

Física Moderna

**Exp<sup>®</sup> F.18**

# Estruturas do Carbono



## FORMAS ALOTRÓPICAS DO CARBONO

Montagem de modelos das estruturas do Grafeno, Grafite, Diamante, Nanotubo e Fullerenos até  $C_{60}$ .



**FRACTAL**

[www.fractal.ind.br](http://www.fractal.ind.br)



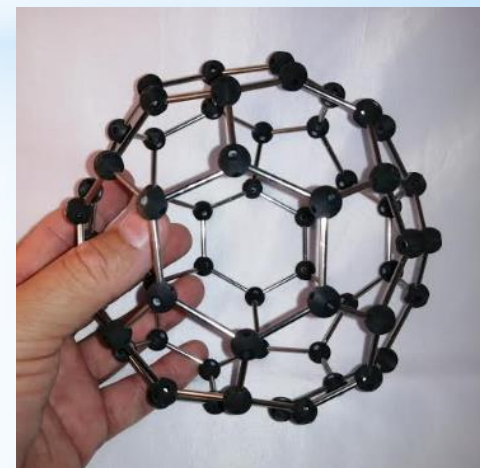
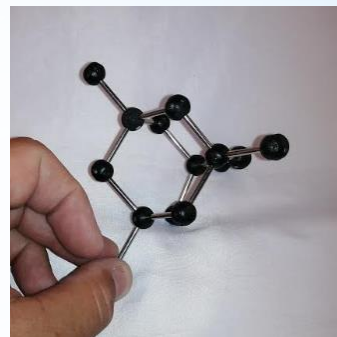
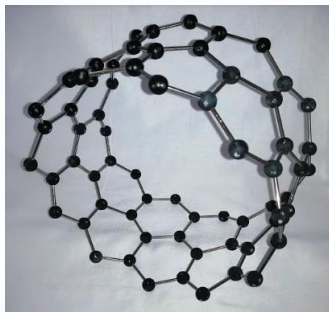
[www.fractal.ind.br](http://www.fractal.ind.br)

[contato@fractal.ind.br](mailto:contato@fractal.ind.br)

Whatsapp 84 99413-0079

# Exp F.18

# Estruturas do Carbono



## Sobre Estruturas Cristalinas

- Este ExP<sup>®</sup> (Experimento Portátil) é formado por 65 esferas e 108 hastes. Com estes componentes pode-se montar as formas alotrópicas do Carbono, deste Grafeno, Grafite, Diamante, Nanotubo e diversos Fullerenos, inclusive até o C<sub>60</sub>. Todas estas estruturas foram idealizadas pelos cientistas após inúmeras medidas experimentais, principalmente por difração de elétrons, difração de raios X e espectrometria de massa. Este ExP<sup>®</sup> é um material ótimo para treinar as habilidades manuais com as esferinhas e as pequenas hastes que requer atenção e disciplina no momento da montagem, também é uma excelente ferramenta para visualização em 3D destas estruturas moleculares de forma palpável e com imagem real.

# Material do ExP<sup>®</sup> Estruturas Cristalinas

## - Esferas

- Diâmetro de 1,0 cm.
- Cada esfera com 8 furos.
  - 02 furos, acima e abaixo.
  - 03 furos para ligações SP2.
  - 03 furos para ligações SP3.



Esfera com alguns dos seus furos.  
A cor vermelha foi escolhida para uma melhor visualização. Porém as esferas são na cor PRETA que representam o átomo do Carbono.

## - Hastes (diâmetro de 0,23 cm).

- 95 de 2,5 cm.
- 13 de 6,0 cm.

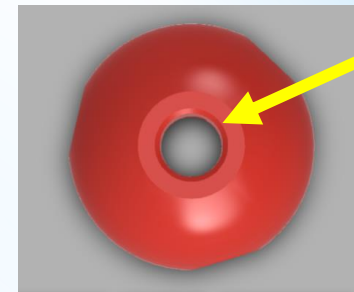




# Apresentação das Esferas e Hastes

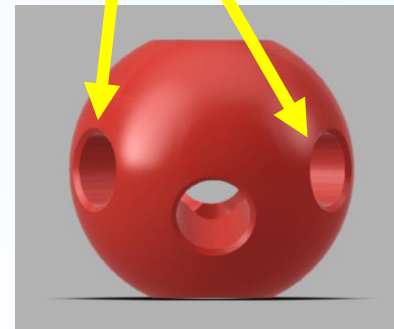
## Esferas.

- Todas as esferas possuem 08 furos. Há 02 furos, um acima e outro abaixo da esfera, ou pode ser um único furo que é passante de cima para abaixo. Tem 03 furos para ligações tipo SP2, ortogonais aos 02 furos passantes e com 120 graus entre os três. Há mais 03 furos para ligações tipo SP3, com 110 graus entre estes e o furo de cima, assim formam 4 furos com 110 graus entre si.
- Identifique com precisão cada ângulo nos furos de cada esfera.
- Veja nas fotografias ao lado as setas para cada furo com seu respectivo ângulo.

