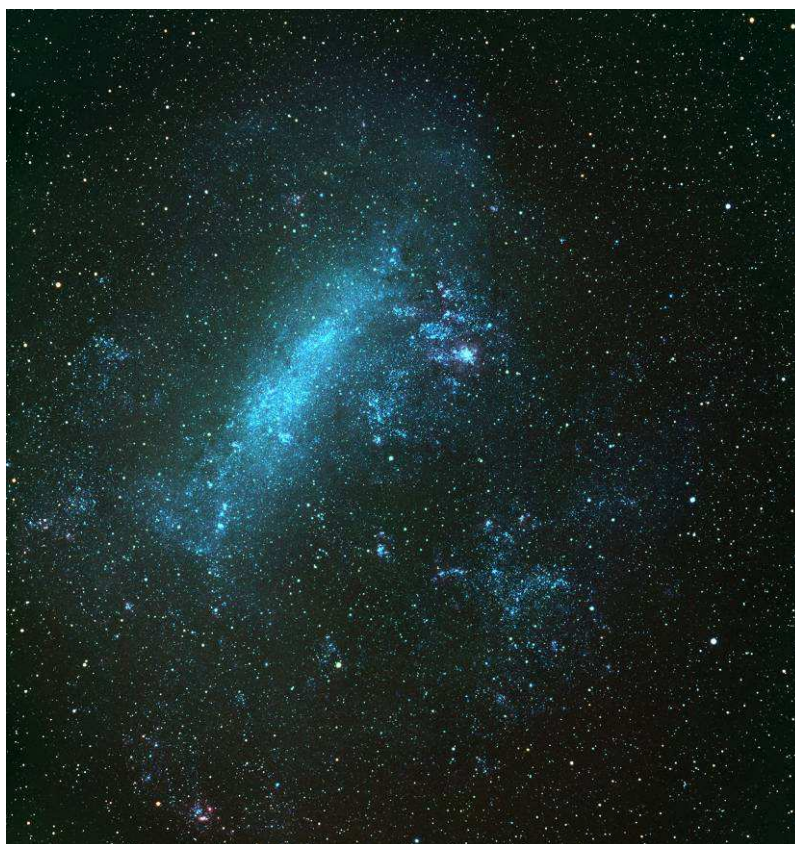


Externato Cooperativo da Benedita

Física e Química A (Ano 1)

Professora Isabel Carreira

## **Formação de Alguns Elementos Químicos no Universo**



Ana Carolina Pimenta Pedroso, nº 1;  
Filipe Marques Vicente, nº 13;  
Sara Maria Pimenta Rebelo, nº 24;

*Alunos do 11º ano, turma B*

- Maio de 2007 -



## Índice

Introdução .....	3
Diagramas Classificativos de Estrelas .....	4
Classificação espectral .....	4
Diagrama de H-R.....	4
O Diagrama H-R e a evolução estelar .....	5
O Diagrama H-R e a formação de alguns elementos químicos .....	6
Distribuição actual dos elementos químicos.....	10
Crosta Terrestre.....	10
Terra .....	10
Universo.....	10
História da Tabela Periódica .....	12
A Tabela Periódica Actual.....	13
Conclusão .....	15
Bibliografia.....	16

**Fig. 1 (na capa):** Grande Nuvem de Magalhães.



## Introdução

Uma estrela vive, em média, vários bilhões de anos, por isso a informação que possuímos acerca da sua evolução é bastante reduzida. A informação mais completa a que temos acesso, actualmente, sobre as estrelas é a radiação que elas emitem. Esta pode ser analisada através da espectroscopia de forma a se obter o seu espectro. Aliás, cada estrela possui um espectro característico e assim torna-se possível catalogá-las.

Ao cruzarmos a informação de luminosidade (magnitude) e da temperatura (cor) das estrelas podemos verificar que estão intimamente ligadas. Foram dois astrónomos, Ejnar Hertzsprung e Henry Russell, que descobriram, independentemente, esta interligação e por isso o diagrama que contém estas informações é conhecido pelos seus nomes (Diagrama H-R).

Assim, será possível relacionar características das estrelas e existem vários diagramas que o permitem fazer e extrair deles várias conclusões.

No entanto surgem também novas questões, tais como: “De onde provém a energia das estrelas?”.

É com Einstein que surge a hipótese actualmente aceite para a comunidade científica para a explicação deste enigma, através da famosa expressão que equipara a energia e a massa ( $E=mc^2$ ).

