

Olympic Birds

Astronomia



Rumo às estrelas: Apostila para a OBA

Material teórico feito por Guilherme Augusto



Sumário

1	Introdução à Astronomia	4
1.1	Uma Viagem pela História da Astronomia	4
1.2	As Constelações	4
1.3	Movimento de rotação e translação terrestre	6
1.4	Coordenadas na Terra e no Céu	6
1.5	Estações, Solstícios e Equinócios	8
1.6	O Relógio de Sol	8
2	Sistema Solar	9
2.1	A Origem do Sistema Solar	9
2.2	O Sol	10
2.3	Os Planetas Telúricos (Rochosos)	11
2.4	Os Planetas Jovianos (Gasosos)	11
2.5	Planetas Anões, Asteroides, Cometas e Meteoroides . . .	12
2.6	A Lua	13
3	Leis do Movimento e Gravitação	15
3.1	As Leis de Kepler	15
3.2	As Leis de Newton	15
3.3	A Gravidade: A Força que Atrai os Corpos	16
3.4	Diferença entre Massa e Peso	16
4	Medindo o Cosmos	16
4.1	Que Unidades Usamos para Medir o Espaço?	16
4.2	Como Medimos o Brilho das Estrelas?	17
5	Luz e Matéria	18

5.1	O Arco-Íris completo: Espectro Eletromagnético	18
5.2	Efeito Doppler	19
5.3	Espectroscopia	19
5.4	Calor e "Ímãs" no Espaço	20
6	Estrelas e Galáxias	21
6.1	A Vida das Estrelas	21
6.1.1	Como Nasce uma Estrela?	21
6.1.2	A Fase Principal: A Longa Vida da Estrela	22
6.1.3	Como as Estrelas Morrem	22
6.2	As Galáxias	23
6.2.1	Que Formas as Galáxias Têm?	23
6.2.2	A Via Láctea	23
7	Cosmologia	24
7.1	BIG BANG: O Nascimento do Universo	24
7.2	Lei de Hubble	25
8	Princípios da Astronáutica	26
8.1	Conquista do Espaço e Corrida Espacial	26
8.2	O Veículo Espacial: Foguetes	28
8.3	Velocidade Orbital e de Escape	29
8.4	Campo Gravitacional	31
9	Satélites e Órbitas	31
9.1	Tipos de Órbita	31
9.1.1	Órbita Circular	31
9.1.2	Órbita Elíptica	32
9.1.3	Órbita Polar	32
9.1.4	Órbita Geoestacionária (GEO)	32
9.2	Manutenção e Reentrada dos Satélites	32
9.3	Para Que Servem os Satélites?	33
9.3.1	Comunicação	33
9.3.2	Meteorologia	33
9.3.3	Sensoriamento Remoto (Olhando a Terra)	33
9.3.4	GPS (Onde Estou?)	33
9.3.5	Telescópios Espaciais (Olhando o Universo)	34

10 Exploração Espacial no Brasil	34
10.0.1 Exploração do Sistema Solar	34
10.1 Programa Espacial Brasileiro	36
10.1.1 Agências e Instituições	36
10.1.2 Foguetes Brasileiros	37
10.1.3 Satélites Brasileiros	37
10.2 Corpo Humano no Espaço	38
10.3 Efeito Estufa e Camada de Ozônio (Contexto Terrestre) .	39

1 Introdução à Astronomia

1.1 Uma Viagem pela História da Astronomia

Imagina só, há muito, muito tempo, antes mesmo dos seus avós nascerem, as pessoas já olhavam para o céu à noite. Elas viam as estrelas, a Lua e os planetas, e ficavam curiosas! Essa curiosidade deu origem à astronomia, que é o estudo de tudo o que existe lá no espaço.

Povos antigos, como os que viviam na Babilônia e no Egito, usavam as estrelas como um grande relógio e calendário. Olhando para o céu, eles sabiam quando plantar, quando colher e até como encontrar o caminho durante viagens.

Na Grécia Antiga, pensadores imaginaram como o universo funcionava. Alguns achavam que a Terra ficava parada no centro de tudo (ideia geocêntrica). Outros, mais espertos, já pensavam que a Terra girava em volta do Sol (ideia heliocêntrica), mas demorou muito para essa ideia pegar!

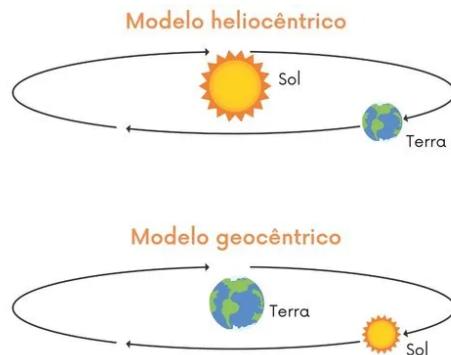


Figura 1: Comparação entre os modelos geocêntrico e heliocêntrico – Brasil Escola

Depois vieram cientistas geniais que mudaram tudo. Copérnico foi o primeiro a dizer: “Ei, não é o Sol que gira em torno da Terra — é o contrário!” Kepler entrou em cena e descobriu as regras do movimento dos planetas. Galileu, com seu telescópio, observou o céu como ninguém antes e encontrou provas de que Copérnico estava certo. E Newton, por fim, mostrou por que os planetas não saem voando e por que tudo fica preso ao chão: por causa da gravidade!

Hoje, temos telescópios gigantes na Terra e até no espaço (como o Hubble e o James Webb) que nos mostram galáxias distantes, planetas em outros sistemas solares e nos ajudam a entender como o universo começou.

1.2 As Constelações

Sabe quando você olha para as nuvens e imagina formas de animais ou objetos? Os antigos faziam algo parecido com as estrelas! Eles ligavam os pontos brilhantes no céu e imaginavam desenhos, que chamamos popularmente de constelações (o nome na



Figura 2: Telescópio Espacial Hubble

verdade é asterismo). Muitas têm nomes de heróis, deuses ou animais das histórias que eles contavam.

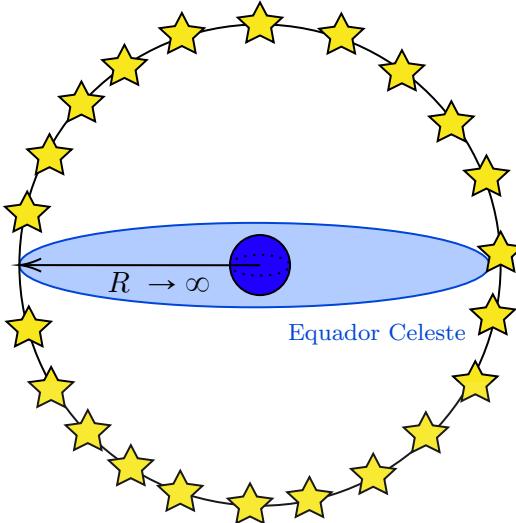
Hoje, os astrônomos dividiram o céu todo em 88 constelações oficiais, como se fossem países no mapa do céu. Conhecer algumas constelações ajuda a gente a se localizar à noite. Aqui no Brasil (Hemisfério Sul), a mais famosa é o Cruzeiro do Sul, que parece uma pequena cruz e aponta para o sul.

Outras constelações legais de ver são Órion (fácil de achar pelas "Três Marias", que formam o cinturão do caçador), Escorpião (que parece mesmo um escorpião) e Cão Maior (onde fica Sirius, a estrela mais brilhante que vemos à noite).



Figura 3: Exemplo de Céu com os asterismos e fronteiras das constelações

Para entender o céu, imagine uma bola gigante em volta da Terra, onde todas as estrelas estão "coladas". Essa é a esfera celeste. Ela tem pontos importantes como o Polo Sul Celeste (para onde o Cruzeiro do Sul aponta) e o Equador Celeste (a linha do equador da Terra projetada no céu). As estrelas parecem se mover durante a noite porque, na verdade, é a Terra que está girando!



1.3 Movimento de rotação e translação terrestre

Nosso planeta Terra não fica parado, ele está sempre em movimento no espaço! Ele faz dois movimentos principais:

- **Rotação:** É como se a Terra fosse um pião girando em torno de si mesma. Esse giro leva quase 24 horas para completar uma volta. É por causa da rotação que temos o dia (quando nosso lado da Terra está virado para o Sol) e a noite (quando estamos do lado oposto).
- **Translação:** Além de girar, a Terra também passeia ao redor do Sol, como um carro numa pista oval. Essa volta completa leva mais ou menos 365 dias, ou seja, um ano! Sabe por que temos as estações do ano (verão, outono, inverno, primavera)? Porque o eixo da Terra (a linha imaginária em torno da qual ela gira) é um pouco inclinado. Por causa dessa inclinação, às vezes o Hemisfério Sul recebe mais Sol (verão aqui), e às vezes é o Hemisfério Norte (verão lá).
- **Extra** temos outros dois movimentos além desses, porém não cobrados diretamente na prova mas é bom saber. A precessão que é um movimento lento e gradual do eixo da Terra, que muda sua direção ao longo do tempo, e a nutação, são pequenas oscilações que ocorrem nesse movimento por causa da atração da Lua e do Sol.

1.4 Coordenadas na Terra e no Céu

Assim como usamos endereço para achar uma casa, os cientistas usam coordenadas para localizar lugares na Terra e pontos no céu.

- **Na Terra (Geográficas):** Usamos a **latitude** (que diz se estamos mais perto do Polo Norte, do Polo Sul ou da linha do Equador) e a **longitude** (que diz se estamos mais para leste ou oeste de um lugar especial na Inglaterra, chamado Greenwich). Com latitude e longitude, achamos qualquer ponto no mapa!

