

MAIS RÁPIDO DO QUE A LUZ

Jean-Pierre Petit

2008

Traduzido por
Sónia da Costa



O homem que
desenha mais
rápido do que a
própria sombra

Prefácio de João Magueijo, autor de "Mais rápido que a luz: a bibliografia de uma especulação científica" -
Lisboa: Gradiva, 2003. ISBN 972-662-905-5.

Caro amigo,
parece estar desnortado.
O que lhe aconteceu?

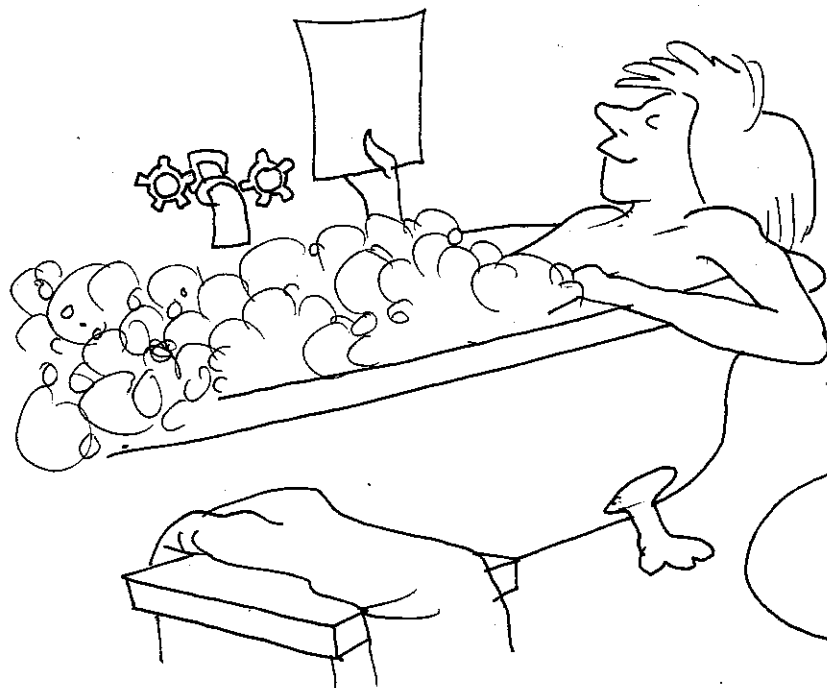


Acabo de chegar
de um colóquio de
astrofísica;
nem me fale nisso!

O tema do primeiro debate foi a expansão cósmica.
Pretendiam saber onde o fenómeno ocorria.
Será que a Terra se dilata? Não!
Se assim fosse, sabê-lo-íamos! E o sistema solar?
Também não! Será que as galáxias estão em expansão?
Nem pensar!

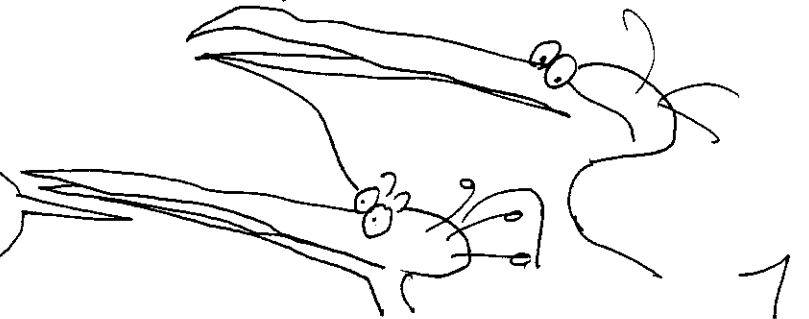


Suponho que
o Universo se dilata,
de facto, algures!?
Que coisa mais descabida!



Sabe que a observação vai confirmando,
um pouco mais a cada ano que passa, que a
estrutura do Universo é **LACUNAR**.

Lacunar?
Como assim?



