foram desviados eram iguais (um mesmo ângulo em sentidos contrários) (Figura 213).

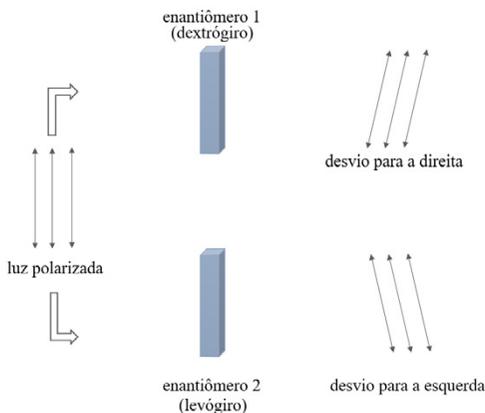
Figura 213: amostra com atividade óptica e seu desvio.



Fonte: autor.

Ou seja, ambos os tipos de cristais isolados eram de sais de sódio e amônio do ácido tartárico. Mas eram diferentes. Eram de substâncias isômeras. Um isômero desviava a luz polarizada para a direita (foi chamado de dextrógiro) o outro desviava para a esquerda (foi chamado de levógiro). Esses dois isômeros foram chamados de enantiômeros (do grego *enántios*, que significa opostos) (Figura 214).

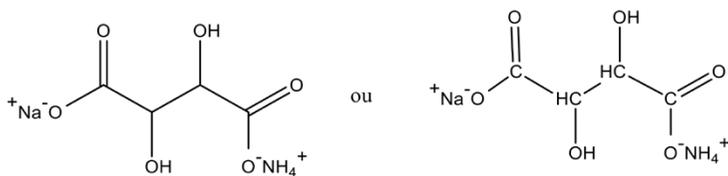
Figura 214: enantiômeros e o desvio da luz polarizada.



Fonte: autor.

Observou-se, também, que a **mistura** de soluções de mesma concentração dos enantiômeros não desviava o plano da luz polarizada. Essa mistura foi chamada de mistura racêmica.

Mas por que esses fenômenos ocorriam era um enigma.

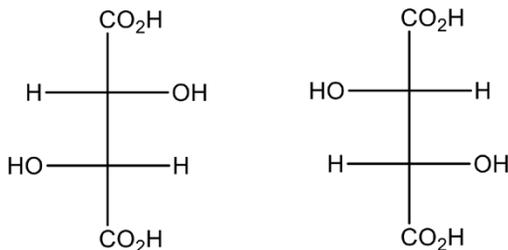


Representações do tartarato duplo de sódio e amônio

É bom lembrar que nessa época não se conhecia a estrutura molecular das substâncias orgânicas. A teoria de valência e a teoria estrutural só se iniciariam na década de 1850/60.

A solução para esse enigma foi dada por van't Hoff e Le Bel, em 1874, ao proporem o carbono tetraédrico. Com esse arranjo é possível se explicar o carbono assimétrico e a consequente assimetria molecular. Assim se estabeleceu uma relação entre o cristal de calcita e as moléculas: ambos desviavam o plano de propagação da luz polarizada por serem assimétricos.

Veja abaixo a representação de Fischer das duas formas enantioméricas do ácido tartárico.



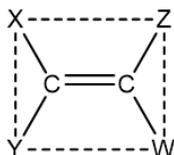
APROFUNDANDO DO TEMA QUIRALIDADE

Vamos ver alguns casos específicos.

Ligações duplas

Não devemos esquecer que uma ligação dupla é planar. **Há um plano de simetria que corta os seis átomos da ligação dupla (Figura 215).**

Figura 215: plano de simetria nos carbonos da ligação dupla.

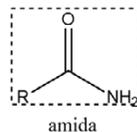
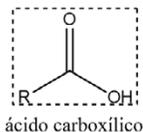
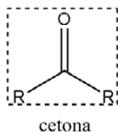
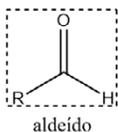


Todos os 6 átomos estão no mesmo plano

Fonte: autor.

Isso vale também para ligações duplas com o oxigênio, em carbonilas e carboxilas. Todas são planares (Figura 216).

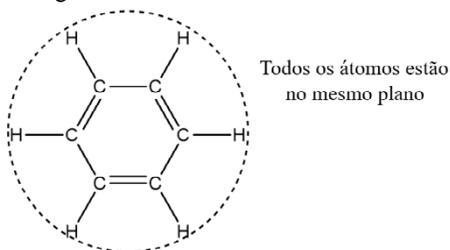
Figura 216: carbonilas e carboxilas planares.



Fonte: autor.

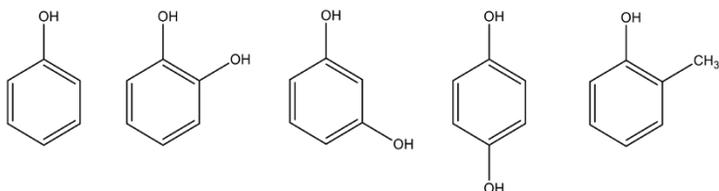
Em função disso, um anel benzênico (que tem três ligações duplas) é planar. Há um plano de simetria que corta o anel no nível dos 6 carbonos e substituintes. Todos esses átomos estão no mesmo plano (Figura 217).

Figura 217: átomos do anel benzênico.



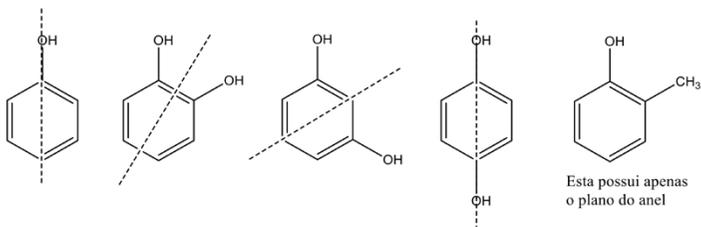
Fonte: autor.

Pelo mesmo motivo, todas as moléculas representadas abaixo são aquirais. **Vamos determinar os planos de simetria? Pode haver mais de um plano de simetria.**



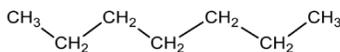
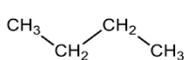
Respostas:

Todas as moléculas representadas têm um plano de simetria, que corresponde ao plano do anel. Além deste, pode haver outros planos de simetria, conforme mostrado abaixo.



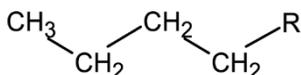
Cadeias carbônicas lineares?

Uma cadeia carbônica linear é sempre aquiral. Sempre tem um plano de simetria.



ambas as cadeias são simétricas ou aquirais.

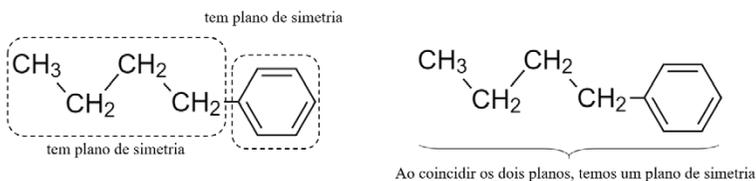
Da mesma maneira, as cadeias que são substituintes também são aquirais:



substituinte: butil

Uma molécula pode ser considerada por partes. Se cada parte tem um plano de simetria, a molécula como um todo é aquiral. É como se coincidissem os planos de simetria. Veja, por exemplo, as estruturas representadas na Figura 218.

Figura 218: planos de simetria.



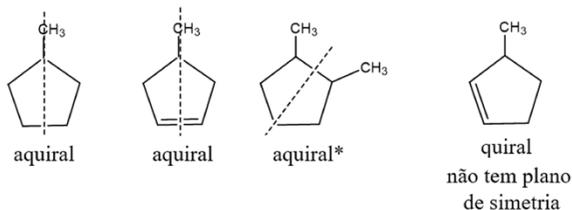
Fonte: autor.

Sendo assim, o butilbenzeno é uma molécula aquiral.

Compostos cíclicos?

Os **ciclos alifáticos** podem ser considerados **planares** para efeito de avaliação da quiralidade. Mas, neste caso, os substituintes não estão no plano do ciclo (Figura 219).

Figura 219: representação de estruturas quirais e aquirais.



Fonte: autor.

* neste caso há uma particularidade que não será discutida aqui.

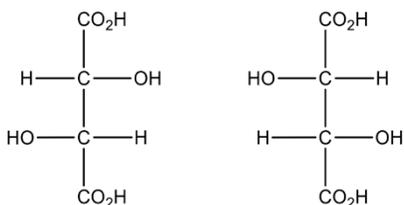
ROTAÇÃO ÓPTICA

O desvio do plano da luz polarizada é chamado de “rotação óptica” e diz-se que uma substância capaz de desviar a luz polarizada é **opticamente ativa**.

Atualmente, está estabelecida essa relação: **moléculas quirais são opticamente ativas**.

Essa frase é uma simplificação didática; o certo é: **substâncias com moléculas quirais são opticamente ativas**.

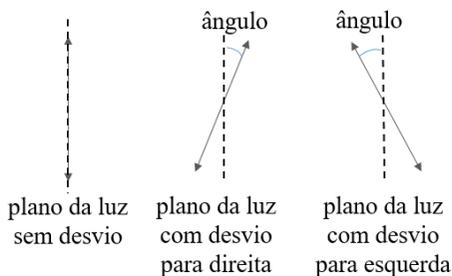
As representações do ácido tartárico abaixo, seguindo a representação de Fischer, mostram que se trata de moléculas quirais, sem planos de simetria.



enantiômeros do ácido tartárico

A rotação óptica está relacionada com a variação do ângulo do plano de propagação da luz polarizada (Figura 220).

Figura 220: rotação óptica.



Fonte: autor.

Como se calcula o ângulo de rotação?

Para se fazer essa medição é necessário utilizar um equipamento chamado polarímetro. Nesse aparelho, coloca-se a cubeta (recipiente transparente) contendo a solução da amostra a ser analisada no caminho de um raio luminoso de luz polarizada. O equipamento registra o ângulo de desvio da luz provocado pela amostra.

O ângulo desse desvio depende da **concentração** da solução e da largura do recipiente (cubeta) que contém a amostra analisada. A largura da cubeta corresponde ao caminho óptico.

Um parâmetro importante é a **rotação óptica específica** (símbolo $[\alpha]$). Trata-se de uma característica física da substância, tal como o ponto de fusão ou ebulição. Corresponde ao valor da rotação óptica medida em condições padrões [comprimento de onda da luz polarizada (λ), largura da cubeta e temperatura].

ASPECTOS COMPLEMENTARES SOBRE REPRESENTAÇÃO

Como foi dito, estereoquímica é uma área da química relativamente complexa. Uma das facetas da estereoquímica é a representação das fórmulas estruturais mostrando os átomos no espaço. Nesse campo, há algumas convenções que vamos mostrar a seguir.

