

ORIENTAÇÕES DE ESTUDOS DE

QUÍMICA

3

3^a
SÉRIE



Ensino Médio

Secretaria de
Educação



GOVERNO DO ESTADO
RIO DE JANEIRO



/SeeducRJ



/seeducrj



/seeducio

Secretaria de
Educação



GOVERNO DO ESTADO
RIO DE JANEIRO

Governo do Estado do Rio de Janeiro
Secretaria de Estado de Educação

Comte Bittencourt
Secretário de Estado de Educação

Andrea Marinho de Souza Franco
Subsecretária de Gestão de Ensino

Elizângela Lima
Superintendente Pedagógica

Coordenadoria de Área de conhecimento
Maria Claudia Chantre

Assistentes

Carla Lopes
Fabiano Farias de Souza
Roberto Farias
Verônica Nunes
Cátia Batista Raimundo

Texto e conteúdo

Prof. Fernando Renato Vicente Ferreira
C.E. Alfredo Neves
Prof. Muller da Silva Paulino
C.E. Barão de Tinguá
Prof. Wilhermyson Lima Leite
C.E. Professor Murilo Braga

Capa

Luciano Cunha

Revisão de texto

Prof^a Andreia Cristina Jacurú Belletti

Prof^a Andreza Amorim de Oliveira Pacheco.

Prof^a Cristiane Ramos da Costa

Prof^a Deolinda da Paz Gadelha

Prof^a Elizabete Costa Malheiros

Prof^a Karla Menezes Lopes Niels

Prof^a Kassia Fernandes da Cunha

Prof Marcos Giacometti

Prof Mário Matias de Andrade Júnior

Prof^a Regina Simões Alves

Prof Thiago Serpa Gomes da Rocha

Esse documento é uma curadoria de materiais que estão disponíveis na internet, somados à experiência autoral dos professores, sob a intenção de sistematizar conteúdos na forma de uma orientação de estudos.

Secretaria de
Educação



GOVERNO DO ESTADO
RIO DE JANEIRO

QUÍMICA – ORIENTAÇÕES DE ESTUDOS

Sumário

Introdução.....	5
AULA 1 – A química orgânica como ciência.....	6
AULA 2 – Tipo de cadeias orgânicas.....	8
AULA 3 – A Química do Petróleo.....	10
AULA 4 – Fórmulas na Química Orgânica.....	14
AULA 5 – Os hidrocarbonetos e as suas fórmulas gerais.....	18
EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO.....	19
RESUMO.....	20
INDICAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS.....	21

DISCIPLINA: QUÍMICA.

Secretaria de
Educação



GOVERNO DO ESTADO
RIO DE JANEIRO

ORIENTAÇÕES DE ESTUDOS para QUÍMICA

3º Bimestre de 2021 - 3ª série do Ensino Médio

META:

Identificar e reconhecer os conteúdos específicos de Química em conformidade com as exigências curriculares.

OBJETIVOS:

Reconhecer as principais características das cadeias carbônicas estabelecendo relações, por exemplo, com as principais frações do petróleo.

Reconhecer o nome e as fórmulas estruturais das principais funções orgânicas: hidrocarbonetos, álcool, aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos, éteres, ésteres, aminas e amidas.

Identificar algumas das substâncias orgânicas com uso especial para a vida cotidiana, tais como: propanona, éteretílico, etanol, metanol, formol e ácido acético.

Introdução

Sintonizado com as transformações e novas demandas da educação é necessário destacarmos o uso de recursos tecnológicos de forma a criar melhores ambientes para produção do conhecimento. Pontuar o uso das diferentes formas de aprendizagem com o uso da tecnologia, envolve um novo planejamento, onde novas contribuições poderão ser de grande importância para sua melhoria. Ampliar esses recursos é importante como parte do processo de transformação pautado em um novo conceito de educação.

Para considerarmos os temas relacionados as Unidades de Conhecimento de Química (UCQ) abordadas no Ensino Médio, devemos construir possibilidades de prática investigativa, possibilitando ao aluno construir, por meio das inúmeras possibilidades teóricas e de modelos existentes, uma relação com sua realidade, ampliando sua compreensão física e social.

Pretendemos aqui iniciar nossos estudos abordando “A química dos sistemas Naturais: Qualidade de Vida e Meio Ambiente” colocando nossos objetivos e relacionando-os com a Química dos compostos do carbono, assim como identificar a presença destas inúmeras substâncias em nosso cotidiano. Bons estudos!

AULA 1 – A química orgânica como ciência

A química orgânica é a parte da química que estuda os compostos do carbono. Os compostos orgânicos podem ser divididos em orgânicos naturais e sintéticos. Os compostos orgânicos naturais são aqueles provenientes da natureza de forma vegetal ou animal como: o carvão mineral, o petróleo, gás natural, entre outros. Já os compostos orgânicos sintéticos são aqueles produzidos pelas indústrias químicas, como por exemplo, os medicamentos.