Após se ter descoberto que as galáxias se podiam agrupar em **AGLOMERADOS** como o Aglomerado de Virgem ou o Aglomerado Coma, que reúnem mil galáxias, pensou-se que o Universo poderia apresentar uma estrutura **HIERÁRQUICA**



Ora andou-se à procura dos **SUPER-AGLOMERADOS**, dos "aglomerados de aglomerados", etc...

E o que é que se encontrou?



O mais engraçado, no mundo das ciências, é o facto de aparecerem palavras, que incham para, seguidamente, rebentarem como bolhas de sabão. Já houve um tempo em que os astrofísicos só pensavam numa palavra: super-aglomerado. Mas, de repente, pfff! Desapareceu.

Exactamente!

Suponho que a explicação para isso é que nunca se encontrou nenhum.

No entanto, os astrónomos descobriram um sítio onde as galáxias estavam agrupadas conforme uma espécie de placa, à qual deram a seguinte designação: **THE GREAT WALL**. (*)

Isso significa que nessa "placa" havia muitas galáxias e que, de um lado e de outro, mais nada senão vazio?


(*) O GRANDE MURO

Ao longo dos anos, as observações foram-se aperfeiçoando. Hoje em dia, sabe-se que as galáxias, a matéria, estão dispostas à volta de grandes bolhas vazias com um diâmetro de 100 milhões de anos-luz.

Ora, aí está! O seu problema está resolvido: a expansão ocorre nessas "bolhas".

Hum... Então, os aglomerados de galáxias, essas concentrações de matéria, encontrar-se-ão, de certa forma, nos pontos de junção de três camadas dessas... bolhas. Mas de que maneira se forma essa estrutura?

Infelizmente, meu caro amigo, ninguém faz a mínima ideia.



Mas, vamos lá ver... Suponho que deve haver, de facto, um modelo de algo. Hoje em dia, fazem-se coisas fantásticas graças aos computadores, não é?

Há indivíduos que fazem simulações com **MATÉRIA ESCURA FRIA**, mas isso não é nada convincente.

Não vejo nada.

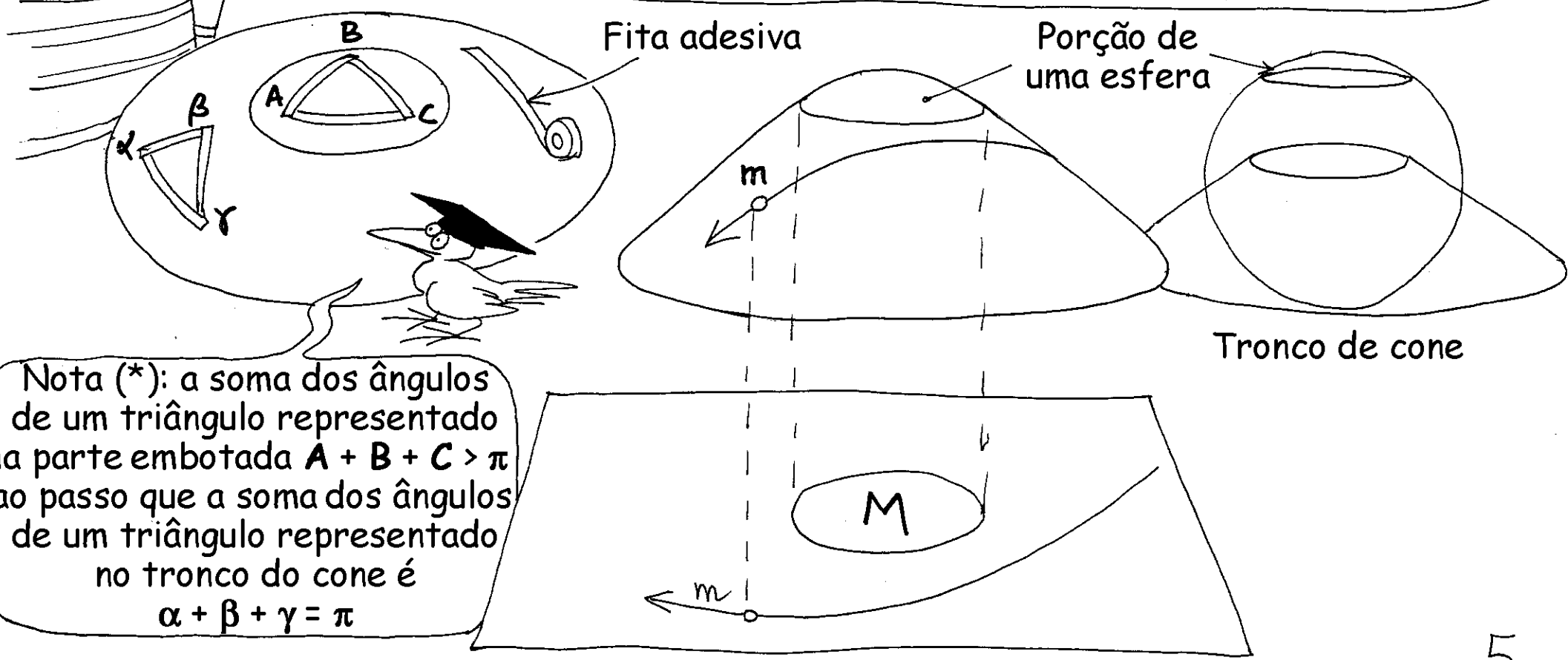
Claro, trata-se de matéria negra.