Conhecem-se, hoje, dois processos de transformar energia em massa: fissão e fusão nuclear, mas é este último que é utilizado pelas estrelas para produzir energia, conforme o modelo proposto por George Gamow. Este processo consiste basicamente na fusão dos núcleos de elementos químicos leves, formando um núcleo mais pesado. Deste modo, o produto desta reacção terá menos massa do que as partículas originais, visto que a massa adicional foi convertida em energia.

Sabemos, pois, que todos os elementos químicos até ao Ferro foram sintetizados deste modo nas estrelas e que cada momento, em que se forma um determinado elemento químico, corresponde a uma determinada etapa da vida da estrela. Por isso a formação dos elementos químicos está também relacionada com a luminosidade e cor dessa estrela.

Os elementos mais abundantes são, portanto, os primeiros elementos a formarem-se, e a sua percentagem diminui à medida que a sua síntese é mais complexa.

Desde que os elementos químicos começaram a ser estudados, tem sido feito um esforço no sentido de os agrupar consoante as suas características físicas e químicas. Na tabela periódica estes são colocados por ordem crescente de número atómico e as suas propriedades repetem-se periodicamente, daí o seu nome.

Com este trabalho pretendemos, portanto, compreender de que forma as informações que temos acerca da massa, temperatura e luz de uma estrela e a formação de elementos químicos se relacionam, explicar a distribuição destes no Universo e como procederam os cientistas de forma a admitir a organização actual na Tabela Periódica.



## Diagramas Classificativos de Estrelas

### Classificação espectral

No início do século XX, na Universidade de Harvard, iniciou-se um estudo do espectro das estrelas brilhantes do hemisfério norte para a elaboração de um catálogo.

Uma das colaboradoras deste projecto, Annie Cannon concebeu uma forma de classificação estelar que é ainda utilizada hoje em dia. Ela classificou-as de acordo com suas cores, do azul ao vermelho (estrelas do tipo O a M, respectivamente).

Da mais quente à mais fria, as estrelas são agrupadas em classes identificadas pelas letras do alfabeto W, O, B, A, F, G, K, M, R, N e S. Como são muito poucas as estrelas que entram nas classes W, R, N e S, consideram-se frequentemente apenas os sete grupos principais: O, B, A, F, G, K, M.

Na tabela seguinte podemos observar as características das principais classes espectrais:

Classe Espectral	Cor da Estrela	Temperatura Superficial (K)	Exemplo
O	Azul	30.000	Mintaka
B	Branco-azulado	20.000	Rigel
A	Branco	10.000	Sírius
F	Branco-amarelado	7.000	Prócion
G	Amarelo	6.000	Capella
K	Alaranjado	4.000	Aldebarã
M	Vermelho	3.000	Betelgeuse

Cada classe é dividida em dez subgrupos numerados de zero a nove. O Sol pertence a classe espectral G2, sendo muito semelhante à Capella (G0). As estrelas de comportamento excepcional são designadas pela letra p, de peculiar, e as anãs, gigantes e supergigantes são identificadas por d, g e s, respectivamente, colocadas antes da letra principal.

### Diagrama de H-R

Em 1911, Hertzsprung, astrónomo dinamarquês, analisou os dados espectroscópicos, obtidos por Cannon e outros colaboradores de Harvard.

Assim, seleccionou determinadas estrelas que verificassem todas uma distância próxima à Terra, afirmando que qualquer diferença na magnitude destas estrelas se deveria a diferenças reais nos brilhos e não a diferenças de distância de cada uma delas à Terra. Desta forma descobriu que as estrelas num diagrama de luminosidade (magnitude) e temperatura (cor) ocupam posições bem determinadas.



Independentemente, um outro astrônomo americano, Henry Russel, criou o mesmo diagrama. Assim, este diagrama, que mostra a relação matemática entre a magnitude absoluta, a luminosidade, a classificação estelar e a temperatura da superfície, ficou conhecido por diagrama Hertzsprung-Russel ou simplesmente H-R.