O carbono é um elemento de número atômico 6 e está localizado na família 4 A, tendo, portanto, 4 elétrons na sua última camada. Seguindo a regra do octeto, o carbono precisará de 8 ligações para que se torne estável. A figura 42 apresenta a estrutura de Lewis para o carbono. A figura abaixo apresenta a molécula do metano onde o carbono encontra-se estabilizado.

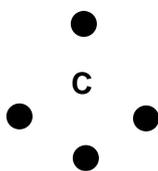


Figura: Estrutura de Lewis para o carbono

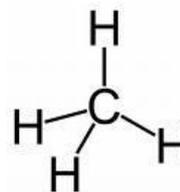
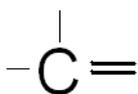


Figura: Representação da molécula de metano

As quatro valências do carbono são iguais entre si e somente diferentes tipos de ligante que determinam os diferentes tipos de compostos formados.

Outras características importantes do carbono:

- Forma diferentes tipos de ligação;



Ligações simples



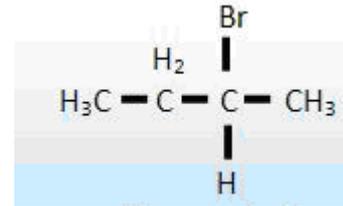
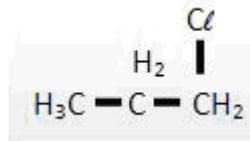
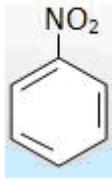
ligações duplas



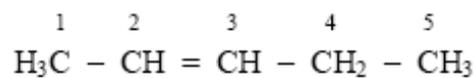
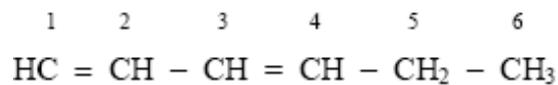
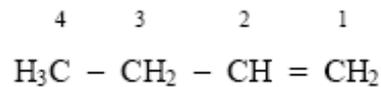
ligações triplas

- Liga-se a vários elementos químicos;

(oxigênio, nitrogênio, enxofre, fósforo, cloro, fluor, iodo e outros)



- Forma cadeias



- Após compreender as inúmeras possibilidades que o carbono proporciona para a formação de milhares de compostos orgânicos, vamos ouvir o podcast do professor WILHERMYSON, um bate-papo sobre a Química do carbono, sua aplicação e os processos que são importantes para a sustentabilidade como a o 3R (Reduzir, Reusar e Reciclar)

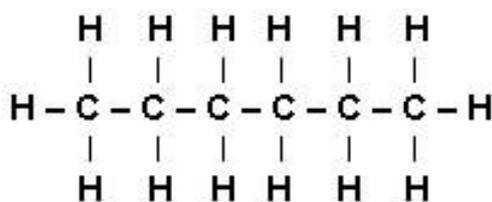
AULA 2 – Tipo de cadeias orgânicas.

As cadeias carbônicas podem ser classificadas em:

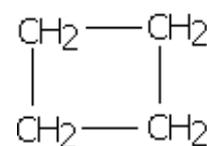
* Abertas ou fechadas

Abertas são aquelas que possuem pontas, também conhecidas como alifáticas.

As cadeias fechadas são aquelas que formam ciclos.



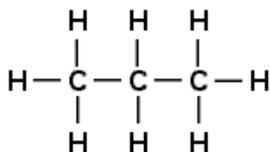
Cadeia aberta



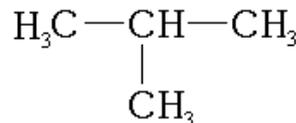
Cadeia fechada

* Normal ou Ramificada

As cadeias carbônicas normais são aquelas que apresentam uma única seqüência e as ramificadas são aquelas que apresentam ramificações. Observe:



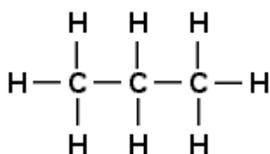
Cadeia normal



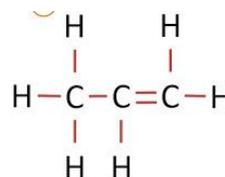
Cadeia ramificada

* Saturada ou Insaturada

As cadeias carbônicas são classificadas como saturadas, quando apresentam apenas ligações simples entre os carbonos, e insaturadas quando apresentam ligações duplas ou triplas. Observe que no primeiro exemplo a cadeia apresenta apenas ligações simples (-), portanto será classificada como saturada, já no segundo caso apresenta ligação dupla (=), portanto deverá ser considerada como insaturada.