Cunhas

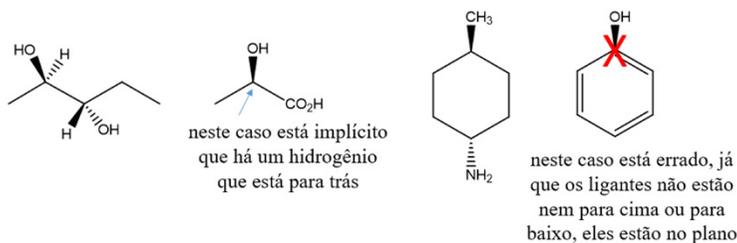
Uma maneira de indicar se um substituinte está para cima ou para baixo, ou para a frente ou para trás de um plano imaginário é utilizando cunhas.

! - a cunha cheia indica substituinte para cima ou para a frente;

⋮ - cunha hachurada indica substituinte para trás ou para baixo.

Vejam os exemplos (Figura 221).

Figura 221: representação de ligações em cunhas.

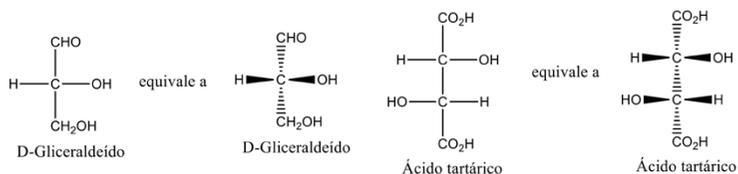


Fonte: autor.

Como mencionado, a representação de Fischer é uma **convenção**. É uma representação no plano, mas que significa um arranjo

especial específico. Como veem, os substituintes na horizontal estão para a frente e os na vertical estão para trás de um plano imaginário (Figura 222).

Figura 222: representação do gliceraldeído e ácido tartárico.



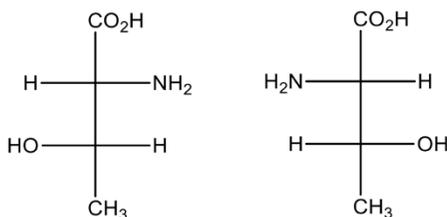
Fonte: autor.

O que o aluno tem que “levar para casa”

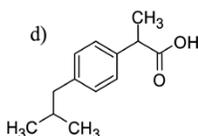
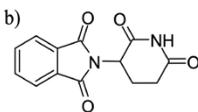
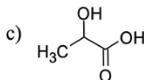
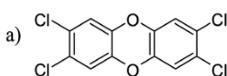
- quiralidade é uma característica das moléculas relacionada com o arranjo dos átomos no espaço;
- a quiralidade está relacionada às atividades biológicas – os sítios ativos reconhecem apenas moléculas com arranjos espaciais específicos (encaixe nos receptores);
- a quiralidade está relacionada com a simetria;
- molécula simétrica é aquiral; molécula assimétrica é quiral;
- se a molécula tem plano de simetria é aquiral;
- na molécula quiral a imagem não se sobrepõe à que originou a imagem;
- na molécula aquiral a imagem se sobrepõe;
- moléculas que são imagens uma da outra e não se sobrepõem são enantiômeros;
- substâncias com moléculas quirais são opticamente ativas – desviam o plano da luz polarizada;
- as moléculas assimétricas possuem isômeros ópticos;
- isômeros ópticos interagem de maneira diferente nos organismos, pois possuem um encaixe diferente com os receptores;
- quando a molécula é assimétrica, a sua imagem não é sobreponível.

Perguntas do capítulo 15 – Quiralidade/ isomeria óptica

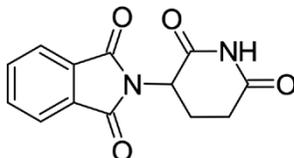
Pergunta 1: Rose Corporation é uma indústria farmacêutica que está comercializando um determinado “medicamento”, cuja estrutura é representada abaixo. As estruturas representadas são idênticas (sobreponíveis)? É provável que ambas interajam de maneira diferente no organismo? Justifique sucintamente.



Pergunta 2: Indique qual(is) das moléculas abaixo possui(em) plano de simetria.

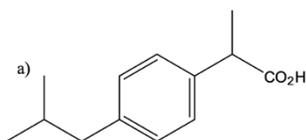


Pergunta 3: A Talidomida[®], representada abaixo, é um medicamento que atualmente é utilizado no tratamento contra a tuberculose, mas sua gênese, na década de 1950, era para amenizar enjoos de grávidas.

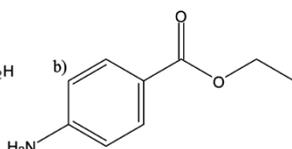


Sua estrutura pode se apresentar de duas formas diferentes, das quais, uma atua como sedativo e a outra é responsável pela má formação de membros de bebês. Por isso, esse medicamento foi banido para grávidas, já que o desconhecimento deste efeito provocou a má formação de muitos bebês na década de 1960. Pensando na isomeria óptica, justifique por que a Talidomida® possui atuações tão distintas no organismo.

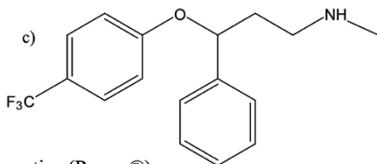
Pergunta 4: Classifique as substâncias representadas abaixo como quiral ou aquiral.



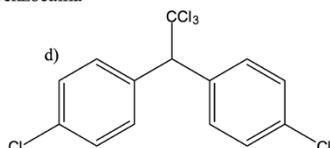
Ibuprofeno



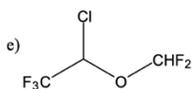
Benzocaina



Fluoxetina (Prozac®)



DDT



Isoflurano

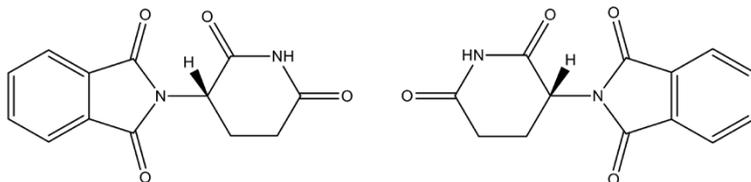
* As respostas se encontram ao final do capítulo.

Respostas do capítulo 15 – Quiralidade/ isomeria óptica

Pergunta 1: Não. Uma estrutura é a imagem da outra e não são sobreponíveis. Isso ocorre porque são quirais (assimétricas; possuem carbonos quirais). Podem ser chamadas de isômeros ópticos e, portanto, devem possuir propriedades biológicas diferentes.

Pergunta 2: alternativa a.

Pergunta 3: A estrutura da molécula da Talidomida® é assimétrica (tem um carbono quiral). Isso faz com que ela exista de duas formas (representadas abaixo), que não são sobreponíveis, portanto, são isômeros ópticos, podendo possuir propriedades biológicas diferentes.



Pergunta 4:

- a) Quiral (tem um carbono quiral)
- b) Aquiral (tem plano de simetria)
- c) Quiral (tem um carbono quiral)
- d) Aquiral (tem plano de simetria)
- e) Quiral (tem um carbono quiral)

CAPÍTULO 16

LIGAÇÕES QUÍMICAS E HIBRIDIZAÇÃO

Neste tópico vamos olhar mais de perto as ligações químicas que ocorrem nos diversos compostos, especialmente os orgânicos.

O tema ligações químicas já foi abordado no 1° ano do Ensino Médio. **Vocês se lembram dos tipos de ligações químicas?**

Ligações iônicas, covalentes e metálicas.

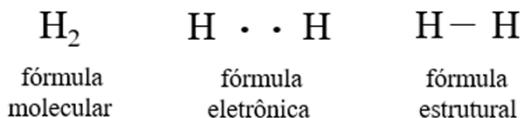
Nos compostos orgânicos as ligações são do tipo covalente, ou seja, por compartilhamento de elétrons.

Salvo os gases nobres, os átomos isolados são instáveis. Eles necessitam estabelecer ligações químicas ou algum tipo de interação para se estabilizar.

Átomos isolados são instáveis (com exceção dos gases nobres).

Vocês conhecem o gás hidrogênio (H_2)? Tem este nome porque, ao sofrer combustão, gera água (hidrogênio = gerador de água). Na molécula de hidrogênio os átomos estão ligados por uma ligação covalente, o que pode ser representado de diferentes formas (Figura 202).

Figura 223: representações para a molécula de hidrogênio.



Fonte: autor.

Mas a ligação covalente pode considerada sob outra óptica: a dos orbitais.

O que são orbitais? Onde eles se encontram?

Antes de respondermos a essas perguntas, vamos retomar alguns conceitos...

Você sabe dizer quais são as partículas subatômicas envolvidas nas ligações químicas?

Os elétrons.

Pelo que foi visto no 1º ano, em qual região do átomo os elétrons se encontram?

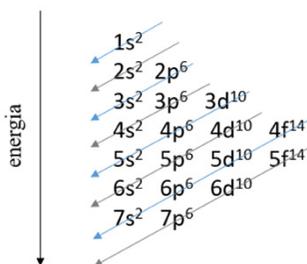
Na eletrosfera.

Isso mesmo! Os elétrons se encontram na eletrosfera. Mas na eletrosfera os elétrons não estão distribuídos de uma forma aleatória. Há uma organização. Um dos parâmetros que descreve essa organização eletrônica é o orbital. Por incrível que pareça, você já usou o conceito de orbital anteriormente.

Você já fez “distribuição eletrônica”?

Para fazer a chamada distribuição eletrônica usamos o diagrama de “Linus Pauling” (apesar de não ser dele esse instrumento). Esse diagrama expressa a **sequência crescente de energia** dos orbitais que podem existir num átomo. Através deste diagrama você pode descobrir quais orbitais os elétrons de um determinado átomo ocupam. Os orbitais podem ser do tipo: s, p, d e f (Figura 224).

Figura 224: diagrama de “Linus Pauling”.



Fonte: autor.

Em princípio, um orbital é uma região do átomo onde elétrons podem se encontrar. Mas, na verdade, o conceito de orbital é um pouco mais complexo.

Vamos explorar um pouco os orbitais:

1- um orbital é um **nível de energia permitido** para um elétron;

2- cada orbital é descrito por uma função de onda, ou seja, por **uma equação matemática**;

3- os orbitais têm formas, que são originadas da resolução de equações matemáticas;

4- a forma de um orbital corresponde à região em torno do núcleo onde é mais provável encontrar o elétron;

5- num orbital podem existir no máximo dois elétrons.

Cada orbital tem uma forma espacial (tridimensional), e esta forma depende do tipo de orbital. Por exemplo, os do tipo “s” são esféricos e os do tipo “p” tem a forma de halteres (Figura 225).

Figura 225: forma dos orbitais s e p (imagine uma figura tridimensional).



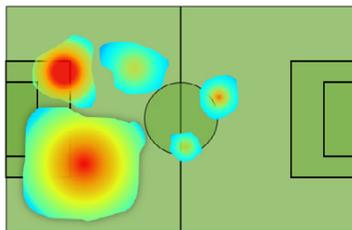
Fonte: autor.

** os orbitais d e f não serão comentados neste texto.*

Vocês já viram na TV aquelas imagens de calor que mostram o local do campo onde determinado jogador de futebol ficou mais tempo?

