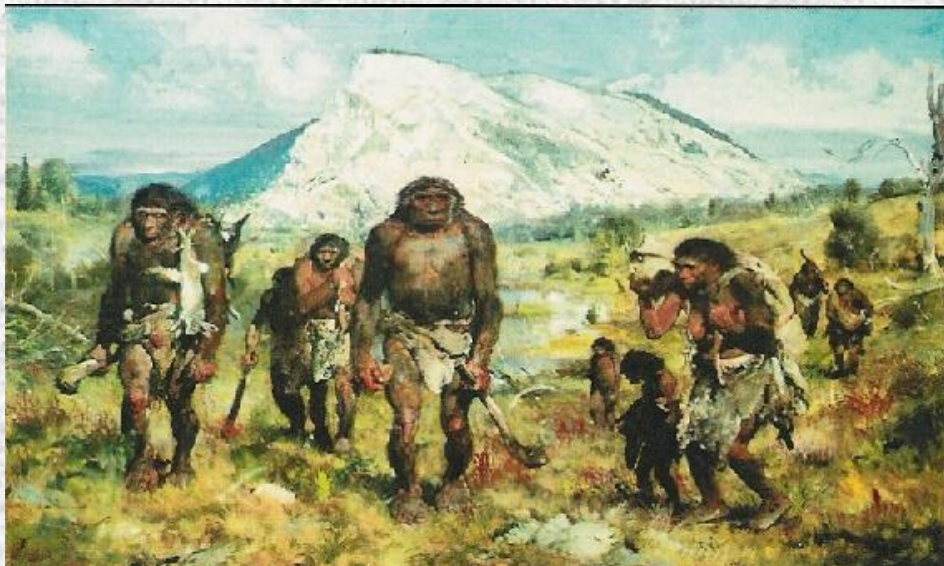


# ASTRONOMIA: UM IMPULSO À CIVILIZAÇÃO

OUTUBRO/2009

Original de parte do texto: Bruno Rainho Mendonça  
Ampliação e ilustrações de: Iran Carlos Stalliviere Corrêa

É indiscutível que o homem primitivo observava os acontecimentos que se repetiam no céu, como as fases da Lua ou as diversas posições dos planetas e das estrelas mais visíveis. Logo após a formação das **primeiras sociedades**, à noite em torno das fogueiras que serviam de proteção às sociedades primitivas, os primeiros seres humanos terão visto os pontos luminosos que existem no céu e se questionaram sobre a origem e significado dos mesmos. Ao longo de séculos, essas pequenas **velas cósmicas** inspiraram poetas e visionários, que nelas viam o sonho e o almejado atingir de um estado de graça divino.



\*Sociedades Primitivas\*

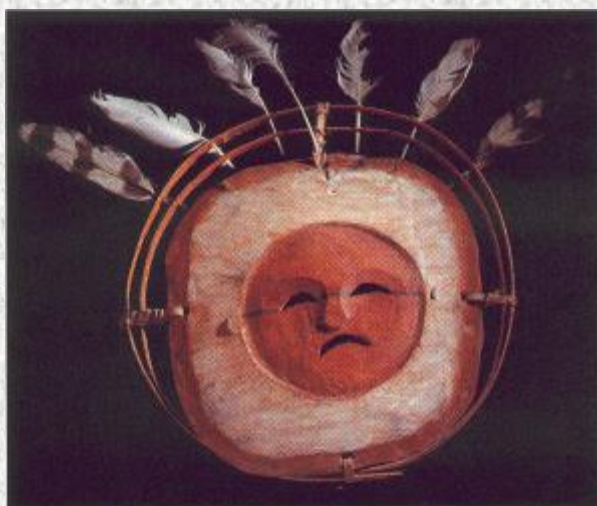
A **história da Astronomia** está por isso intimamente ligada à história do próprio **Homo Sapiens**, enquanto espécie capaz de estruturar sociedades e de construir conhecimento a partir da transmissão de informação de geração para geração.

Muito antes da invenção da escrita, já o céu se constituía como um importante recurso cultural entre as sociedades primitivas por todo o Mundo. Os comerciantes marítimos **navegavam pelas estrelas**, as comunidades agrícolas usavam-nas para saber quando deviam semear as suas culturas, sistemas ideológicos associavam determinados objetos celestes a eventos cíclicos que associavam quer a entidades terrenas como divinas e começaram a existir algumas técnicas preditivas de determinados eventos, como por exemplo, os **eclipses**.



\*Navegação pelas Estrelas\*

Existem alguns exemplos em que é clara a integração dos objetos celestes em culturas pré-históricas. Por exemplo, foram encontradas máscaras em que é clara a integração de elementos celestes nas mesmas; esse tipo de motivos continua patente em muitas tribos primitivas atuais.



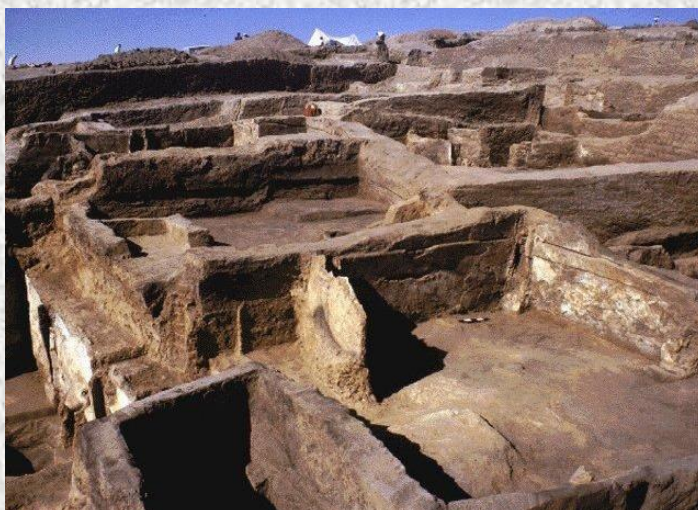
Espírito da Lua dos *Inuit*. O rebordo em torno da máscara representa o ar, os aros representam os níveis do cosmos e as penas representam as estrelas. Nesta cultura Ártica a Lua fornece a maior parte da luz durante os meses de inverno pelo que ocupa um lugar proeminente na sua cultura. Crédito: Hoskins,1997

Afirmar que a **Astronomia** desempenhou um papel fundamental no nascimento das primeiras cidades causa certa estranheza inicial. Porém, sua contribuição foi inestimável para que tal fato ocorresse. Foi o conhecimento **astronômico** adquirido, até então, que permitiu aos povos antigos exercerem outras atividades que não fossem relacionadas à agricultura. E esse foi um grande passo para o surgimento das **cidades**, principalmente se levarmos em conta a declaração do arqueólogo *Mark Patton*, em artigo publicado na revista *Science* (novembro de 1998): uma característica imprescindível para definirmos uma cidade é que não há fazendeiros vivendo nela. Alguns de seus colegas discordam desta visão (*algo que não surpreende já que até hoje não existe um padrão para se definir o que é uma cidade*), mas, ainda assim, vamos tomar essa idéia como ponto de partida e tentar interpretar o comportamento dessas primeiras civilizações.

No princípio, os homens antigos agiam basicamente por instinto: eram caçadores e coletores nômades. Com o tempo, seu comportamento foi evoluindo até que passaram à prática agrícola. A partir desse momento, eles começaram a criar assentamentos ao redor de suas plantações, de forma a proteger sua produção de saqueadores. Assim surgiram os primeiros **vilarejos** (ou vilas), com base, principalmente, na agricultura. Alguns exemplos desses assentamentos permanentes são **Jericó**, na Palestina, possivelmente o mais antigo de todos, com cerca de 10.500 anos, e **Çatalhöyük** (pronuncia-se *chah-tahl-HU-yook*), na Turquia, com aproximadamente 9.000 anos de existência.



\*Assentamento de Jericó\*



\*Assentamento de Çatalhöyük\*

Entretanto, foi quando esses povos começaram a notar a regularidade entre os períodos cíclicos apresentados por alguns astros, que o rumo das coisas mudou. Monitorando seus movimentos e suas posições, foram capazes de associar a eles alguns fenômenos sazonais

que ocorriam na natureza ao seu redor. Já sabemos que foi assim que nasceu o **calendário**. E foi assim também que aquelas pessoas passaram a ter um controle maior sobre a atividade agrícola. Tentem imaginar o salto sofrido por essa produção quando os agricultores começaram a interpretar corretamente qual era a melhor época para plantar, o período ideal para cultivar determinado alimento, e também qual seria o melhor momento de colhê-los.

Desta forma, os produtores que anteriormente trabalhavam para manter uma quantidade mínima necessária para a sua subsistência e, eventualmente, de sua família, começaram a produzir além da sua cota. Esse excedente passou a ser comercializado, o que possibilitou o êxodo rural, ou seja, algumas pessoas deixaram de trabalhar no campo, já que podiam obter alimentos sem a necessidade de produzi-lo, e formaram as primeiras **idades** (*pela definição de Patton*). A partir daquele momento, elas puderam se dedicar a outros ofícios mais voltados para a **arte** ou para a **religião**, por exemplo. E foi assim que outras áreas começaram a ganhar espaço entre as primeiras civilizações, entre elas a própria **Astronomia**.

Existe uma concordância quase unânime de que a primeira cidade surgiu na Mesopotâmia, há cerca de 5.000 anos. A maioria dos que defendem esta tese afirma que **Uruk** foi o primeiro centro urbano da história, isto é, livre de áreas agrícolas. Um grupo menor acredita ter sido **Ur** a primeira cidade. Independentemente de qual delas tenha essa prioridade, vale ressaltar mais uma vez a grande contribuição da **Astronomia** para os povos antigos poderem caminhar rumo à Civilização, visto que, por definição, civilizações são os povos que habitam as cidades.



\*A famosa cidade de Uruk\*

Como foi mencionado antes, mesmo atualmente, não existe uma forma padronizada para se definir o que é cidade. Em alguns países depende da quantidade de habitantes, em outros, como o Brasil, depende da existência de uma sede municipal. Contudo, o que vale destacar nisso tudo é que sem a Astronomia a evolução da sociedade poderia ter sido retardada por um bom tempo.



\*Cidade de Ur na Mesopotâmia\*

## MONUMENTOS DA ASTRONOMIA ANTIGA

Na Antigüidade, alguns povos construíram verdadeiros monumentos com o intuito de utilizá-los para fins **astronômicos**, entre outras coisas. Provavelmente os monumentos que mais se destacam sejam **Stonehenge** e as **pirâmides de Gizé**, no Egito. Obviamente existem outros não tão famosos.

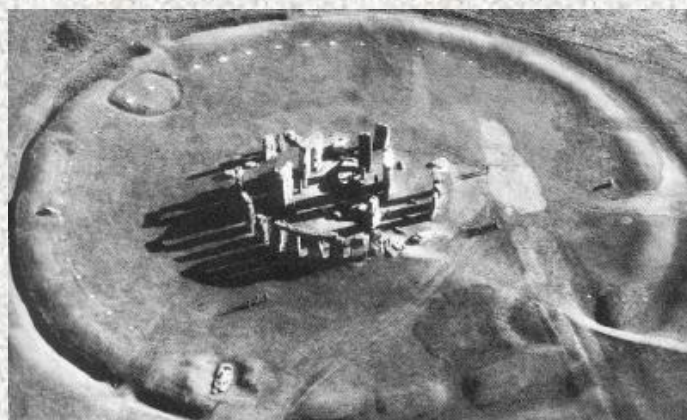
**Stonehenge** (que significa "pedra pendurada") fica localizado no sul da Inglaterra, e trata-se de um misto de observatório e calendário pois, a partir de observações de objetos celestes, lá realizadas, era

possível se obter informações a respeito de determinadas épocas do ano, como por exemplo, os dias de **equinócio** e **solstício**. Segundo estudos arqueológicos, esse monumento levou aproximadamente 1.500 anos para ser construído, num processo que teve várias fases distintas. Seu início teria sido por volta de 3.100 a.C., e sua construção parece ter sido abandonada em 1.600 a.C., aproximadamente. Já foram descobertos mais de **100 alinhamentos astronômicos** entre as pedras lá dispostas, e especula-se que era possível até prever eclipses utilizando-as. Essas informações indicam que tal construção megalítica funcionava como uma espécie de **efeméride astronômica**.