Cadeia saturada

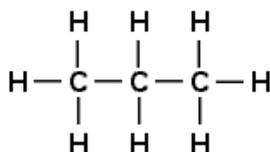


Cadeia insaturada

* Homogênea ou Heterogênea

As cadeias carbônicas são consideradas homogêneas, quando não existe nenhum átomo diferente do carbono (heteroátomo) entre estes carbonos. Já na cadeia heterogênea existe um heteroátomo entre os carbonos. Observe que quando o heteroátomo está na ponta da cadeia carbônica ela será considerada homogênea.

Observe que a representação abaixo apresenta uma cadeia sem heteroátomos, portanto é classificada como homogênea.

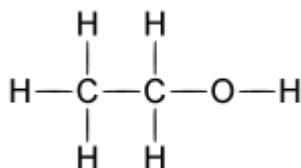


Cadeia homogênea

Observe a seqüência de imagem:



Cadeia heterogênea

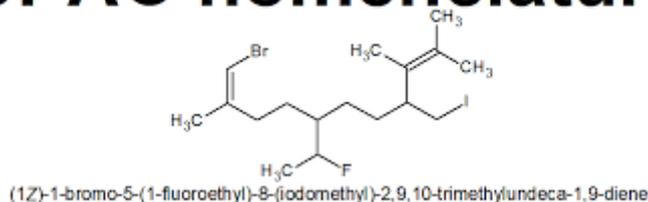


Cadeia homogênea

Na primeira representação o oxigênio se encontra entre dois carbonos, portanto podemos dizer que é uma cadeia heterogênea. Na segunda figura o oxigênio está na ponta da cadeia, ou seja, não está entre 2 carbonos, sendo neste caso classificada como cadeia homogênea.

- Acompanhem o vídeo abaixo do professor Wilhermyson Lima, que irá apresentar a classificação dos carbonos na cadeia (Primários, secundários, terciários e quaternários), a Classificação das cadeias carbônicas e sua nomenclatura básica a partir da IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry)

IUPAC nomenclature



AULA 3 – A Química do Petróleo

Classificação do petróleo

De um modo geral, o petróleo está diretamente relacionado a sua rocha reservatória, ou seja, as condições geológicas de sua formação permitindo classificá-lo como:

- PETRÓLEO DE BASE PARAFÍNICA;
- PETRÓLEO DE BASE NAFTÊNICA;
- PETRÓLEO DE BASE AROMÁTICA.

A diferença entre esses óleos é perceptível durante o processo de destilação, onde os petróleos de base parafínica apresentam, como resíduos, substâncias ceráceas contendo principalmente membros da série parafínica. O petróleo naftênico apresenta um resíduo asfáltico. Os petróleos aromáticos apresentam, em seus componentes, derivados da cadeia do benzeno.

O Instituto Americano do Petróleo (API, do inglês *American Petroleum Institute*) classifica os óleos crus baseado em sua densidade, hoje esta classificação também é usada no Brasil com a finalidade de definir parâmetros de qualidade para o respectivo óleo. A característica do petróleo em função da gravidade API é definida por graus, conforme tabela abaixo:

Faixa API	Descrição	Viscosidade	Cor	Componentes
0° – 22,3°	PESADO	Extrema	Escuro	Asfalto
22,3° – 31,3°	MÉDIO	Média	Marrom	Gasolina e diesel
31,3° – 47°	LEVE	Fluido	Amarelo Claro	Condensado/gasolina

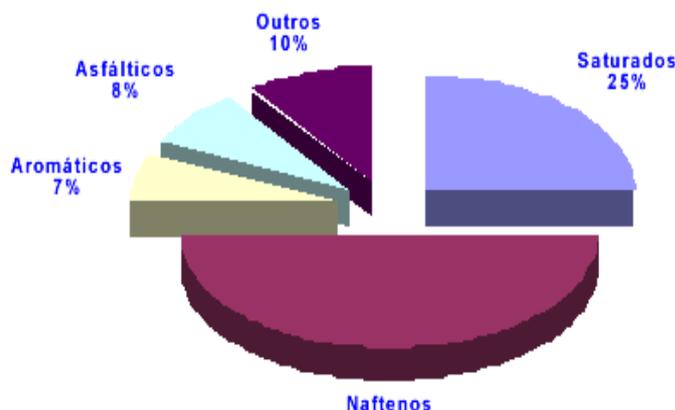


Figura: Gráfico percentual dos componentes do óleo cru

Derivados do petróleo e gás

Após extração e transporte, o petróleo passa por um processo de separação e purificação de seus componentes chamado de **REFINO**, onde o óleo bruto após aquecimento (forno), começa a desprender vapores, que se elevam da base (área mais quente) para o alto da torre de destilação (área mais fria). A condensação em pratos

correspondentes permite a separação de forma específica de seus componentes, conforme a figura.