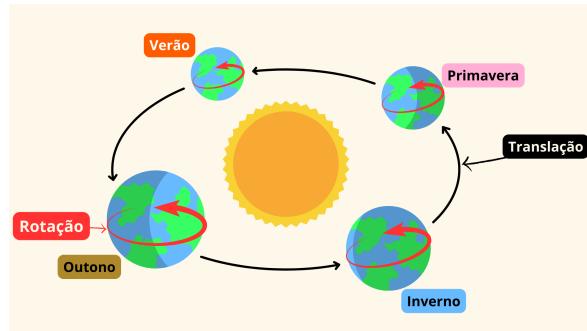
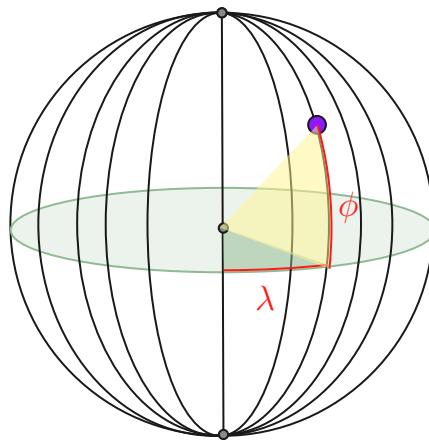
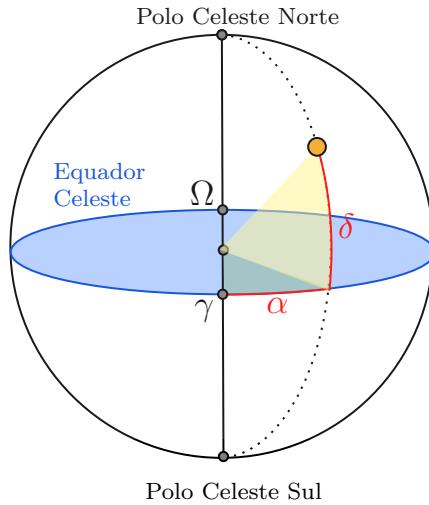


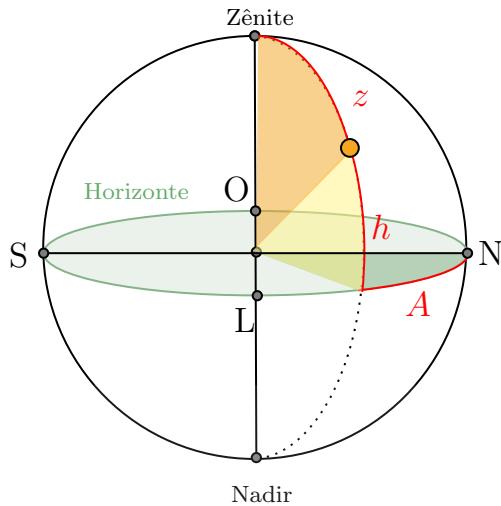
Figura 4: Movimentos da Terra - Conexão Escola



- **No Céu (Celestes):** Para achar uma estrela, usamos algo parecido. A **declinação** é como a latitude no céu, medindo para "cima" ou para "baixo" em relação ao Equador Celeste. A **ascensão reta** é como a longitude, medindo para os "lados".



- **Do Nossa Ponto de Vista (Horizontais):** Quando olhamos para o céu, podemos dizer a **altura** de uma estrela (o quanto alto ela está acima do horizonte) e o **azimute** (a direção na bússola, como norte, leste, sul ou oeste, onde ela está).



1.5 Estações, Solstícios e Equinócios

Como vimos, as estações do ano existem por causa da inclinação ($23,5^\circ$) do eixo da Terra enquanto ela viaja ao redor do Sol. Essa inclinação faz com que a luz do Sol chegue mais forte ou mais fraca em cada parte do planeta durante o ano.

- **Solstícios:** São os dias que marcam o início do verão e do inverno. No **solstício de verão** (dezembro aqui no Sul), temos o dia mais longo do ano, porque nosso hemisfério está mais inclinado para o Sol. No **solstício de inverno** (junho aqui no Sul), temos a noite mais longa, pois estamos mais inclinados para longe do Sol.
- **Equinócios:** São os dias que marcam o início da primavera e do outono (março e setembro). Nesses dias, o Sol está bem em cima da linha do Equador, e o dia e a noite têm quase a mesma duração no mundo todo.

1.6 O Relógio de Sol

Um relógio de sol é um instrumento que usa a luz do Sol para mostrar as horas do dia. Ele funciona com uma haste (chamada gnômon) que faz sombra sobre uma base com marcas das horas. À medida que o Sol se move no céu, a sombra muda de lugar e mostra o horário.

Relógio de sol horizontal:

- A base com as horas fica na horizontal, como uma mesa.
- O gnômon é inclinado e aponta para o pólo celeste visível, no Hemisfério Sul, para o Sul e no hemisfério Norte, para o Norte.
- É o tipo mais comum e fácil de montar em locais planos.

Relógio de sol vertical:

- A base com as horas fica na vertical, como uma parede.



Figura 5: Relógio Horizontal - Wikipédia

- O gnômon também é inclinado para o pólo celeste não visível, mas a sombra se projeta de forma diferente porque está em uma superfície vertical.
- Ele é bom para ser colocado em paredes externas, como em prédios ou igrejas.

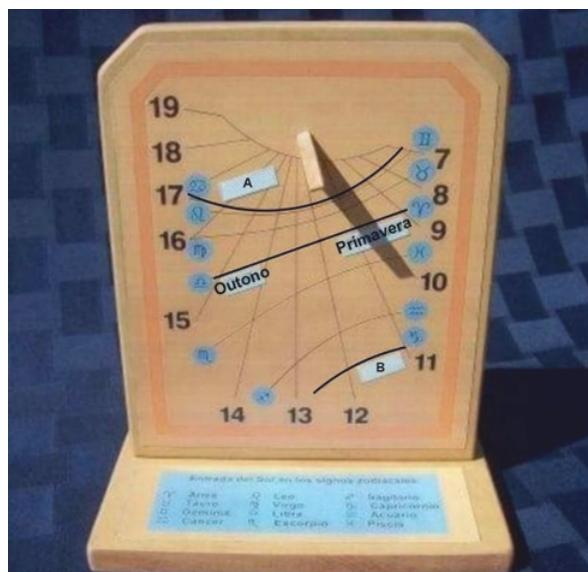


Figura 6: Relógio de Vertical - Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

2 Sistema Solar

2.1 A Origem do Sistema Solar

Sabe como o Sol e os planetas apareceram? A ideia mais aceita pelos cientistas é a **hipótese nebulosa**. Imagine uma nuvem gigante, mas gigante mesmo, feita de gás e poeira, flutuando no espaço há bilhões de anos. Essa era a nebulosa solar.

Algo fez essa nuvem começar a encolher e girar, talvez a explosão de uma estrela por perto. A maior parte do material foi para o centro e formou o nosso Sol bebê (o proto-Sol). O resto da nuvem ficou girando em volta, achatada como uma pizza, formando um disco.

Nesse disco, pedacinhos de poeira e gelo começaram a bater e grudar uns nos outros, como quando você faz uma bola de massinha. Esses pedaços foram crescendo e viraram "tijolos" espaciais chamados planetesimais. Eles continuaram se chocando e se juntando até formar os planetas, as luas, os asteroides e os cometas que a gente conhece hoje. Isso tudo aconteceu há uns 4,6 bilhões de anos!

2.2 O Sol

O Sol é a estrela no centro do nosso sistema, uma bola gigante de gás superquente, feita principalmente de hidrogênio e hélio. Toda a luz e o calor que chegam aqui vêm dele!

Por Dentro do Sol:

- **Núcleo:** É o coração do Sol. Lá dentro, a pressão e a temperatura são tão altas que acontece a fusão nuclear: o hidrogênio se transforma em hélio, liberando uma energia incrível!
- **Zona Radiativa:** A energia sai do núcleo viajando como luz (fótons).
- **Zona Convectiva:** Mais para fora, a energia sobe e desce em bolhas de gás quente, como água fervendo numa panela.

A "Pele" e a Atmosfera do Sol:

- **Fotosfera:** É a superfície que a gente consegue ver (com proteção nos olhos, claro!). É daqui que sai a maior parte da luz. Se olharmos bem de perto (com telescópios especiais), ela parece cheia de "bolinhas" fervendo.
- **Cromosfera:** Uma camada fininha e avermelhada acima da fotosfera, que só dá pra ver direito durante eclipses.
- **Coroa:** A parte mais externa, como uma coroa de rei, muito quente e gigante, mas tão fraquinha que só aparece bem durante eclipses totais. É daqui que sai o vento solar, um "sopro" de partículas que viaja pelo espaço.

O Sol "Nervoso": Atividade Solar O Sol não é sempre calmo. A cada 11 anos, mais ou menos, ele fica mais agitado. Aparecem mais **manchas solares** (áreas mais escuras e frias na fotosfera, causadas por campos magnéticos fortes). Nessa época, podem acontecer **erupções solares** (explosões de energia) e **ejeções de massa coronal** (bolhas gigantes de gás quente que escapam para o espaço). Essas "explosões" podem até afetar a Terra, causando auroras bonitas (luzes coloridas no céu perto dos polos) e problemas em satélites e redes elétricas.



Figura 7: Anatomia Solar - Revista Fapesp

2.3 Os Planetas Telúricos (Rochosos)

Os quatro planetas mais pertinho do Sol são chamados telúricos ou rochosos. Eles são menores e têm uma superfície sólida, como a Terra.