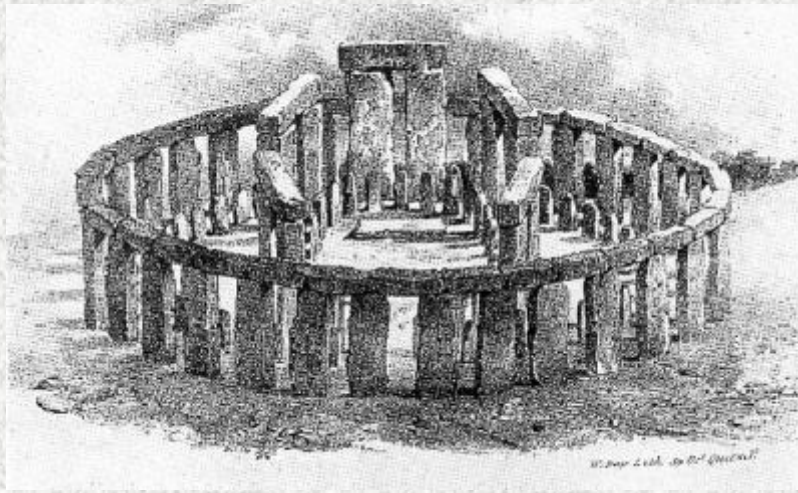


\*Stonehenge\*

O alinhamento de **Stonehenge**, ao meio-dia do solstício, é talvez a maior manifestação da Astronomia dos nossos antepassados. Não é provável, apesar da precisão que se verifica com certas efemérides astronômicas, que **Stonehenge** tenha funcionado como **observatório astronômico**, no sentido atual do termo, sendo mais provável que tenha sido um local de culto para rituais pagãos ligados a essas mesmas efemérides. O eixo do alinhamento de **Stonehenge** encontra-se na direção do **nascente no solstício de Inverno**, e em direção ao **poente no solstício de Verão**.



\*Stonehenge vista do alto. Crédito: Hoskins, 1997\*



\*Reconstituição do que terá sido o aspecto de Stonehenge no segundo milênio antes de Cristo. Crédito: North, 1994\*

Em Portugal, existe um monumento megalítico deste tipo, próximo de Évora: o **Cromeleque dos Almendres**. Este constitui a maior planta neolítica da Península Ibérica, com 92 menires parcialmente trabalhados formando círculos e alinhamentos relacionados com efeméride.



\*Cromeleque de Almendres – Portugal\*

Já as três **pirâmides de Gizé** não possuem tantos recursos astronômicos, mas nem por isso devem ser menosprezadas. Elas estão situadas no Cairo, capital do Egito, e suas bases estão alinhadas numa precisão assustadora com os pontos cardeais. A maior de todas, conhecida como pirâmide de **Quéops** (*batizada em homenagem ao faraó egípcio de mesmo nome*), ou simplesmente chamada de **Grande Pirâmide**, é a mais antiga das 7 maravilhas do mundo antigo, e levou cerca de 20 anos para ser construída, em meados do século XXV a.C.

Ela é a que mais se destaca no que diz respeito à questão **astronômica**, pois, de acordo com alguns egiptólogos, eventos importantes, como o **solstício de verão** (*hemisfério norte*) ou os **equinócios** poderiam ser evidenciados através da pirâmide. Nela havia uma câmara na qual a imagem da estrela **Sirius** (*chamada pelos egípcios de Serpet*) seria projetada num determinado dia do ano que corresponderia ao seu início. Nessa época, **Sirius** nascia junto ao Sol, fenômeno conhecido como **nascer helíaco**, fato que marcava o início do período das cheias do rio Nilo, que tornava os vales férteis, e era de fundamental importância para a atividade agrícola daquele povo.

Além disso, alguns desses estudiosos acreditam que todas aquelas maravilhas arquitetônicas da região (*as três pirâmides e a esfinge*) foram inspiradas pelo céu. Segundo eles, as três pirâmides de Gizé corresponderiam ao **Cinturão de Órion** (*conhecido popularmente como "As Três Marias"*), e a esfinge representaria a constelação do **Leão**. A faixa esbranquiçada no céu conhecida como **Via Láctea** seria o rio Nilo naquilo que parecia ser um reflexo na Terra desses agrupamentos estelares.



\*Esfinge com duas das três pirâmides de Gizé ao fundo\*

Esses belíssimos monumentos resistem até os dias de hoje e são estudados por vários cientistas devido aos grandes mistérios que ainda os cercam. O **Stonehenge** apresenta-se diferente atualmente do que se imagina que ele foi um dia, mas mesmo assim seu "conteúdo astronômico" permanece riquíssimo. As **pirâmides** continuam sendo objeto de dúvidas, principalmente no que se refere a sua construção. E, apesar de serem pontos turísticos superbadalados, é sempre bom nos lembrarmos da relevância que eles têm na **História da Astronomia**.



# A ASTRONOMIA NA MESOPOTÂMIA

Por cerca de três mil anos a região conhecida como **Mesopotâmia**, palavra de origem grega (*meso* + *potos*) que quer dizer "entre rios", posto que se situava entre os rios Tigre e Eufrates, foi ocupada por vários povos que tornaram aquela área o berço da **Astronomia Moderna**. Sumérios, acadianos, amoritas (do *primeiro Império Babilônico*), assírios e caldeus (do *segundo Império Babilônico*), há cinco mil anos, aproximadamente, foram os principais habitantes dessa região que se localizava onde hoje é o **Iraque**.



\*Região da Mesopotâmia\*

Essas civilizações foram responsáveis por avanços nas mais diversas áreas do conhecimento, como, por exemplo, a Matemática, a Arquitetura, a Agricultura, o Direito, além da **Astronomia**, obviamente. Eles desenvolveram ainda o método de **escrita cuneiforme**, cujos caracteres eram impressos em tabletes de argila mole com estiletos. Ao final deste processo, tais registros eram guardados e os que resistiram ao tempo fazem parte do acervo que permitiu o estudo dessas tábuas, a fim de desvendar os saberes daqueles povos.

No que diz respeito ao seu conhecimento matemático, eles tinham um grande talento aritmético, e foram capazes de aplicá-lo aos seus estudos celestes, algo que lhes proporcionou uma precisão invejável em suas previsões. Utilizavam o **sistema numérico sexagesimal**, que é, inclusive, um de seus legados, pois em nossas principais medições de tempo ainda usamos essa base (*à hora dividida em 60 minutos, bem como a divisão desses minutos em 60 segundos*).

Mas foi na **Astronomia** que eles deram sua imensa contribuição. A motivação em se conhecer bem o que acontecia no céu estava

associada a uma necessidade de medir com boa precisão o tempo de uma forma geral, e também construir presságios para o futuro. Para isso, aproveitavam sua habilidade em identificar padrões, já que existem diversos deles nos movimentos dos astros.

O primeiro registro escrito com o nome de um objeto celeste data de cerca de 2500 a.C.: **Mul-Mul** ("estrela", para os sumérios), e foi feito em alusão ao aglomerado estelar atualmente conhecido como **Plêiades**. Já no século XVII a.C., durante o reinado de Amnisaduga, as primeiras observações sobre Vênus também foram registradas. Com os dados obtidos, foi possível calcular o ciclo do planeta como sendo de 587 dias (*valor extremamente próximo ao correto que é de 584 dias; algo deveras surpreendente*).



\*O aglomerado das Plêiades\*

Entre os séculos XVII e XI a.C., houve um salto significativo na quantidade de registros feitos em tábuas de argila ou ainda em selos cilíndricos. Um dos textos mais famosos é o **Enuma Anu Enlil** (*que significa "No tempo de Anu e Enlil", uma referência a dois dos três deuses mais importantes dos sumérios*). Alguns historiadores acreditam que o rei Babilônio Nabucodonosor I foi quem redigiu as informações ali contidas, e que posteriormente teriam sido copiadas para outras tábuas. Mais de 7000 observações foram registradas sobre fenômenos celestes (*nascer de estrelas, conjunção de planetas etc.*).

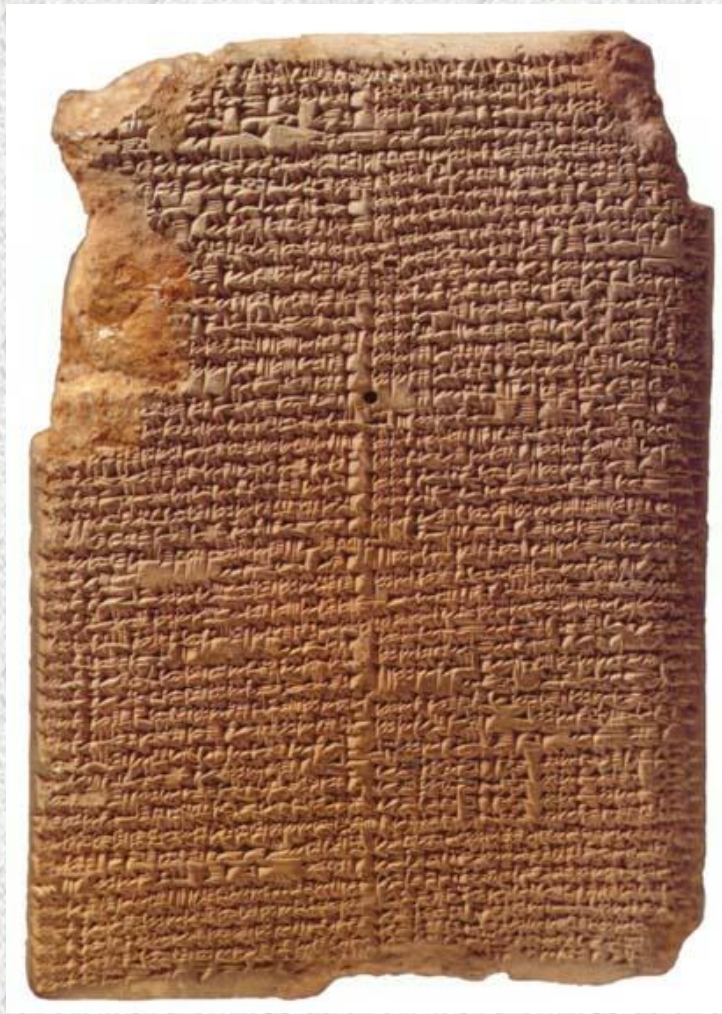
Uma prática relativamente comum neste mesmo período, e que merece destaque por ter ajudado os estudiosos a reconhecer as imagens de algumas constelações clássicas, era a representação desses agrupamentos em pedras chamadas **kudurru** ("fronteira, território", em acadiano). Esses marcos eram uma espécie de escritura que transferia o direito de posse sobre uma propriedade para uma pessoa

ou um grupo de pessoas, e que recebia as figuras das constelações como forma de garantia de autenticidade.



\*Kudurru da época de Nabucodonossor I\*

Durante o período em que os assírios dominaram a Mesopotâmia, grande parte do conhecimento acumulado até então foi reunido na biblioteca de Assurbanipal, localizada na cidade de Nínive, no século VII a.C.. Uma das principais peças desse acervo eram as tábuas **Mul.Apin** (o prefixo, como já vimos, quer dizer "**estrela**", e acompanhava todos os nomes de constelação, e a segunda palavra significa "**o arado**", e se refere ao asterismo formado pelas sete estrelas mais brilhantes da constelação boreal hoje chamada de Ursa Maior). Esse registro histórico era uma espécie de **almanaque astronômico** que foi bastante reproduzido naquela época, e trazia um resumo da **Astronomia Mesopotâmica** do primeiro milênio a.C. (alguns autores especulam que, pela posição dos astros no céu ali descrito, os dados presentes nessa tábua são de 1100 a.C., aproximadamente). Muitas constelações que usamos ainda hoje estão presentes nas **Mul.Apin**, dentre elas, várias zodiacais. Como o calendário utilizado por aqueles povos era lunissolar, baseado nas posições do Sol e na trajetória da Lua, 16 constelações ocupavam a faixa da eclíptica.



\*As tábuas Mul.Apin\*

Posteriormente, no século VI a.C., sob o reinado de Nabucodonosor II, esse número foi reduzido para 12, visto que essa era a quantidade de **lunações** (*intervalo que deu origem à definição de "mês"*) que ocorria em um ano solar. Algumas dessas constelações permanecem com o mesmo nome até hoje: o Agricultor (**Carneiro**), o Touro Celeste (**Touro**), o Pastor Celeste e os Gêmeos (**Órion + Gêmeos**), o Caranguejo (**Caranguejo**), o Leão (**Leão**), a Espiga (**Virgem**), a Balança (**Balança**), o Escorpião (**Escorpião**), o Arqueiro (**Sagitário**), a Cabra-Peixe (**Capricórnio**), o Grande (**Aquário**), as Caudas de Peixes (**Peixes**).

Como se pode notar, as civilizações que habitaram a Mesopotâmia na Antigüidade nos deixaram um imenso legado, do qual muitas coisas foram aproveitadas integralmente. Veremos mais adiante que esse conhecimento foi bastante difundido entre os povos gregos e romanos que adotaram diversas maneiras de enriquecer ainda mais esse acervo, sem alterar suas bases.