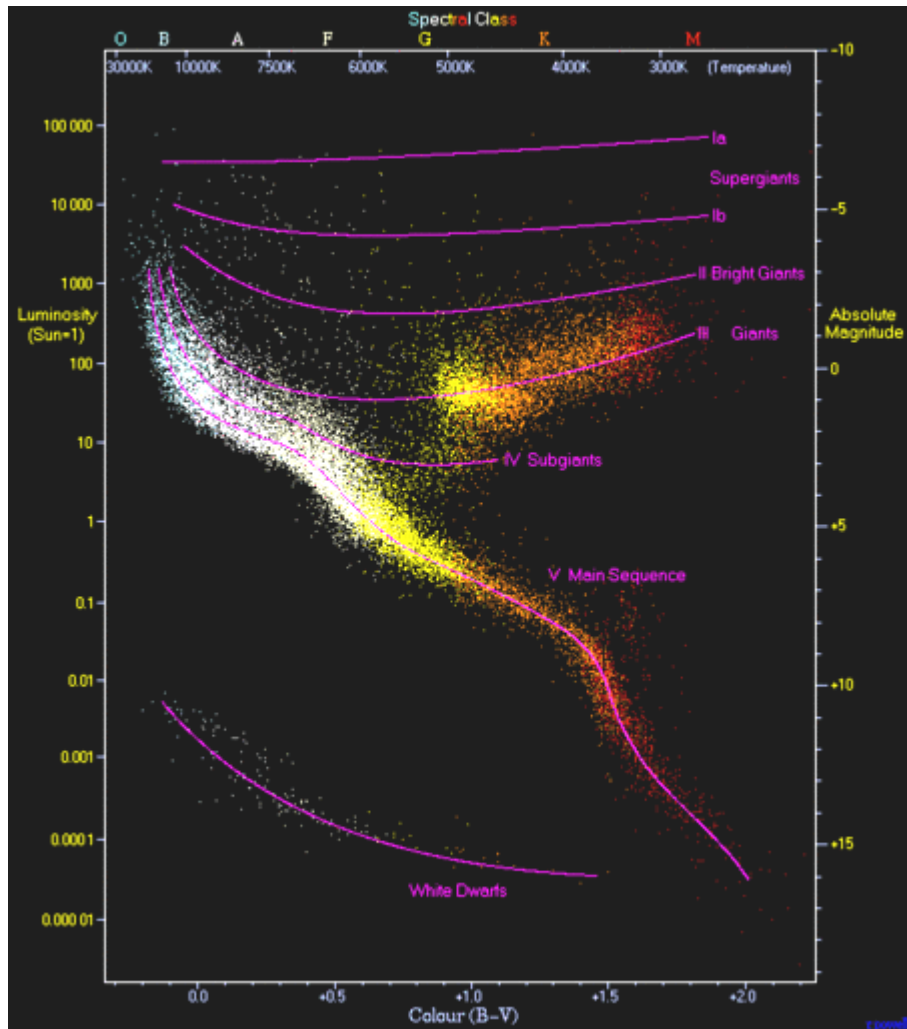


Fig. 2 - Diagrama de Hertzsprung-Russel.

## O Diagrama H-R e a evolução estelar

A análise do diagrama H-R permite tirar conclusões acerca da evolução estelar e, conseqüentemente, da formação dos elementos químicos.

Neste diagrama podemos facilmente distinguir uma faixa principal onde se situam a maioria das estrelas que é designada por sequência principal. É nesta região que as estrelas permanecem a maior parte das suas vidas. Pensa-se que o Sol ficará nesta faixa mais cinco milhões de anos, tendo já permanecido lá outros cinco milhões de anos.

Atendendo ao eixo da temperatura, as estrelas mais jovens encontram-se no lado esquerdo do diagrama uma vez que são mais quentes. Pelo contrário, as estrelas mais velhas estão do lado direito do diagrama, pois são mais frias.



Cada região do diagrama compreende um determinado conjunto de processos físicos que conduzem aos vários estágios evolutivos da estrela.

A **Sequência Principal** (MS) é a fase em que a estrela está a transformar hidrogénio em hélio no seu núcleo.

Segue-se o **Turn Off** (TO), fase em que o hidrogénio se começa a esgotar no núcleo da estrela e a estrela sai da sequência principal.

Depois, no **Ramo das Sub-Gigantes** (SGB) ocorre a transição da queima de H no núcleo para a camada de H adjacente.

De seguida, o **Ramo das Gigantes Vermelhas** (RGB) é a fase da combustão da camada de hidrogénio até à fusão do hélio que se encontra inerte.

O **Ramo Horizontal** (HB) é a fase da fusão do hélio, uma das fases mais avançadas de fusão nuclear.

O **Ramo Assintótico das Gigantes** (AGB) é a fase em que está a ocorrer a queima do núcleo de hélio em simultâneo com a camada de hidrogénio. As estrelas mais maciças atingirão, próximo deste estado, as temperaturas fatídicas que levam à explosão da estrela em supernova.