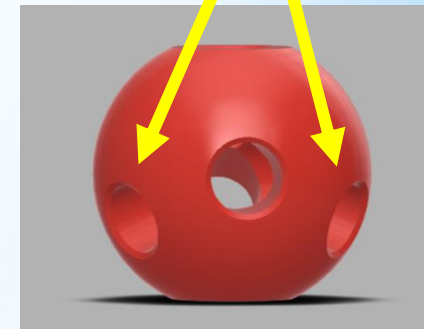


02 furos,  
acima e abaixo.

03 furos,  
ligações SP2.



03 furos,  
ligações SP3.



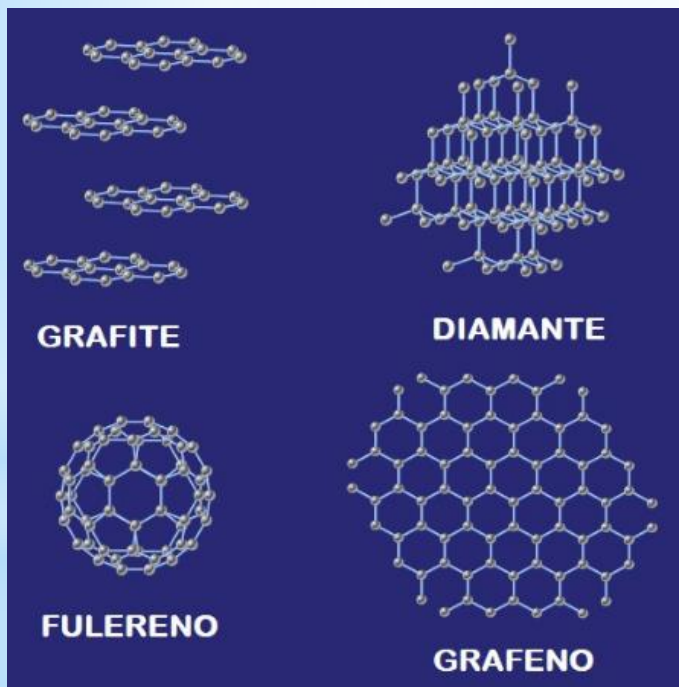
## Hastes.

- São 2 tamanhos de hastes em aço inox. 65 de 2,5 cm e 13 de 6,0 cm, ambas com diâmetro de 0,23 cm.



# O Carbono.

- O Carbono é encontrado na natureza mais abundantemente na forma de carvão, daí a origem do seu nome, Carbo do latim. É um elemento químico que possui 6 prótons, 6 nêutrons,  $C_{12}$  e 6 elétrons, porém há isótopos com um ou mais nêutrons,  $C_{13}$  e  $C_{14}$ . Na Terra é 15º elemento mais abundante, no Universo é 5º. É um elemento químico que possui diversas formas estruturais, chamadas formas alotrópicas, desde um material facilmente encontrado, Grafite, até mais raríssimo, Diamante. Na atualidade, vários outros alotropos foram criados artificialmente, com forte viés para aplicação tecnológica, são os Grafenos, Nanotubos e Fullerenos.

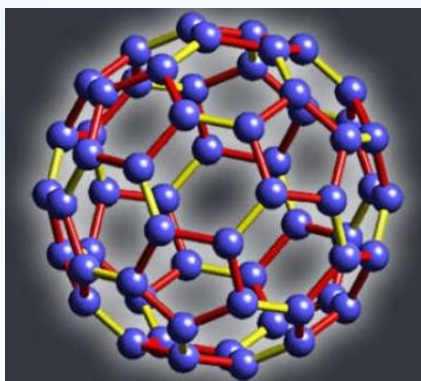


Fonte da image.

<https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/carbono.htm>



<https://blog.biologiatotal.com.br/alotropia-o-que-e-exemplos-e-aplicacoes/>



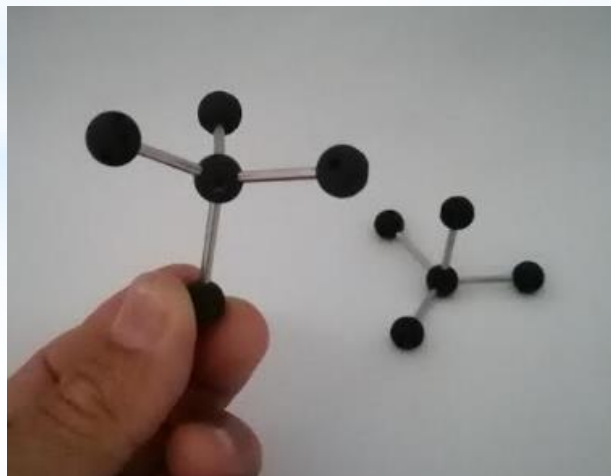
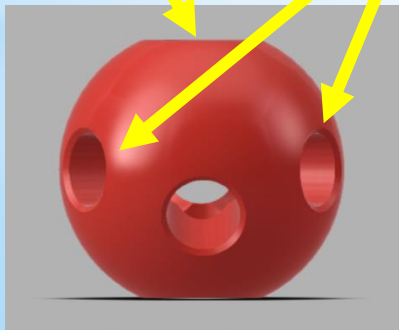
<https://www.mundovestibular.com.br/estudos/quimica/fullerenos/>