Olhe como elas são (Figura 226):

Figura 226: mapas de calor num campo de futebol.



Fonte: autor.

É uma analogia que se pode fazer de um orbital. A “imagem de calor” (tridimensional) do elétron corresponde à forma do orbital; é a região onde é mais provável o elétron se encontrar.

O orbital é a região mais provável de um elétron se encontrar.

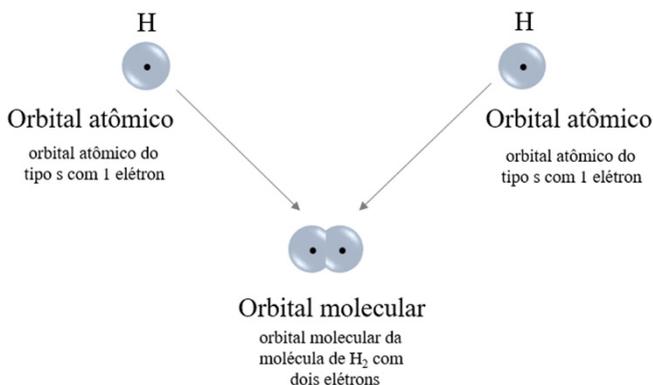
Os elétrons participam das ligações químicas e como os orbitais são as regiões mais prováveis de se encontrar os elétrons, **as ligações químicas envolvem os orbitais!**

Voltando ao gás hidrogênio. **Como é a ligação covalente existente nesta molécula?**

Ela ocorre pela interação de dois orbitais do tipo s, já que a distribuição eletrônica do hidrogênio é $1s^1$.

Os dois orbitais atômicos interagem (combinam) formando **orbitais moleculares. (Figura 227).**

Figura 227: representação dos orbitais atômicos (H) e molecular do hidrogênio (H_2).



Fonte: autor.

** observe que o hidrogênio possui orbital esférico (do tipo s), já que ele tem distribuição $1s^1$.*

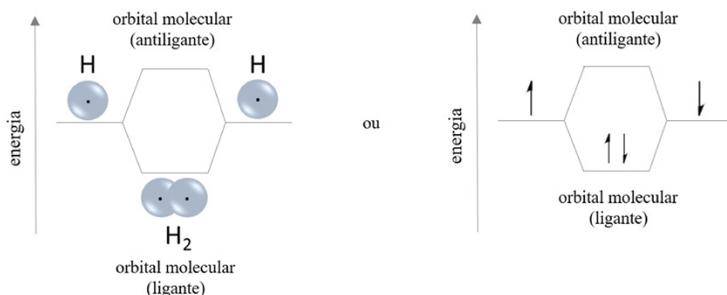
Esta interação de orbitais atômicos pode ser considerada uma combinação de duas equações matemáticas, originando outras equações, que correspondem aos orbitais moleculares.

O número total de orbitais, antes e depois da ligação, é sempre o mesmo. Por isso a partir de dois orbitais atômicos, são formados dois orbitais moleculares. Os dois orbitais moleculares gerados são designa-

dos como ligante e antiligante (a forma do orbital antiligante não será tratada aqui).

Um orbital molecular ligante é sempre de menor energia em relação aos orbitais atômicos (Figura 228).

Figura 228: diagrama de energia de orbitais atômicos e moleculares do hidrogênio.*

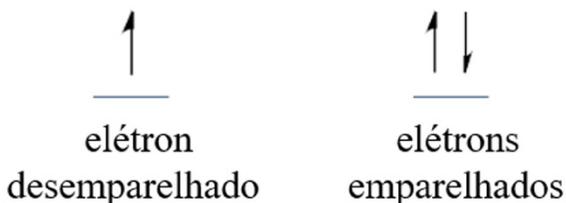


Fonte: autor.

Como se vê na Figura 228, a ligação covalente ocorre pela interação de elétrons desemparelhados (orbitais atômicos), gerando a ligação covalente (orbital molecular). Através desta interação, os átomos atingem a configuração estável de um gás nobre (no caso, igual à do hélio).

* uma forma de se representar os elétrons é usando setas (Figura 229):

Figura 229: representação dos elétrons.



Fonte: autor.

Elétrons desemparelhados se combinam para a formar a ligação covalente.

Veja o caso do oxigênio ($Z = 8$) na molécula de H_2O (Figura 230).

Sua distribuição eletrônica: $1s^2 2s^2 2p^4$

Figura 230: níveis de energia para os elétrons do oxigênio. *

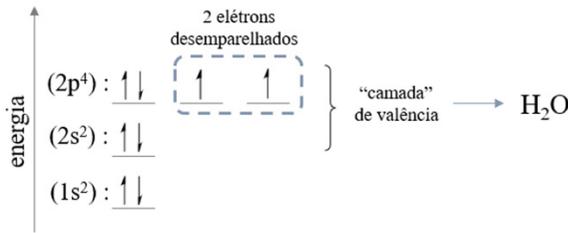


Figura 8: níveis de energia para os elétrons do oxigênio.

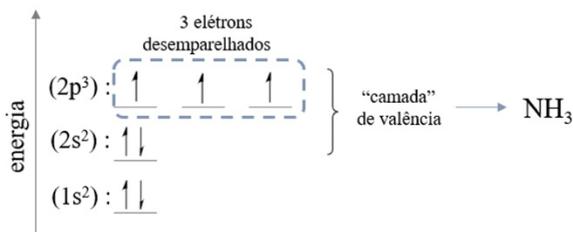
Fonte: autor.

Como se percebe, o oxigênio tem seis elétrons na “camada” de valência, sendo dois elétrons desemparelhados. As duas ligações do oxigênio ocorrem pela interação (compartilhamento) destes elétrons desemparelhados; por isso, o oxigênio faz duas ligações com hidrogênio, gerando a molécula de água.

Da mesma forma, o nitrogênio ($Z = 7$) na molécula de NH_3 (Figura 231).

Distribuição eletrônica: $1s^2 2s^2 2p^3$

Figura 231: níveis de energia para os elétrons do nitrogênio.*



Fonte: autor.

* observe que a “camada” eletrônica envolvida nas ligações é a de valência, ou seja, a última “camada”.

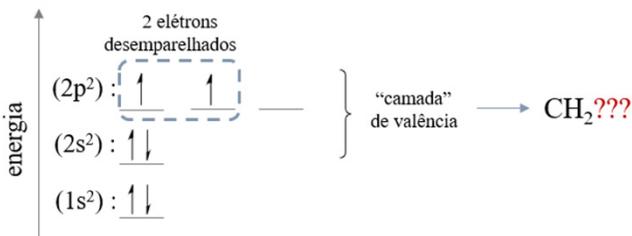
O nitrogênio tem cinco elétrons na “camada” de valência, sendo três deles desemparelhados; por isso o nitrogênio faz três ligações com hidrogênio, originando a molécula da amônia.

Elétrons desemparelhados originam ligações covalentes.

Vejamos agora o caso do carbono ($Z = 6$) na molécula de CH_4 (Figura 232).

Distribuição eletrônica: $1s^2 2s^2 2p^2$

Figura 232: níveis de energia para os elétrons do carbono.



Fonte: autor.

Se o número de elétrons desemparelhados é igual ao número de ligações, **quantas ligações, teoricamente, o carbono faria?**

Dois elétrons desemparelhados = duas ligações.

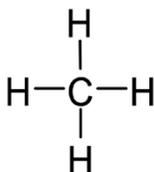
Na molécula de metano (CH_4), **quantas ligações o carbono está fazendo?**

4 ligações.

Tem alguma coisa errada! Teoricamente deveria fazer duas ligações, mas na prática ele faz quatro ligações.

Como explicar isso?

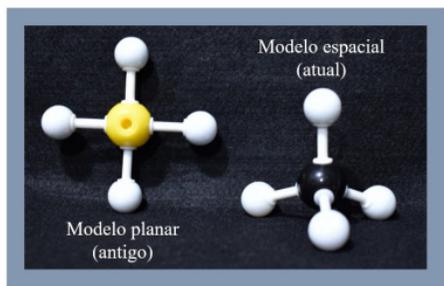
Muito antes de se conhecer os orbitais, em 1856, a valência do carbono já havia sido definida como sendo quatro.



Neste período, acreditava-se que os cinco átomos estariam no mesmo plano (o plano do papel, por exemplo).

Em 1874, foi proposto independentemente por dois pesquisadores, o francês Le Bel e o holandês van't Hoff, que os substituintes (ligantes) do carbono **não** estariam no mesmo plano (Figura 233). Um único plano não poderia conter os quatro substituintes.

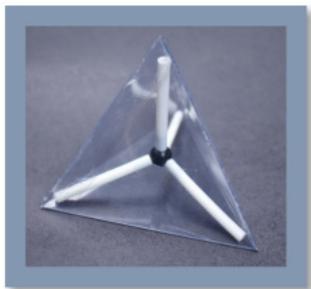
Figura 233: modelos atual e antigo para o CH₄.



Fonte: autor.

O arranjo espacial que distribui os quatro substituintes de forma mais afastada um do outro lembra um tetraedro: o átomo de carbono estaria no centro do tetraedro e os substituintes no vértice da figura (Figura 234).

Figura 234: modelo do carbono no centro do tetraedro.

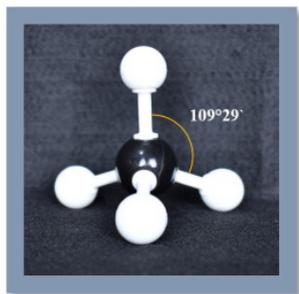


Fonte: autor.

Esta proposta está relacionada com outra questão: este arranjo (tetraédrico) permite gerar carbonos assimétricos. Isto foi tratado no Capítulo 15.

E assim o carbono tetraédrico se estabeleceu ainda no século XIX. Neste arranjo, o ângulo entre os substituintes é de $109^{\circ}29'$ (Figura 235).

Figura 235: ângulo das ligações no carbono tetraédrico.



Fonte: autor.

Como vimos, de início **foi difícil compatibilizar a distribuição eletrônica e a valência do carbono**. Este impasse foi resolvido por Linus Pauling, em 1928, propondo o conceito de hibridização.

A distribuição eletrônica de um átomo permite definir em quais orbitais (e níveis de energia) os elétrons se encontrariam no estado fundamental. É uma situação teórica, estabelecida a partir de cálculos matemáticos. É um ponto de partida para se explicar como os átomos se encontram na estrutura dos compostos.

O estado fundamental é o estado teórico de menor energia para um átomo isolado.

Porém, o átomo real, que é quando ele está fazendo parte de uma substância, ou seja, ligado a outros átomos, sofre modificações neste estado fundamental. Estas modificações levam a um sistema mais estável. *

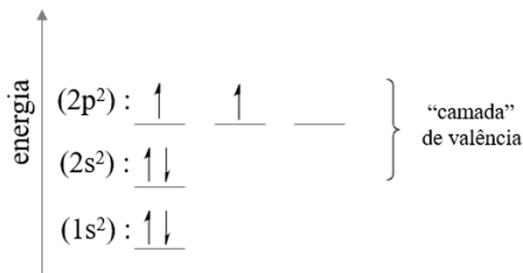
** lembre-se que átomos isolados são instáveis, com exceção dos gases nobres.*

É o caso do carbono tetravalente. Quatro ligações gera um sistema mais estável do que duas, pois permitem atingir a configuração de

um gás nobre (regra do octeto). Para a formação de quatro ligações são necessários quatro orbitais com elétrons desemparelhados.