As estrelas com massa igual ou inferior à massa solar percorrem todo o ramo horizontal, atingindo o estágio das nebulosas planetárias. Finalmente, o **Pós - AGB (P-AGB)** é a fase final da evolução de uma estrela.

Ao percurso que uma determinada estrela desenha no diagrama dá-se o nome de trajectória H-R. Este percurso e a velocidade de deslocação ao longo dele dependem da massa da estrela: o tempo de vida é maior quanto maior for a estrela.

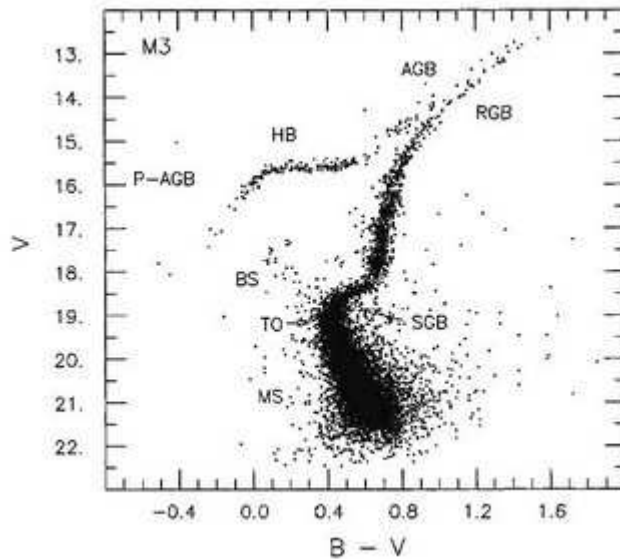


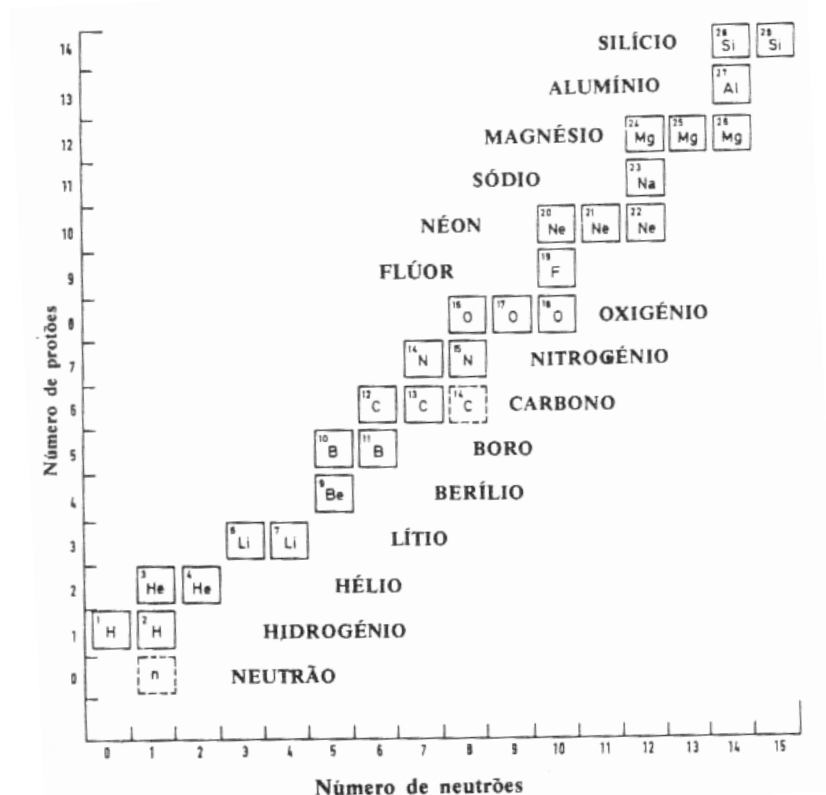
Fig. 3 - Diagrama de Hertzsprung-Russel.

## O Diagrama H-R e a formação de alguns elementos químicos

Através dos dados recolhidos do Diagrama H-R, podemos analisar mais pormenorizadamente a evolução nuclear, ou seja, a formação dos elementos químicos.