**Nas páginas que se seguem, iremos mostrar com usar as esferas e as hastes para montar estas formas alotrópicas do Carbono.**

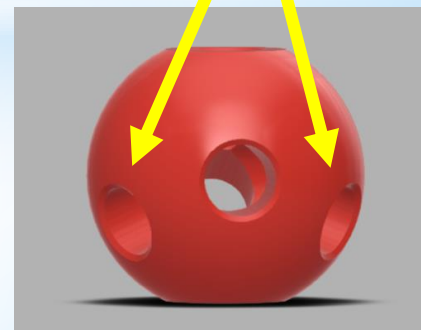
## Estruturas mais simples

- Vamos iniciar as montagens com estruturas mais simples, para que você possa se acostumar com os ângulos dos furos e a forma correta de encaixar as hastes.
- No caixote deste ExP já vem montado algumas estruturas simples, são as ligações tetragonais SP2 e SP3, os pentagonos SP2 e SP3, o hexágono SP2, 3 hexágonos e o fulereno C<sub>20</sub> separado em duas partes.
- Iniciei observando os ângulos em cada estrutura desta, observe bem as diferenças dos furos, retire e coloque as hastes. Identifique os diferentes tipos de furos.
- **Ligação tetragonal SP2 e SP3 do Carbono.**
  - Observe as duas estruturas já montadas. Identifique os furos e seus ângulos em cada estrutura. Depois monte réplicas destas. Faça isto ao menos duas vezes, montar e desmontar.

Furo central.  
03 furos,  
ligações SP2.



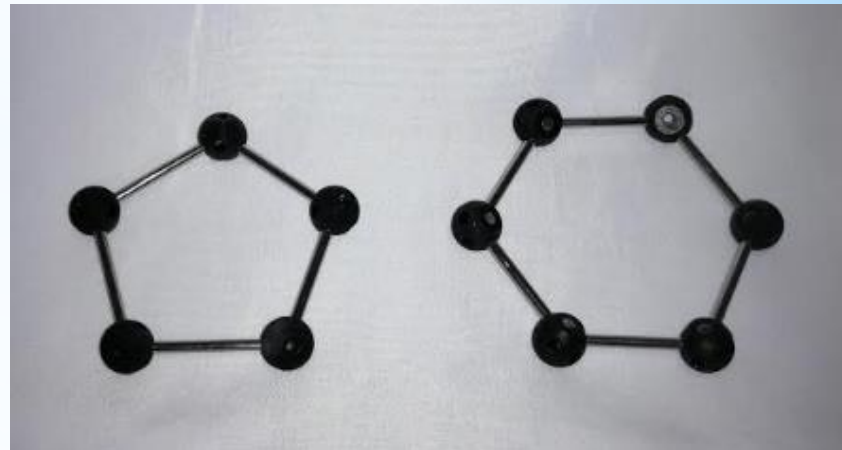
03 furos,  
ligações SP3.





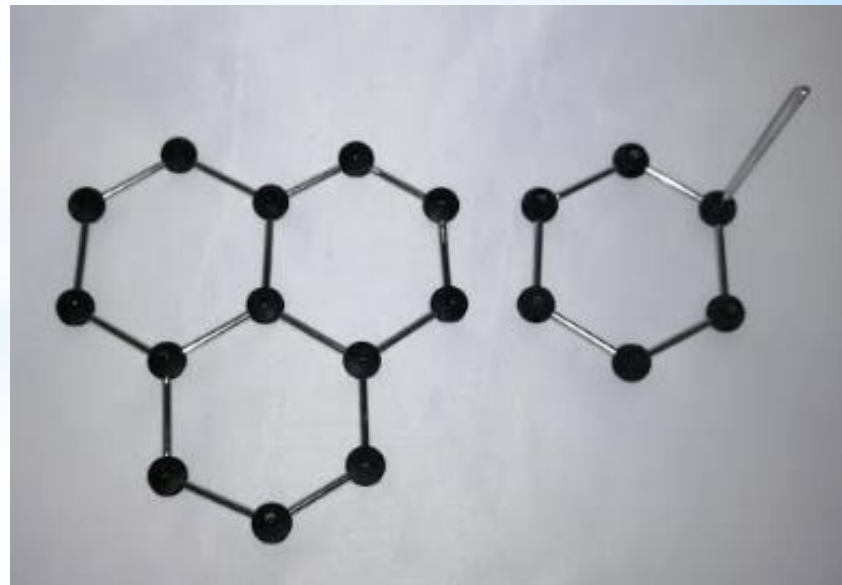
## - Pentágonos e Hexágonos.

- Observe as duas estruturas já montadas. Identifique os furos e seus ângulos em cada estrutura. Depois monte uma replica de cada. Faça pentágonos e hexágonos com ligações tipo  $SP^2$  e  $SP^3$ . Exercite montar e desmontar várias vezes estas estruturas. Neste caso use as hastes de 2,5 cm.
- Faça pentágonos e hexágonos com ligações tipo  $SP^2$  e  $SP^3$ . Exercite montar e desmontar várias vezes estas estruturas.