- **Mercúrio:** O menorzinho e mais rápido, colado no Sol. Quase não atmosfera e parece a Lua, cheio de buracos (crateras). Faz um calorão de dia e um friozão à noite!
- **Vênus:** Quase do tamanho da Terra, mas um lugar bem diferente! Tem uma "coberta" de nuvens grossas e venenosas (atmosfera de dióxido de carbono) que guarda tanto calor que ele é o planeta mais quente de todos. Tem vulcões e planícies.
- **Terra:** O único lugar que sabemos que tem vida. Tem muita água líquida, ar com oxigênio para respirarmos e um "escudo magnético" que nos protege do Sol. Temos um satélite natural, a Lua.
- **Marte:** O Planeta Vermelho! Sua cor vem do ferro enferrujado na superfície. Tem um ar bem fininho, gelo nos polos, vulcões gigantes (o maior de todos, Monte Olimpo) e parece que já teve água líquida correndo por lá. Tem duas pequenas luas : Fobos e Deimos.

2.4 Os Planetas Jovianos (Gasosos)

Depois dos rochosos, vêm os quatro gigantes, também chamados de gasosos ou jovianos (porque Júpiter é o maior deles). Eles são enormes e feitos principalmente de gases (hidrogênio e hélio), sem um chão firme para pisar. Todos têm anéis e muitas luas.

- **Júpiter:** o maior de todos, Sua "pele" é cheia de nuvens coloridas e tempestades, incluindo a Grande Mancha Vermelha, uma tempestade maior que a Terra que dura séculos! Tem um campo magnético superforte e dezenas de luas. As quatro maiores

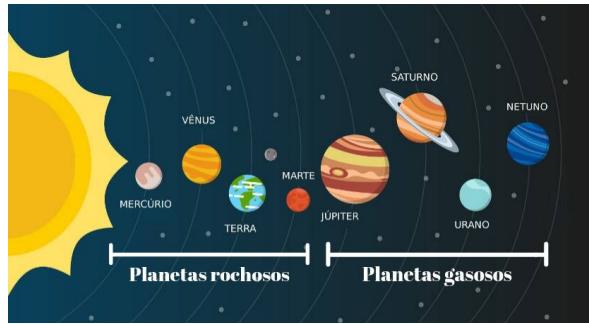


Figura 8: Classificação dos Planetas - UOL

(Io, Europa, Ganimedes e Calisto) foram vistas por Galileu.

- **Saturno:** O senhor dos anéis, Famoso por seus anéis lindos e brilhantes, feitos de pedacinhos de gelo e poeira. É o segundo maior, mas tão leve que flutuaria na água (se existisse uma banheira gigante). Tem muitas luas, como Titã (a única lua com ar denso) e Encélado (que solta jatos de água).
- **Urano:** Um gigante de gelo azul-esverdeado (por causa do gás metano). Ele é esquisito porque gira quase "deitado" na sua órbita, como se estivesse rolando. Tem anéis fininhos e várias luas.
- **Netuno:** Outro gigante de gelo, parecido com Urano, mas com um azul mais forte. Tem os ventos mais rápidos do Sistema Solar e também tinha uma Grande Mancha Escura (uma tempestade). Possui anéis finos e luas. A maior, Tritão.

2.5 Planetas Anões, Asteroides, Cometas e Meteoroides

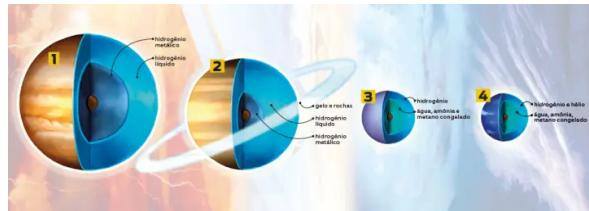


Figura 9: Como é um Planeta Gasoso? - SuperInteressante

Além dos oito planetas principais, temos outros moradores no Sistema Solar:

- **Planetas Anões:** São corpos grandes que giram em torno do Sol e têm forma mais ou menos redonda, pois sua gravidade os molda assim — embora alguns sejam meio achatados ou alongados. Mas, diferente dos planetas, eles não conseguiram "limpar" o caminho ao redor deles, ou seja, dividem espaço com outros objetos. Exemplos: Plutão (que já foi o nono planeta!), Ceres (que mora no cinturão de asteroides), Éris, Makemake e Haumea (que vivem bem longe, depois de Netuno).
- **Asteroides:** Pedregulhos gigantes de rocha e metal que giram em torno do Sol. A maioria fica numa região entre Marte e Júpiter, chamada **Cinturão de Asteroides**.



Figura 10: Planetas Anões do Sistema Solar - UOL

Alguns chegam perto da Terra!

- **Cometas:** Bolas de gelo sujo (gelo de água, gases congelados e poeira) que vêm de muito longe. Quando chegam perto do Sol, o calor faz o gelo virar gás, formando uma "cabeça" brilhante (coma) e caudas longas que sempre apontam para longe do Sol.
- **Meteoroides:** Pedacinhos de asteroides ou cometas soltos no espaço. Se um deles entra na nossa atmosfera, ele queima com o atrito no ar e faz um risco de luz no céu – é um **meteoro** (a famosa "estrela cadente"). Se um pedaço sobreviver e cair no chão, vira um **meteorito**.



Figura 11: Diferenças entre Asteroide, Cometa, Meteoro e Meteorito - UOL

2.6 A Lua

A Lua é o satélite natural da Terra, nossa vizinha mais próxima no espaço. Ela não tem luz própria, só reflete a luz do Sol.

- **(Fases):** A Lua parece mudar de forma no céu (Nova, Crescente, Cheia, Minguante). Isso acontece por causa da posição dela em relação à Terra e ao Sol enquanto ela gira ao nosso redor. Vemos diferentes partes dela iluminadas pelo Sol. O ciclo todo leva quase um mês (29,5 dias).
- **(Eclipses):** Às vezes, o Sol, a Terra e a Lua se alinham, causando eclipses.

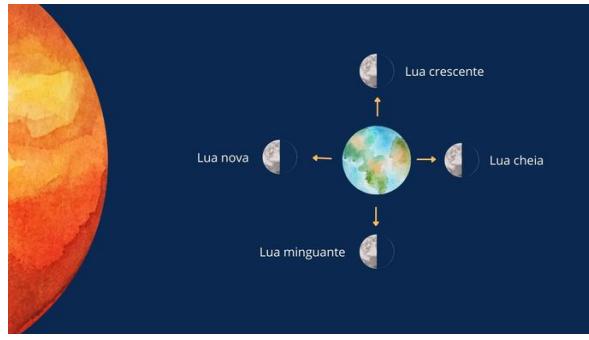


Figura 12: Fases da Lua - Diferença.com

- **Eclipse Solar:** A Lua entra na frente do Sol, tampando ele total ou parcialmente e fazendo uma sombra na Terra. Acontece na Lua Nova.
- **Eclipse Lunar:** A Terra fica entre o Sol e a Lua, e a sombra da Terra cobre a Lua, deixando ela escura ou avermelhada. Acontece na Lua Cheia.

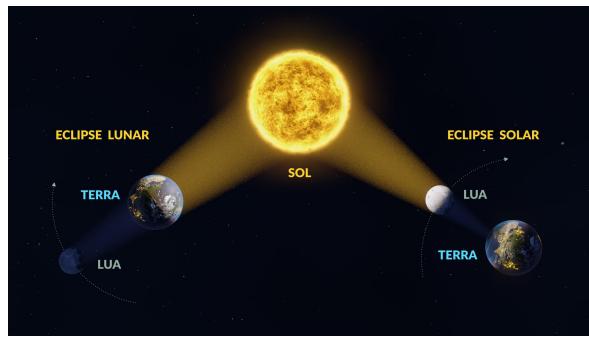


Figura 13: Diferença entre os Eclipses

- **(Marés):** A força da gravidade da Lua (e um pouquinho do Sol) puxa a água dos oceanos, fazendo o nível do mar subir (maré alta) e descer (maré baixa) duas vezes por dia. Quando o Sol, a Terra e a Lua estão alinhados (Lua Nova ou Cheia), a puxada é mais forte e as marés são maiores (marés de sizígia).

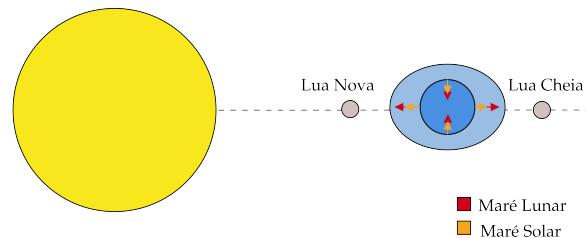


Figura 14: Efeito das Marés - Apostila Fênix

3 Leis do Movimento e Gravitação

3.1 As Leis de Kepler

Johannes Kepler foi um astrônomo que, ao observar o movimento dos planetas no céu, formulou três leis que explicam como eles se movem ao redor do Sol.

1. **Primeira Lei (Lei das Órbitas):** Os planetas se movem ao redor do Sol em trajetórias chamadas **elipses**, e o Sol ocupa um dos focos da elipse, não o centro.
2. **Segunda Lei (Lei das Áreas):** Um planeta se move mais rápido quando está mais próximo do Sol e mais devagar quando está mais distante. A linha imaginária que liga o planeta ao Sol varre áreas iguais em intervalos de tempo iguais.
3. **Terceira Lei (Lei dos Períodos):** Existe uma relação entre o tempo que o planeta leva para completar uma volta ao redor do Sol (período orbital T) e o tamanho da sua órbita (semieixo maior a). A relação é dada pela fórmula:

$$T^2 \propto a^3$$

Isso significa que quanto maior a órbita, mais tempo o planeta leva para completar uma volta.

3.2 As Leis de Newton

Isaac Newton explicou por que os planetas seguem as leis de Kepler: por causa da força gravitacional. Ele também formulou três leis do movimento, que são fundamentais para entender como os corpos se movem no espaço.