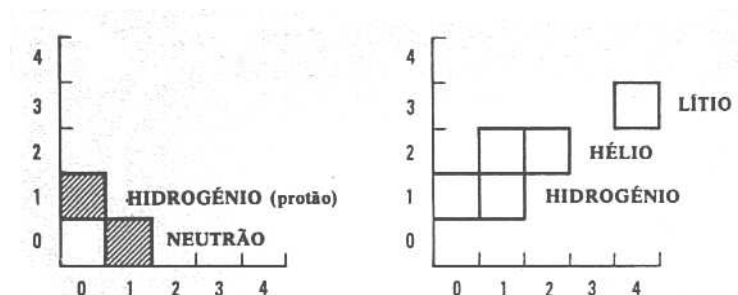
Para ilustrar as grandes fases de formação de elementos químicos, começamos por mostrar um gráfico que relaciona o número atômico com o número de prótons dos primeiros catorze elementos da Tabela Periódica.



**Fig. 4** – Os primeiros 14 elementos da Tabela Periódica.

Nos gráficos seguintes, observemos a evolução nuclear desde a explosão inicial, no Big Bang, até às derradeiras fases da vida de uma estrela.

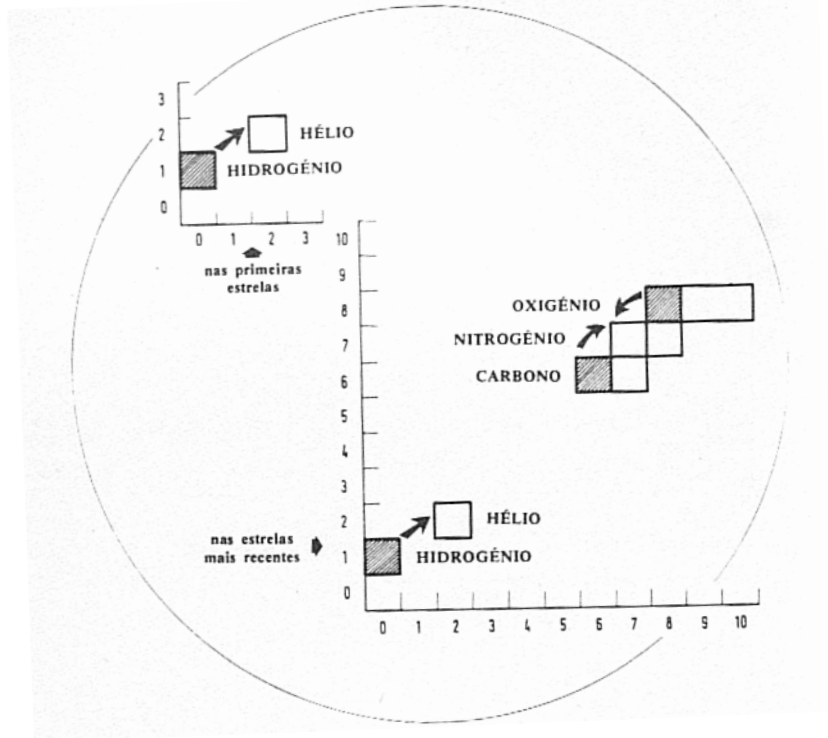
Na explosão inicial, os prótons e os nêutrons, que dela resultam, interactuam. Alguns minutos depois, o universo é composto por hidrogénio, hélio e lítio-7, os primeiros átomos do universo.



**Fig. 5** – Elementos químicos nos primeiros segundos e após alguns segundos, da explosão inicial, respectivamente.

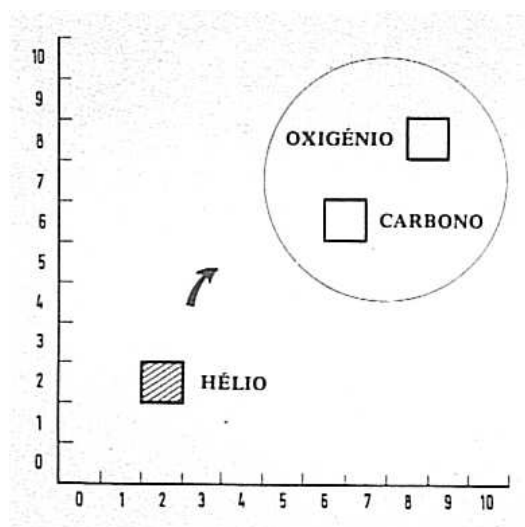


As estrelas da sequência principal (correspondentes às fases de proto-estrela e estrela tipo Sol) obtêm a sua energia transformando o hidrogénio em hélio. As primeiras estrelas, desprovidas de átomos pesados, faziam-no directamente. Pelo contrário as estrelas mais recentes usam o núcleo do carbono, resultado da transmutação para nitrogénio, como catalisador.