No estado fundamental do átomo de carbono temos ($Z = 6$): $1s^2 2s^2 2p^2$ (Figura 236).

Figura 236: níveis de energia para os elétrons do átomo de carbono no estado fundamental.



Fonte: autor.

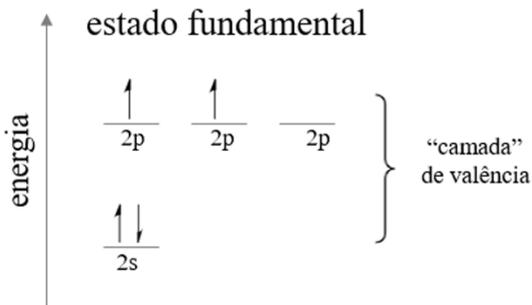
O estado fundamental do átomo de carbono não explica as quatro ligações.

A proposta de Linus Pauling é a de que no átomo que faz as ligações (átomo real) os orbitais envolvidos são originados pela **combinação de orbitais**. Lembrando que cada orbital é descrito como uma equação matemática. O que Linus Pauling fez para explicar o que ocorre foi combinar estas equações matemáticas, gerando outras equações, que correspondem a outros orbitais.

Recapitulando: dois elétrons desemparelhados não explicam as quatro ligações que o átomo de carbono faz.

Como podemos propor quatro orbitais semipreenchidos (com elétrons desemparelhados) na “camada” de valência do carbono (Figura 237)?

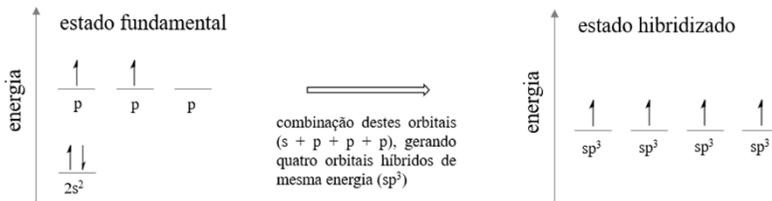
Figura 237: representação de elétrons na “camada” de valência do átomo carbono no estado fundamental.



Fonte: autor.

Linus Pauling mostrou que a combinação das equações do orbital 2s e dos três orbitais 2p originam 4 orbitais, chamados de híbridos, de mesma energia (sp^3), cada um com 1 elétron desemparelhado (Figura 238).

Figura 238: hibridização sp^3 .



Fonte: autor.

Temos agora quatro orbitais gerados pela combinação de um orbital s (2s) e três orbitais p (2p). Por isso, estes orbitais foram chamados sp^3 . Observe que estes orbitais tem uma energia intermediária entre as de s e p e que cada um tem um elétron desemparelhado.

Estes orbitais foram chamados de orbitais híbridos e o processo designado como hibridização.

A hibridização é a combinação de orbitais, explicada pela combinação das equações matemáticas dos orbitais.

São estes orbitais que formam as quatro ligações do carbono, assumindo um arranjo tetraédrico.

Mas qual será a forma deste orbital híbrido?

Vimos que cada orbital possui uma forma espacial específica (Figura 239).

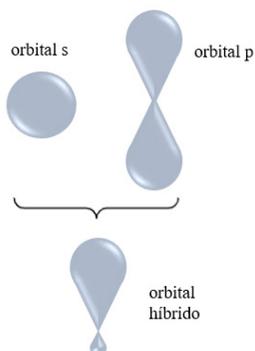
Figura 239: representações dos orbitais s e p.



Fonte: autor.

O orbital híbrido é uma combinação dos orbitais s e p (Figura 240):

Figura 240: representação do orbital híbrido sp^3 .



Fonte: autor.

Normalmente, nas representações, se omite este lobo menor, ficando assim (Figura 241):

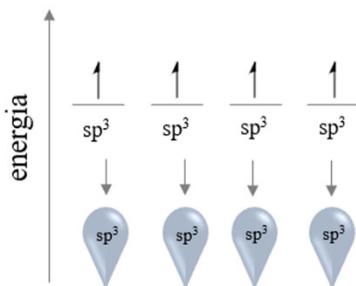
Figura 241: representação convencional para o orbital híbrido sp^3 .



Fonte: autor.

Isso quer dizer que na “camada” de valência do carbono do CH_4 tem quatro orbitais deste tipo (Figura 242).

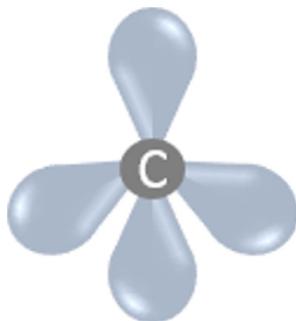
Figura 242: representação dos orbitais híbridos do carbono sp^3 .



Fonte: autor.

Especialmente, o conjunto destes quatro orbitais sp^3 compõem o carbono tetraédrico (Figura 243):

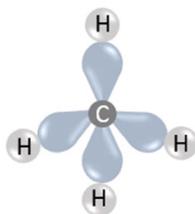
Figura 243: representação dos orbitais híbridos do carbono tetraédrico.



Fonte: autor.

Ao fazer as ligações com o hidrogênio no CH_4 , temos a forma mostrada na Figura 244.

Figura 244: representação dos orbitais na molécula de CH_4 .



Fonte: autor.

Para ilustrar essa disposição espacial, vamos construir um modelo de bexigas para estes orbitais (Figura 245).

Figura 245: modelo de bexigas para o CH_4 .

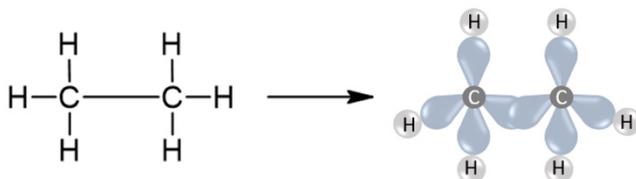


Fonte: autor.

E para o etano? Como ficariam os orbitais?

Na molécula do etano temos uma ligação carbono-carbono (sp^3-sp^3), além das ligações C-H (sp^3-s). Veja na Figura 246.

Figura 246: representação dos orbitais na molécula do etano.

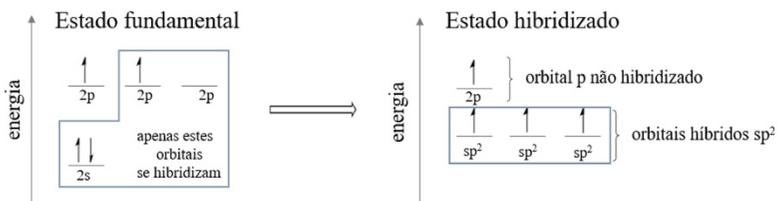


Fonte: autor.

E quando o carbono faz ligação dupla?

Neste caso, a hibridização é diferente (Figura 247).

Figura 247: Híbridização sp^2 .

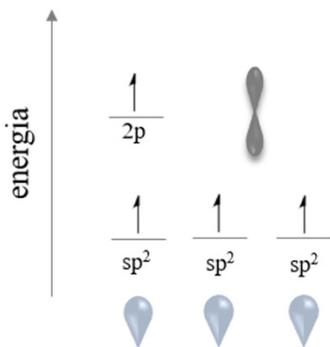


Fonte: autor.

Como mostrado acima, a hibridização ocorre entre o orbital 2s e dois orbitais 2p (por isso sp^2), permanecendo um orbital p sem se combinar.

A forma de cada orbital sp^2 é semelhante ao do sp^3 , porém o arranjo espacial é diferente (Figura 248).

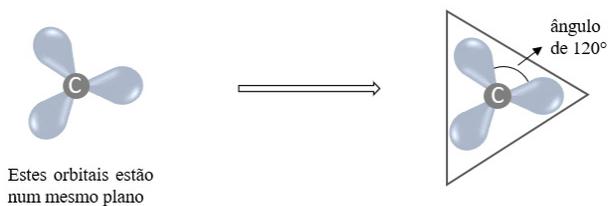
Figura 248: representação dos orbitais híbridos do carbono sp^2 .



Fonte: autor.

Os orbitais sp^2 assumem um arranjo espacial chamado trigonal plano (Figura 249).

Figura 249: disposição dos orbitais sp^2 .

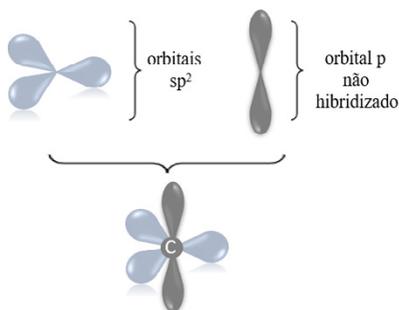


Fonte: autor.

E onde ficaria o orbital p não hibridizado?

Veja na Figura 250.

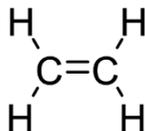
Figura 250: disposição dos orbitais sp^2 e p.



Fonte: autor.

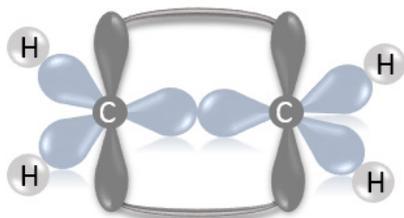
O orbital p fica perpendicular ao plano dos orbitais sp^2 .

Vamos tomar como exemplo a molécula do eteno; você se lembra dele?



Portanto, sendo uma ligação dupla, cada átomo de carbono se encontra com hibridização sp^2 e um arranjo espacial tipo trigonal plano. A interação dos orbitais dos átomos desta molécula gera a estrutura representada abaixo (Figura 251):

Figura 251: representação dos orbitais do eteno.



Fonte: autor.

Como se observa, entre os dois átomos de carbono ocorrem dois tipos de ligação:

– **Entre os orbitais sp^2 (sp^2-sp^2)**

Esta ligação covalente ocorre pela combinação frontal (linear) dos orbitais. É uma ligação mais forte e é chamada de ligação sigma (σ) (Figura 252).

Figura 252: representação da ligação sigma entre carbonos.



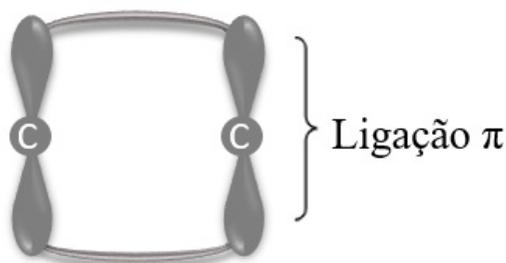
Ligação σ

Fonte: autor.