1. **Primeira Lei (Inércia):** Um corpo em repouso tende a continuar em repouso, e um corpo em movimento tende a continuar em movimento retilíneo e uniforme, a menos que alguma força atue sobre ele.
2. **Segunda Lei (Força e Aceleração):** A força resultante (F) que age sobre um corpo é igual ao produto da sua massa (m) pela sua aceleração (a):

$$F = m \times a$$

Isso quer dizer que quanto maior a força, maior a aceleração; e quanto maior a massa, mais difícil é mudar o movimento do corpo.

3. **Terceira Lei (Ação e Reação):** Para toda ação, existe uma reação de mesma intensidade e direção, mas em sentido oposto.

3.3 A Gravidade: A Força que Atrai os Corpos

Newton também descobriu a Lei da Gravitação Universal. Ela diz que todos os corpos com massa se atraem mutuamente com uma força que depende das suas massas e da distância entre eles:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Onde:

- F é a força gravitacional,
- m_1 e m_2 são as massas dos corpos,
- r é a distância entre os centros dos corpos,
- G é a constante da gravitação universal.

3.4 Diferença entre Massa e Peso

Massa: É a quantidade de matéria de um corpo. Não muda com o local.

Peso: É a força com que um corpo é atraído por um planeta. Depende da massa do corpo e da gravidade do lugar:

$$P = m \times g$$

Onde g é a aceleração da gravidade do planeta ou satélite onde o corpo está.

4 Medindo o Cosmos

4.1 Que Unidades Usamos para Medir o Espaço?

O espaço é GIGANTE! Usar quilômetros para medir distâncias entre estrelas seria como usar milímetros para medir a distância entre cidades. Por isso, os astrônomos inventaram unidades especiais:

- **Unidade Astronômica (UA):** Pensa na distância da Terra até o Sol, Cerca de 150 milhões de quilômetros! Os astrônomos chamam essa distância de 1 Unidade Astronômica (ou 1 UA). É ótima para medir distâncias aqui dentro do nosso Sistema Solar, tipo a distância até Marte ou Júpiter.
- **Ano-Luz (al):** A luz é a coisa mais rápida que existe! Ela viaja tão rápido que dá várias voltas na Terra em um segundo. Imagina a distância que a luz viaja em um ano inteiro, é isso que chamamos de 1 ano-luz. É uma distância enorme, usada para medir o quão longe estão as estrelas e outras galáxias. Um ano-luz tem quase 9,5 trilhões de quilômetros!

- **Parsec (pc):** Essa é outra unidade para distâncias muito grandes, usada mais pelos astrônomos. É um pouco maior que o ano-luz (1 parsec = mais ou menos 3,26 anos-luz). Ela tem a ver com um jeito de medir a distância das estrelas observando como elas parecem se mexer um pouquinho quando a Terra anda ao redor do Sol (isso se chama paralaxe).

4.2 Como Medimos o Brilho das Estrelas?

Quando olhamos para o céu, vemos estrelas mais brilhantes e outras mais fraquinhas. Mas como os astrônomos medem isso direitinho?

- **Luminosidade (L):** Imagina que cada estrela é uma lâmpada. A luminosidade é a potência total dessa "lâmpada", ou seja, quanta energia (luz e calor) ela emite por segundo em todas as direções. Ela depende do tamanho (raio) da estrela e da sua temperatura superficial. A fórmula usada para calcular isso é:

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4$$

Onde:

- L é a luminosidade,
- R é o raio da estrela,
- T é a temperatura da superfície da estrela (em kelvin),
- σ é a constante de Stefan-Boltzmann: $\sigma \approx 5,67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$.

- **Fluxo (F):** Agora, imagina que você está olhando para essa lâmpada (estrela). O fluxo é a quantidade de energia que chega até nós por segundo em uma certa área. Quanto mais longe a estrela está, menos energia nos alcança. A relação entre fluxo e luminosidade é dada por:

$$F = \frac{L}{4\pi d^2}$$

Onde:

- F é o fluxo observado,
- L é a luminosidade da estrela,
- d é a distância da estrela até o observador.

- **Brilho Aparente:** É simplesmente o quanto brilhante a estrela *parece* ser quando olhamos daqui da Terra. Depende de duas coisas: da luminosidade real da estrela (quanto potente é a lâmpada) e da distância dela até nós (quanto longe está a lâmpada).
- **Magnitude Aparente (m):** Os astrônomos usam uma escala chamada magnitude para medir o brilho aparente. É meio esquisito: quanto **menor** o número da

magnitude, **mais brilhante** é a estrela. O Sol, que é super brilhante para nós, tem magnitude negativa (-27). Estrelas bem fraquinhas têm magnitudes altas (6, 7, 8...).

- **Magnitude Absoluta (M):** Para comparar o brilho real das estrelas, sem se importar com a distância, os astrônomos imaginam como seria o brilho delas se todas estivessem à mesma distância padrão (10 parsecs). Essa é a magnitude absoluta. Ela nos diz qual estrela é realmente mais "potente" (luminosa).

5 Luz e Matéria

5.1 O Arco-Íris completo: Espectro Eletromagnético

Sabe o arco-íris que aparece depois da chuva? Ele mostra as cores que formam a luz branca do Sol (vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta). Mas essa luz que a gente vê é só um pedacinho de um "arco-íris" muito maior, chamado **espectro eletromagnético**.

Esse espectro inclui outros tipos de "luz" que nossos olhos não enxergam, mas que existem e viajam pelo espaço como **ondas**. Pensa nas ondas do mar: elas têm um tamanho (distância entre uma crista e outra, o **comprimento de onda**) e uma frequência (quantas ondas passam por segundo).

As ondas eletromagnéticas também têm isso. No vácuo do espaço, todas viajam na mesma velocidade super-rápida: a velocidade da luz!

O espectro completo, do mais energético (onda mais curtinha e rápida) para o menos energético (onda mais longa e lenta), é mais ou menos assim:

Raios Gama (muita energia!) → **Raios X** (os do médico) → **Ultravioleta (UV)** (que queima a pele no Sol) → **Luz Visível** (o arco-íris que vemos) → **Infravermelho (IV)** (o calor que sentimos) → **Micro-ondas** (do forno) → **Ondas de Rádio** (da TV e do rádio)

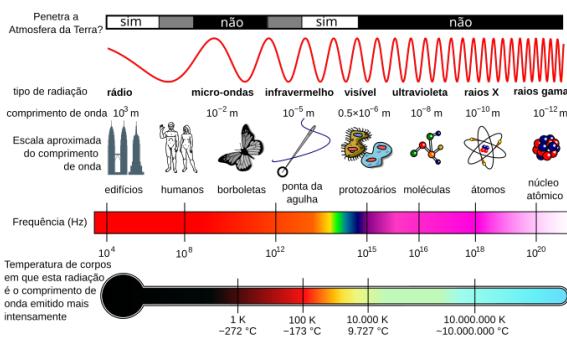


Figura 15: Espectro Eletromagnético - Wikipedia

Os astrônomos usam telescópios especiais para "ver" todos esses tipos de luz. Cada tipo conta uma história diferente sobre as estrelas, galáxias e outros objetos no espaço!

5.2 Efeito Doppler

Já reparou como o som da sirene de uma ambulância parece mudar quando ela está chegando perto (mais agudo) e quando está indo embora (mais grave)? Isso é o **Efeito Doppler**!

Esse efeito também acontece com a luz. Quando uma estrela ou galáxia está se **afastando**, a luz que ela emite parece ficar um pouco mais "esticada", com comprimentos de onda mais longos. Isso faz a cor dela desviar levemente para o lado vermelho do espectro visível. Chamamos esse fenômeno de **Redshift** (desvio para o vermelho).

Se a estrela ou galáxia está se **aproximando**, a luz parece ficar mais "espremida", com ondas mais curtas. A cor então desvia para o lado azul — o **Blueshift** (desvio para o azul).

Esse desvio pode ser medido com uma fórmula simples, válida para velocidades pequenas em comparação com a velocidade da luz:

$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{v}{c}$$

Onde:

- z é o desvio observado (redshift ou blueshift),
- $\Delta\lambda$ é a diferença entre o comprimento de onda observado e o comprimento original ($\lambda_{\text{obs}} - \lambda_0$),
- λ_0 é o comprimento de onda original,
- v é a velocidade relativa entre a fonte e o observador (positiva se estiver se afastando),
- c é a velocidade da luz no vácuo.

Medindo esse desvio, os astrônomos conseguem saber se um objeto no espaço está se aproximando ou se afastando, e até calcular sua velocidade. Foi observando redshifts que descobriram que o universo está se expandindo: quase todas as galáxias distantes estão se afastando de nós.

5.3 Espectroscopia

Como os cientistas sabem do que as estrelas são feitas, se ninguém nunca foi até lá? Eles usam uma técnica chamada **espectroscopia**, que é como analisar a "impressão digital" da luz.

Quando a luz de uma estrela passa por um aparelho especial (espectrógrafo), ela se divide em todas as suas cores (seu espectro), como um arco-íris bem detalhado. Mas esse arco-íris não é perfeito, ele tem umas linhas escuras ou brilhantes!

- **Espectro Contínuo:** É um arco-íris lisinho, sem linhas. É a luz que vem de algo muito quente e denso, como o interior de uma estrela.

- **Espectro de Emissão:** Em vez de um arco-íris, vemos só algumas linhas coloridas brilhantes em um fundo escuro. É a luz emitida por um gás quente e pouco denso. Cada tipo de gás (hidrogênio, hélio, etc.) emite linhas em cores (comprimentos de onda) específicas – é a sua assinatura!
- **Espectro de Absorção:** É um arco-íris contínuo, mas com linhas escuras faltando. Acontece quando a luz de uma fonte quente passa por um gás mais frio. O gás frio "rouba" (absorve) exatamente as cores que ele emitiria se estivesse quente. A luz da maioria das estrelas é assim, porque a luz do interior quente passa pela atmosfera mais fria da estrela.