**Fig. 6** – Processos de fusão de hidrogénio, originando hélio.

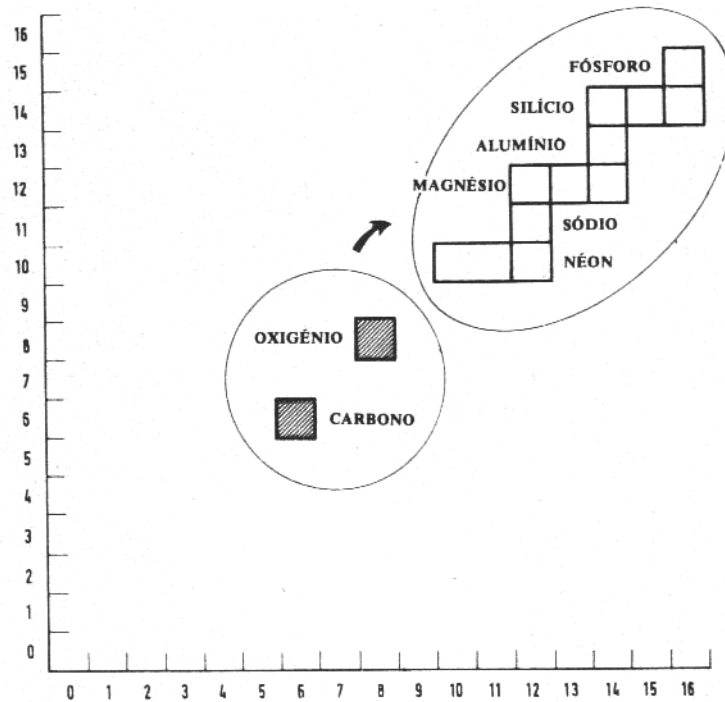
Nas estrelas do tipo Sol, quando o hidrogénio se esgota no seu núcleo atingem temperaturas que lhes permitem transformar hélio em carbono e oxigénio.



**Fig. 7** – A evolução nuclear nas gigantes vermelhas.



Nas estrelas gigantes, as reacções de fusão nuclear não terminam no carbono e no oxigénio. Quando se esgota o hélio da estrela, ela, então mais quente, começa a fundir o carbono e o oxigénio em néon, sódio, silício, magnésio e enxofre. Mesmo quando o carbono acaba, ela processa com reacções mais complexas, que transformam alguns elementos em ferro.



**Fig. 8** – A evolução nuclear nas estrelas gigantes.

Todos os elementos com número atômico superior ao ferro não são formados nas estrelas, uma vez que o processo de fusão para estes consome energia, em vez que a libertar.



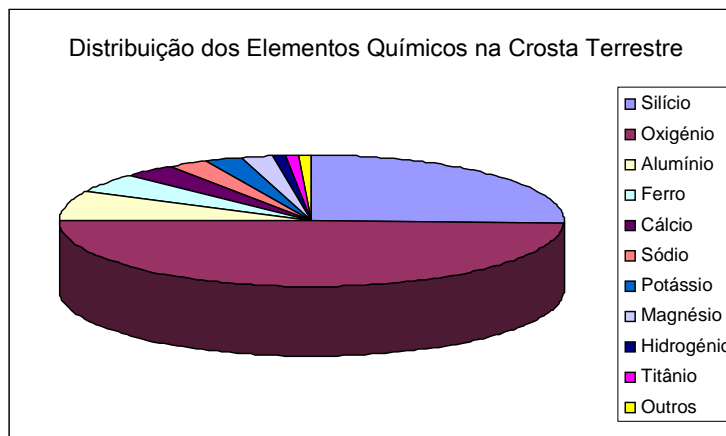
## Distribuição actual dos elementos químicos

Os processos de fusão nuclear têm decorrido no Universo ao longo dos últimos quinze mil milhões de anos e, por isso, hoje existe uma grande variedade de elementos químicos.