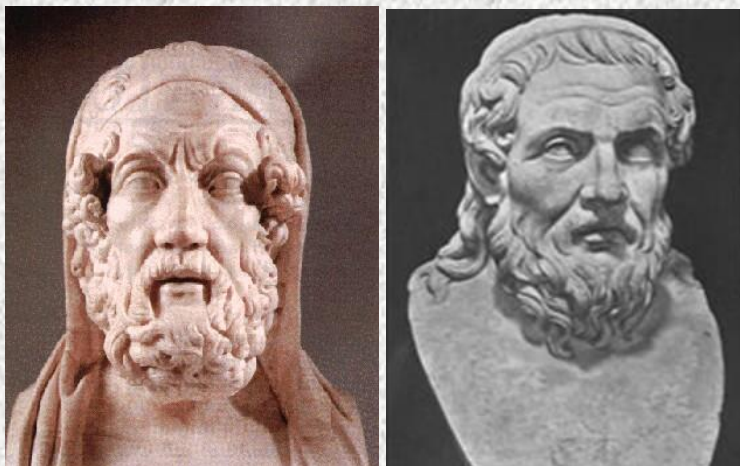
# A ERA DE OURO DA ASTRONOMIA

Enfim, chegamos à **Grécia**, palco do ápice da **Astronomia** na Antigüidade. Entre os séculos VII a.C. e III da Era Comum, uma grande safra de astrônomos gregos elevou o nível do conhecimento humano acerca desta ciência de forma somente superada no Renascimento. Foi, sem dúvida alguma, um momento singular da História, no qual muitas idéias hoje sedimentadas tiveram origem e puderam ser desenvolvidas.



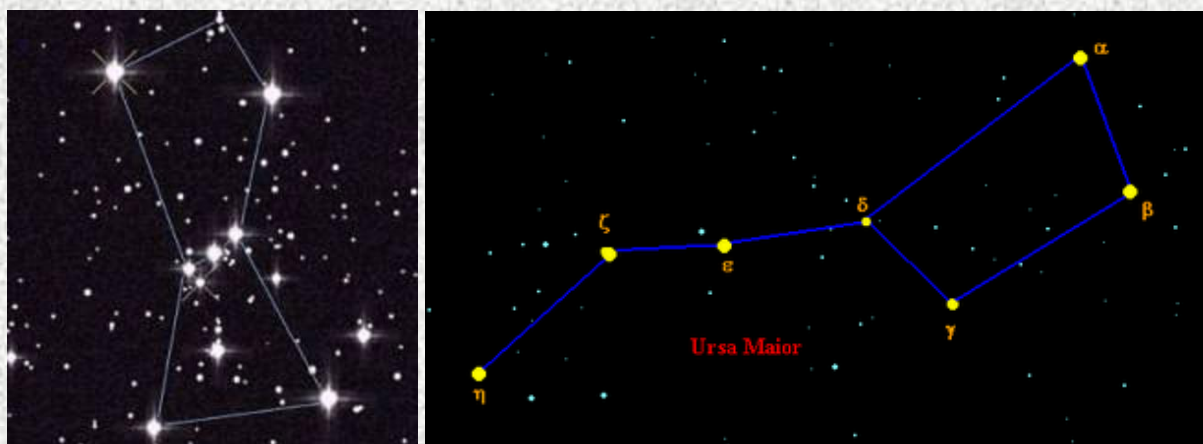
\*Grécia Antiga\*

No início, os gregos faziam o mesmo uso da **Astronomia** que seus antecessores e contemporâneos: basicamente, medir o tempo a fim de conhecer bem a relação entre a posição de alguns objetos celestes e constelações com determinados fenômenos sazonais. Os primeiros registros escritos desse povo evidenciam esta característica, como os grandes épicos dos poetas **Homero** (*A Ilíada* e *A Odisséia*, produzidos por volta do século VIII a.C.) e **Hesíodo** (*Os Trabalhos e os Dias*, escrito provavelmente no século VII a.C.). Nestas obras, podem-se encontrar facilmente várias destas relações identificando os principais astros e agrupamentos, e os períodos do ano que eles marcavam, por exemplo, a **época do plantio** ou o melhor momento para **navegar**. As referências astronômicas mais comuns nesses livros eram as constelações do **Órion** e da **Ursa Maior**, os aglomerados estelares **Plêiades** e **Híades**, e as estrelas **Sirius** (*da constelação do Cão Maior*) e **Arturus** (*da constelação do Boieiro*).



\*Homero e Hesíodo\*

Boa parte das constelações adotadas pelos gregos foi herdada dos mesopotâmicos, bem como alguns de seus mitos. Obviamente, neste processo de intercâmbio cultural, algumas adaptações foram feitas para adequar certos grupos com a mitologia grega, esta talvez, juntamente com a romana, a mais famosa dentre todas. Os planetas foram batizados com nomes de deuses do panteão grego, sendo posteriormente substituídos por seus correspondentes na mitologia romana, permanecendo assim até hoje. Além disso, muitas histórias de sua cultura foram reproduzidas em outros agrupamentos, como é o caso da **lenda de Andrômeda** e **Perseu**, que envolve diversas constelações boreais.



\*Constelação de Órion e a Constelação da Ursa Maior\*

Para enfatizar ainda mais a importância que a **Astronomia** teve durante a hegemonia grega, vale destacar a criação de uma "**musa**" para esta ciência, visto que as principais atividades desenvolvidas na época tinham musas que as representavam. Totalizando nove, eram elas: **Calíope**, a de bela voz (*musa da Poesia Épica*); **Clio**, a proclamadora (*musa da História*); **Érato**, a amável (*musa da Poesia Romântica*); **Melpômene**, a poetisa (*musa da Tragédia*); **Euterpe**, a

doadora de prazeres (*musa da Música*); **Terpsícore**, a rodopiante (*musa da Dança*); **Polímnia**, a de muitos hinos (*musa da Poesia Sacra*); **Tália**, a que faz brotar flores (*musa da Comédia*); e **Urânia**, a celestial (*musa da Astronomia*).



\*Urânia – Musa da Astronomia\*

Mas os gregos estavam longe de estabelecer apenas uma relação mítica e religiosa com os astros. Foi a partir deles que análises sistemáticas e quantitativas começaram a ser realizadas e aplicadas em **Astronomia**. O avanço matemático empreendido por eles foi essencial para o desenvolvimento astronômico, principalmente no ramo da Geometria. Alguns autores informam que este conhecimento foi levado à Grécia por **Tales de Mileto**, no começo do século VI a.C., trazido do Egito. No entanto, foi aproximadamente em 300 a.C., com a confecção da obra máxima de **Euclides** (*Elementos*), que a Geometria elevou seu *status*, atingindo o auge desta especialidade.

Os gregos também se tornaram célebres por tentar modelar o Universo, que naquele tempo era quase um sinônimo de **Sistema Solar**. Num cenário onde muitas propostas foram apresentadas, como a de uma **Terra plana** ou até mesmo **cilíndrica**, predominou a da **Terra esférica** situada no centro de tudo que existe, modelo este conhecido como **geocêntrico**.

A maioria quase absoluta dos astrônomos gregos adotou a proposta geocêntrica. Após passar por diversas reformulações, este se tornou o modelo oficial da Igreja Cristã na Idade Média, perdurando por quase dois milênios.

# ASTRÔNOMOS GREGOS

Para uma melhor compreensão, existem algumas formas de se dividir e organizar os diversos períodos de maior proficiência do povo grego: pode-se utilizar como marco a vida de um grande nome, como é o caso de **Sócrates**, que viveu no século V a.C., definindo os períodos pré-socrático, socrático e pós-socrático. Também é possível se usar, como referência, a região na qual se concentravam as principais atividades intelectuais, como, por exemplo, a **Jônia** (*localizada na costa ocidental da Ásia Menor, onde hoje é a Turquia*), a cidade de **Atenas** e, posteriormente, **Alexandria**. Particularmente, pretende-se alternar entre estes dois formatos, a fim de deixar bem claro em que época e local cada um dos personagens sedimentou sua fama.



\*Sócrates\*

Outra coisa que deve ser discutida antes de começar as apresentações formais destes gênios é como devemos nos referir a eles. Todos aqueles que forem citados aqui, de alguma forma deram sua contribuição para a **Astronomia**, portanto podemos considerá-los **astrônomos**. Naquele tempo, ser astrônomo era exercer uma função técnica, pois estes se limitavam a realizar observações e elaborar teorias **cosmogônicas**. Alguns autores costumam chamá-los mais genericamente de *cientistas*, pois geralmente consideram que foi na Grécia Antiga que a prática científica teve origem.

Porém, é muito mais comum encontrarmos referências que os rotulam de **filósofos** (*ou filósofos naturais, posto que estes seriam verdadeiras autoridades no estudo da Natureza*). Filósofo é uma palavra de origem grega que quer dizer "amante da sabedoria", e



acredita-se que foi utilizada pela primeira vez por Pitágoras para se referir a si mesmo. Antes desta definição, estudiosos com este perfil eram chamados de **sofistas**, que em grego quer dizer "**sábio**", e posteriormente passou a ter um sentido pejorativo, sendo usado principalmente para se referir a impostores.

Podemos concluir então, que naquele tempo todo astrônomo, de certa forma, era filósofo, embora o inverso não valha diretamente. De qualquer maneira, para o nosso caso, tanto "astrônomo" como "filósofo" serão os adjetivos utilizados a partir de agora.

Diz-se que a filosofia ocidental foi inaugurada por **Tales** (c.624 – c.546 a.C.), de Mileto, uma das principais cidades da Escola Jônica. Não se sabe ao certo se ele foi o autor de todas as façanhas das quais recebeu o mérito, pois uma prática relativamente comum entre os discípulos pré-socráticos era a de dar o crédito de sua obra ao seu mestre, isto é, seus alunos podem ter assinado trabalhos com seu nome.



\*Tales de Mileto\*

De qualquer maneira, seu papel de destaque é inegável, principalmente pelo seu pioneirismo. Muitos autores afirmam que **Tales** é o responsável por introduzir a Geometria na Grécia Antiga, trazida do Egito. Alguns acreditam também que, em suas viagens, ele teria adquirido dos babilônios o conhecimento necessário para prever **eclipses**. Em 585 a.C., **Tales** teria anunciado a ocorrência de um **eclipse solar**, fato que o tornou célebre, e até hoje remete a lendas de que uma guerra teria sido impedida após este fenômeno. É difícil saber, porém, se ele realmente conhecia o método de obtenção deste tipo de

informação, ou se ele apenas teria se aproveitado de dados já existentes dos babilônios.



\*Eclipse solar\*

Outra história que contam a seu respeito é que, certa vez, ao prever uma super-safra de azeitonas para o ano seguinte, **Tales** teria alugado diversas prensas acreditando que a procura por esse equipamento aumentaria. Na época prevista, tudo aconteceu conforme ele havia imaginado, e quem quisesse fazer uso das prensas teria que negociar com ele. Esta passagem permite identificar como a figura do filósofo era emblemática aos olhos do povo. Eles eram vistos quase como pessoas capazes de “**manipular**” a natureza, devido ao seu conhecimento sobre **fenômenos astronômicos**, e até mesmo meteorológicos baseados nos ciclos dos astros.

É de **Tales** também a autoria de algumas idéias bastante ousadas para o seu tempo. Ele foi o primeiro a propor que tudo que existia teria se originado de uma única substância: **a água**. Para muitos, este é considerado o primeiro princípio físico, o de um elemento primordial no Universo. Ainda segundo **Tales**, a **Terra seria um disco plano** que flutuaria num imenso oceano. Esta concepção de mundo já havia sido proposta na obra do poeta grego Homero e, apesar de passar longe da realidade, indica o início de uma nova fase da tentativa de se compreender o Universo, só que desta vez sem recorrer à mitologia.