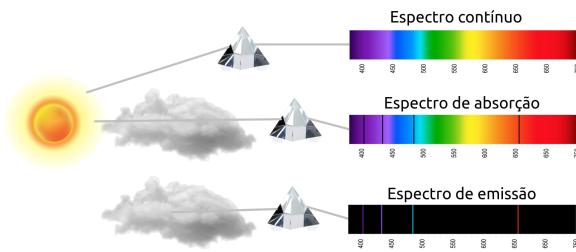


Figura 16: Espectros - WebFísica

Analizando essas linhas (quais cores estão faltando ou brilhando), os astrônomos descobrem quais elementos químicos existem na estrela, qual a temperatura dela, e muito mais.

5.4 Calor e "Ímãs" no Espaço

Calor: No espaço, o calor viaja principalmente como luz (radiação). As estrelas são bolas de gás superquentes que mandam luz e calor para todo lado. A cor de uma estrela diz se ela é mais quente (azul) ou mais fria (vermelha).

Magnetismo: Ímãs e campos magnéticos também são super importantes no espaço!

- **Campo Magnético da Terra:** Nosso planeta tem um campo magnético gigante, como um ímã invisível. Ele é criado pelo movimento do metal líquido lá no centro da Terra. Esse campo nos protege de partículas perigosas que vêm do Sol (vento solar). Quando essas partículas escapam e chegam perto dos polos, elas fazem o céu brilhar, criando as auroras!
- **Campo Magnético do Sol:** O Sol também tem um campo magnético muito forte e complicado. Ele é o responsável pelas manchas solares, pelas explosões (erupções) e pelos jatos de gás que o Sol solta. Esse campo se espalha por todo o Sistema Solar!



Figura 17: Aurora Boreal

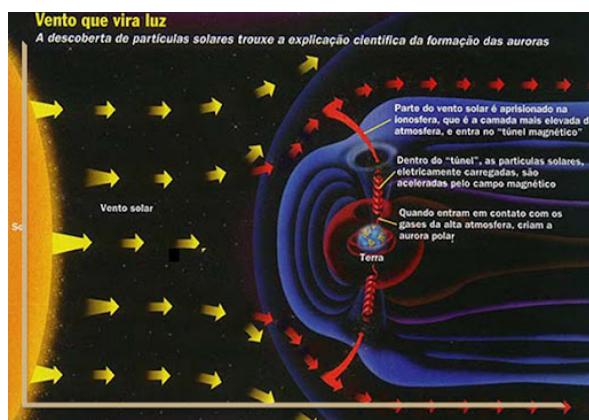


Figura 18: Campo Magnético e Auroras - Hangar33

6 Estrelas e Galáxias

6.1 A Vida das Estrelas

Você sabia que as estrelas também nascem, vivem e morrem, como nós? Só que a vida delas dura muito, muito mais tempo! O jeito que elas vivem e morrem depende do tamanho delas.

6.1.1 Como Nasce uma Estrela?

Tudo começa numa **nebulosa**, que é uma nuvem gigante de gás e poeira flutuando no espaço. A gravidade, aquela força que puxa tudo, começa a juntar pedaços dessa nuvem. Vai juntando, juntando, e o miolo fica cada vez mais apertado e quente.

Quando fica super quente e apertado lá no centro, começa a acontecer uma coisa incrível chamada **fusão nuclear**. É como se a estrela acendesse um motor super potente, O hidrogênio começa a virar hélio, liberando um montão de luz e calor. Pronto, Nasceu uma estrela!

6.1.2 A Fase Principal: A Longa Vida da Estrela

A maior parte da vida de uma estrela é tranquila. Ela fica lá, brilhando, queimando hidrogênio no seu núcleo e transformando em hélio. Chamamos essa fase de **Sequência Principal**. O nosso Sol está nessa fase agora e vai continuar assim por bilhões de anos!

Estrelas que são muito maiores que o Sol são mais "apressadas". Elas queimam seu combustível muito mais rápido e vivem bem menos tempo. Já as estrelas menores são mais econômicas e vivem muito mais.

6.1.3 Como as Estrelas Morrem

Uma hora, o hidrogênio do núcleo acaba. Aí a estrela começa a mudar e entra na sua fase final. O que acontece agora depende da massa (o "peso") da estrela:

Estrelas Pequenas e Médias (Tipo o Sol)

Quando o hidrogênio do centro acaba, a estrela começa a queimar hidrogênio numa camada mais externa e incha, ficando enorme e avermelhada. Ela vira uma **gigante vermelha**. Depois de um tempo, as camadas de fora da estrela se soltam e formam uma nuvem colorida e bonita no espaço, chamada **nebulosa planetária**. O que sobra no meio é só o miolo quente e esmagado da estrela, do tamanho da Terra, chamado **anã branca**. Ela não produz mais energia, só vai esfriando devagarinho, até apagar completamente depois de muito, muito tempo.

Estrelas Gigantes (Bem Maiores que o Sol)

Para as estrelas grandonas, o final é muito mais legal. Elas também incham, virando **supergigantes vermelhas**. Mas quando o combustível delas acaba de vez, elas não aguentam o próprio peso e desabam sobre si mesmas, causando uma explosão gigantesca chamada **supernova**!

Uma supernova brilha tanto que pode ser mais luminosa que uma galáxia inteira por algumas semanas! Essa explosão espalha pelo espaço todos os elementos químicos mais pesados que foram criados dentro da estrela (como ferro, ouro, etc.).

E o que sobra depois da explosão?

- **Estrela de Nêutrons:** Se o que sobrou do núcleo da estrela tiver um pouco mais de massa que o Sol (até umas 3 vezes), ele fica tão esmagado pela gravidade que os átomos se desfazem! Prótons e elétrons se juntam e viram nêutrons. Fica uma bolinha minúscula (do tamanho de uma cidade!) e incrivelmente pesada, girando super rápido. É uma estrela de nêutrons. Algumas delas soltam jatos de energia e piscam como um farol, sendo chamadas de **pulsares**.
- **Buraco Negro:** Mas se o núcleo que sobrou for ainda mais pesado (mais de 3 vezes a massa do Sol), a gravidade é tão forte, mas tão forte, que nem a luz consegue escapar! Tudo que chega perto é engolido. Isso é um buraco negro. Ele não é bem um "buraco", mas uma região do espaço com uma gravidade absurda.

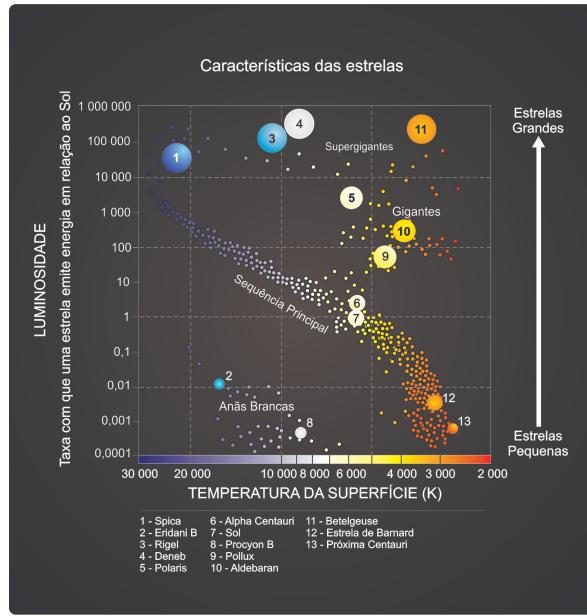


Figura 19: Diagrama HR - UFRGS

6.2 As Galáxias

As estrelas não vivem sozinhas no universo. Elas se juntam em grupos enormes, com bilhões ou até trilhões de estrelas, além de gás e poeira. Esses grupos gigantes são as **galáxias**, unidas pela força da gravidade.

6.2.1 Que Formas as Galáxias Têm?

As galáxias não são todas iguais. Os astrônomos as separam em tipos, pela aparência delas:

- **Espirais:** São as mais bonitas! Parecem um catavento ou um disco voador com braços enrolados. Nesses braços tem muito gás e poeira, e é onde nascem muitas estrelas novas e azuis. A nossa galáxia, a Via Láctea, é assim!
- **Elípticas:** Parecem bolas de futebol americano, umas mais redondas, outras mais achatadas. Elas geralmente têm estrelas mais velhas, amareladas ou avermelhadas, e quase não têm gás e poeira para formar estrelas novas.
- **Irregulares:** Como o nome diz, elas não têm forma definida, são meio bagunçadas. Muitas vezes são pequenas e podem estar formando estrelas bem rápido.
- **Lenticulares:** São um tipo meio-termo. Têm um disco como as espirais, mas sem os braços, e têm mais estrelas velhas, como as elípticas.

6.2.2 A Via Láctea

Nós moramos numa galáxia espiral chamada Via Láctea. O Sol é só uma estrela entre as mais de 200 bilhões de estrelas que existem nela!

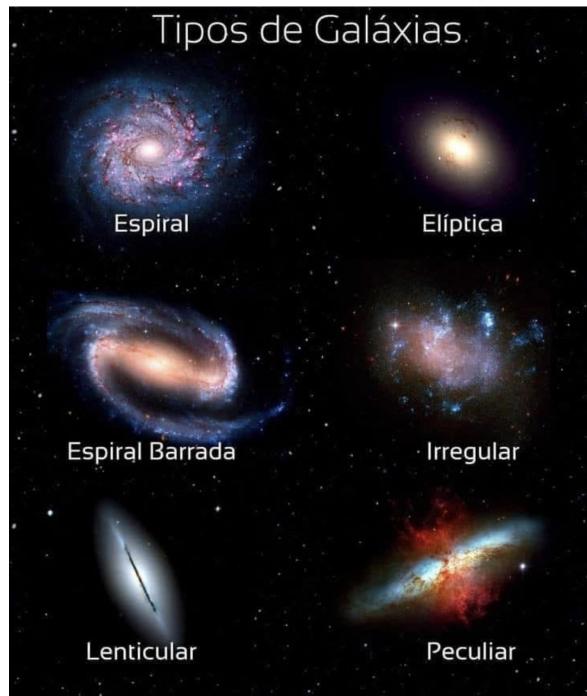


Figura 20: Tipos de Galáxias

Como ela é por dentro?