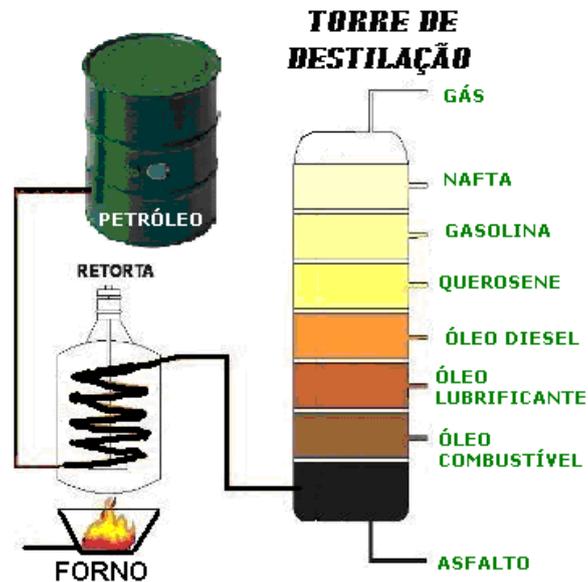


Figura: Representação da Torre de destilação

A composição do óleo como escrito anteriormente, pode variar significativamente, o que irá impor sistemas complexos com múltiplas operações até a formação dos produtos finais que podem ser:

COMBUSTÍVEIS: Gasolina, GLP, querosene e outros.

PRODUTOS ACABADOS NÃO COMBUSTÍVEIS: Solventes, lubrificantes, graxas, asfalto e coque (para produção de ferro gusa).

INTERMEDIÁRIOS DA INDÚSTRIA QUÍMICA: nafta, etano, propano, butano, etileno, propileno, butilenos, butadieno e BTX (benzeno tolueno e xileno).

Algumas operações realizadas pelas refinarias de petróleo, para obtenção dos produtos finais, são:

- TOPPING: Destilação fracionada

- CRAQUEAMENTO: É a quebra de frações mais pesadas (moléculas maiores) do petróleo. Este processo é realizado com o uso de calor e/ou catalizadores para um melhor aproveitamento final dos produtos formados.

- COMBINAÇÃO DE HIDROCARBONETOS: O processo envolve duas ou mais moléculas para a formação de uma molécula maior, como por exemplo combinar dois

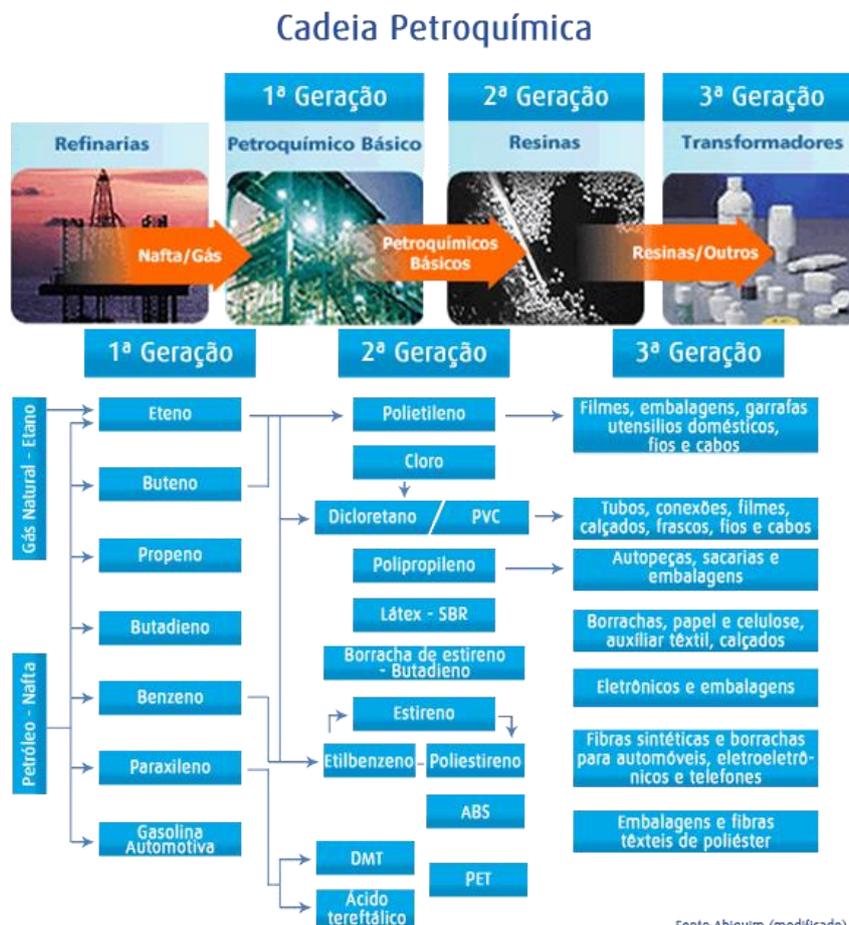
combustíveis gasosos, a fim de produzir um combustível líquido. Ex.: produção de gasolina de alta octanagem.