– Entre os orbitais p (p-p)

Esta ligação ocorre pela combinação lateral entre os orbitais p não hibridizados. É uma ligação mais fraca e é chamada de ligação pi (π) (Figura 253).

Figura 253: representação da ligação pi.



Fonte: autor.

As ligações entre carbono e hidrogênio também se dão pela interação dos orbitais sp^2 e s , de forma frontal, por isso também são ligações sigma (Figura 254).

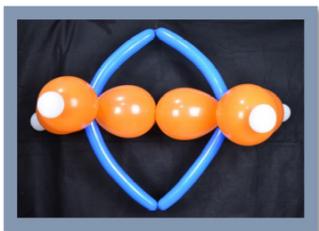
Figura 254: representação da ligação sigma entre carbono e hidrogênio.



Fonte: autor.

Para ilustrar essa disposição espacial, vamos construir um modelo de bexigas para estes orbitais (Figura 255).

Figura 255: modelo de bexigas para as ligações no eteno.

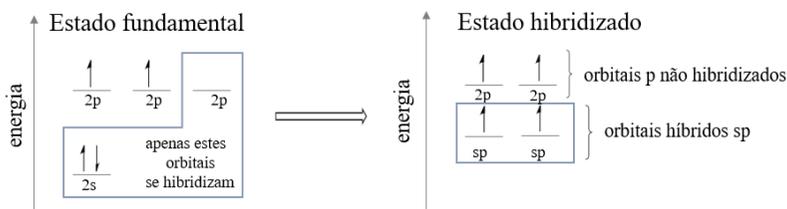


Fonte: autor.

E nas ligações triplas?

Neste caso a hibridização é diferente (Figura 256).

Figura 256: hibridização sp .

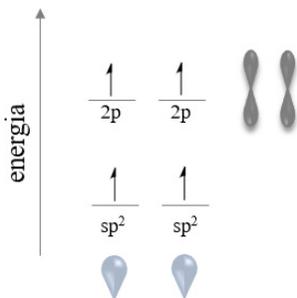


Fonte: autor.

Como mostrado acima, a hibridização ocorre entre o orbital 2s e um orbital 2p (por isso sp), permanecendo dois orbitais p sem se combinar.

A forma de cada orbital sp é semelhante ao sp^3 e sp^2 , porém o arranjo espacial é diferente (Figura 257).

Figura 257: representação dos orbitais híbridos do carbono sp .



Fonte: autor.

O arranjo espacial dos orbitais sp é linear, pois estão ao longo de uma reta (Figura 258).

Figura 258: disposição dos orbitais sp.

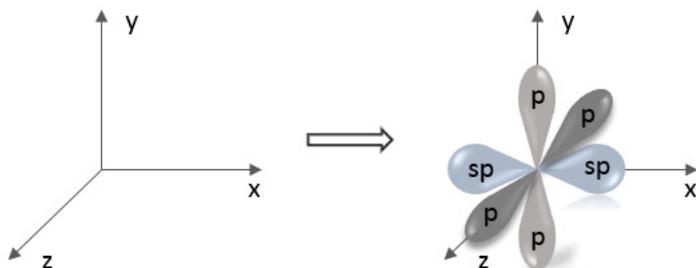


Fonte: autor.

E os orbitais p não hibridizados?

Estão perpendiculares (90°) aos orbitais híbridos sp. O arranjo segue as linhas de um sistema cartesiano de três eixos (x, y e z) (Figura 259).

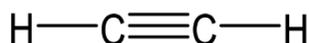
Figura 259: disposição dos orbitais sp e p.



Fonte: autor.

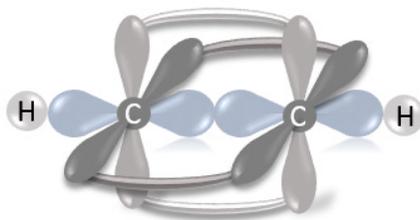
Os orbitais híbridos sp estariam no eixo x e os orbitais p não hibridizados estariam nos eixos z e y. Ou seja, o ângulo entre os orbitais sp e p é de 90° ; e entre os orbitais p, também é de 90° .

Vamos tomar como exemplo a molécula do etino; você se lembra dele?



Nesta molécula existem dois carbonos sp e dois hidrogênios. A combinação dos orbitais na molécula do etino gera a estrutura representada abaixo (Figura 260):

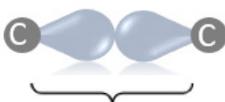
Figura 260: representação dos orbitais do etino.



Fonte: autor.

Como se observa os orbitais sp se combinam linearmente gerando uma ligação do tipo sigma (σ) (Figura 261).

Figura 261: representação da ligação sigma entre carbonos.



Ligação σ

Fonte: autor.

Já os orbitais p se combinam lateralmente, formando as duas ligações mais fracas, do tipo π (π) (Figura 262).

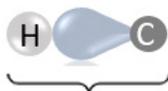
Figura 262: representação das ligações π entre carbonos.



Fonte: autor.

Entre os átomos de carbono e hidrogênio as ligações são do tipo sigma (σ), sp-s (Figura 263).

Figura 263: representação da ligação sigma entre carbono e hidrogênio.

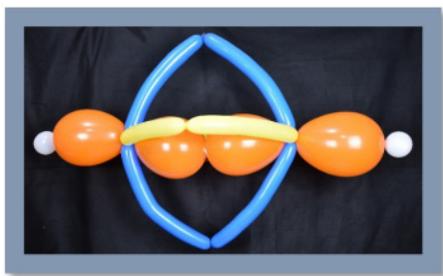


Ligação σ

Fonte: autor.

Um modelo usando bexigas dá uma ideia da disposição espacial dos orbitais envolvidos nas ligações existentes na molécula do etino (Figura 264).

Figura 264: modelo de bexigas para o etino.



Fonte: autor.

O que o aluno tem que “levar para casa”

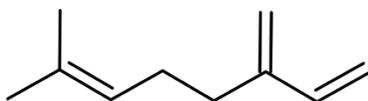
- a ligação covalente ocorre por compartilhamento de elétrons;
- os elétrons se encontram nos orbitais;
- os orbitais são descritos por equações matemáticas;
- os orbitais representam regiões onde os elétrons podem se encontrar;
- os orbitais representam níveis de energia permitidos para os elétrons;
- existe uma combinação entre os orbitais atômicos para que ocorra uma ligação (formação de orbitais moleculares);
- a hibridização é uma combinação de orbitais;
- a hibridização pode ser explicada pela combinação de equações matemáticas, gerando outras equações que correspondem aos orbitais híbridos.

Perguntas do capítulo 16 – Ligações químicas e hibridização

Pergunta 1: O carbono faz 4 ligações químicas para ficar estável. Considerando a molécula do metano (CH_4), como estão organizados os átomos no espaço? (Pense na geometria do carbono)

Pergunta 2: Considerando a distribuição eletrônica do carbono ($Z=6$) e que as ligações covalentes ocorrem com elétrons desemparelhados, quantas ligações esse elemento faria? Sabemos que o carbono estável é tetravalente (faz 4 ligações). Qual teoria pode explicar essa situação?

Pergunta 3: Para a fórmula estrutural abaixo, determine quem são os carbonos sp^3 , sp^2 e sp .



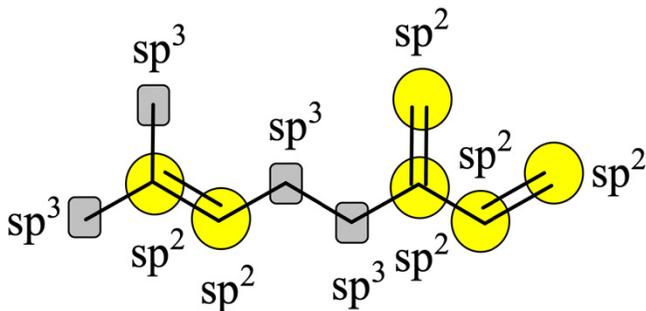
** As respostas se encontram ao final do capítulo.*

Respostas do capítulo 16 – Ligações químicas e hibridização

Pergunta 1: Os átomos de hidrogênio estão organizados nos vértices de um tetraedro imaginário e o carbono ocupa o centro desta figura.

Pergunta 2: O carbono faria apenas 2 ligações porque tem 2 elétrons desemparelhados. A teoria que explica as quatro ligações que o carbono faz para se estabilizar é a teoria da hibridização.

Pergunta 3: a resposta seria:



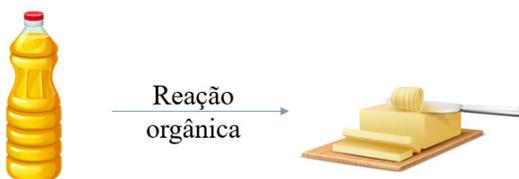
CAPÍTULO 17

REAÇÕES ORGÂNICAS

A química estuda as propriedades da matéria e as suas transformações. O conhecimento das características de cada função orgânica e de seu comportamento químico permite controlar e prever as transformações que cada substância pode sofrer.

Estas transformações são chamadas de reações químicas. Muitas reações ocorrem naturalmente, enquanto outras podem ser induzidas pelo homem. Por exemplo, quando uma banana cortada escurece é porque a reação de oxidação é espontânea; mas, quando Hippolyte Mège-Mouriès transformou óleo em margarina, em 1869, essa reação de redução foi feita pelo homem (Figura 265). Como essa, muitas reações de compostos orgânicos foram descobertas a partir da metade do século XIX, chamadas de reações clássicas, e são estudadas e utilizadas até hoje.

Figura 265: produção de margarina a partir do óleo vegetal.



Fonte: reprodução Freepik.

No campo da química inorgânica, a conversão de minérios em metais se situa no alvorecer da história humana (a partir de ~6000 a. C.). No século XVI esta parte da química teve grande evolução, com o surgimento da iatroquímica (utilização de medicamentos inorgânicos;

ver o alquimista Paracelsus). Assim, mesmo antes de o ser humano desvendar os princípios desta Ciência, já se faziam reações químicas.

A própria alquimia se caracterizou por fazer transformações químicas, visando à obtenção da pedra filosofal.

A reação mais “primitiva” de todas e a mais essencial para aquecer e, assim, promover as mais diversas atividades humanas, é a combustão, que é uma reação de oxidação.

Outra reação bem primitiva é a empregada na fabricação de sabão. Os sumérios, em torno de 3500 a.C., já faziam sabão, usando gordura e cinzas. Provavelmente era um sabão pastoso e escuro, mas que, com certeza, trouxe vantagens para aquela civilização.

O vinagre é um item essencial para dar sabor aos alimentos, mas foi utilizado, também, para preservá-los, num período onde os refrigeradores não existiam. O ácido acético, componente do vinagre, veio da fermentação do vinho, correspondendo à oxidação do etanol.

Perceba que as reações químicas geraram produtos que modificaram profundamente as civilizações.

As reações químicas mudaram as civilizações, gerando produtos que afetaram o dia a dia da população.