- **Disco:** É a parte achatada, onde ficam os braços espirais. O Sol e a maioria das estrelas jovens, gás e poeira estão aqui.
- **Bojo Central:** É a parte mais gordinha e brilhante no meio da galáxia. Tem muitas estrelas velhas lá, e bem no centro, escondido, tem um buraco negro supermassivo (com a massa de milhões de sóis).
- **Halo:** É uma "bola" gigante e quase invisível que envolve toda a galáxia. Tem algumas estrelas velhas espalhadas, uns grupos de estrelas chamados aglomerados globulares, e muita **matéria escura** (uma coisa misteriosa que a gente não vê, mas sabe que está lá por causa da gravidade).

O nosso Sistema Solar fica num dos braços espirais do disco, mais ou menos a 2/3 da distância do centro para a borda.

7 Cosmologia

7.1 BIG BANG: O Nascimento do Universo

Já parou pra pensar como tudo isso aqui, as estrelas, os planetas, nós mesmos, começou? A **cosmologia** é a ciência que tenta responder a essa pergunta gigante. A ideia mais aceita hoje é a do **Big Bang** (Grande Explosão).

Imagine o seguinte: há muito, muito tempo (uns 13,8 bilhões de anos), todo o universo



Figura 21: Via Láctea

estava espremido num ponto muito pequeno, mas incrivelmente quente e denso. De repente, PÁ! Esse pontinho começou a se expandir muito, muito rápido. Isso foi o Big Bang!

Mas atenção: não foi uma bomba explodindo *dentro* do espaço. Foi o próprio espaço que começou a esticar, levando tudo junto.

Logo depois do Big Bang, o universo era uma sopa super quente de partículas minúsculas. Conforme o espaço esticava, essa sopa esfriava. Com o frio, as partículas começaram a se grudar.

Primeiro, formaram os **prótons** e **nêutrons** (pedacinhos que ficam no centro dos átomos). Depois de uns minutos, eles se juntaram para formar os núcleos dos átomos mais leves que existem: **hidrogênio** e **hélio**.

Mas ainda estava muito quente para os elétrons (outras partículas minúsculas) se juntarem aos núcleos. Demorou uns 380 mil anos para esfriar o bastante. Quando os elétrons finalmente se juntaram, formaram os primeiros **átomos completos**. Nesse momento, a luz, que antes ficava presa batendo nas partículas soltas, conseguiu viajar livremente pelo universo pela primeira vez.

Essa "primeira luz" do universo ainda está viajando por aí, e os cientistas conseguem detectá-la hoje como um brilho fraco de micro-ondas vindo de todas as direções do céu. É a **Radiação Cósmica de Fundo (CMB)**, o "eco" do Big Bang!

Depois disso, a gravidade começou a fazer seu trabalho, juntando os átomos de hidrogênio e hélio em nuvens gigantes. Essas nuvens deram origem às primeiras estrelas e galáxias. E o universo continua se expandindo até hoje.

7.2 Lei de Hubble

Como sabemos que o universo está mesmo se expandindo? Um astrônomo chamado Edwin Hubble fez uma descoberta incrível nos anos 1920.



Figura 22: Big Bang - UOL

Ele estava observando galáxias bem distantes e medindo a luz que vinha delas. Usando o Efeito Doppler (lembra do redshift, o desvio para o vermelho?), ele percebeu que a luz da maioria das galáxias estava "esticada", ou seja, elas estavam se **afastando** de nós!

E mais: ele descobriu que quanto mais **longe** uma galáxia estava, mais **rápido** ela se afastava! É como desenhar pontinhos numa bexiga vazia e depois enchê-la: todos os pontinhos se afastam uns dos outros, e os que estavam mais longe no começo se afastam mais rápido ainda.

Essa regra é a **Lei de Hubble**: a velocidade com que uma galáxia se afasta (v) é proporcional à sua distância (d).

$$v = H_0 d$$

O H_0 é a **Constante de Hubble**, um número que diz o quanto rápido o universo está esticando hoje. Os astrônomos ainda discutem qual o valor exato dela!

A Lei de Hubble é uma das maiores provas de que o Big Bang realmente aconteceu e que o nosso universo não está parado, ele está crescendo!

8 Princípios da Astronáutica

8.1 Conquista do Espaço e Corrida Espacial

Astronáutica é a arte de viajar pelo espaço. Por muito tempo, isso era só coisa de filme, mas no século passado, virou realidade.

Depois de uma grande guerra (a Segunda Guerra Mundial), dois países muito poderosos, os Estados Unidos (EUA) e a União Soviética (URSS), começaram a competir em tudo, sem brigar diretamente. Era a **Guerra Fria**. Uma das maiores competições foi para ver quem chegava primeiro e fazia mais coisas no espaço. Essa disputa ficou conhecida como **Corrida Espacial**.

Olha só alguns momentos marcantes dessa corrida:



Figura 23: USA X URSS

- **1957:** A URSS surpreendeu o mundo lançando o **Sputnik 1**, o primeiro satélite feito pelo homem a dar voltas na Terra. Começou a corrida!

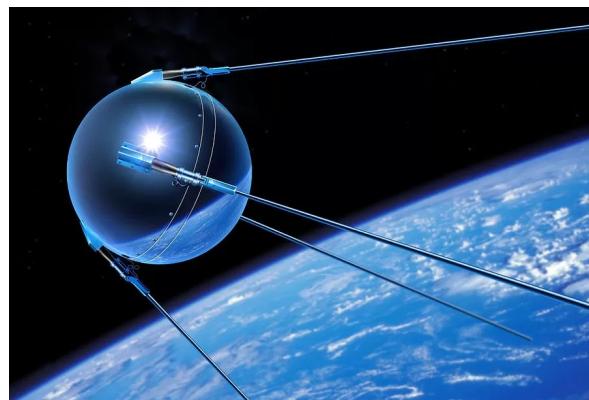


Figura 24: Sputnik 1

- **1961:** De novo a URSS! Mandaram o primeiro humano pro espaço, **Yuri Gagarin**, que disse a famosa frase: "A Terra é azul!".
- **1961:** Os EUA correram atrás e enviaram seu primeiro astronauta, Alan Shepard, num voo rápido pro espaço (mas sem dar a volta completa).
- **1969:** Vitória dos EUA! A missão **Apollo 11** pousou na Lua. **Neil Armstrong** foi o primeiro a pisar lá, dizendo: "É um pequeno passo para um homem, um salto gigante para a humanidade". Buzz Aldrin foi logo depois.

A Corrida Espacial fez a tecnologia avançar muito rápido. Depois dela, os países começaram a trabalhar mais juntos, como na Estação Espacial Internacional (ISS). Hoje, até empresas particulares, como a SpaceX, estão na jogada, lançando foguetes e sonhando com viagens para Marte.



Figura 25: Yuri Gagarin



Figura 26: Apollo 11 - USA na Lua - Notisul

8.2 O Veículo Espacial: Foguetes

Para vencer a gravidade forte da Terra e chegar ao espaço, precisamos de muita força. É aí que entram os foguetes!

Como eles sobem?

É pura **Ação e Reação** (Terceira Lei de Newton). Pensa num balão cheio: você solta o bico, o ar sai pra trás (ação), e o balão voa pra frente (reação). O foguete faz igual: ele joga gases super quentes pra baixo com muita força (ação), e isso empurra ele pra cima (reação). Essa força que empurra o foguete é chamada de **empuxo**.

Para criar esses gases quentes, o motor do foguete queima um tipo especial de "gasolina" chamado **propelente**. Geralmente, são duas partes:

- **Combustível:** O que queima (ex: hidrogênio líquido, querosene especial).

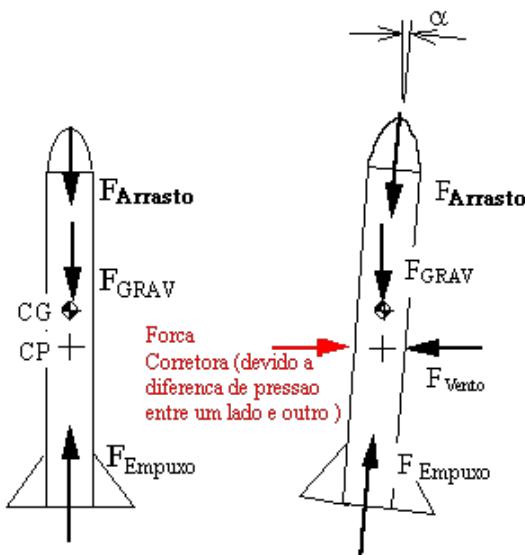


FIG. 1A

FIG. 1B

FOGUETE ESTAVEL - CP ABAIXO DO CG

Figura 27: Diagrama de forças em um foguete

- **Oxidante (ou Carburante):** O que dá o oxigênio para a queima, já que não tem ar no espaço (ex: oxigênio líquido).

Quando os dois se misturam e queimam no motor, formam gases que saem pelo bocal (a "boca" do motor) lá embaixo. Quanto mais gás e mais rápido ele sai, maior o empuxo!

Tem dois tipos principais de propelente:

- **Líquidos:** Combustível e oxidante ficam líquidos em tanques separados. Dá pra controlar melhor: ligar, desligar, acelerar.
- **Sólidos:** Já vêm misturados e sólidos, como uma grande pólvora. São mais simples, mas depois que acende, geralmente não dá pra parar de queimar.