No entanto, a sua distribuição não é homogénea, como podemos verificar nos gráficos seguintes:

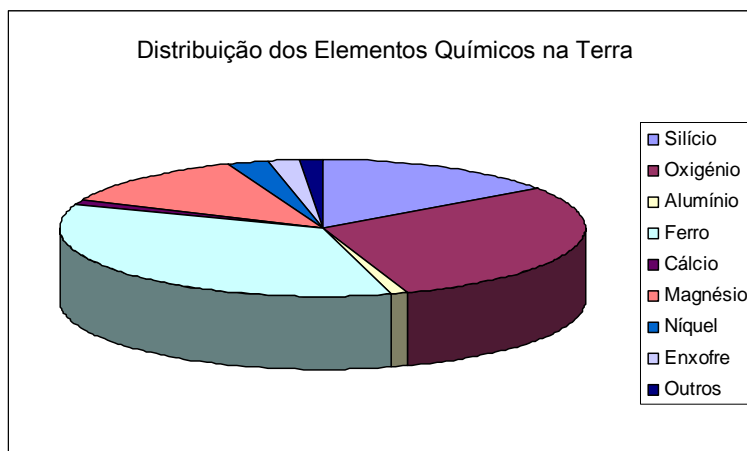
### Crosta Terrestre

Elemento	Abundância
Oxigénio	49,5%
Silício	25,6%
Alumínio	7,4%
Ferro	4,6%
Cálcio	3,4%
Sódio	2,6%
Potássio	2,4%
Magnésio	1,9%
Hidrogénio	0,9%
Outros	0,9%
Titânio	0,8%



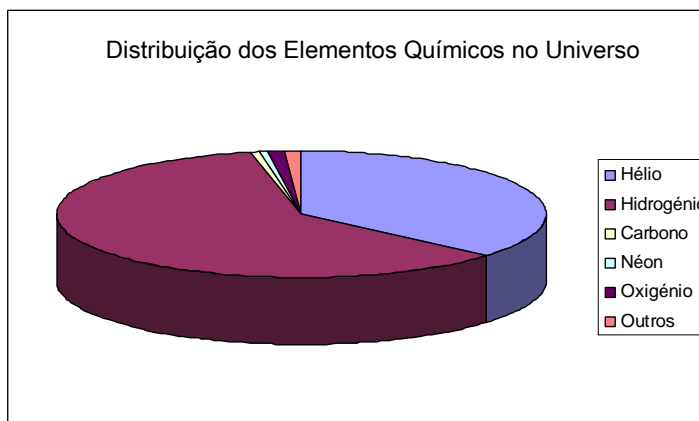
### Terra

Elemento	Abundância
Ferro	34,6%
Oxigénio	29,6%
Silício	15,2%
Magnésio	12,7%
Níquel	2,4%
Enxofre	1,9%
Outros	1,4%
Alumínio	1,1%
Cálcio	1,1%



### Universo

Elemento	Abundância
Hidrogénio	60,3%
Hélio	36,5%
Outros	1,1%
Oxigénio	1,0%
Néon	0,6%
Carbono	0,5%





Os elementos mais abundantes no Universo são, pois, o Hidrogénio e o Hélio, os elementos de formação mais simples. Já na crosta terrestre o mesmo não se verifica: o hidrogénio e o hélio estão muito pobremente representados. Deste modo, o oxigénio e o silício são aqui os mais abundantes. No planeta Terra, na sua globalidade, também as percentagens de abundância variam em relação à crosta: o oxigénio mantém-se opulento enquanto que o ferro toma o lugar do silício.

Existem, pois, grandes discrepâncias entre as abundâncias de elementos químicos em cada um destes sistemas, devido aos diferentes fenómenos físico-químicos que ocorrem em cada um destes locais.



## História da Tabela Periódica

A descoberta dos diferentes elementos químicos levou à necessidade da construção da tabela periódica, com vista a agrupar os elementos consoante as suas propriedades.

O primeiro elemento científico a ser descoberto foi o fósforo, no ano de 1669 pelo alquimista Henning Brand. Nos anos seguintes houve um aumento significativo do conhecimento relativo às propriedades dos elementos e seus compostos, permitindo uma primeira classificação, a divisão dos elementos metais e não metais.

A primeira lista dos elementos químicos foi preparada por John Dalton no início do século XIX com os elementos químicos que tinham as suas massas atómicas conhecidas. Muitas das massas atómicas conhecidas por Dalton estavam longe dos valores actuais, devido à ocorrência de erros. Os erros foram corrigidos mais tarde por outros cientistas e os elementos surgiram listados por ordem crescente de massa atómica, cada um com as suas propriedades e os seus compostos.

Ao estudar essa lista, os químicos concluíram que não estava muito clara, e em 1829 Johann W. Boebereiner teve a primeira ideia de agrupar os elementos em tríades, conforme as suas propriedades químicas, e separados pelas massas atómicas, sendo a massa atómica do elemento central, supostamente, a média das massas atómicas do primeiro e do terceiro elementos. Contudo surgiu um problema, muitos dos metais não podiam ser agrupados em grupos de três.