Na química orgânica, o conhecimento de como as reações ocorrem, os chamados mecanismos de reação, bem como os estudos da energia envolvida nestas transformações, a termoquímica, possibilitaram um domínio melhor destas modificações estruturais. O uso racional destes conhecimentos, visando à obtenção de determinada substância química, corresponde a uma área da química orgânica conhecida como síntese orgânica.

O grande desenvolvimento desta área tem reflexos diretos no estágio de desenvolvimento humano atual. A **longevidade do homem** moderno se deve em grande parte aos medicamentos sintetizados; a **pílula anticoncepcional**, que afetou drasticamente os costumes, e muitos adoçantes, conservantes, flavorizantes, pigmentos, etc. são todos originados de reações químicas realizadas de forma planejada e controlada.

Neste tópico, serão abordadas algumas reações que são mais próximas do cotidiano das pessoas, bem como as características e importância dos produtos tecnológicos relacionados.

SABÃO E DETERGENTE

Os sabões e detergentes fazem parte da composição de inúmeros produtos fortemente inseridos no dia a dia das pessoas, abrangendo desde a limpeza doméstica e a higiene pessoal à assepsia e, consequentemente, o controle e prevenção de muitas doenças (Figura 266).

Figura 266: sabão e detergente.

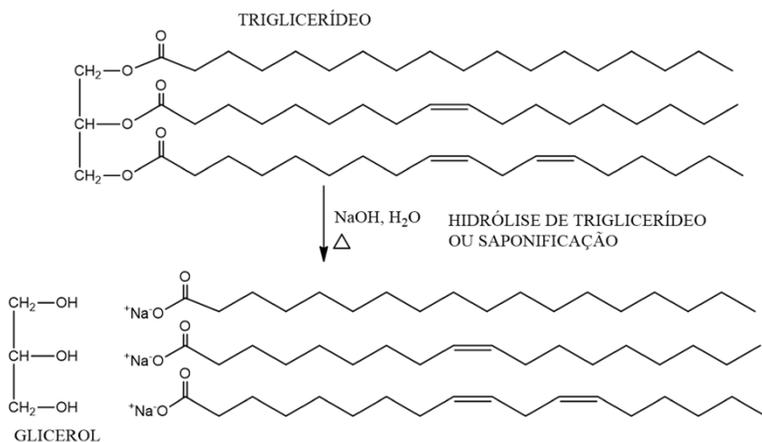


Fonte: reprodução Freepik.

Sabão

O método clássico de se fazer sabão é tratar gordura (ou óleo) com base (soda cáustica), sob aquecimento. Este processo é chamado de saponificação (Figura 267).

Figura 267: reação de saponificação – hidrólise alcalina de óleos ou gorduras.

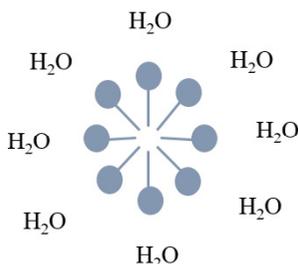


Fonte: autor.

Como visto anteriormente, **óleos e gorduras são triglicerídeos, ou seja, ésteres de ácidos graxos e glicerol.**

Esta reação é chamada de hidrólise alcalina de ésteres ou saponificação (Figura 247) e origina sal de ácido carboxílico (que é o sabão) e o álcool correspondente (glicerol).

Figura 270: estrutura micelar do sabão em água.



Fonte: autor.

Estas micelas são semelhantes às encontradas nos demaquilantes chamados de “águas micelares”. Tenho certeza que você já ouviu isso em alguma propaganda comercial.

E as águas duras? Se você já foi a Bonito-MS, deve ter percebido que a água de lá não faz espuma com sabão. Por que isto ocorre?

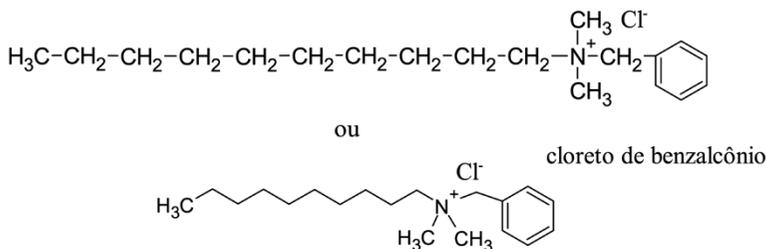
Porque a água de Bonito é uma água dura, isto é, tem alto teor de íons, principalmente cálcio (Ca^{+2}) e magnésio (Mg^{+2}). O sabão, em geral, é um sal de ácido graxo e Na^+ e este tipo de composto forma as micelas em água. Porém, os sais de Ca^{+2} e Mg^{+2} , que se formam quando o sabão entra em contato com a água dura, são “insolúveis” em água e, por isso, não formam espuma e se depositam, acabando por gerar incrustações na parte interna dos canos. Em geral, eles aderem à superfície com as quais fazem contato.

Detergentes

Os detergentes são sintetizados a partir de moléculas menores, mas seguem o mesmo princípio dos sabões (Figura 271).

O dodecil benzeno sulfonato de sódio é um dos principais detergentes aniônicos. Ele aparece nos detergentes de louça, xampus (“shampoos”), etc.

Você também pode encontrar nestes produtos os chamados detergentes catiônicos, como o cloreto de benzalcônio, que é um sal de amônio quaternário.

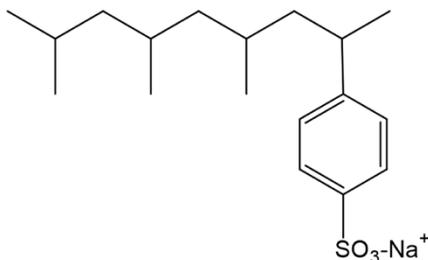


Veja, portanto, que nas moléculas dos detergentes a parte polar pode ser negativa (detergente aniônico- relativo a ânion) ou positiva (detergentes catiônicos- relativo a cátion), mas o princípio é o mesmo e as estruturas químicas têm características anfifílicas. Os detergentes catiônicos possuem ainda propriedades desinfetantes, sendo utilizados também para esta finalidade.

Os detergentes aniônicos formam espumas normalmente, mesmo em presença de sais de cálcio e magnésio, não gerando depósitos nos encanamentos. Por isso seu uso é recomendado em locais onde a água é dura.

Os primeiros detergentes foram introduzidos na década de 1930 e, nestes, a cadeia carbônica era ramificada (Figura 273).

Figura 273: fórmula estrutural de detergente com cadeia ramificado.



Dodecil Benzeno Sulfonato de Sódio
ramificado

Fonte: autor.

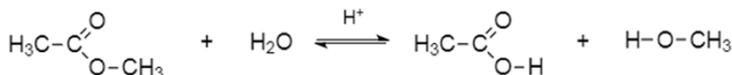
Os detergentes (e sabões) cujas moléculas possuem cadeia linear são biodegradáveis. A ramificação da cadeia torna o produto não biodegradável, gerando problemas ambientais como a espuma que fica na superfície dos rios.

Tanto sabão quanto detergente são anfifílicos, sendo constituídos de moléculas com uma parte apolar (hidrofóbica) e uma parte polar (hidrofílica) na cadeia carbônica.

HIDRÓLISE ÁCIDA DE ÉSTERES

Os ésteres podem ser hidrolisados também em meio ácido (Figura 274) e, neste caso, geram **ácido carboxílico e álcool** (não gera sabão).

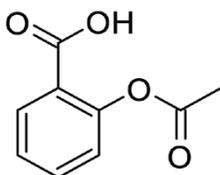
Figura 274: hidrólise ácida de éster.



Fonte: autor.

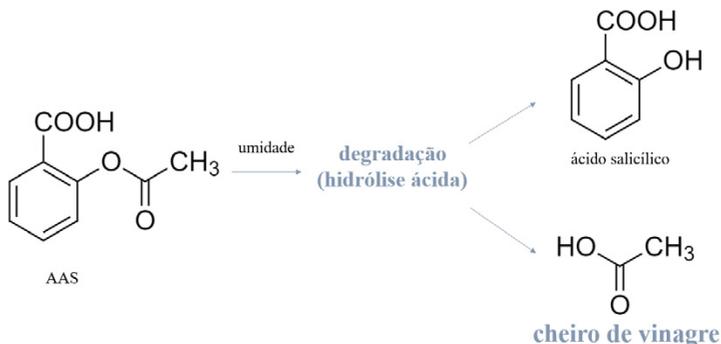
Mas onde exatamente podemos encontrar um exemplo deste tipo de reação em nosso dia a dia?

Um dos medicamentos mais utilizados no mundo é o ácido acetil salicílico, o famoso AAS, e ele tem a estrutura representada abaixo.



Quando mal acondicionado, em presença de umidade, ele pode sofrer uma reação de hidrólise ácida, pois o meio úmido associado à acidez gerada pelo ácido carboxílico favorece a degradação do medicamento, que acaba produzindo um cheiro de vinagre característico (Figura 275).

Figura 275: hidrólise ácida do AAS.



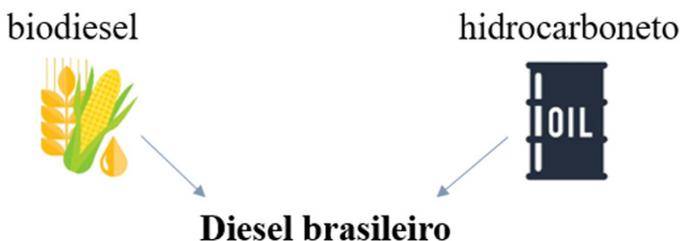
Fonte: autor.

BIODIESEL

Como visto no capítulo 2, o óleo diesel, ao pé da letra, é constituído de hidrocarbonetos, principalmente na faixa de 15 a 18 carbonos. Mas o “diesel” vendido no Brasil tem uma formulação diferente.

O “diesel” comercializado no Brasil, na verdade é uma mistura de hidrocarbonetos e biodiesel, que quimicamente são diferentes. O biodiesel é utilizado junto com os hidrocarbonetos na formulação do diesel para fomentar o uso de combustíveis mais ambientalmente corretos (Figura 276).

Figura 276: o diesel brasileiro vem da mistura de diesel + biodiesel.



Fonte: reprodução Freepik.

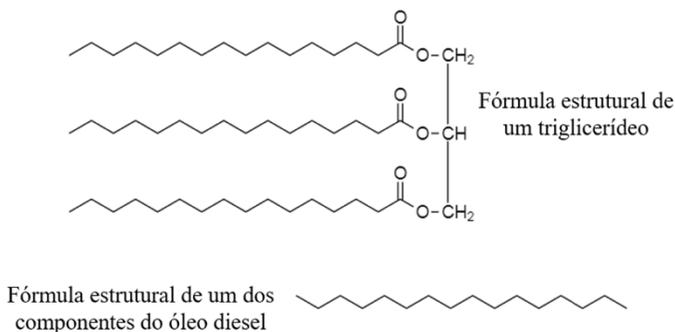
O uso de combustíveis fósseis como gasolina, querosene e diesel tem sido cada vez mais desencorajado, pois eles contribuem efetivamente para o aquecimento global e a chuva ácida.

Mas o que é biodiesel?