## - Hexágonos unidos.

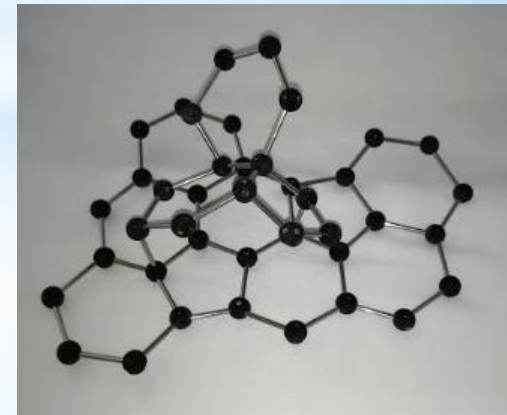
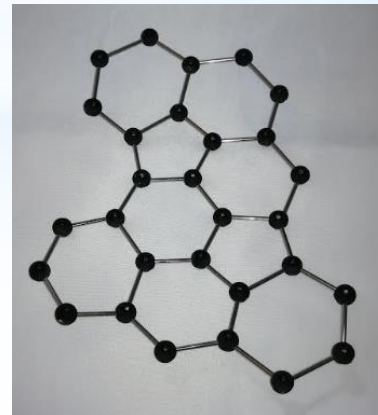
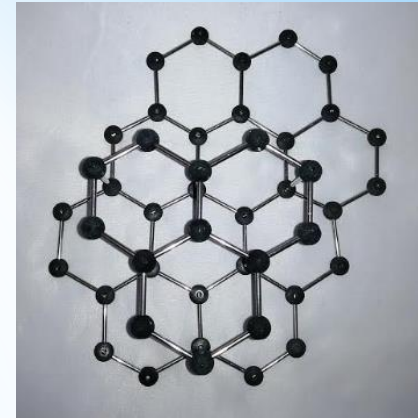
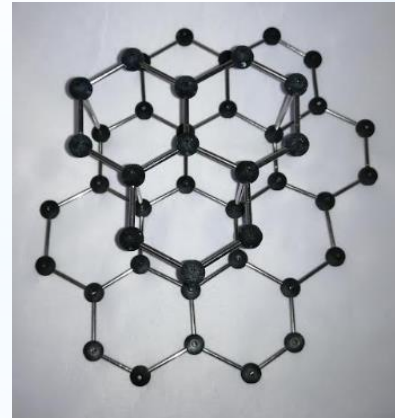
- Faça a união de 3 hexágonos com ligações  $SP^2$ , como na figura ao lado. Exercite montar e desmontar várias vezes esta estrutura.





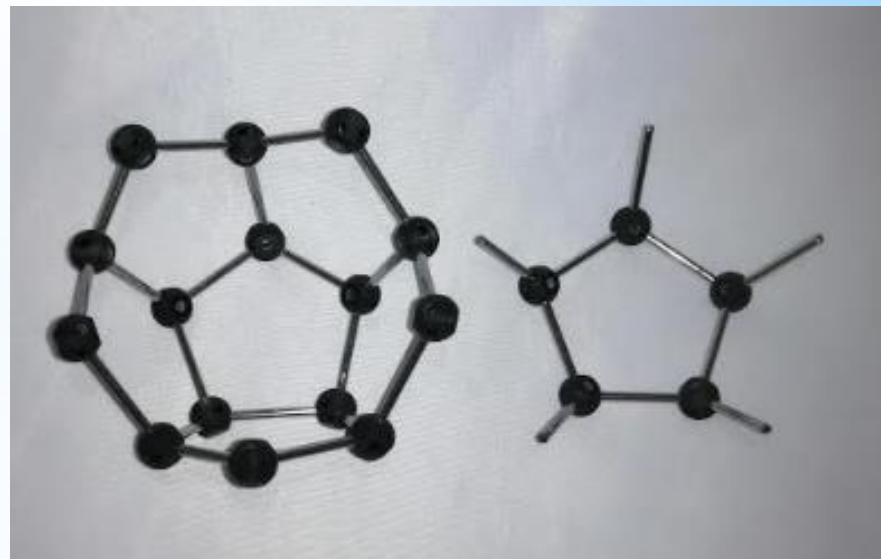
## - Grafeno, Grafite cristalino e amorfo.

- Monte 8 hexágonos unidos, pronto você já tem uma folha de Grafeno. Use a haste de 2,5 cm e as ligações tipo SP<sup>2</sup>.
- Monte outra folha de Grafeno com 8 hexágonos com hastes de 2,5 cm e ligações SP<sup>2</sup>. Agora use as hastes de 6,0 cm e una as duas folhas de Grafeno, uma sobre a outra. Há duas possibilidades de fazer esta união, uma quando os hexágonos estão sobrepostos igualmente e outra quando há um deslocamento, chamam-se Grafite alfa e Grafite beta. Você pode também introduzir outros planos mais acima.
- Com uma das folhas de Grafeno de 8 hexágonos, introduza um pentágono, sempre com ligação SP<sup>2</sup>, faça outra folha com hexágonos e pentágonos, una-as, assim você formará o Grafite amorfo.