- REARRANJO DE HIDROCARBONETOS (REFORMING): Altera a estrutura da molécula original, sem modificar o número de átomos de carbono da molécula, modificando portanto suas propriedades físicas e químicas. (formação de isômeros)

- TRATAMENTO E BLENDING: Remoção de substâncias indesejáveis na formação do produto final como enxofre, nitrogênio, metais pesados e outras impurezas o BLENDING, corresponde a última etapa do tratamento onde pode ocorrer a recuperação de parte do que foi removido (mistura a formulação do produto), permitindo que o produto atenda as especificações desejadas.

Indústria do petróleo (produtos de primeira, segunda e terceira geração)

Os produtos finais gerados pelas refinarias de petróleo, servem de matéria prima para o segmentos industriais, sendo organizados em produtos de primeira, segunda e terceira geração, de acordo com o destino ou finalidade.



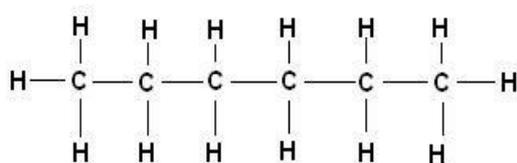
Fonte: Abiquim (modificado)

AULA 4 – Fórmulas na Química Orgânica

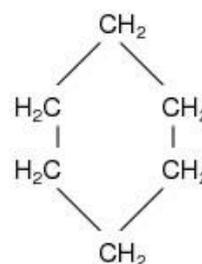
Hidrocarbonetos são compostos formados apenas por carbonos e hidrogênios. O nome hidrocarboneto é justificado, pois **hidro-** hidrogênio, **carboneto-** carbono, podem possuir cadeias abertas ou fechadas, saturadas ou insaturadas e normais ou ramificadas, sendo que para cada tipo existe uma nomenclatura e classificação.

* ALCANOS E CICLOALCANOS

Os alcanos são compostos de cadeia aberta que possuem apenas ligações simples. Os cicloalcanos são compostos de cadeia fechada que também só possuem ligações simples, conforme as representações abaixo:



Alcano



Cicloalcano

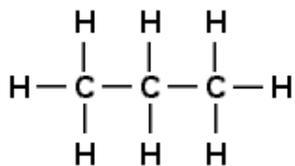
Nomenclatura

A nomenclatura de forma geral dos compostos orgânicos é feita utilizando-se um prefixo para a quantidade de carbonos presente na cadeia. Estes prefixos serão utilizados para **todos** os compostos orgânicos.

O sufixo será determinado de acordo com a classificação do composto. No caso dos alcanos utilizamos a terminação **ano**. Observe a figura:

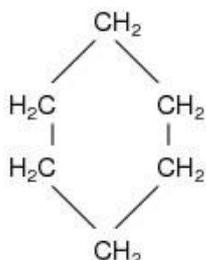
Quantidade de Carbonos	Prefixo
1	Met
2	Et
3	Prop
4	But
5	Pent
6	Hex
7	Hept
8	Oct
9	Non
10	Dec

Esta molécula é composta por 3 carbonos portanto seu prefixo será prop.



Como é composta apenas por ligações simples (alcano) sua terminação será ano, logo:

Prop + ano = propano



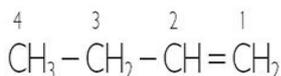
No caso dos compostos cíclicos é preciso colocar a palavra ciclo para indicar que é um composto de cadeia fechada.

A representação apresenta 6 carbonos. Neste caso por ser uma cadeia fechada a nomenclatura será:

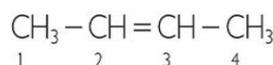
ciclohexano

* ALCENOS

Os alcenos são compostos de cadeia aberta que possuem ligações simples e ligação do tipo dupla. Sua nomenclatura é feita utilizando os prefixos de acordo com a quantidade de carbono e a terminação **eno**. A contagem dos carbonos é feita iniciando-se pela extremidade mais próxima a dupla ligação. É necessário que na nomenclatura seja descrito o número em que se encontra a insaturação (=).



But-1-eno



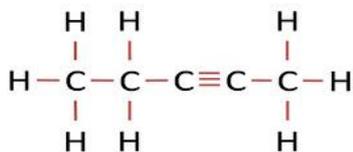
But-2-eno

Observe que a contagem em ambos os casos é feita pela extremidade mais próxima da dupla ligação. Todas as duas moléculas possuem 4 carbonos, portanto o prefixo será **but**. No primeiro caso a insaturação está no carbono 1 portanto **but-1-eno**, ou apenas **buteno**. No segundo caso a insaturação se encontra no segundo carbono, portanto **but-2-eno**.