O biodiesel é produzido a partir de óleos e gorduras, de origem vegetal ou animal. Portanto, a matéria prima para a produção de biodiesel é originada de fontes renováveis e, por isso, não contribui para o aquecimento global.

Como foi dito anteriormente, óleos e gorduras são constituídos de triglicerídeos, que são ésteres de glicerol e ácidos graxos (Figura 277).

Figura 277: fórmulas estruturais - triglicerídeo e um componente do óleo diesel.



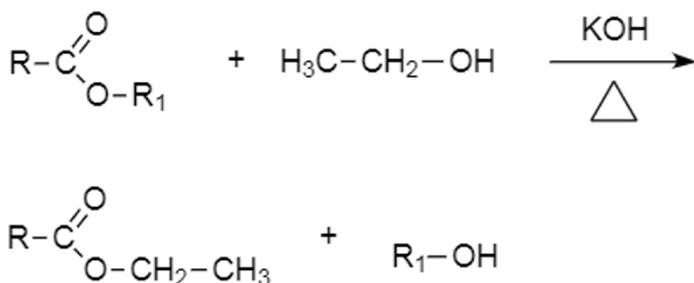
Fonte: autor.

Como se percebe, as moléculas dos triglicerídeos são muito maiores do que as presentes no óleo diesel e, portanto, têm propriedades diferentes.

A tecnologia para a produção de biodiesel é bem variada, mas sempre requer um catalisador (reveja o conteúdo de cinética do 2º ano). A reação química envolvida na produção do biodiesel é chamada de **transesterificação**, onde um outro álcool substitui o glicerol.

A reação de uma forma genérica é a seguinte (Figura 278):

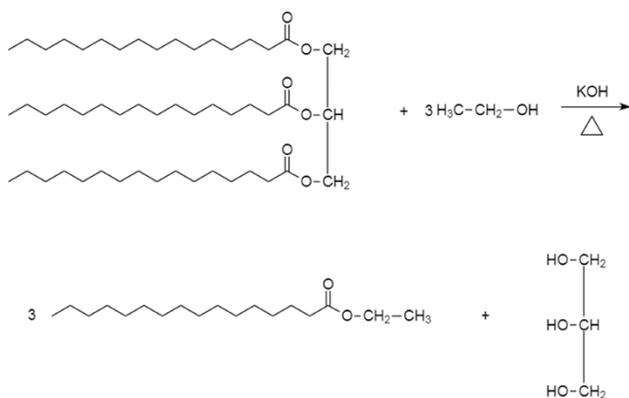
Figura 278: esquema básico de uma transesterificação.



Fonte: autor.

Assim, a reação de produção do biodiesel ocorre como ilustrado na Figura 279.

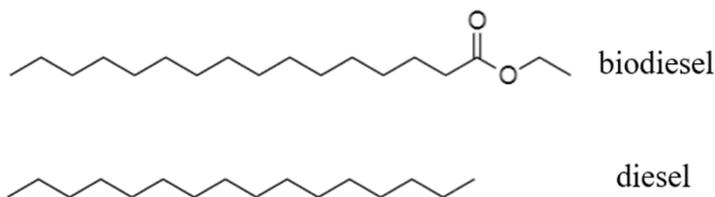
Figura 279: reação de transformação de óleos e gorduras em biodiesel (transesterificação).



Fonte: autor.

As moléculas do biodiesel e do diesel, apesar de pertencerem a funções orgânicas diferentes, têm dimensões semelhantes e, por isso, têm propriedades físicas semelhantes (Figura 280).

Figura 280: representações de moléculas presentes no biodiesel e no diesel.



Fonte: autor.

As moléculas presentes no diesel e no biodiesel pertencem a funções orgânicas diferentes, mas têm dimensões semelhantes.

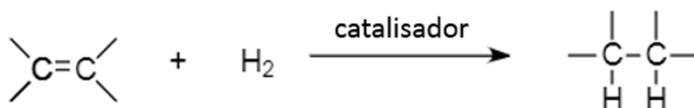
ÓLEO VEGETAL HIDROGENADO – MARGARINA

Hidrogenação de alcenos

Os alcenos sofrem reação de adição e, quando isso ocorre, a ligação dupla transforma-se em ligação simples.

Uma das principais reações de alcenos é a hidrogenação, ou seja, adição de hidrogênio (Figura 281).

Figura 281: esquema de uma hidrogenação catalítica.



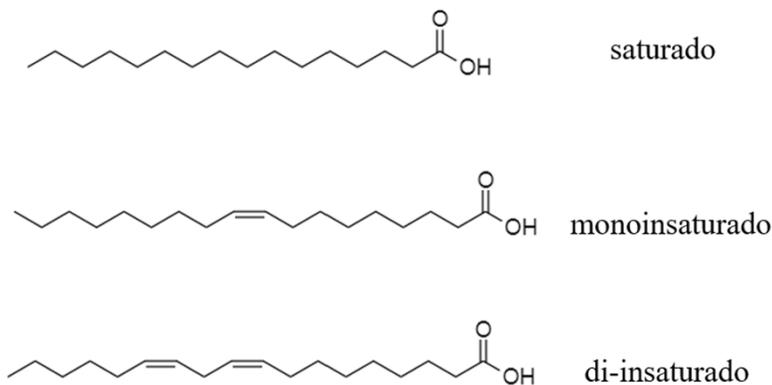
Fonte: autor.

** note que a hidrogenação transforma a ligação dupla em simples.*

Esta reação foi descoberta pelos franceses Sabatier e Senderens no final do século XIX. O catalisador tem um papel essencial, pois, sem ele, a reação exige temperaturas muito elevadas. Inicialmente foi utilizado como catalisador o níquel (Ni) e, posteriormente, descobriu-se que paládio (Pd) e platina (Pt) também são muito eficientes. Esta transformação é considerada uma reação de redução.

Os ácidos graxos presentes nos triglicerídeos (óleos e gorduras) podem ser saturados, insaturados ou poli-insaturados, e isso influencia diretamente a reatividade e as propriedades físicas destes compostos, como o ponto de fusão (Figura 282).

Figura 282: exemplos de ácidos graxos saturados e insaturados.



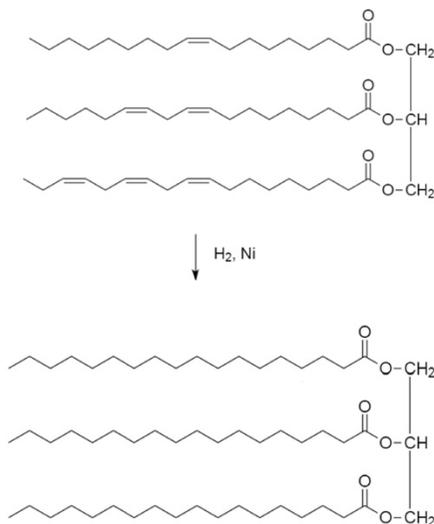
Fonte: autor.

A fluidez dos óleos se deve à presença das ligações duplas nas estruturas dos ácidos graxos. Observe que nos ácidos graxos as ligações duplas são sempre *cis*.

Se existem muitas ligações duplas, a fluidez é maior. Assim, a redução (hidrogenação) destas ligações duplas aumenta a viscosidade, podendo originar uma gordura (sólida).

A representação mostrada na Figura 283 mostra um exemplo de hidrogenação de um triglicerídeo, podendo resultar na transformação de um óleo (líquido) em uma gordura (sólido).

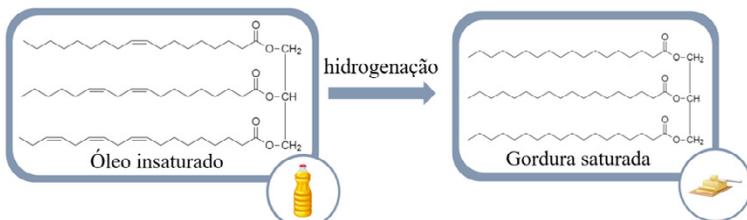
Figura 283: representação de uma hidrogenação de triglicerídeo.



Fonte: autor.

A margarina é produzida pela hidrogenação parcial dos óleos, e o sabor artificial resulta da adição de flavorizantes, para imitar a manteiga (Figura 284).

Figura 284: representação da transformação de óleo em margarina.



Fonte: reprodução Freepik.

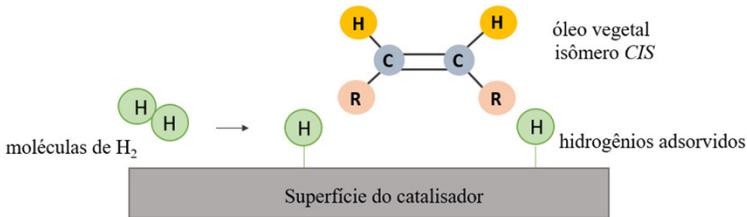
Gordura *trans*

Como mostrado anteriormente, as ligações duplas dos ácidos graxos são *cis*.

Durante a produção de margarina, que é um produto ultraprocessado, pode ocorrer a **isomerização** de parte dos ácidos graxos do óleo vegetal e a sua conversão no isômero *trans*. Isto ocorre porque a reação, que acontece na superfície do metal (níquel), pode gerar um intermediário radicalar pela adição de 1 átomo de hidrogênio. Este intermediário pode reverter ao alceno e, quando isso acontece, gera o isômero mais estável, o isômero *trans*.

Inicialmente as moléculas de H_2 são adsorvidas pelo catalisador metálico e a molécula do óleo vegetal (isômero *cis*) se aproxima do catalisador (Figura 285).

Figura 285: etapa inicial da hidrogenação.



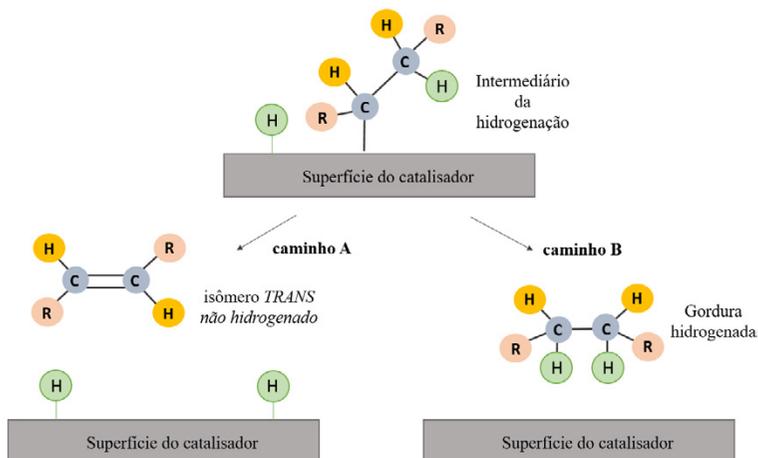
Fonte: autor.

Quando um carbono de ligação dupla da molécula do óleo se liga a um dos hidrogênios adsorvidos na superfície do metal gera um intermediário, para o qual dois caminhos são possíveis (Figura 286):

– caminho A – o intermediário é revertido à ligação dupla, porém originando o isômero *trans*, mais estável.