Mais tarde, em 1894, John A.R. Newlands, professor da universidade, idealizou um novo modelo, sugerindo que os elementos químicos fossem agrupados não em tríades, mas em oitavas, por ordem crescente das massas atómicas.

Este novo modelo não teve muitos apoiantes, sendo ridicularizado pela analogia com as sete notas da escala musical. De facto, nenhuma regra numérica foi encontrada para que se organizassem assim os elementos de uma forma consistente, com base nas massas atómicas ou as propriedades químicas dos elementos.

Actualmente os elementos químicos estão organizados na tabela periódica com base no número atómico e na teoria quântica. A organização da tabela periódica, foi desenvolvida não teoricamente, mas com base na observação química dos seus compostos, por Dimitri Ivanovich Mendeleev.



**Fig. 9** – Mendeleev, grande contribuinte na elaboração da Tabela Periódica



## A Tabela Periódica Actual

Dimitri Ivanovich Mendeleev, professor de química na Universidade de St. Petersburg, foi ele quem organizou os elementos na forma da tabela periódica actual. Mendeleev criou uma identificação para cada um dos 63 elementos conhecidos, esta identificação contém o símbolo químico do elemento, a massa atómica e as suas propriedades físicas e químicas. Após a identificação de todos os elementos, organizou-os por ordem crescente de massas atómicas, agrupando os elementos com propriedades semelhantes. Formando assim a tabela periódica. Esta tabela apresentava vantagens em relação às outras, exibia semelhanças entre os elementos não apenas em pequenos conjuntos, mas numa rede de relações vertical, horizontal e diagonal. Mendeleev recebeu o Prémio Nobel por este trabalho.

Em 1913, o cientista britânico Henry Mosseley descobriu o número atómico de cada átomo, quando verificou que o número de prótons no núcleo de um determinado átomo, era sempre igual.

Após esta descoberta, a tabela periódica passou a ser organizada de acordo com o número atómico dos elementos. Solucionando alguns problemas que Mendeleev teve no seu trabalho.

A tabela periódica está constantemente em alteração, os químicos vão melhorando a informação à medida que se descobrem novos elementos ou, por exemplo, um número mais preciso na massa atómica, sempre em função dos conceitos originais.

As últimas modificações

A última modificação mais significativa da tabela periódica resultou do trabalho de Glenn Seaborg, na década de 50. A partir da descoberta do plutónio (Pu) em 1940, Seaborg descobriu todos os elementos do número atómico 94 até 102, e reconfigurou a tabela periódica colocando a série dos actínídeos abaixo da série dos lantanídeos.

Seaborg recebeu o Prémio Nobel em química pelo seu trabalho, no ano de 1951, e o elemento 106 da tabela periódica é chamado seabórgio, em sua homenagem.

O sistema de numeração dos grupos da tabela periódica, usado actualmente, é recomendado pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC). A numeração é feita em algarismos arábicos de 1 a 18, começando a numeração da esquerda para a direita.

A Tabela periódica actual possui 7 períodos e 18 grupos, alguns grupos têm designações especiais como:

Grupo 1 - metais alcalinos

Grupo 2 – metais alcalino-terrosos

Grupo 17 – halogéneos

Grupo 18 - gases nobres / raros / inertes.

Os elementos dos grupos 1,2,13,14,15,16,17e 18 são designados por elementos representativos e os outros por elementos de transição.



[illegible]



## Conclusão



## Bibliografia

- <http://jpscience.blogspot.com/>
- [http://pt.wikipedia.org/wiki/Diagrama\\_de\\_Hertzsprung-Russell](http://pt.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Hertzsprung-Russell)
- [http://pt.wikipedia.org/wiki/Hist%C3%B3ria\\_da\\_Tabela\\_Per%C3%B3dica](http://pt.wikipedia.org/wiki/Hist%C3%B3ria_da_Tabela_Per%C3%B3dica)
- <http://www.astro.iag.usp.br/~jane/aga215/aula09/cap9.htm#hr>
- <http://www.astroimagem.com/lmc.jpg>
- <http://www.cdcc.sc.usp.br/cda/sessao-astronomia/seculox/textos/a-evolucao-estelar.htm>
- <http://www.dayah.com/periodic/Images/tabela%20periódica.png>
- REEVES, Hubert; *Um Pouco Mais de Azul*, Gradiva, Lisboa, 1988