\*Modelo proposto por Tales com a Terra plana cercada por um oceano\*

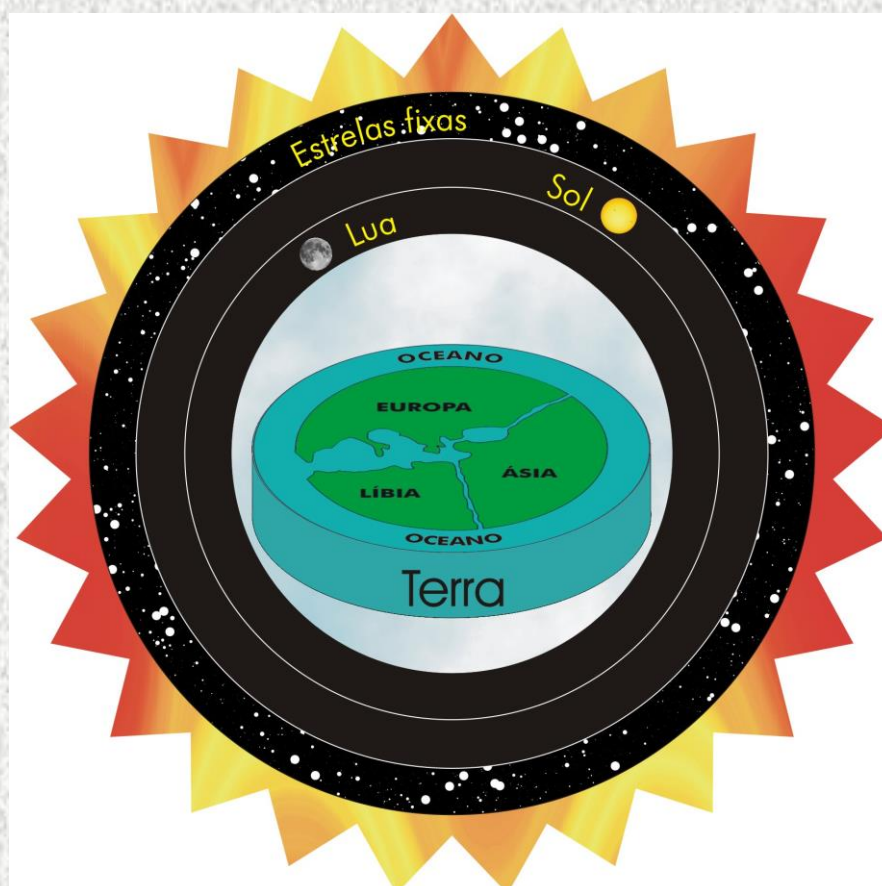
Para finalizar a lista de grandes contribuições deixadas por este grande filósofo, não poderia deixar de mencionar que ele foi o primeiro grego a calcular a **duração do ano astronômico** a partir da medição do intervalo entre dois solstícios iguais. Tales também transmitiu aos seus contemporâneos o conhecimento adquirido, provavelmente com os fenícios, de navegar se orientando pelas **estrelas**.

Depois de Tales, o filósofo que se consagrou graças às suas idéias cosmológicas foi **Anaximandro** (c.610 -- c.547 a.C.), também de Mileto, e discípulo do próprio Tales. Pré-socrático da Escola Jônica, ele certamente se inspirou na idéia de seu mestre para propor que tudo teria se originado de uma massa primordial que ele chamou de infinito (**apeíron**, em grego). **Anaximandro** é conhecido ainda por ter confeccionado aquele que se acredita ser **o primeiro mapa do mundo antigo**.



\*Anaximandro de Mileto e o Primeiro Mapa do Mundo Antigo\*

Entretanto, sua contribuição de maior destaque na **Astronomia** foi o **modelo de Universo** concebido por ele, importantíssimo pela sua característica mecânica. Era a primeira vez que se idealizava algo assim. Segundo Anaximandro, **a Terra teria a forma de um cilindro** cuja parte superior seria a região habitada. Ela estaria suspensa no centro de tudo e na camada superior estaria o ar e as nuvens. Muito além dessa região haveria fogo e vários anéis que circundavam a Terra, com orifícios que permitiam que a luz deste fogo chegasse até ela. Um destes furos seria o **Sol**, outro deles a **Lua**, e cada estrela seria um furo menor nos anéis superiores. O curioso deste sistema é que esses anéis se movimentariam, fazendo com que os astros se deslocassem no céu.



\*Modelo de Anaximandro com uma Terra cilíndrica no centro. Na superfície superior do cilindro está representado o mapa do mundo como ele imaginava\*

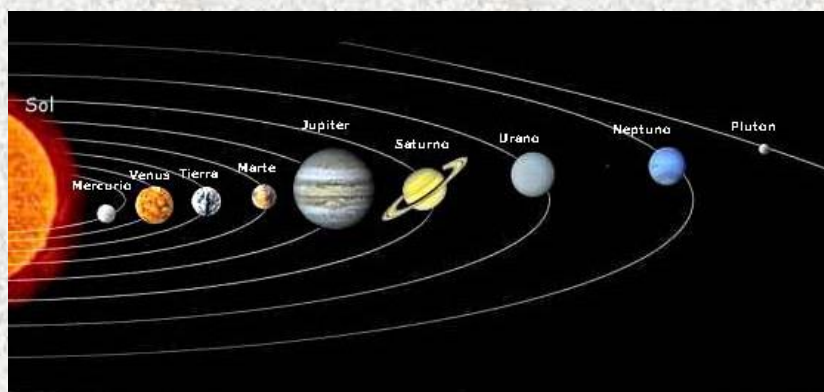
Alguns historiadores relatam ainda que **Anaximandro** teria concluído, a partir de observações solares, que o Sol era 28 vezes maior do que a Terra. Não se sabe ao certo como ele chegou a este resultado, mas é possível perceber que o caminho trilhado era o correto, baseado em trabalhos observacionais e deixando as crenças de lado. Futuramente, suas idéias serão aprimoradas por outros astrônomos gregos.

Anaximandro foi professor de alguns filósofos importantes para a Astronomia, como **Anaxímenes** (c.585 – c.525 a.C.), outro nascido em Mileto, e **Pitágoras** de Samos (c.570 - c.497 a.C.). O primeiro, além de sugerir que a substância fundamental do Universo seria o ar, contribuiu com um conceito que se tornou essencial para os “**cosmólogos**” gregos que o sucederam: as esferas cristalinas concêntricas. De acordo com **Anaxímenes**, que alguns autores afirmam ter sido o primeiro grego a diferenciar formalmente os **planetas** das **estrelas** no céu, cada planeta estaria em uma dessas esferas, cujos tamanhos diferentes fariam com que cada um deles ficasse a uma distância específica da Terra.



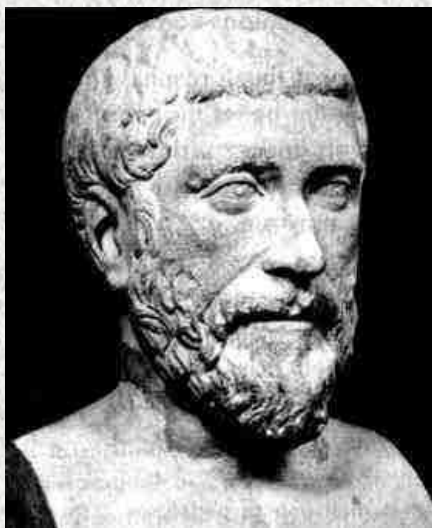
\*Anaxímenes de Mileto\*

Cabe destacar aqui que a própria origem da palavra **planeta** é grega, e quer dizer “**astro errante**”. Naquele tempo, havia sete planetas: **Sol**, **Lua**, **Mercúrio**, **Vênus**, **Marte**, **Júpiter** e **Saturno**. Anaxímenes defendia erroneamente que esses corpos celestes eram planos e flutuavam no ar infinito (*a Terra inclusive*), uma espécie de modelo adaptado com idéias de Tales e seu mestre Anaximandro, além de outras próprias que davam maior relevância ao seu elemento primordial.



\*Sistema Solar\*

**Pitágoras**, por sua vez, é considerado até hoje o maior filósofo entre os pré-socráticos. Nascido na ilha grega de Samos, localizada no mar Egeu, ele é famoso pelo teorema que leva seu nome: **o Teorema de Pitágoras**. Segundo ele, num triângulo retângulo, a soma dos quadrados dos catetos é igual à hipotenusa ao quadrado ( $a^2=b^2+c^2$ ). Atualmente, sabemos que este conhecimento é anterior à época de Pitágoras. Seu grande feito foi ter demonstrado matematicamente este teorema, inaugurando assim a era das provas dedutivas.



\*Pitágoras\*

A Matemática talvez tenha sido a área que Pitágoras deixou seu maior legado. Até mesmo a palavra "**matemática**" (*mathematike*, em grego) foi introduzida por ele. Historiadores acreditam que Pitágoras viajou por cerca de 30 anos visitando diversas regiões importantíssimas daquele tempo, como o Egito, a Babilônia, a Síria, a Fenícia, entre outras. Nesses locais, teria adquirido conhecimentos nas mais diversas áreas, tanto na ciência, quanto no misticismo.

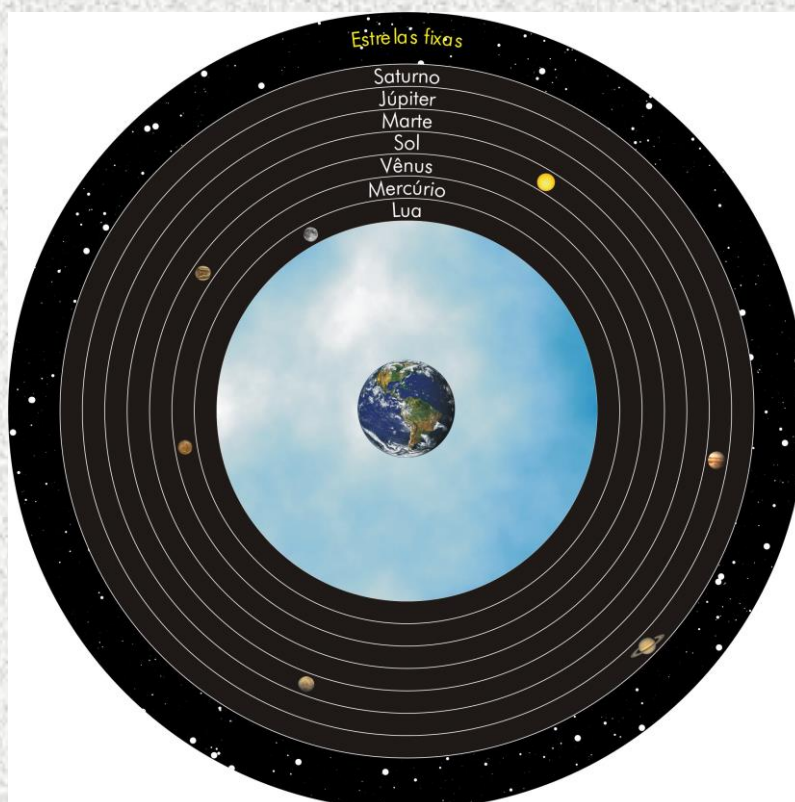
Por volta do ano 530 a.C., **Pitágoras** se estabeleceu em Crotona, colônia grega localizada no Sul da Itália, onde fundou a Escola Pitagórica, algo como uma seita místico-científica. Juntamente com seus seguidores, Pitágoras pretendia explicar o mundo através da Matemática. Segundo seu ponto de vista, a essência do Universo seriam os números, da mesma forma que para Tales era a água.

Entre os **astrônomos gregos**, acredita-se que ele tenha sido o primeiro a perceber que os astros brilhantes conhecidos como **phosphorus** (*estrela matutina*) e **hesperus** (*estrela vespertina*) tratavam-se do mesmo objeto celeste: **o planeta Vênus**.



\*A Lua e a Estrela Matutina (Planeta Vênus)\*

Observar o céu permitiu a Pitágoras vislumbrar a existência de uma ordem no Universo. Com base nesta premissa, ele cunhou o termo **cosmos**, que até hoje é utilizado como sinônimo de Universo, e em grego significa exatamente o objeto de sua busca: **ordem**. Num contexto mais amplo, o **Cosmos** seria o mais belo dos corpos, harmonioso e perfeito. A perfeição foi um atributo bastante aplicado por Pitágoras. Ele qualificou formas como a esfera e o círculo desta maneira, e até o número 10 mereceu esta denominação.



\*Modelo de Pitágoras com a Terra esférica no centro e os planetas em suas órbitas respeitando a ordem de afastamento\*

Durante a observação de um **eclipse lunar**, Pitágoras teria concluído que a Terra era esférica, justificando sua idéia a partir da forma circular da sombra do planeta projetada na Lua. A Terra seria então perfeita, e como os demais astrônomos antes dele haviam proposto, estaria no centro do Universo. Neste Cosmos, os outros planetas também seriam esféricos e suas órbitas ao redor da Terra seriam circulares, ou seja, a ordem e a beleza reinariam no céu pitagórico.