Senhor Alberto, diga-nos o que acha disto tudo. Há já vinte anos que não o ouvimos falar nestas páginas.

Bem.... Eu cá continuo a defender a minha ideia inicial: substituir as forças por **GEOMETRIA**.



Pega-se num objecto de massa M , numa estrela, num planeta, em qualquer coisa. Ou seja, uma massa m que circula na proximidade. A sua trajectória é inflectida pela força atractiva, newtoniana, que a massa M exerce sobre ela. E possível substituir, em duas dimensões, por um cone embotado. Com fita adesiva pode-se delinear, nessa superfície, um **GEODÉSICO** que, projectado num plano, fornecerá a mesma trajectória. A massa é então uma porção do espaço (calota esférica) que possui uma determinada **CURVATURA**.



Nota (*): a soma dos ângulos de um triângulo representado na parte embotada $A + B + C > \pi$ ao passo que a soma dos ângulos de um triângulo representado no tronco do cone é $\alpha + \beta + \gamma = \pi$

(*). Consultar OS MISTÉRIOS DA GEOMETRIA e EINSTEIN E O BURACO NEGRO.

Tendo em conta que **MASSA = CURVATURA**, não haja dúvidas, e que o Universo é **LACUNAR**, significa que é **PAVIMENTADO** por regiões do espaço 3d, apresentando uma curvatura, separadas por regiões, **NÃO CURVAS**, planas, euclidianas. É assim, não é?

Exactamente, mas onde queres chegar com isso?

Este rapaz nunca pára...

É... hum... isso mesmo. Mas seria deveras difícil unir porções de espaço curvo 3d com porções de espaço 3d euclidianas.

Sim, mas como na sua imagem, de há bocado, pode-se fazer em 2d.

Repare. Vou pegar numa bola de ping-pong.

Corto-a em oito partes.