Muitos foguetes são feitos em **estágios**. Quando o combustível de uma parte acaba, ela se solta e cai, deixando o resto do foguete mais leve para ir mais longe.

8.3 Velocidade Orbital e de Escape

Para um satélite ficar girando em volta da Terra ou para uma nave ir pra Lua ou Marte, precisamos de velocidades altíssimas.

- **Velocidade Orbital:** É a velocidade que um objeto precisa ter para entrar em órbita ao redor da Terra (ou de outro corpo), sem cair nem escapar. Ele está sempre "caindo" em direção ao planeta, mas como a superfície também "curva", ele continua

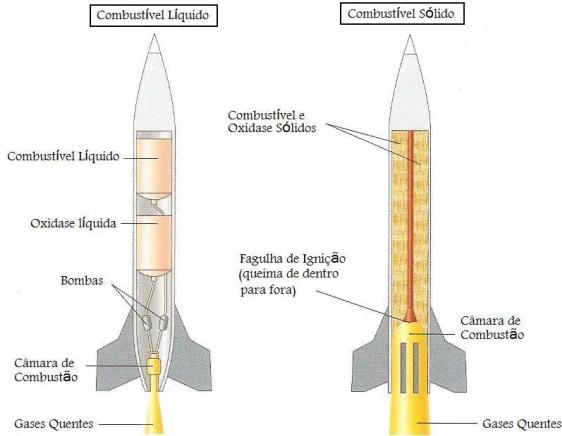


Figura 28: Tipos de Propelentes - Portal Deviante

dando voltas. Perto da Terra, essa velocidade é de cerca de 28.000 km/h (ou 7,8 km/s). A fórmula para a velocidade orbital é:

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

Onde:

- v é a velocidade orbital,
- G é a constante da gravitação universal,
- M é a massa do corpo central (por exemplo, a Terra),
- r é a distância do centro do corpo até o objeto em órbita.

- **Velocidade de Escape:** É a velocidade mínima que um objeto precisa para vencer a gravidade e sair da atração do planeta, sem precisar continuar acelerando. Se atingir essa velocidade, ele pode escapar para o espaço. Na superfície da Terra, essa velocidade é de aproximadamente 40.000 km/h (ou 11,2 km/s). A fórmula é:

$$v_{\text{escape}} = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

Note que essa fórmula é muito parecida com a da velocidade orbital, mas tem um fator 2 no numerador, porque é preciso mais energia para escapar completamente da gravidade do que para manter uma órbita.

Os foguetes precisam dar essas velocidades para as naves e satélites chegarem onde precisam.

8.4 Campo Gravitacional

A Terra tem essa força invisível que puxa tudo pra ela: a **gravidade**. É ela que nos mantém com os pés no chão.

Essa força existe ao redor de toda a Terra, formando o que chamamos de **campo gravitacional**. Podemos pensar nele como a "área de influência" do puxão da Terra sobre os objetos com massa.

A intensidade desse campo é representada por uma letra g , e pode ser calculada com a seguinte fórmula:

$$g = \frac{GM}{r^2}$$

Onde:

- g é o campo gravitacional (ou aceleração da gravidade),
- G é a constante da gravitação universal,
- M é a massa da Terra (ou de outro corpo que está gerando o campo),
- r é a distância até o centro da Terra (ou do corpo).

Quanto mais perto do centro da Terra, maior é o valor de g . Conforme a gente se afasta, a gravidade fica mais fraca, mas nunca some completamente — ela só vai ficando muito pequena com a distância.

Além disso, o campo gravitacional da Terra não é exatamente o mesmo em todos os lugares da superfície. Isso acontece porque a Terra não é uma esfera perfeita (ela é um pouco achatada nos polos) e tem montanhas, oceanos e diferenças de densidade. Essas variações pequenas afetam o valor local de g .

Saber como funciona esse campo é essencial para calcular com precisão a trajetória dos foguetes e as órbitas dos satélites!

9 Satélites e Órbitas

9.1 Tipos de Órbita

Quando um satélite ou uma nave espacial fica girando em volta da Terra (ou de outro planeta), ele segue um caminho chamado **órbita**. Existem vários tipos de órbitas, dependendo da velocidade e da direção do objeto.

9.1.1 Órbita Circular

Imagine um caminho redondinho ao redor da Terra. Essa é uma órbita circular. Nela, o satélite fica sempre na mesma distância e com a mesma velocidade. É como correr numa pista de atletismo redonda, mantendo o mesmo ritmo.

9.1.2 Órbita Elíptica

Na vida real, a maioria das órbitas é um pouco oval, como um círculo amassado. São as órbitas elípticas. Nelas, a distância do satélite até a Terra muda: tem um ponto mais perto (**perigeu**) e um ponto mais longe (**apogeu**). A velocidade também muda: o satélite anda mais rápido quando está perto e mais devagar quando está longe (lembra da Lei das Áreas de Kepler). A órbita da Terra em volta do Sol também é assim.

9.1.3 Órbita Polar

Nessa órbita, o satélite passa bem perto dos polos Norte e Sul da Terra a cada volta. Como a Terra gira embaixo dele, o satélite consegue "escanear" ou fotografar faixas diferentes do planeta a cada passagem. É ótima para satélites que fazem mapas ou observam o clima do mundo todo.

9.1.4 Órbita Geoestacionária (GEO)

Essa é muito especial. É uma órbita circular bem alta (uns 36.000 km acima da linha do Equador). Nessa altitude, o satélite leva exatamente 24 horas para dar uma volta na Terra – o mesmo tempo que a Terra leva para girar! Qual o resultado? Para nós aqui embaixo, parece que o satélite está **parado** sempre no mesmo lugar no céu. Por isso se chama geoestacionária. É perfeita para satélites de comunicação (TV, telefone) e alguns de meteorologia, porque as antenas aqui na Terra podem ficar apontadas sempre para o mesmo ponto.



Figura 29: Tipos de Órbitas - GeoInova

9.2 Manutenção e Reentrada dos Satélites

Deixar um satélite na órbita certa exige trabalho.

Arrasto Atmosférico: Mesmo lá no alto, ainda tem um pouquinho de ar. Esse ar bate no satélite e funciona como um freio bem de leve, chamado arrasto atmosférico. Isso faz o satélite perder velocidade e altitude aos pouquinhos.

Manutenção de Órbita: Para não cair, os satélites precisam, de vez em quando, ligar uns motorzinhos (propulsores) para dar um empurrão e voltar para a altitude e velocidade certas. Isso gasta combustível, e é por isso que os satélites têm um tempo de vida (quando o combustível acaba, já era).

Reentrada Atmosférica: E quando o satélite fica velho ou o combustível acaba? Ou quando um pedaço de lixo espacial cai? Eles entram de volta na atmosfera da Terra em altíssima velocidade. O atrito com o ar esquenta tanto que a maioria dos objetos queima completamente, virando uma "estrela cadente" brilhante. Só pedaços muito grandes ou resistentes podem sobreviver e cair no chão (aí viram meteoritos).



Figura 30: Como deixar satélites em órbita - Olhar Digital

9.3 Para Que Servem os Satélites?

Satélites são ferramentas incríveis que nos ajudam muito aqui na Terra.

9.3.1 Comunicação

Falar no celular, assistir TV, usar a internet. Muitos desses sinais viajam por satélites. Eles recebem o sinal de um lugar e mandam para outro, mesmo que seja do outro lado do mundo. Muitos ficam na órbita geoestacionária.

9.3.2 Meteorologia

Previsão do tempo! Satélites tiram fotos das nuvens, medem temperaturas, acompanham furacões. Ajudam a gente a saber se leva o guarda-chuva e a se proteger de tempestades.

9.3.3 Sensoriamento Remoto (Olhando a Terra)

São os "fotógrafos" do espaço. Tiram fotos detalhadas da Terra para vigiar desmatamento, plantações, crescimento das cidades, desastres naturais, fazer mapas. O Brasil tem satélites assim, como o CBERS (com a China) e o Amazônia-1.

9.3.4 GPS (Onde Estou?)

O famoso GPS (Sistema de Posicionamento Global) usa uma rede de satélites. Seu celular ou aparelho de GPS "conversa" com vários deles ao mesmo tempo e calcula sua posição exata em qualquer lugar do planeta. Nunca mais se perca!



Figura 31: Amazônia 1 - Abrasat

9.3.5 Telescópios Espaciais (Olhando o Universo)

A atmosfera da Terra atrapalha a visão dos telescópios aqui embaixo. Por isso, mandamos telescópios para o espaço! O Hubble e o James Webb são exemplos famosos. Eles nos dão imagens muito mais nítidas e estudam tipos de luz que não chegam até o chão, ajudando a desvendar os segredos do universo.



Figura 32: Comparação Entre Hubble e James Webb - Los Angeles Times

10 Exploração Espacial no Brasil

10.0.1 Exploração do Sistema Solar

Além de mandar pessoas para a Lua, nós também enviamos robôs muito inteligentes, chamados **sondas espaciais**, para explorar outros lugares do nosso Sistema Solar onde seria muito difícil (ou impossível) para os humanos irem.

Essas sondas são como detetives robóticos! Elas viajam por anos, tiram fotos incríveis, analisam a composição de planetas, luas, asteroides e cometas, e mandam todas essas informações de volta para a Terra.

Algumas missões famosas incluem:

- **Voyager 1 e 2:** Lançadas nos anos 70, elas visitaram Júpiter, Saturno, Urano e Netuno e agora estão viajando no espaço interestelar, fora do nosso Sistema Solar.