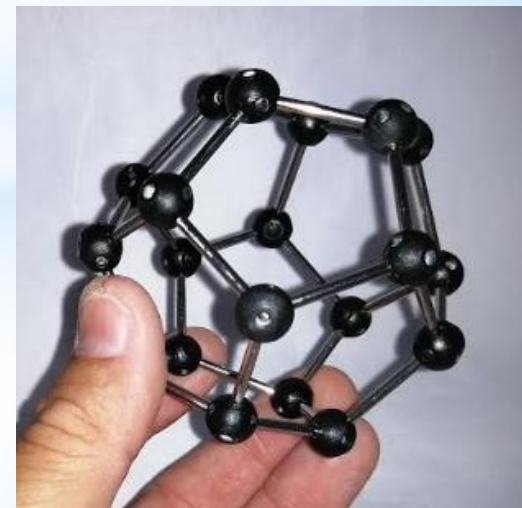
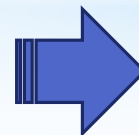
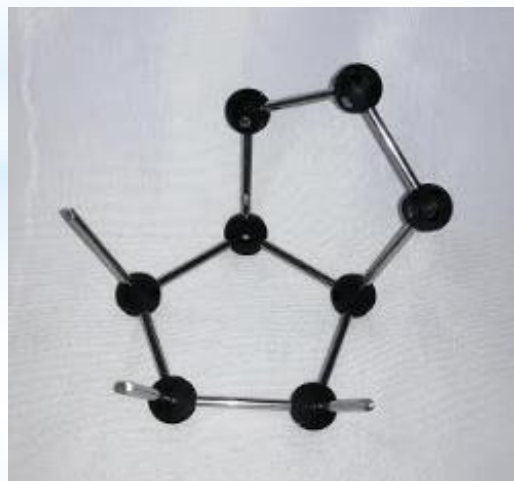
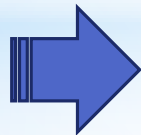
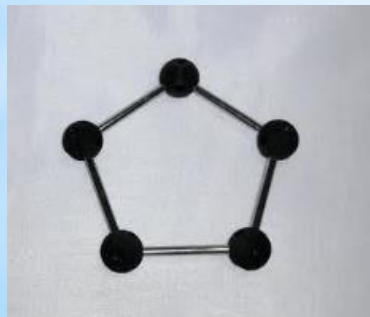
## - Fulereo $C_{20}$ .

- Como informado, já está pre-montado o fulereo  $C_{20}$ , falta apenas unir um pentágono e suas 5 hastes com o restante, conforme mostrado na fotografia ao lado. Unas as partes para formar o  $C_{20}$ . Exercite montar e desmontar várias vezes esta estrutura.



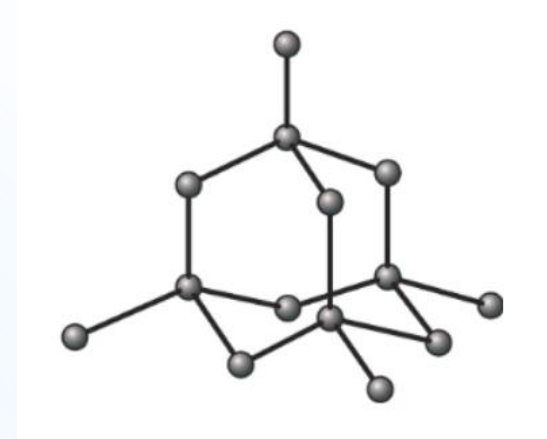
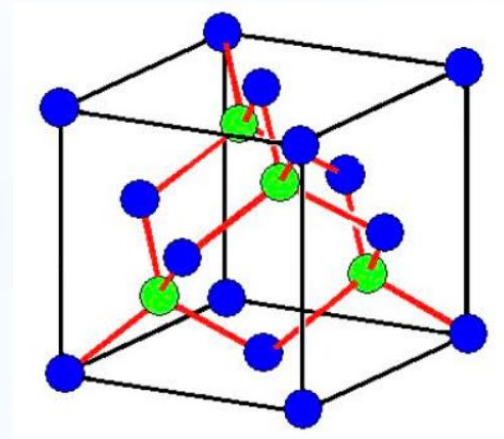
## - Montagem do $C_{20}$ .

- Inicie a montagem por um pentágono com ligações tipo  $SP^3$ , depois adicione outro pentágono, sempre com ligações tipo  $SP^3$  e outras hastes até chegar a montar seu próprio  $C_{20}$ .