\*Eclipse Lunar\*

Além disso, **Pitágoras** desenvolveu o primeiro estudo complexo a respeito da Música. Ele descobriu que havia uma relação entre o comprimento das cordas de um instrumento e a harmonia produzida, criando, assim, a escala musical. Pitágoras associava com esta descoberta a Música e a Matemática. Mas ele não parou aí, e resolveu aplicar este conhecimento no **campo da Astronomia**, afirmando que haveria uma harmonia nas esferas celestes, de forma que a distância entre os planetas seria proporcional aos intervalos da escala musical. Alguns historiadores registram que em sua **cosmologia** haveria entre a Terra e a Lua um intervalo musical de um tom. Já entre a Lua e Mercúrio a distância corresponderia a um semi-tom, assim como entre Mercúrio e Vênus. De Vênus ao Sol o intervalo seria de uma terça menor. Esta seqüência de intervalos se repete entre os próximos planetas, isto é, do Sol a Marte, um tom; de Marte a Júpiter, um semi-



tom; de Júpiter a Saturno, um semi-tom; e de Saturno até a esfera onde as estrelas fixas se encontram, uma terça menor.

Este modelo contém a ordem que Pitágoras acreditava que os planetas estavam dispostos no **Sistema Solar**. Conforme podemos notar, tomando como ponto de partida a Terra, a seqüência seria: Lua, Mercúrio, Vênus, Sol, Marte, Júpiter e Saturno. Ao final, haveria uma esfera com todas as estrelas fixas. Este Cosmos pitagórico foi bastante adotado ao longo dos séculos.

**Pitágoras** foi o personagem central da última coluna, e agora falaremos um pouco sobre um de seus seguidores mais conhecidos, que criou um modelo bastante curioso, mas que não ganhou notoriedade nem em sua época, nem nos dias atuais, tornando-se mais conhecido apenas para aqueles que se interessam por esmiuçar o passado. Seu nome é **Filolau** (c.480 - c.405 a.C.), e sua cidade, Crotona, a mesma onde Pitágoras fundou sua Escola.

Como já foi dito antes, a autoria dos trabalhos de alguns discípulos gregos era costumeiramente creditada a seus mestres. Portanto, não é raro encontrarmos na bibliografia as idéias de **Filolau** sendo atribuídas a **Pitágoras**. Perceberemos que o aluno por diversas vezes se baseia na obra do professor, porém, veremos também que existirão algumas diferenças notáveis no modelo de Filolau. Acredita-se fortemente que ele tenha sido o **primeiro a imaginar que a Terra estava em movimento, e não estática no centro do Universo**.

O sistema proposto por **Filolau** foi lançado em sua obra intitulada **O Tratado do Céu** e, de acordo com ele, no centro do Cosmos estaria o que chamou de "**fogo central**", chamado também de fogo d'Héstia, em homenagem a deusa Héstia, que abençoava o fogo e trazia conforto aos homens nas noites frias do inverno. Ao redor deste fogo central haveria nove astros, dispostos em ordem de afastamento da seguinte maneira: **Antiterra, Terra, Lua, Sol, Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter** e **Saturno**. Isso mesmo, Filolau inseriu um planeta inexistente no Sistema Solar. E, curiosamente, não seguiu a mesma seqüência proposta por seu mestre Pitágoras, mudando o Sol de posição. Na esfera mais externa estaria o que ele chamou de "**fogo periférico**", onde se encontrariam as estrelas fixas.



\*Modelo proposto por Filolau com o fogo central, a Antiterra e os demais planetas\*

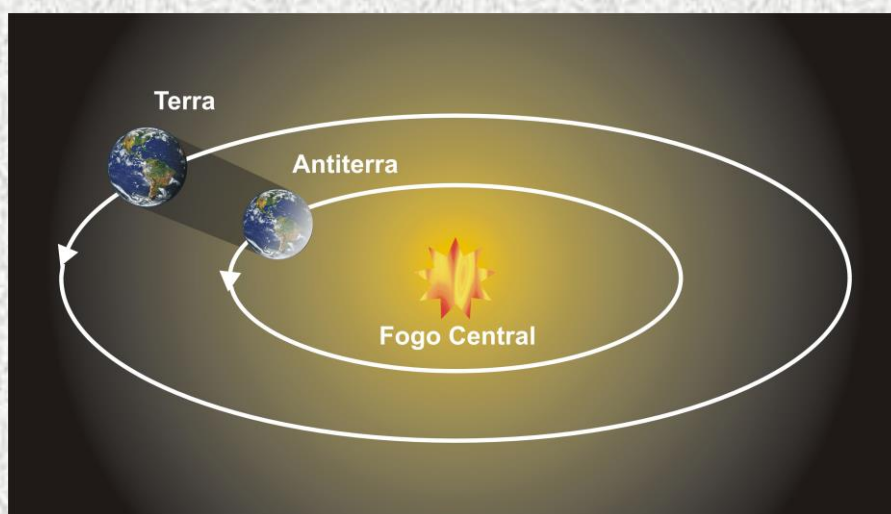
Vamos agora tentar entender um pouco do que pode ter passado pela cabeça de **Filolau** para construir este modelo. A primeira constatação (*e mais óbvia*) é a tentativa de montar um sistema onde houvesse 10 astros, pois como todo bom pitagórico, o número perfeito tinha que estar presente em seu trabalho.

Um dos motivos usados por alguns historiadores para explicar a existência do fogo central diz respeito a um confronto intelectual entre escolas da época. Segundo contam, um grupo de “**concorrentes**” dos pitagóricos teria afirmado que a **luz da Lua** era, na verdade, a **luz do Sol** refletida em sua superfície, algo que sabemos estar certo. Para não ficarem atrás, alguns dos seguidores de Pitágoras, entre eles Filolau, propuseram a existência deste fogo central. A partir de então, eles passaram a dizer que a luz do Sol era proveniente do reflexo da luz do fogo central, algo totalmente irreal, como sabemos hoje.

Entretanto, neste modelo insólito de Filolau, uma idéia já citada anteriormente merece destaque: **a de uma Terra móvel**. Embora não

tenha sido concebida da maneira correta, neste sistema nosso planeta já executava seus principais movimentos: **a revolução** (*só que ao redor do fogo central*) e a **rotação** em torno de seu eixo. Neste caso, no entanto, ambos os movimentos teriam a mesma duração, fato este que faria com que um observador na Grécia (*localizada no hemisfério terrestre voltado para a parte externa do Universo*) não tivesse acesso visual à parte interna, onde estariam a Antiterra e o fogo central.

A presença da **Antiterra** também é explicada. Além de fazer número para que a contagem chegasse a 10, este astro exerceria a importante função de proteger os antípodas, que seriam os habitantes do hemisfério oposto àquele no qual a Grécia estava situada, de serem queimados pelo fogo central. Como a Terra levava 24 horas para completar uma volta ao redor do seu eixo, e executava uma volta em torno do fogo central no mesmo intervalo de tempo, a **Antiterra** também levaria 24 horas em seu movimento orbital, de forma que o hemisfério "**inferior**" terrestre estivesse sempre protegido. Este comportamento explica porque tanto a Antiterra, quanto o fogo central seriam invisíveis para os gregos. Particularmente, o fogo central seria invisível mesmo para os antípodas.



*\*Ilustração de como era a parte mais interna do modelo proposto por Filolau com o fogo central, a Terra e a Antiterra\**

Nesta edição, entramos numa fase de transição, onde o conhecimento dos pré-socráticos começava a ser bem disseminado na Grécia, estimulando diversos filósofos a refletir sobre a natureza das coisas. Vários deles defendiam que havia um elemento primordial do qual tudo que existe teria se originado. Para **Tales**, como vimos, esta substância era a **água**. **Anaxímenes** acreditava que era o **ar**. O **fogo** e a terra também foram considerados elementos fundamentais por outros filósofos daquele período.



\*Os quatro elementos\*

Entretanto, é de **Empédocles** de Agrigento (c.490 – c.430 a.C.) a idéia de reunir todas essas substâncias no que ficou conhecido como **princípio quaternário**, que afirmava que tudo teria surgido de uma combinação desses quatro elementos. Esta premissa agradou a vários filósofos gregos que a adotaram e a aperfeiçoaram.



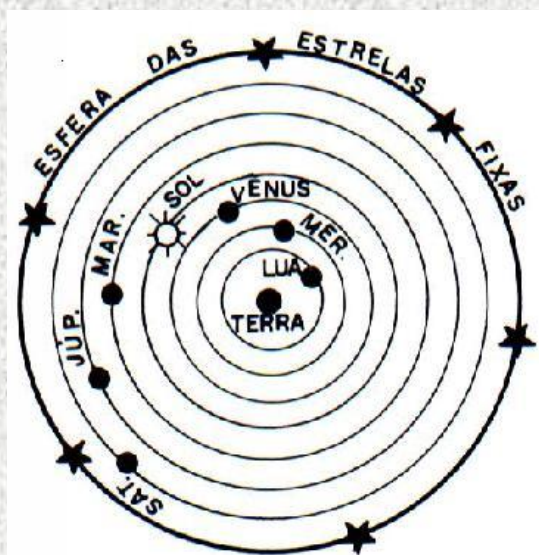
\*Empédocles\*

Outros que se destacaram pela busca do elemento primordial foram **Demócrito** de Abdera (c.470 – c.380 a.C.) e **Leucipo** de Mileto (c.460 – c.370 a.C.), fundadores da Escola Atomista. Ambos tornaram-se célebres por postular a existência de corpúsculos microscópicos que seriam os constituintes da matéria, denominados por eles de **átomos** (do grego "indivisíveis"). Vale destacar, contudo, que o conceito de átomo criado por **Demócrito** e **Leucipo** é bastante diferente do da ciência moderna.

Nesta mesma época viveu um dos maiores filósofos da história: **Sócrates** de Atenas (c.470 – 399 a.C.). Este momento representa uma

importante mudança de fase, pois deixamos o período inaugural pré-socrático para entrarmos no socrático. Nele, o centro intelectual grego se estabeleceu em Atenas, onde floresceu um personagem importantíssimo para a história da **Astronomia**. Seu nome era **Arístocles** (428 – 347 a.C.), mas ele se tornou mais conhecido como **Platão**, devido ao seu porte atlético (em grego, *platus* quer dizer “largo”).

**Platão** foi discípulo de Sócrates e grande admirador do trabalho de Pitágoras, que conheceu através da obra de Filolau. Foi graças a ele que o **modelo geocêntrico** ganhou força. Platão adotou a proposta de Pitágoras com a ordem de Filolau, ou seja, após a Terra central imóvel viria a Lua, depois o Sol, Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter, Saturno e, ao final, a esfera das estrelas fixas. Segundo ele, esses astros estariam em movimento circular uniforme ao redor da Terra, algo que não condizia com as observações planetárias, mas estava em harmonia com a “**perfeição**” herdada dos pitagóricos.



\*Modelo Geocêntrico\*

Ainda sobre esta herança, **Platão** relacionou os cinco poliedros regulares descobertos por Pitágoras (*sólidos com faces iguais: tetraedro, hexaedro ou cubo, octaedro, icosaedro e dodecaedro*), com os quatro elementos do princípio quaternário e o Universo. Atualmente, sabemos que estes sólidos platônicos (*como são mais conhecidos*) não têm qualquer relação com estes cinco elementos, apesar de alguns anos atrás um grupo de cosmólogos ter afirmado que o Universo poderia ter uma forma bastante semelhante à de um dodecaedro inserido em um espaço quadridimensional. Como esta é uma discussão bastante complexa e polêmica, basta deixar registrado que nada foi confirmado a respeito de uma possível forma para o Universo.



*\*Os cinco sólidos de Platão e os elementos aos quais eles foram relacionados\**

Ao observarmos as idéias platônicas sobre a criação do Universo de uma outra perspectiva, podemos aproveitá-las como analogia para melhor compreender um conceito bastante estranho a nossa intuição: a possibilidade de existirem mais de três dimensões espaciais.

**Platão** acreditava que existia o **Mundo das Idéias**, perfeito, e o **Mundo das Formas**, que nada mais seria que uma cópia imperfeita do primeiro. Segundo ele, das idéias vinham os números, em seguida, os sólidos regulares e, finalmente, os elementos primordiais, que dariam origem ao mundo como o conhecemos. Nós só teríamos contato com este último estágio, o das formas e dos sentidos. A fim de facilitar a visualização deste argumento, Platão formulou o que é chamado de **Alegoria da Caverna**.

De acordo com ele, o mundo que vemos e sentimos seria como sombras projetadas na parede dos fundos de uma caverna para observadores acorrentados e obrigados a conviver desde que nasceram com essas projeções. Desta maneira, a única realidade para essas pessoas seriam as sombras dos objetos que eles nunca vão observar diretamente porque são impossibilitados de virar o pescoço e contemplá-los como eles realmente são.

Este recurso é muito semelhante ao que utilizamos quando tentamos imaginar como seria percebido um objeto com mais dimensões espaciais do que podemos ver. Assim, se existe qualquer coisa com mais do que três dimensões (*como, por exemplo, um hipercubo, que nada mais é que um cubo de quatro dimensões*), nós não conseguiremos percebê-la desta forma, e precisaremos criar

maneiras alternativas de visualizá-la, como Platão fez, supondo que o mundo de três dimensões real era visto pelos habitantes da caverna como bidimensionais.