Figura 33: Voyager 1 - CNN Brasil

- **Sondas para Marte:** Marte é um vizinho muito interessante! Várias sondas já foram enviadas para lá, incluindo:
 - **Orbitadores:** Ficam girando ao redor de Marte, mapeando a superfície e estudando a atmosfera (Ex: Mars Reconnaissance Orbiter).
 - **Landers (Pousadores):** Pousam na superfície para analisar o solo e o clima em um local específico (Ex: Viking, Phoenix, InSight).
 - **Rovers (Jipes-robôs):** Pousam e depois andam pela superfície, explorando diferentes áreas e coletando amostras (Ex: Sojourner, Spirit, Opportunity, Curiosity, Perseverance). O Perseverance até levou um pequeno helicóptero, o Ingenuity!

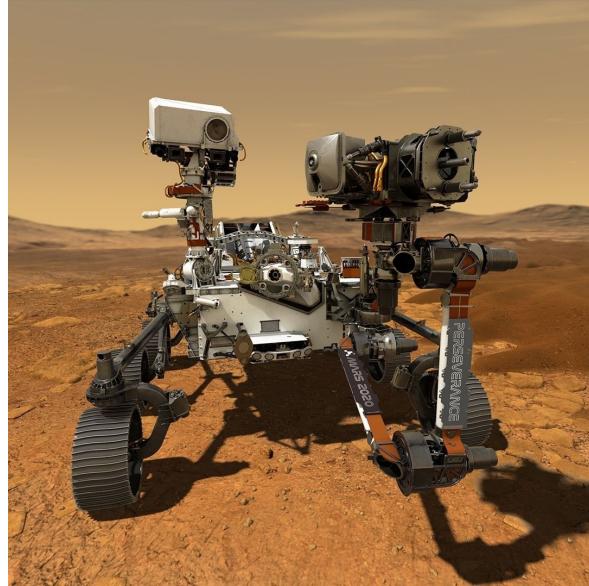


Figura 34: Perseverance - UOL

A exploração de Marte busca principalmente por sinais de vida passada ou presente e por entender se um dia os humanos poderiam viver lá.

- **Outras Sondas:** Já enviamos sondas para Mercúrio (MESSENGER), Vênus (Magellan), Júpiter (Galileo, Juno), Saturno (Cassini-Huygens), asteroides (Hayabusa, OSIRIS-REx) e cometas (Rosetta).

Essas missões nos ajudam a entender como o nosso Sistema Solar se formou e evoluiu, e a procurar por lugares que possam ter condições para a vida.

10.1 Programa Espacial Brasileiro

O Brasil também tem seu próprio programa espacial. Ele não é tão grande quanto o dos EUA ou da Rússia, mas faz coisas bem legais e importantes para o nosso país.

10.1.1 Agências e Instituições

Quem cuida do espaço no Brasil?

- **Agência Espacial Brasileira (AEB):** É como a "chefe" do programa espacial. Ela coordena as atividades, define os planos e representa o Brasil em conversas sobre o espaço com outros países.



Figura 35: Agência Espacial Brasileira - Governo Federal

- **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE):** É um centro de pesquisa super importante! O INPE desenvolve e opera satélites (como os de sensoriamento remoto e meteorológicos), estuda o espaço, o clima, e monitora o desmatamento na Amazônia. Fica em São José dos Campos (SP).
- **Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA):** Ligado à Força Aérea Brasileira, o DCTA também pesquisa e desenvolve tecnologias para foguetes e aviões. Dentro dele fica o **Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)**, uma faculdade muito famosa que forma engenheiros.
- **Centro de Lançamento de Alcântara (CLA):** É a nossa base de lançamento de foguetes! Fica no Maranhão, em um lugar ótimo perto da linha do Equador (isso ajuda a economizar combustível para colocar satélites em órbita).



Figura 36: Centro de Lançamento de Alcântara

10.1.2 Foguetes Brasileiros

O Brasil desenvolve seus próprios foguetes para lançar satélites, chamados **Veículos Lançadores de Satélites (VLS)**. O objetivo é que o Brasil consiga lançar seus próprios satélites daqui mesmo, sem depender de outros países.

O desenvolvimento do VLS teve alguns desafios, incluindo acidentes, mas o Brasil continua trabalhando em foguetes mais modernos, como o VLM (Veículo Lançador de Microssatélites).

10.1.3 Satélites Brasileiros

O Brasil já construiu e lançou vários satélites importantes:

- **SCD (Satélite de Coleta de Dados):** Foram os primeiros satélites feitos totalmente no Brasil! Eles coletam dados de plataformas automáticas espalhadas pelo país (como boias em rios e estações meteorológicas) e enviam para o INPE. Ajudam a monitorar o meio ambiente.



- **CBERS (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres):** Feitos em parceria com a China, esses satélites tiram fotos da Terra (sensoriamento remoto). São

muito usados para monitorar o desmatamento, a agricultura, desastres naturais, etc. Vários satélites CBERS já foram lançados.



-

- **Amazônia-1:** O primeiro satélite de sensoriamento remoto totalmente projetado, montado e testado no Brasil! Lançado em 2021, ele também serve para observar a Terra, especialmente a região amazônica.

10.2 Corpo Humano no Espaço

Viajar para o espaço é super legal, mas o nosso corpo não foi feito para viver lá, Os astronautas enfrentam alguns desafios:

- **Microgravidade (ou "Gravidade Zero"):** No espaço, parece que tudo flutua. Isso acontece porque os astronautas e a nave estão em queda livre constante ao redor da Terra. Essa falta de "peso" faz coisas estranhas com o corpo:
 - Os líquidos do corpo sobem para a cabeça, deixando o rosto inchado e as pernas finas.
 - Os ossos e músculos não precisam mais se esforçar tanto para sustentar o corpo, então eles começam a enfraquecer e a perder massa. Por isso, os astronautas precisam fazer muito exercício na Estação Espacial!
 - O sistema de equilíbrio do corpo, que fica no ouvido interno, fica confuso, podendo causar enjoo espacial no começo.
- **Radiação:** Fora da proteção da atmosfera e do campo magnético da Terra, os astronautas ficam expostos a muito mais radiação vinda do Sol e do espaço profundo. Isso aumenta o risco de problemas de saúde a longo prazo, por isso as naves e trajes espaciais precisam ter proteção extra.
- **Isolamento:** Ficar confinado em uma nave ou estação espacial por meses, longe da família e dos amigos, pode ser difícil psicologicamente. Os astronautas precisam trabalhar bem em equipe e ter apoio para lidar com o isolamento.

Os cientistas estudam muito esses efeitos para encontrar maneiras de proteger a saúde dos astronautas em missões espaciais longas, como uma futura viagem para Marte.



Figura 37: Astronautas chegando na ISS - G1

10.3 Efeito Estufa e Camada de Ozônio (Contexto Terrestre)

Embora não sejam diretamente sobre o espaço, esses dois assuntos são super importantes para entender o nosso planeta Terra e como a atividade humana pode afetá-lo. Às vezes, eles aparecem na OBA!

- **Efeito Estufa:** Imagine um carro estacionado no sol. O vidro deixa a luz do sol entrar, ela esquenta o interior do carro, mas o calor tem dificuldade de sair. O carro fica bem quentinho lá dentro! O efeito estufa na Terra é parecido. Alguns gases na nossa atmosfera (como o dióxido de carbono - CO₂, o metano - CH₄) funcionam como o vidro do carro: eles deixam a luz do Sol entrar e aquecer a superfície, mas depois seguram uma parte desse calor, impedindo que ele escape todo de volta para o espaço.

Isso é bom, sem o efeito estufa natural, a Terra seria um planeta congelado. O problema é que, com a queima de combustíveis (carvão, petróleo, gás) e o desmatamento, nós estamos liberando **muito mais** desses gases estufa na atmosfera. Isso faz com que mais calor fique preso, aumentando a temperatura média do planeta. É o chamado **aquecimento global**, que causa mudanças no clima, derretimento de geleiras e aumento do nível do mar.

- **Camada de Ozônio:** Lá no alto da nossa atmosfera (na estratosfera), existe uma camada de um gás chamado ozônio (O₃). Essa camada funciona como um óculos de sol gigante para o planeta! Ela filtra a maior parte da **radiação ultravioleta (UV)** perigosa que vem do Sol. Sem a camada de ozônio, essa radiação chegaria com mais força na superfície, causando problemas de pele (como câncer), problemas nos olhos e prejudicando plantas e animais.

No passado, alguns produtos químicos usados em sprays, geladeiras e ar-condicionado (chamados CFCs) foram liberados na atmosfera e começaram a destruir a camada de ozônio, criando um "buraco" sobre a Antártida. Felizmente, os países se uniram para proibir esses produtos, e a camada de ozônio está se recuperando aos poucos.

Entender esses processos nos ajuda a cuidar melhor do nosso planeta!

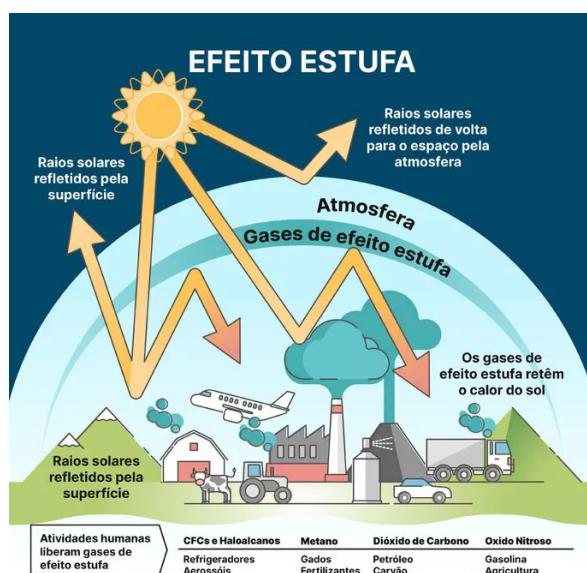


Figura 38: Efeito Estufa - Toda Matéria