* ALCINOS

Os alcinos são compostos de cadeia aberta que possuem ligações simples e ligação do tipo tripla. Sua nomenclatura é feita utilizando os prefixos de acordo com a quantidade de carbono e a terminação **ino**. A contagem dos carbonos é feita iniciando-

se pela extremidade mais próxima a tripla ligação. É necessário que na nomenclatura seja descrito o número em que se encontra a insaturação (\equiv).

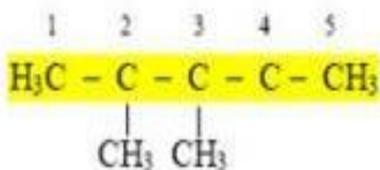


A contagem é feita pela extremidade mais próxima da insaturação. A tripla ligação encontra-se no segundo carbono (da direita para esquerda). Como temos no total 5 carbonos, o prefixo será **pent**. Portanto temos **Pent-2-ino**.

Hidrocarbonetos Ramificados

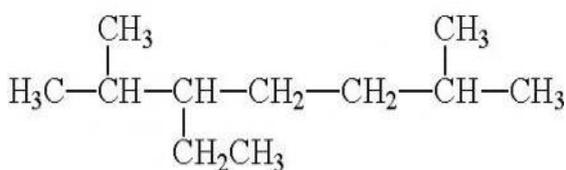
Os hidrocarbonetos sejam eles alcanos, alcenos, alcinos ou compostos cíclicos podem apresentar ramificações. Neste caso é necessário evidenciá-las na nomenclatura, para tanto é necessário colocar o número de onde se encontra a ramificação na cadeia carbônica. As ramificações podem ser: **metil** para 1 carbono, **etil** para dois carbonos, **propil** para 3 carbonos, **butil** para 4 carbonos e assim sucessivamente. A cadeia principal sempre será a maior cadeia carbônica, seja ela aberta ou fechada. Em caso de haver insaturações além de ramificações a contagem dos carbonos será feita a partir da extremidade mais próxima a insaturação. No caso dos alcanos que possuem apenas ligações simples a contagem deverá ser feita a partir da extremidade mais próxima da ramificação. Caso existam ramificações iguais na mesma molécula podemos utilizar os prefixos di, tri ou tetra, para nomeá-las. Observe os exemplos:

1° - A cadeia principal está em amarelo. É composta de 5 carbonos ligados apenas por ligações simples (alcanos). Portanto, teremos o prefixo **pent** e a terminação ano. No caso das ramificações que precedem à nomenclatura, estão localizadas nos carbonos **2 e 3**. Ambas são do tipo **metil**, pois são compostas apenas de 1 carbono cada. Neste



caso este composto será nomeado como **2,3 dimetil pentano**. Observe que precisamos colocar os dois números em que estão localizadas as ramificações. O prefixo **di** significa que possuímos 2 ramificações do mesmo tipo.

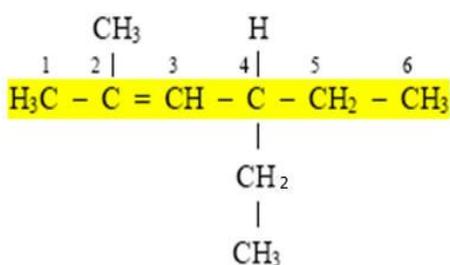
2° - O segundo exemplo nos revela uma cadeia principal composta por 7 carbonos, todos com ligações do tipo simples. A contagem deverá ser feita da esquerda para a direita, pois as ramificações estão mais próximas da extremidade da esquerda. Temos



duas ramificações do tipo metil, nos carbonos **2** e **6** e uma ramificação do tipo etil localizada no carbono **3**. Logo a nomenclatura ficará:

2,6 dimetil- 3 etil- heptano.

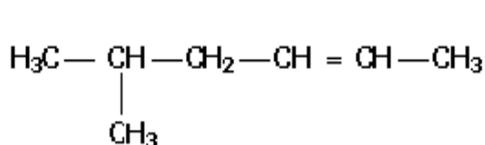
3° - O terceiro exemplo demonstra uma cadeia principal composta por 6 carbonos e



contendo uma ligação dupla (=) **alceno**. No caso das ramificações temos uma ramificação do tipo metil no carbono 2 e uma ramificação do tipo etil no carbono 4. Portanto a ramificação ficará

4-etil-2-metil-hex-2-eno.