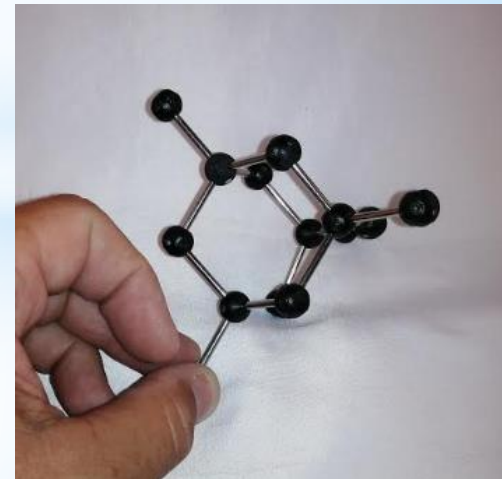
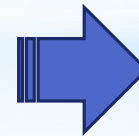
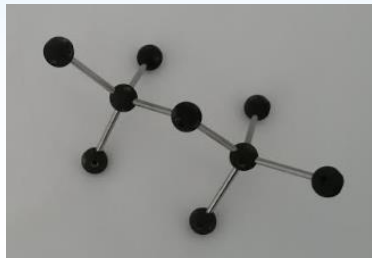
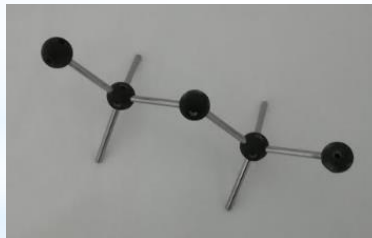
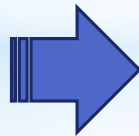
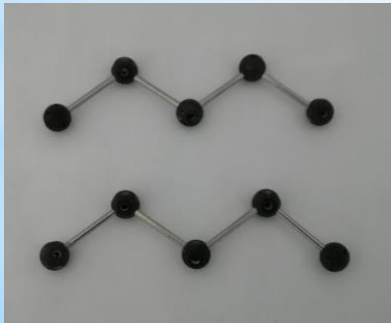
## - Diamante.

- Na literatura sobre o Diamante vemos sempre duas figuras para ilustrar sua estrutura, ao lado vemos os dois desenhos da estrutura do Diamante.



## - Montagem da Estrutura do Diamante.

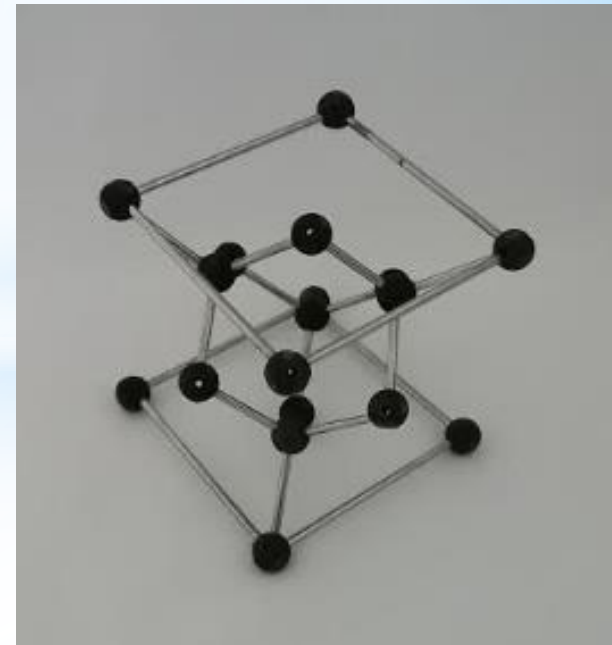
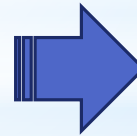
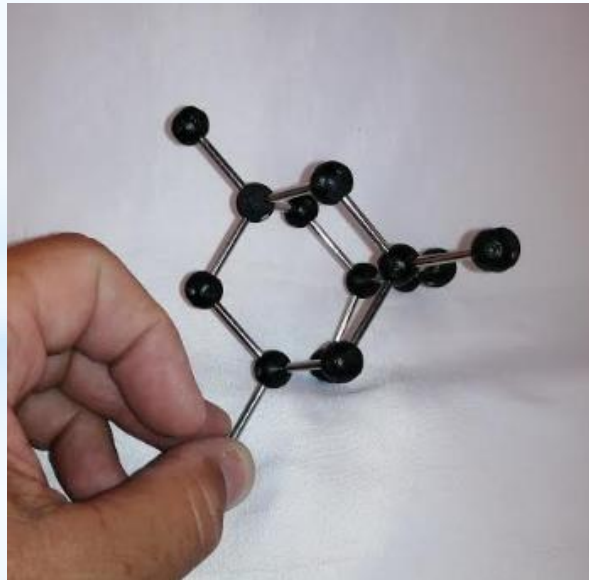
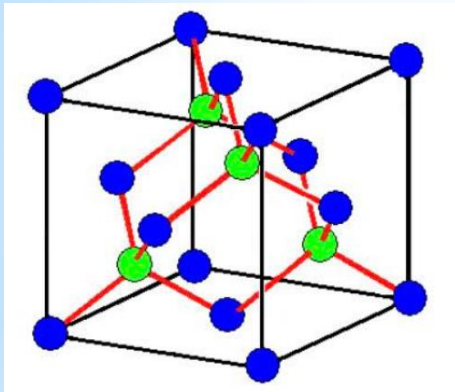
- Inicie a montagem por um zig-zag de 5 pentágonos com ligações tipo SP<sup>3</sup> e hastes de 2,5 cm, coloque 2 hastes nos furos SP<sup>3</sup> no 2<sup>o</sup> e 5<sup>o</sup> átomo de cada zig-zag. Depois una-os **ortogonalmente** com esferas nas pontas dos 2<sup>o</sup> e 5<sup>o</sup> átomo de cada zig-zag.