Uma outra grande contribuição de **Platão** veio por volta de 386 a;C. Ao adquirir um lote de terra na localidade conhecida como Jardins de Akademos, batizada em homenagem ao herói mitológico de mesmo nome, ele fundou sua escola que foi chamada por isso de **Academia**, e é considerada por muitos historiadores como **a primeira universidade**. Até o ano 529 da Era Comum, quando foi fechada a mando do Imperador Romano Justiniano I, por ser considerada uma ameaça à propagação do Cristianismo, a **Academia de Atenas** reuniu um grande número de cientistas famosos. Seu papel na história é tão significativo que muitos estudiosos afirmam que a data de seu fechamento marca o início do que hoje chamamos de **Idade das Trevas da Ciência**.

Como foi possível notar, a natureza matemática dos pensamentos platônicos associada à exploração metódica do Universo através da razão e de argumentos intuitivos e lógicos representaram um passo valiosíssimo no desenvolvimento científico. Como ele, seu discípulo Aristóteles aprimorará ainda mais algumas dessas idéias.

## **DA IDADE MÉDIA À CONTEMPORÂNEA**

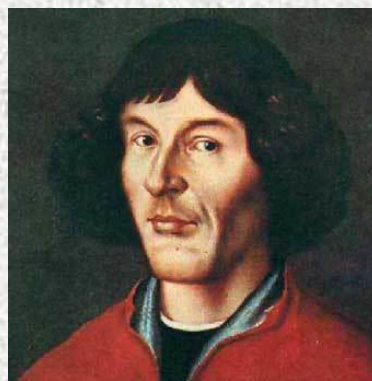
Para a **civilização muçulmana**, o conhecimento do céu constituía uma disciplina afim às próprias crenças religiosas, pois permitia encontrar em qualquer ponto da abóbada celeste o **caminho para Meca** e, conseqüentemente, oferecia um referencial para que o crente assumisse a posição correta para as preces cotidianas. Os **astrônomos islâmicos**, porém, foram bem além do uso religioso da astronomia. Embora interessados principalmente na astrologia, traduziram as obras antigas, compilaram tábuas que regulavam os movimentos celestes, apuraram a precisão dos instrumentos de medição e registro já existentes, como o **astrolábio**, e realizaram novas observações. Enquanto isso, nos reinos cristãos imperava ainda o sistema de Aristóteles. Só no século XII da era cristã se reavivou o interesse pela astronomia. Em 1270 **Afonso X** o Sábio, rei de Castela, fez publicar as **Táblas alfonsíes**, que descreviam supostos caminhos percorridos pelos astros e também se baseavam no sistema de círculos de esferas. No final da Idade Média, as viagens de Colombo e Fernão de Magalhães, que demonstraram definitivamente a esfericidade da Terra,

bem como a multiplicação dos conhecimentos propiciada pela imprensa, levaram ao descrédito **os antigos sistemas astronômicos**.



\*Astrolábio\*

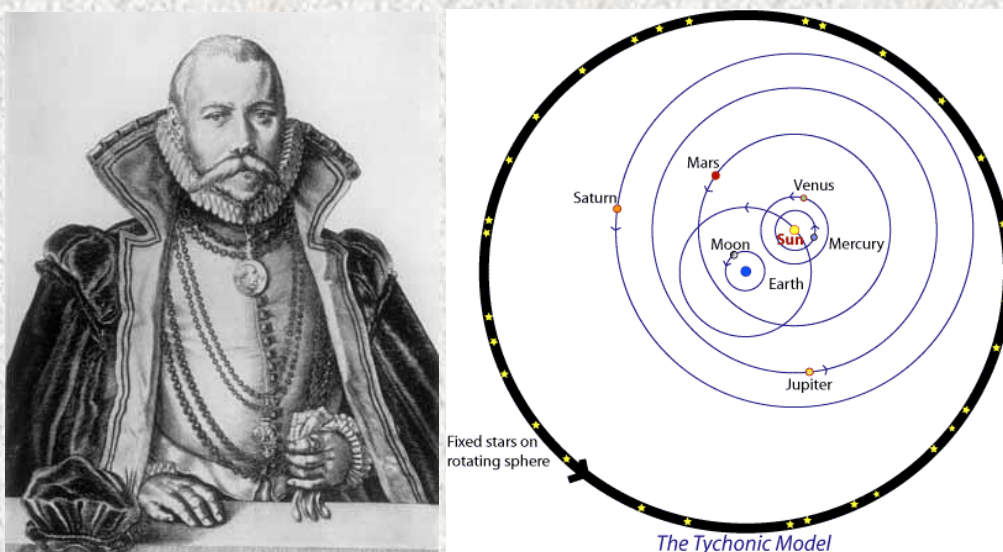
Em 1543, o polonês **Nicolau Copérnico** publicou *De revolutionibus orbium coelestium* (*Sobre as revoluções do céu*), obra na qual afirmava claramente que o **Sol ocupa o centro do universo**, a Lua gira ao redor da Terra e todos os planetas descrevem revoluções em torno do Sol. Demonstrou também que a **Terra gira em torno de si mesma**, em ciclos de um dia. O aparecimento, mais tarde, de tábuas baseadas na teoria de Copérnico determinou a aceitação de seus princípios por parte dos homens de ciência da igreja. A interpretação de Copérnico despertava a desconfiança desse setor, por privar o homem da posição central que acreditava ocupar no universo.



\*Nicolau Copérnico\*



O passo subsequente foi dado por **Tycho Brahe**, dinamarquês apaixonado pela astronomia, dedicou vinte anos à observação metódica das estrelas e foi o primeiro a dar à astronomia um método sistemático. Embora tenha trabalhado antes da invenção do telescópio, suas observações foram extremamente precisas. Chegou mesmo a perceber **o efeito da refração da atmosfera** ao determinar a posição dos corpos celestes. O surgimento de uma estrela nova, em 1572, levou-o a questionar a validade da teoria que sustentava a imutabilidade do céu, e uma série de cometas que pôde observar desmentiram, com seus surpreendentes movimentos, **a teoria das esferas**.

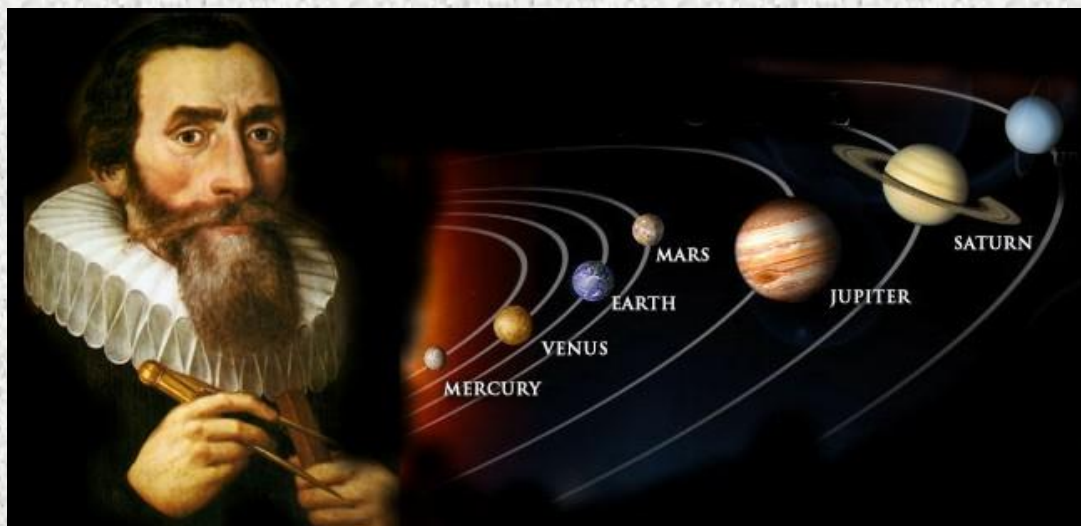


### \*Tycho Brahe e a Teoria das Esferas\*

**Brahe** também detectou indícios de que a distância das estrelas à Terra era maior do que supunha Copérnico, de modo que nem este nem Aristóteles pareciam ter razão. **Brahe** imaginou que o Sol se movesse ao redor da Terra e os outros astros ao redor dele, mas não propôs nenhuma teoria nova. Insistiu, porém, na importância da precisão das observações. Ao deixar de servir ao rei da Suécia, mudou-se para Praga a fim de trabalhar com **Kepler**, a quem passou um grande acervo de anotações.

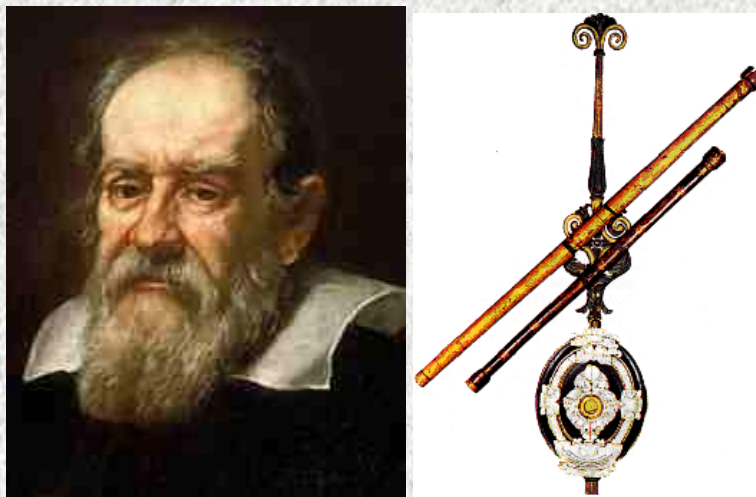
Foi o alemão **Johannes Kepler** quem completou o estabelecimento das leis que regem o movimento dos astros. Enriquecendo seus conhecimentos com as anotações e experiências de **Tycho Brahe**, Kepler empreendeu o estudo da órbita de Marte e comparou sistematicamente suas observações com os conhecimentos antigos. Concluiu que o planeta não seguia uma rota circular, mas **elíptica**, o que demonstrava e aperfeiçoava a teoria de Copérnico. Em sua **Astronomia nova** (1609), obra revolucionária que firmava as bases de uma nova concepção científica, Kepler formulou a primeira de

suas três leis. A primeira sustentava que **os planetas descrevem uma elipse** da qual o Sol é um dos focos. A segunda demonstrava que **os planetas giram em torno do Sol**, de tal modo que uma linha traçada a partir deles até o Sol atravessa sempre áreas iguais em iguais intervalos de tempo. Dez anos depois Kepler mostrou que **o quadrado do período** em que um planeta gira em torno do Sol é **proporcional ao cubo da distância** média que o separa deste.



\*Johannes Kepler\*

As lentes e suas propriedades de concentrar os raios luminosos eram conhecidas desde muito. Só em fins do século XVI, no entanto, passaram a ser encaixadas em dispositivos ópticos que permitissem ampliar o tamanho aparente dos objetos observados. O **telescópio** expandiu-se rapidamente por toda a Europa, mas foi **Galileu Galilei** quem pela primeira vez o apontou para o céu como instrumento de observação astronômica. Espírito clássico, astrônomo, matemático, pai da física e da mecânica, **Galileu** contemplou a Via Láctea em suas verdadeiras dimensões: "*uma massa de inumeráveis estrelas*", como ele próprio disse. Descobriu também os satélites de **Júpiter** e detectou as fases de **Vênus**, a rotação e as manchas do Sol, as crateras e montanhas da Lua. Em 1610 tornou públicas as suas observações em ***Siderius nuncius*** (*Mensageiro celeste*) e, no ***Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, ptolemaico e copernicano*** (1632; *Diálogo sobre os principais sistemas do mundo, o ptolemaico e o copernicano*), endossou a teoria do astrônomo polonês, já que tudo levava a crer que a Terra girasse ao redor de si mesma e do Sol. Os postulados de Galileu, que ainda em seu tempo foram censurados e acarretaram ao autor severa repressão por parte da igreja, constituíram uma base sólida para o desenvolvimento de deduções subseqüentes, tanto na física como na astronomia.