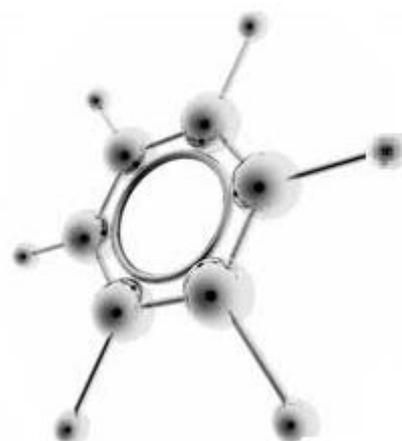
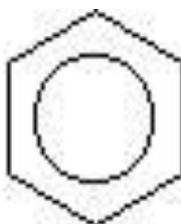
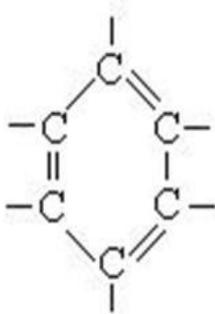
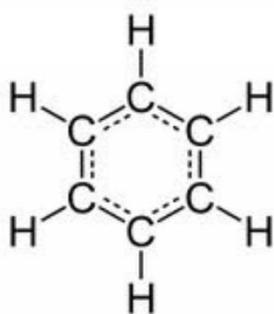
4° O quarto exemplo demonstra uma cadeia principal com 6 carbonos e uma insaturação



dupla no 2 carbono. A ramificação presente é do tipo metil e está localizada no 5 carbono. Portanto a nomenclatura será:

5-metil-hex-2-eno.

HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS: São compostos que possuem em sua fórmula estrutural, pelo menos 1 anel benzênico na molécula.

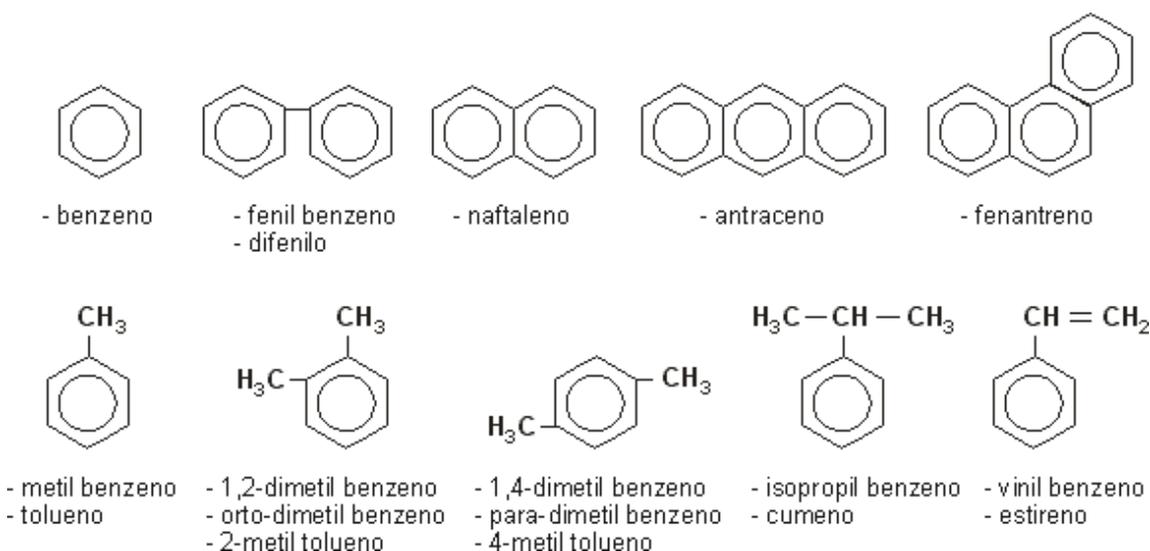


A melhor forma de obtenção dos compostos aromáticos em produção industrial é através da hulha (variedade de carvão mineral) em processos especiais de destilação.

Estes hidrocarbonetos não seguem uma norma fixa em sua nomenclatura, sendo usualmente adotados os nomes comerciais.

Os aromáticos apresentam propriedades químicas semelhantes a dos hidrocarbonetos, possuindo seu ponto de fusão um pouco mais elevado, pois suas moléculas são planas, permitindo maior interação intermolecular

Exemplos de compostos aromáticos:



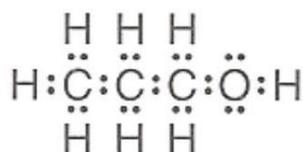
Fonte: <http://www.deboni.he.com.br/tq/org/aromaticos.htm>

AULA 5 – Os hidrocarbonetos e as suas fórmulas gerais

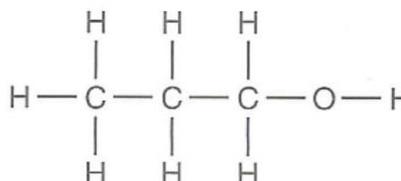
Como o número de compostos orgânicos é muito grande, estes compostos são divididos (ou classificados) em função de suas propriedades que estão relacionadas com as características das suas cadeias carbônicas e, também, em função de suas características químicas. Surgem, assim, as Funções Orgânicas.