## - Montagem da Estrutura do Diamante.

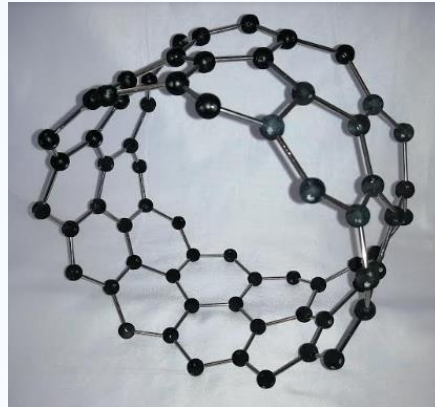
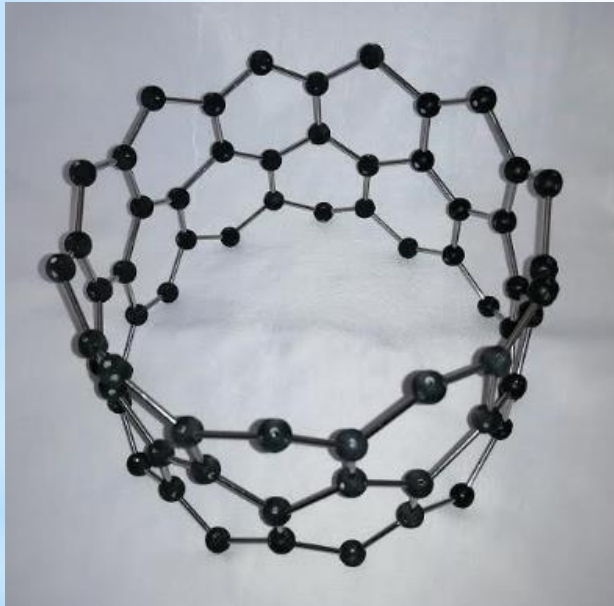
- Para a montagem dos átomos que ficam nos vértices do cubo use 8 hastes de 6,0 cm. Para esta montagem é necessário que a esfera da ponta do zig-zag esteja usando o furo central, um furo SP<sup>2</sup>, estes dois últimos são ortogonais e um furo SP<sup>3</sup> que liga esta esfera a uma das extremidades de um dos zig-zag.





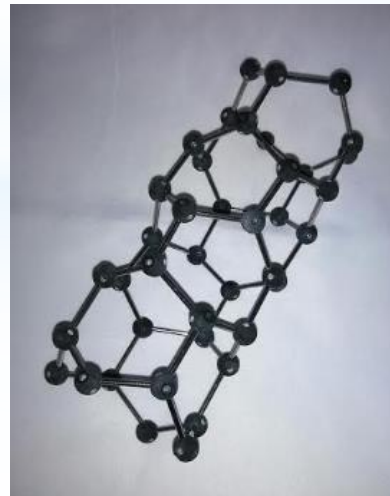
## - Nanotubos.

- Para montar este tipo de estrutura conecte os hexágonos por furo de ligação tipo SP2 e vá curvando até unir estes hexágonos. Nas fotografias que seguem são apresentados 2 Nanotubos, um real, com ligações SP2 e um imaginário, com ligações tipo SP3.



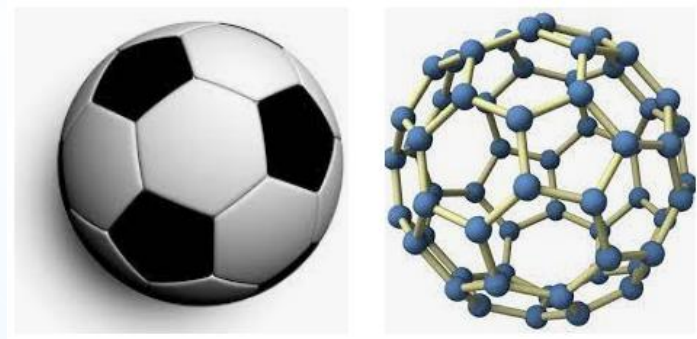
Nanotubo com furos de ligações SP2.

Nanotubo imaginário com furos de ligações SP3.



## - Fulereno $C_{60}$ .

- Este material foi descoberto recentemente, em 1985, possui 32 faces, 20 hexágonos, 12 pentágonos e 90 hastes para unir as 60 esferas. Esta estrutura é idêntica a uma das formas da bola de futebol. O nome é em homenagem a Richard Fuller, um arquiteto que idealizou inúmeras geodésicas no início do século passado.

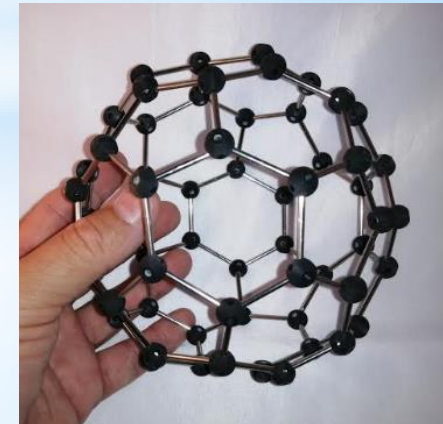
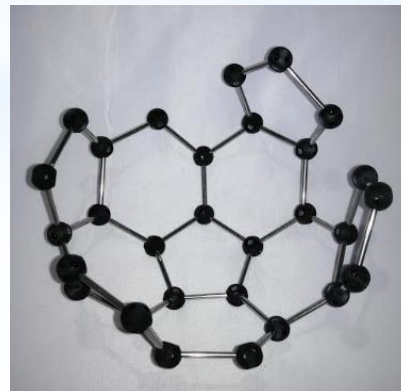
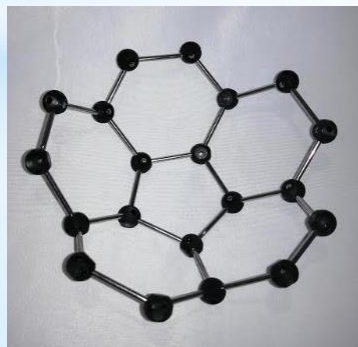
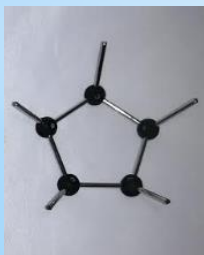