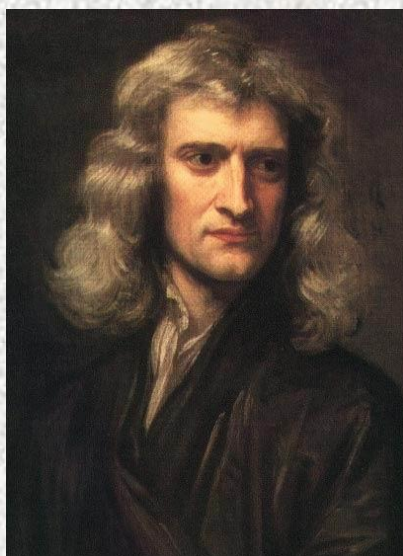
\*Galileu Galilei e sua célebre luneta\*

**Aristóteles** acreditava que um objeto só se desloca enquanto se mantém a força que o impele, e que, se o objeto perde o contato com ela, seu movimento cessa. Os fatos experimentais registrados até o século XVI pareciam confirmar a invalidez dessa tese, que se mostrava ainda mais inadequada com respeito aos **astros**. A mecânica medieval sustentava que a ação de uma causa incorpórea sobre todo corpo em movimento incorporava-se a este e o tirava de seu repouso espontâneo. **Galileu** inverteu o pressuposto aristotélico de que o estado natural de todo corpo é a inércia. Suas experiências sobre a queda livre mostraram-lhe que os corpos mantêm naturalmente seu movimento enquanto outra força não os detenham e, além disso, caem cada vez mais depressa. Possuem, pois, uma aceleração, que faz com que a distância da queda 's' varie segundo o quadrado do tempo 't' empregado. Esse postulado é expresso na fórmula  $s=t^2$ .

Assim enunciado, o **princípio da inércia** permitiu a Galileu descartar a antiga objeção ptolomaica segundo a qual, se a Terra se movesse, as coisas lançadas para cima não cairiam no mesmo lugar, como acontece. Ao contrário, os corpos em movimento tendem a manter-se em tal estado e participam, por isso, do deslocamento do planeta. Essa última contribuição de **Galileu** completou-se com as reflexões de Descartes, que, na busca de um sistema capaz de unificar os conhecimentos humanos de seu tempo, formulou o princípio da inércia tal como modernamente é conhecido. Os termos de sua definição determinaram que todo corpo opõe uma força de inércia ao movimento, mas depois continua a se deslocar devido à inércia. Esses novos conceitos suscitaram uma polêmica apaixonada no século XVII.

A síntese da renovação das **teorias astronômicas** concretizou-se na obra de **Isaac Newton**, que haveria de encontrar, para o problema do movimento, uma formulação matemática que se podia aplicar a

qualquer corpo físico, inclusive aos **astros**. Sua contribuição foi enfeixada em três leis. Pela **primeira**, os corpos tendem a permanecer em determinado estado: quando se acham imóveis, continuam assim até que uma força atue sobre eles; se, ao contrário, se movem, o deslocamento prossegue em linha reta até que outra força os detenha. A **segunda** lei de Newton afirma que, caso se produza uma modificação no movimento de um corpo, a alteração é proporcional à força que o provoca e se efetua em linha reta em relação a ela. A **terceira** lei assegura que a toda ação sempre se opõe uma reação igual e contrária. As forças que dois corpos exercem um sobre o outro, conseqüentemente, são análogas.



\*Isaac Newton\*

Livres de sua própria força, no entanto, os **planetas** se deslocariam em linha reta e, desse modo, o giro ao redor do Sol devia estabelecer-se, segundo Newton, por existir uma atração (**a gravitação**) a que os corpos celestes opõem sua inércia. Com a publicação de *Philosophiae naturalis principia mathematicae* (1687; *Princípios matemáticos da filosofia natural*), difundiu-se a lei da gravitação universal, que permitiu entender que os planetas traçam órbitas elípticas, uma vez que sobre eles não atua apenas a gravitação do Sol, mas também a dos outros planetas.

A partir das idéias de **Newton**, os progressos do conhecimento astronômico foram constantes. **Euler** aperfeiçoou o modelo das órbitas planetárias e demonstrou como elas mudam de tamanho e excentricidade conforme a atração dos demais corpos celestes. **D'Alembert** determinou a precessão dos equinócios (movimento retrógrado do eixo de rotação da Terra ao redor do pólo da eclíptica) sobre sólidas bases teóricas, e **Lagrange** e **Laplace** fixaram os limites das órbitas elípticas (*seus cálculos levaram-nos inclusive a estimar a*

idade do sistema solar). Por sua vez, **Gauss** descobriu a maneira de determinar a órbita de um planeta com apenas três posições observadas, o que lhe permitiu calcular a situação do primeiro asteroide, **Ceres**, cuja existência seria confirmada em 1801 por **Giuseppe Piazzi** e **Heinrich Olbers**.



\*Leonhard Euler\*



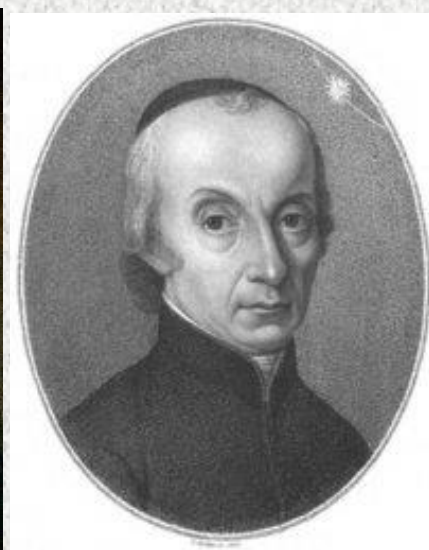
\*Jean Lerond D'Alembert\*



\*Joseph Louis Lagrange\*



\*Carl Friedrich Gauss\*



\*Giuseppe Piazzi\*



\*Heinrich Olbers\*

No início do século XVIII, o astrônomo inglês **Edmond Halley** propôs que os cometas vistos em 1531, em 1607 e em 1682 eram um único, que passa perto da Terra a intervalos de aproximadamente 76 anos. Sua hipótese estava certa. O matemático francês **Alexis-Claude Clairault** calculou os efeitos que as forças de atração de Júpiter e Saturno exerciam sobre aquele cometa. Assim, em 1758 afirmou que ele alcançaria seu periélio, o momento de maior aproximação do Sol, em abril de 1759. Errou em apenas um mês: o **Halley** apareceu em

março daquele ano. O trabalho conjunto de diversos astrônomos finalmente permitiu a **Laplace** integrar os percursos dos corpos que compõem o sistema solar segundo o modelo gravitacional de Newton. Seu **Traité de mécanique céleste** (*Tratado de mecânica celeste*) foi publicado em 1789.



\*Edmond Halley\*



\*Alexis-Claude Clairault\*



\* Pierre-Simon Laplace\*

Em 1781 o astrônomo inglês **Willian Herschel** descobriu o planeta **Urano**. Os estranhos movimentos do astro fizeram-no supor que ele sofria a influência de outro, ainda desconhecido, cuja órbita foi calculada antes de ser observado pela primeira vez. Tratava-se de **Netuno**, que **Urbain le Verrier** descobriu em 1846. Os problemas adicionais apresentados pelo percurso de Urano foram resolvidos pelo americano **Percival Lowell**, que em 1915 defendeu a existência de um outro planeta desconhecido: **Plutão**. Essa hipótese foi confirmada em 1930, embora Plutão só fosse observado em 1950.



\*Willian Herschel\*

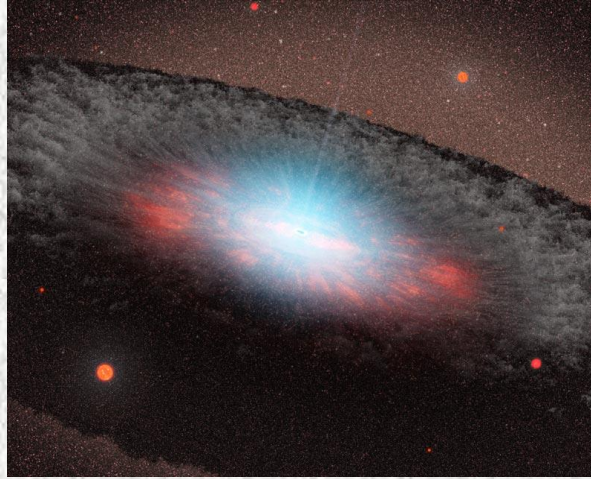


\*Urbain Le Verrier\*



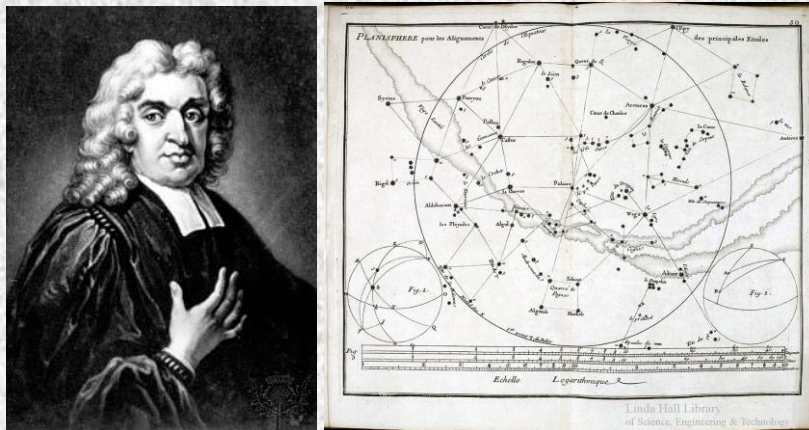
\*Percival Lowell\*

O conhecimento dos corpos celestes não parou de crescer desde o século XVIII, até a recente descoberta de objetos como os **quasares** ou os **buracos negros**, cuja complexidade e dimensões seriam inconcebíveis para os astrônomos que lançaram os alicerces a partir dos quais se desenvolveu o estudo científico do universo.



\*O maior Quasar conhecido\*

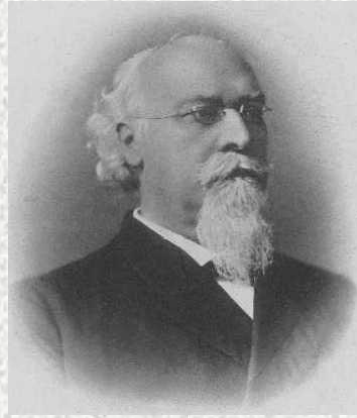
Entre os instrumentos a que se recorre para a exposição de teorias astronômicas, destacam-se os **atlas celestes**, por sua constante utilização a partir do século XVII. Os que foram organizados por meio do telescópio têm origem no atlas do inglês **John Flamsteed**. Elaborado no começo do século XVIII, arrolava 2.866 estrelas. No século XIX o astrônomo alemão **Eduard Schönfeld** publicou o primeiro **atlas** com astros do hemisfério boreal, em que já figuravam 324.198 corpos celestes. Um argentino, **Macon Thome**, estendeu-o ao hemisfério austral, atingindo um total de 641.000. Em 1930, a aplicação da fotografia à prospecção celeste serviu de base à elaboração do **Henry Draper Catalogue**, com mais de 400.000 astros. Mais tarde, os observatórios astronômicos passaram a contar seus achados em milhões.



\*John Flamsteed e seu Atlas\*



\*Eduard Schönfeld\*



\*Macon Thomé\*

No século XIX, a astronomia ficou ainda mais ligada à física do que estivera a partir de Newton. **Joseph von Fraunhofer**, célebre construtor de **telescópios**, pela primeira vez decompôs a luz do Sol através de um prisma. Em 1859, **Gustav Robert Kirchhoff** pôde explicar que os raios de diversas cores que se obtêm desse modo revelam a composição química do corpo que os emite. A partir de tais estudos experimentais desenvolveu-se uma nova geração de instrumentos (*espectrômetros, fotômetros e calorímetros*).



\*Joseph Von Fraunhofer\*



\*Gustav Robert Kirchhoff\*

Juntamente com os novos instrumentos, avançadas técnicas de fabricação de emulsões fotográficas possibilitaram a obtenção de imagens cada vez mais exatas e mais nítidas dos **astros**. Os **telescópios** aumentaram de tamanho e alcance. O **telescópio eletrônico** levou essas qualidades ao extremo, embora sempre dentro das possibilidades que oferecia o céu noturno, cujas perturbações impedem uma observação clara. Em 1957, quando se lançou ao espaço o primeiro **satélite artificial**, os astrônomos viram abrir-se a possibilidade de abandonar o planeta como ponto de observação. Os satélites e as mais avançadas sondas espaciais são capazes de colher e

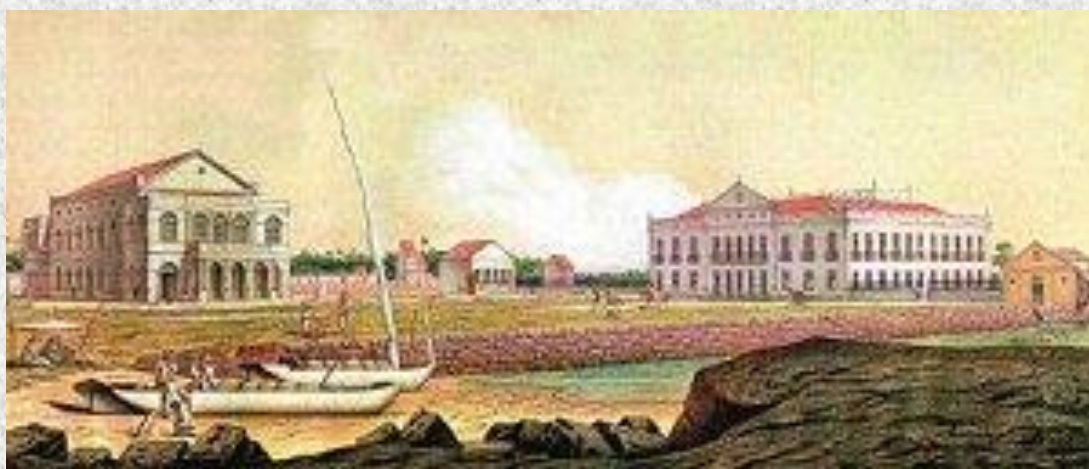


transmitir, do espaço exterior, dados de que nem se tem conhecimento na Terra.