– caminho B – a reação de hidrogenação é finalizada e temos o produto final saturado (gordura);

Figura 286: caminhos possíveis da hidrogenação.



Fonte: autor.

Em geral, o caminho B prevalece, porém, mesmo uma pequena proporção de moléculas que sigam o caminho A pode gerar um produto inadequado. Teores altos de gorduras do tipo *trans* podem trazer problemas para a saúde, causando aumento do chamado colesterol ruim (LDL) sem o correspondente aumento do colesterol bom (HDL). Este fato pode resultar em problemas cardiovasculares como, por exemplo, a aterosclerose. Por isso é importante ficar atento aos rótulos de alimentos e evitar este tipo de gordura.

O que o aluno tem que “levar para casa”

- os compostos orgânicos podem sofrer reações químicas;
- a fabricação de sabão consiste numa reação química conhecida como saponificação;
- na saponificação ocorre a hidrólise alcalina de ésteres, formando sais de ácidos carboxílicos;
- os sabões e detergentes são estruturalmente semelhantes: uma cadeia apolar e uma “cabeça” iônica;
- o biodiesel é obtido a partir de óleos e gorduras por uma reação chamada de transesterificação;
- a transesterificação pode ocorrer com qualquer éster, mediante a “substituição do álcool”;
- alcenos reagem com hidrogênio (H_2) gerando ligações simples – é uma reação de redução;
- a hidrogenação de ligações duplas presentes em triglicerídeos de óleos leva à obtenção do óleo vegetal hidrogenado, conhecido como margarina;
- a reversão da reação de hidrogenação pode produzir o alceno *trans* (gordura *trans*).

Perguntas do capítulo 17 – Reações orgânicas

Pergunta 1: De acordo com o que vimos sobre o processo de limpeza, explique por que apenas água não consegue remover uma mancha de gordura de uma camiseta.

Pergunta 2: Explique por que o nome “oficial” do produto que chamamos de margarina é “óleo vegetal hidrogenado”.

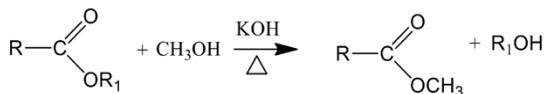
Pergunta 3: O esquema abaixo é referente à hidrólise ácida de ésteres:



Sendo uma reação de equilíbrio, sempre haverá uma mistura de reagentes e produtos.

Esse problema não ocorre com a hidrólise alcalina de ésteres. Por que?

Pergunta 4: Por que na reação abaixo, de transesterificação (formação de biodiesel), não ocorre a formação do sal do ácido carboxílico?



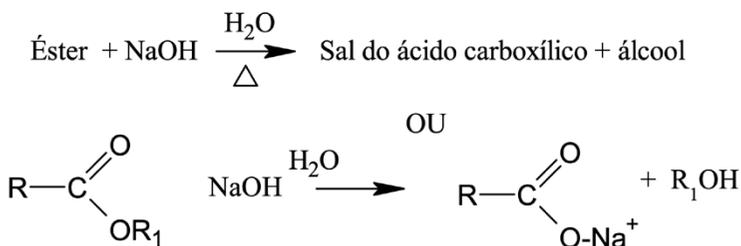
* As respostas se encontram ao final do capítulo.

Respostas do capítulo 17 – Reações orgânicas

Pergunta 1: A água é polar e a gordura é apolar. Não ocorrerá a remoção da sujeira porque a água não interage com o óleo. Por isso, é necessário usar uma substância anfifílica que terá afinidade pelo óleo e pela água.

Pergunta 2: O óleo vegetal é líquido, porque tem na sua constituição ácidos graxos insaturados, na forma de ésteres. Estes, ao sofrerem hidrogenação (parcial) das ligações duplas carbono-carbono, e a consequente saturação, se transformam em gordura (consistência mais sólida), que é a margarina. Por isso a denominação de “óleo vegetal hidrogenado” da margarina.

Pergunta 3: Na hidrólise alcalina não se forma o ácido carboxílico e sim o sal. Sendo assim, não há possibilidade de a reação ocorrer no sentido contrário.



Pergunta 4: A reação de transesterificação ocorre sem a presença de água, que é necessária para gerar o ácido e, conseqüentemente, o sal. Além disso, a concentração da base (KOH, no caso) é catalítica (pequena quantidade).

REFERÊNCIAS

CARAMORI, G.F.; OLIVEIRA, K.T. Aromaticidade – Evolução histórica do conceito e critérios quantitativos. **Química Nova na Escola**. Vol. 32, No. 7, 1871-1884, 2009. Acesso em: 31 de janeiro de 2021.

LE COUTEUR, Penny; BURRESON, Jay. **Os botões de Napoleão: as 17 moléculas que mudaram a história**. Trad. Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2006.

CRÉDITOS DAS IMAGENS UTILIZADAS

Figura 1:

[Metal foto criado por Racool_studio - br.freepik.com](https://br.freepik.com/photos/metal)

[Alimento vetor criado por brgfx - br.freepik.com](https://br.freepik.com/vectors/alimento)

[Árvore vetor criado por macrovector - br.freepik.com](https://br.freepik.com/vectors/arvore)

Pixabay.

Figura 3:

[Alimento vetor criado por macrovector - br.freepik.com](https://br.freepik.com/vectors/alimento)

Pixabay.

Figura 7:

[Abstrato vetor criado por studiodstock - br.freepik.com](https://br.freepik.com/vectors/abstrato)

[Árvore vetor criado por macrovector - br.freepik.com](https://br.freepik.com/vectors/arvore)

Figura 8:

[Carro vetor criado por macrovector - br.freepik.com](https://br.freepik.com/vectors/carro)

Figura 12:

[Negócio vetor criado por macrovector - br.freepik.com](https://br.freepik.com/vectors/negocio)

Figura 46:

[Negócio](https://br.freepik.com/vectors/negocio) vetor criado por macrovector_official - br.freepik.com

[Negócio](https://br.freepik.com/vectors/negocio) vetor criado por macrovector - br.freepik.com

Figura 49:

[Ouro](https://br.freepik.com/vectors/ouro) vetor criado por vectorpouch - br.freepik.com

[Água](https://br.freepik.com/vectors/agua) vetor criado por macrovector - br.freepik.com

[Negócio](https://br.freepik.com/vectors/negocio) vetor criado por macrovector_official - br.freepik.com

Figura 50:

[Fundo](https://br.freepik.com/vectors/fundo) vetor criado por macrovector - br.freepik.com

[Vermelho](https://br.freepik.com/vectors/vermelho) vetor criado por macrovector - br.freepik.com

[Alimento](https://br.freepik.com/vectors/alimento) vetor criado por Omelapics - br.freepik.com

[Menu](https://br.freepik.com/vectors/menu) vetor criado por macrovector - br.freepik.com

[Alimento](https://br.freepik.com/vectors/alimento) vetor criado por macrovector - br.freepik.com

[Aquarela](https://br.freepik.com/vectors/aquarela) vetor criado por pikisuperstar - br.freepik.com

Figura 62:

[Pessoas vetor criado por stories - br.freepik.com](https://br.freepik.com/vectors/pessoas)

Figura 89:

[Negócio vetor criado por macrovector_official - br.freepik.com](https://br.freepik.com/vectors/negocio)

[Negócio vetor criado por macrovector_official - br.freepik.com](https://br.freepik.com/vectors/negocio)

Figura 92:

[Fundo vetor criado por brgfx - br.freepik.com](https://br.freepik.com/vectors/fundo)

Figura 94:

[Animal vetor criado por pch.vector - br.freepik.com](https://br.freepik.com/vectors/animal)

[Fundo vetor criado por freepik - br.freepik.com](https://br.freepik.com/vectors/fundo)

[Fundo vetor criado por brgfx - br.freepik.com](https://br.freepik.com/vectors/fundo)

[Padrão vetor criado por pch.vector - br.freepik.com](https://br.freepik.com/vectors/padrao)

[Alimento vetor criado por macrovector - br.freepik.com](https://br.freepik.com/vectors/alimento)

[Negócio vetor criado por macrovector_official - br.freepik.com](https://br.freepik.com/vectors/negocio)

Figura 100:**Figura 101:****Figura 109:****Figura 113:****Figura 114:**

Figura 123:

Figura 133:

Figura 134:

Figura 143:

Imagem de Ninifée por Pixabay

Figura 146:

[Abstrato](https://br.freepik.com/vetores/abstrato) vetor criado por macrovector - br.freepik.com

[Alimento](https://br.freepik.com/vetores/alimento) vetor criado por macrovector - br.freepik.com

[Alimento](https://br.freepik.com/vetores/alimento) vetor criado por terdpongvector - br.freepik.com

[Alimento](https://br.freepik.com/vetores/alimento) vetor criado por pch.vector - br.freepik.com

Figura 152:

[Árvore](https://br.freepik.com/vetores/arvore) vetor criado por macrovector - br.freepik.com

Figura 161:

Reprodução NickyPe por Pixabay.

Figura 163:

[Maquete](https://br.freepik.com/vetores/maquete) vetor criado por vectorpocket - br.freepik.com

Figura 175:

Imagem de butterflyarc por Pixabay

Imagem de Belinda Cave por Pixabay

Imagem de Paolo Zerbato por Pixabay

Figura 178:

Imagem de Binesh A B por Pixabay

Imagem de ritual por Pixabay

Imagem de Béa Beste por Pixabay

Figura 182:**Figura 183:****Figura 193:****Figura 194:****Figura 196:****Figura 197:**

Figura 198:

[Sol](https://br.freepik.com/vetores/sol) vetor criado por macrovector - br.freepik.com

[Escola](https://br.freepik.com/vetores/escola) vetor criado por terdpongvector - br.freepik.com

[Verão](https://br.freepik.com/vetores/verao) vetor criado por grmarc - br.freepik.com

[Mulher](https://br.freepik.com/vetores/mulher) vetor criado por macrovector - br.freepik.com

Figura 244:

[Alimento](https://br.freepik.com/vetores/alimento) vetor criado por valadzionak_volha - br.freepik.com

[Maquete](https://br.freepik.com/vetores/maquete) vetor criado por vectorpocket - br.freepik.com

Figura 245:

[Ícone](https://br.freepik.com/vetores/icone) vetor criado por macrovector - br.freepik.com

Figura 255:

[Negócio](https://br.freepik.com/vetores/negocio) vetor criado por macrovector - br.freepik.com

[Negócio](https://br.freepik.com/vetores/negocio) vetor criado por macrovector - br.freepik.com

Figura 263:

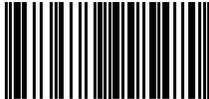
[Alimento](https://br.freepik.com/vetores/alimento) vetor criado por valadzionak_volha - br.freepik.com

[Maquete](https://br.freepik.com/vetores/maquete) vetor criado por vectorpocket - br.freepik.com

Este livro foi editorado com as fontes Crimson Text e Montserrat.
Publicado on-line em: <https://repositorio.ufms.br>



ISBN 978-65-89995-47-0



9 786589 995470

 **editora**
UFMS