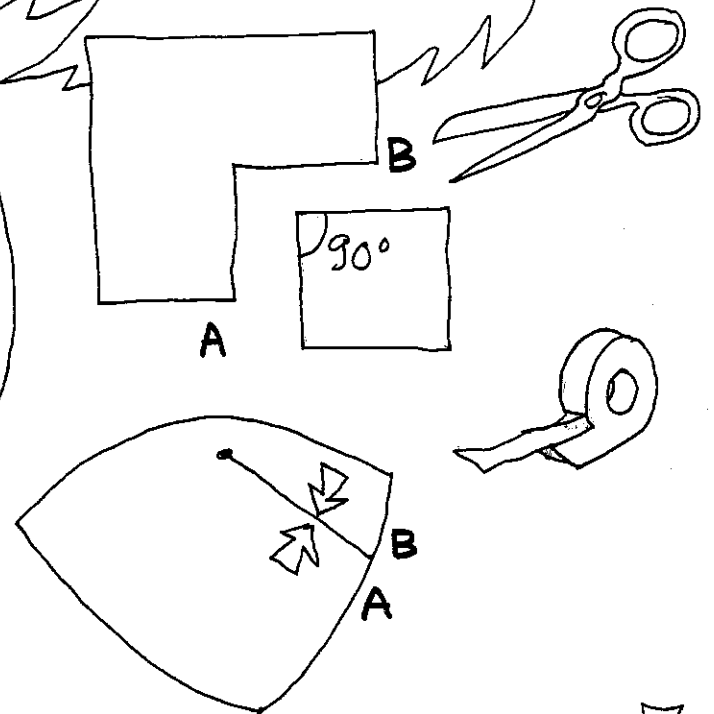
Em oito? Porquê?

Porque um cubo tem
OITO vértices.

Não estou a
perceber...

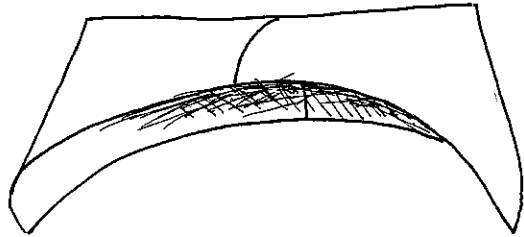
Já estou a
perceber o que
o nosso sábio
aventureiro
tem em mente.

São questões relativas à **CURVATURA TOTAL**,
que foram descritas em **OS MISTÉRIOS DA
TOPOLOGIA**. A da esfera é 4π . Por isso, num oitavo de
esfera há uma curvatura repartida que equivale a $4\pi/8 =$
 $\pi/2 = 90^\circ$. Do mesmo modo, com um **POSICONE**
construído com um recorte de $\pi/2 = 90^\circ$, obtém-se
um **PONTO DE CURVATURA CONCENTRADA**.

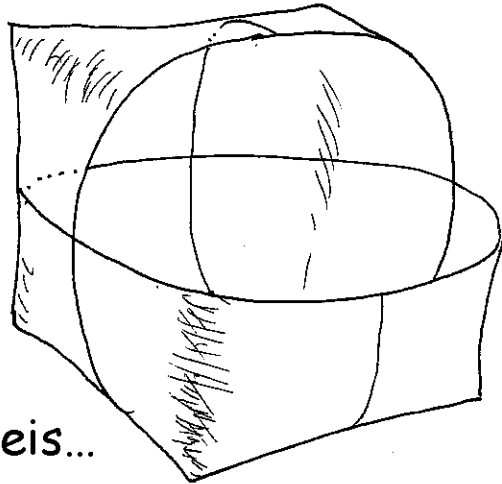
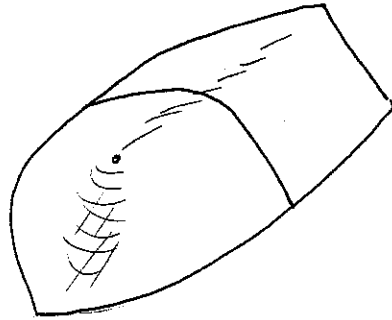