Em 1932, registraram-se os **raios radioelétricos** emitidos pela Via Láctea. Desenvolveu-se desde então um novo campo, a **radioastronomia**, baseada na análise da emissão e absorção de radiações. Por meio dela, realizaram-se grandes avanços nos estudos sobre a atividade solar, a estrutura da nossa galáxia e a origem dos raios cósmicos. A **radioastronomia** revelou ainda a existência de complexas estruturas galácticas como os **pulsares** e os **quasares**.

## **ASTRONOMIA NO BRASIL**

Em 1639, por iniciativa de **Maurício de Nassau**, foi instalado o primeiro **observatório** do hemisfério sul na torre maior do palácio de Friburgo, na ilha de Antônio Vaz, em **Pernambuco**. Ali o cientista alemão **Georg Marcgrave** fez a primeira observação científica de um eclipse nas Américas. Ainda no século XVII foram importantes as contribuições de astrônomos jesuítas como **Valentim Stancel** e **Aluíso Conrado Pfeil**.



\*Palácio de Friburgo – Ilha de Antônio Vaz – Pernambuco\*

Em 1780 foi decidida a criação do **Observatório Astronômico do Rio de Janeiro**. Uma comissão portuguesa dirigida pelo cosmógrafo **Bento Sanches da Orta** passou a trabalhar no morro do Castelo, mas a instituição só foi oficialmente fundada em 15 de outubro de 1827. Em 1850 já contava com os instrumentos necessários às suas atividades, isto é, um círculo mural, uma luneta meridiana, aparelhos magnéticos e meteorológicos. **Emmanuel Liais**, do Observatório de Paris, foi o primeiro diretor do Imperial Observatório, como passou a se chamar. Sua mudança para o morro de São Januário se deu em 1922, na gestão de **Henrique Charles Morize**, que o dotou de uma luneta equatorial

Cooke, de 46cm de abertura, com duas câmaras astrofotográficas Taylor e outros valiosos instrumentos de pesquisa. Já com o nome de **Observatório Nacional**, foi um dos 15 observatórios a colaborar com o Bureau Internacional da Hora no traçado da primeira curva senoidal da variação anual da rotação da Terra, feito pelo astrônomo francês de origem russa **Nikolas Stoyko**.



\*Observatório Astronômico do Rio de Janeiro\*

Entre a década de 1920 e a de 1950 o observatório contou com a personalidade altamente realizadora de **Lélio Gama**, que coordenou importantes pesquisas e procurou atualizar o equipamento disponível. Foi estudada a variação de latitude do Rio de Janeiro, criou-se com avançada tecnologia o **Serviço de Hora**, procedeu-se ao levantamento magnético e gravimétrico do país. Os grandes planetas receberam especial atenção a partir de 1956, e assinalaram-se contribuições originais no campo da observação das estrelas duplas: em 1968, iniciou-se ali, pela primeira vez na América do Sul, o emprego da técnica de exposições fotográficas múltiplas no acompanhamento das binárias visuais.

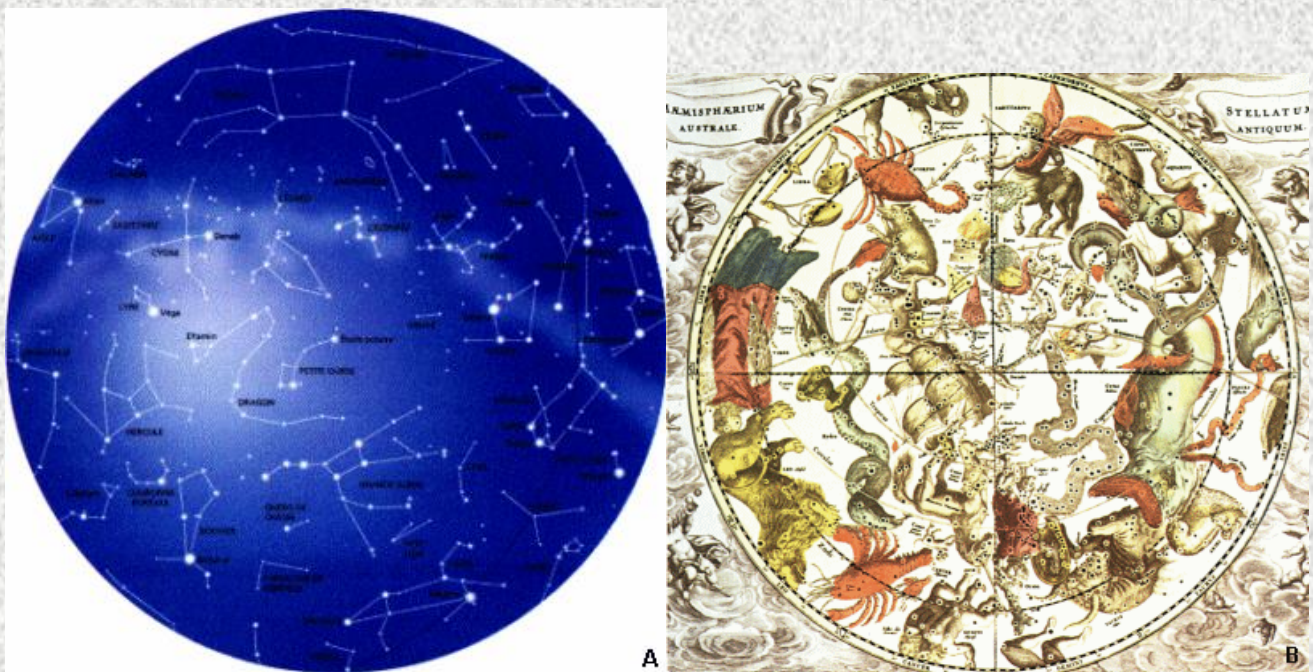


\*Lélio Gama\*

Outras instituições astronômicas mais tarde criadas no país são o Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo, o Observatório Astronômico do Instituto Tecnológico da Aeronáutica de São José dos Campos e o Centro de Radioastronomia e Astrofísica da Universidade Mackenzie, que instalou em Atibaia - SP um grande observatório radioastronômico.

## CONSTELAÇÕES

O olhar para o céu desde cedo levantou a questão da sua organização. De fato, a necessidade do Homem organizar e catalogar a informação está patente no nosso cotidiano em quase todas as áreas de atividade. Quando entramos num supermercado, por exemplo, sabemos que se num expositor se encontram massas, provavelmente nesse expositor não haverá leite. Tal como se criou os mapas para nos orientarmos ao nível do solo, o Homem criou **cartas celestes** para se orientar através dos céus. Nas **cartas celestes**, as **constelações** são o equivalente aos países dos mapas e as **estrelas** o equivalente às povoações.



\*Constelações do Hemisfério Norte. A - Os traços de união que permitem construir figuras imaginárias; B - Na Antiguidade chegavam mesmo a atribuir formas tridimensionais em torno dos traços da união\*

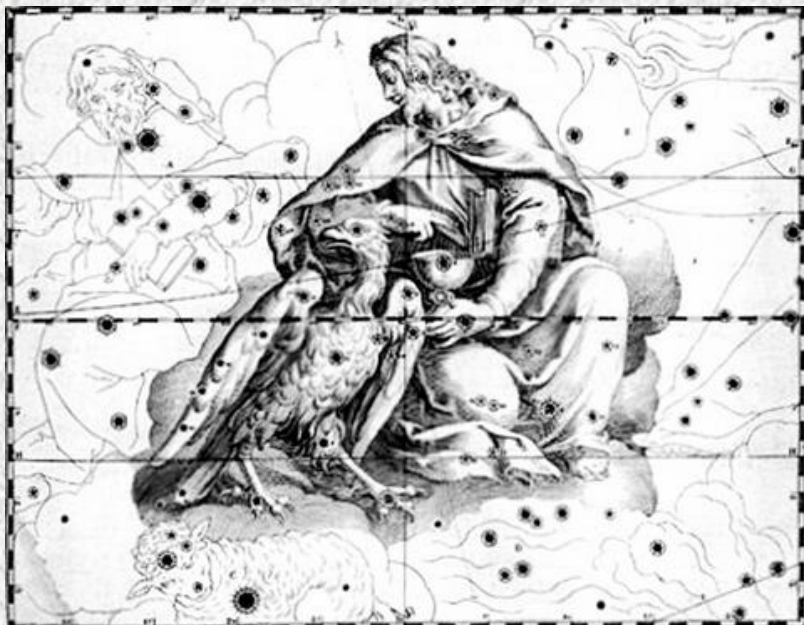
As **constelações** são padrões que os seres humanos perceberam a partir da distribuição aleatória das estrelas visíveis no céu à vista desarmada. Representam a projeção de figuras ou imagens com relevância social, tecnológica ou mitológica para aqueles que as inventaram na época em que viviam. Originalmente refletiam uma crença supersticiosa que os céus continham entidades ou divindades que no passado, presente ou futuro, poderiam afetar o destino humano. Esta crença ainda hoje se mantém com uma estranha adesão popular à **astrologia**. As estrelas de uma dada constelação não têm normalmente qualquer relação física entre elas e podem encontrar-se a distâncias completamente diferentes da Terra. Para os astrônomos atuais as constelações são auxiliares de memória que permitem saber melhor as coordenadas numéricas e ter uma idéia aproximada de qual é a área do céu que está a ser referida numa conversa.

A nossa abordagem vai considerar sobretudo as **constelações ocidentais**; no entanto, não deve ser esquecido que existem diversas formas tradicionais de definir as constelações para além destas. Por exemplo, as **cartas celestes chinesas** tinham 28 casas lunares e 122 agrupamentos de constelações. Os **índios dos Andes** possuíam uma série de nomes de constelações, tal como os navegadores da Polinésia.



\*Antiga Carta Celeste Chinesa\*

Houveram tentativas audaciosas de redesenhar todo o céu: por exemplo, **Julius Schiller** no seu *Coelum Stellatum Christianum...*, publicado em Augsburg em 1627, tentou substituir os símbolos pagãos por santos cristãos, baseado nos mesmos agrupamentos de estrelas.



\*Cartas celestes de Julius Schiller\*

A versão atual das constelações começou a ser traçada por **Ptolomeu**, que compilou as crenças anteriores à sua existência no primeiro catálogo real de estrelas, o **Almagest**. Diz-se frequentemente que todos os nomes tradicionais de estrelas como "**Aldebaran**" ou "**Betelgeuse**" são de origem árabe, mas isto é simplificar demasiadamente a questão, pois os nomes das estrelas têm inúmeras origens linguísticas, tendo os nomes das estrelas do Hemisfério Sul, como por exemplo "**Acrux**", sido atribuídos na Idade Moderna. O catálogo de Ptolomeu continha 48 constelações incluindo já as mais famosas e espetaculares como **Oriente**, **Touro**, **Pégaso**, entre outras.

Com o passar do tempo, as constelações foram ilustradas em vários manuscritos, especialmente nos manuscritos árabes. Em 1482 surgiu a primeira edição de **Poeticon Astronomicum** de Caius Julius

Hyginus, o primeiro livro a conter representações impressas das constelações mais proeminentes.

Desde então têm sido escritos imensos livros dedicados à descrição e representação das constelações.

Para um **astrofísico**, a constelação é uma região contida dentro de limites definidos em função da ascensão reta e da declinação que se encontram na área onde os antigos imaginavam as figuras que deram o nome à constelação.



\*Concepção das Constelações. Na Antiguidade atribuíram nomes do seu quotidiano ou do seu imaginário às constelações. Hoje seria possível imaginar objetos.

A - Centauro; B - Sagitário\*