Número de carbonos	Prefixo	Saturação da Cadeia	Intermediário (Infixo)	Classificação	Fórmula Geral
1	MET	Saturada	NA	Alcano	C_nH_{2n+2}
2	ET	1 dupla	EM	Alceno	C_nH_{2n}
3	PROP	2 duplas	DIEN	Alcino	C_nH_{2n-2}
4	BUT	3 duplas	TRIEN	Alcadieno	C_nH_{2n-2}
5	PENT	1 tripla	IN	Ciclano	C_nH_{2n}
6	HEX	2 triplas	DIN	Ciclanoalcano	C_nH_{2n-2}
7	HEPT	3 triplas	TRIIN		
8	OCT	1 dupla + 1 tripla	ENIEN		
9	NON				
10	DEC				
11	UNDEC				

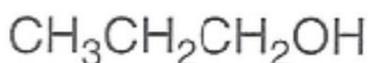
Uma única substância pode ser representada de 4 formas diferentes, conforme o exemplo abaixo:



Fórmula eletrônica



Fórmula de traços



Fórmula condensada



Fórmula em batões/linhas

No quarto exemplo a fórmula condensada linear (Bastão) é representada pela **linha em ziguezague**. Geralmente, os átomos de carbono e hidrogênio ficam subentendido em cada **extremidade** da linha, formando ângulos de 45°, na imagem os átomos de carbono e hidrogênio não são representados diretamente mas estão subentendidos nas próprias ligações.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

Exercício 1 – Adaptado de UFRRJ – 2006

Radicais são todos os agrupamentos atômicos que contêm uma ou mais valências livres e que não podem ocorrer em liberdade. Qual o composto orgânico formado da união dos radicais metil e n-propil?

- a. Butano b. Pentano c. Metil–propano d. Dimetil–propano

Exercício 2 – Adaptado de UFRN – 2009

Os hidrocarbonetos são compostos formados exclusivamente por carbono e hidrogênio, entretanto sua importância se deve ao fato de suas moléculas servirem como “esqueleto” de todas as demais funções orgânicas. Analise as seguintes afirmações:

- I. Os alcanos são hidrocarbonetos acíclicos contendo ligações simples em sua cadeia carbônica.
- II. Os alcenos são hidrocarbonetos acíclicos contendo ligações triplas em sua cadeia carbônica.

III. Os alcinos são hidrocarbonetos acíclicos contendo ligações duplas em sua cadeia carbônica.

IV. São exemplos de alcanos, alcenos e alcinos, respectivamente: o metano, o propino e o buteno.

A afirmativa que relaciona corretamente as propriedades dos hidrocarbonetos é a:

- a. I. b. II. c. III. d. IV.

Exercício 3 – Adaptado de UFMG – 2005

Três tanques contendo 250 toneladas de um gás derivado do petróleo usado na fabricação de borracha sintética foram destruídos em incêndio no Rio de Janeiro. Qual a fórmula molecular deste hidrocarboneto de cadeia aberta com 4 átomos de carbono e 1 ligação dupla?

- a. C_4H_6 b. C_4H_8 c. C_4H_{10} d. C_4H_{11}

RESUMO

As características especiais do carbono tornam-o um elemento notável. Ao examinarmos a sua estrutura atômica, saberemos por que o carbono é capaz de formar uma diversidade de compostos muito maior do que os outros elementos.

A primeira característica importante sobre o carbono é que ele é tetravalente, ou seja, forma 4 ligações covalentes. Sendo do grupo 14 da tabela periódica, o carbono possui quatro elétrons na camada de valência. Lembre-se que em cada ligação covalente é feito o compartilhamento de elétrons entre os átomos que participam da ligação. O átomo de carbono pode se combinar com vários outros átomos, formando cadeias que podem conter até milhares de átomos ligados entre si nas mais variadas proporções.

Outra característica importante nos estudos com os compostos orgânicos é identificar algumas substâncias orgânicas presentes em nosso cotidiano, entre elas destacamos os derivados de petróleo e seus processos de obtenção. A destilação fracionada é a principal forma de separação dos derivados do petróleo, porém temos toda a cadeia produtiva no segmentos das indústrias de primeira, segunda e terceira geração.

Há outros elementos químicos que formam encadeamentos como o carbono, mas nada comparável às cadeias estáveis e variadas deste último, devido à sua importância, cada átomo de carbono possui uma classificação de acordo com a quantidade de outros átomos de carbono aos quais possa estar ligado em uma cadeia

carbônica. Sendo assim, é conveniente classificarmos as cadeias carbônicas de acordo com a presença ou ausência de uma determinada característica ou critério, sempre obedecendo o padrão estabelecido pela IUPAC, isso nos permitirá reconhecer as diversas substâncias orgânicas presentes em nosso cotidiano.

INDICAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS

ATKINS, Peter. Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente.

BROWN, Lawrence S.; HOLME, Thomas A. Química geral aplicada à engenharia. Cengage, 2009.

RUSSEL, John B. Química geral. V. 1 e v. 2.

Urbesco, J.; Salvador, E. Química – Química Orgânica; volume 3; 10a edição; São Paulo: Saraiva, 2005. 512p.