EPCOT  
Walt  
Disney  
World  
USA



## - Montagem do $C_{60}$ .

- Inicie a montagem por um pentágono com ligações tipo  $SP^3$ , depois adicione 5 hexágonos ao redor deste pentágono, sempre com ligações tipo  $SP^3$ , ao lado de cada hexágono haverá um pentágono. Observe bastante para SEMPRE fazer ligações só do tipo  $SP^3$ . Demora-se alguns dias até conseguir finalizar seu próprio  $C_{60}$ .

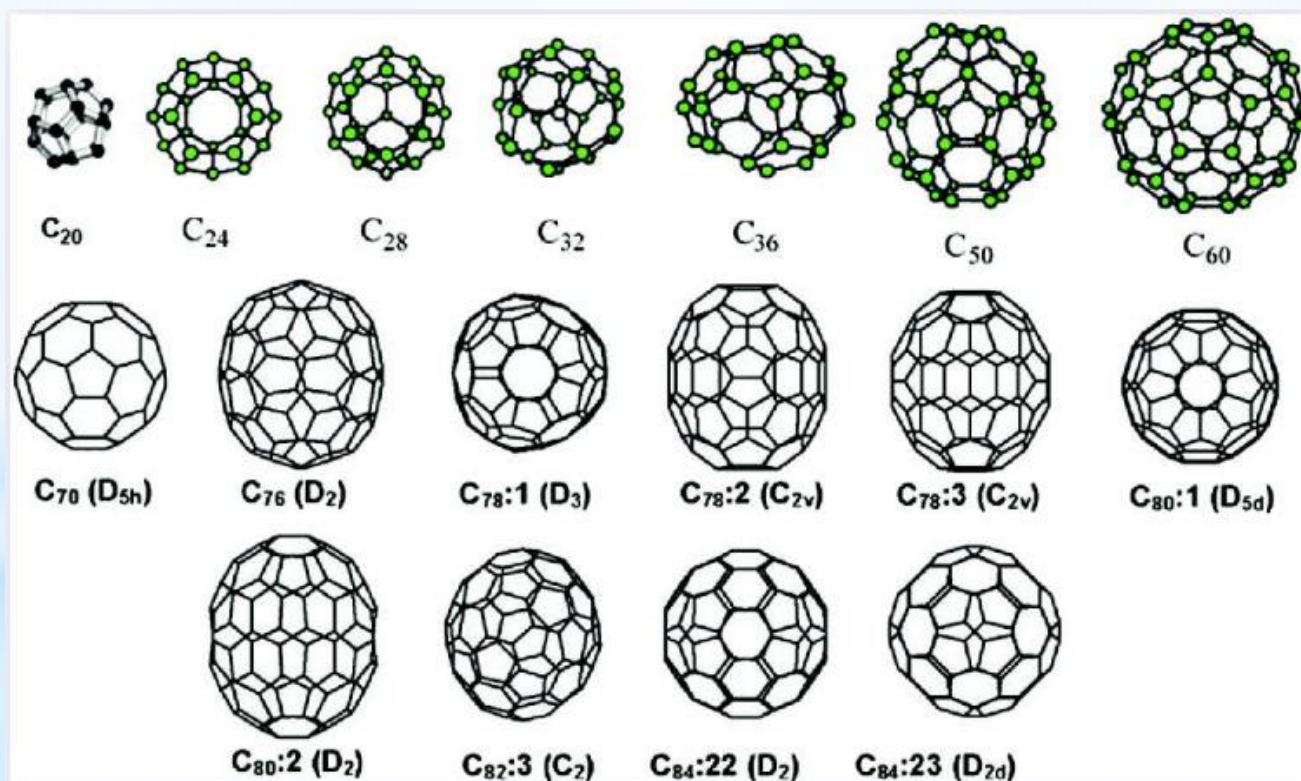




## - Mais Fullerenos $C_n$ .

- No desenho abaixo há vários outros Fullerenos, você pode tentar montá-los, com estes materiais de um único Exp<sup>®</sup> você monta qualquer um deste até  $n=60$ . Um bom artigo para aulas sobre fullerenos que engloba física, química e matemática está na revista Química Nova no endereço,

[http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe\\_artigo.asp?id=6600](http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=6600)



<http://franklinburguillos.blogspot.com/2019/11/tipos-de-fullerenos.html>