Voltar a consultar
OS MISTÉRIOS DA GEOMETRIA

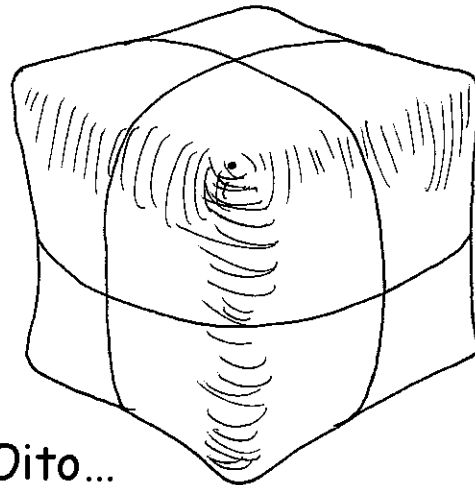
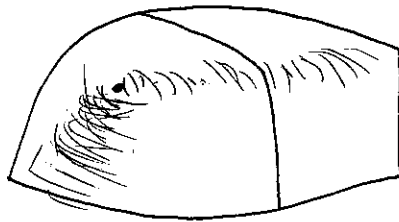
UM CUBO SEM ARESTAS



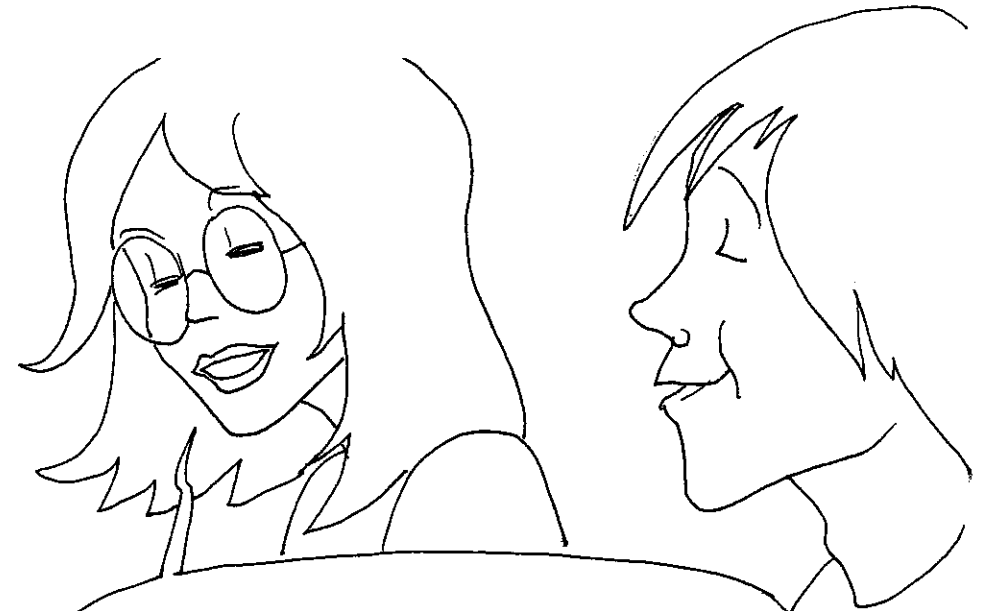
Dois POSICIONES juntos



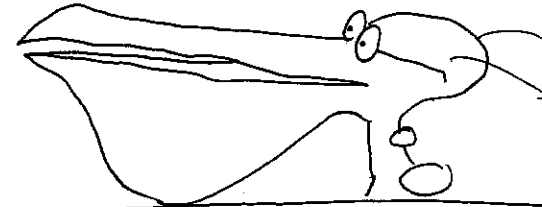
Seis...



Oito...

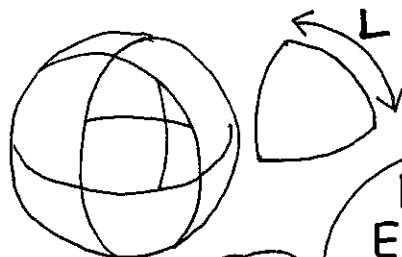
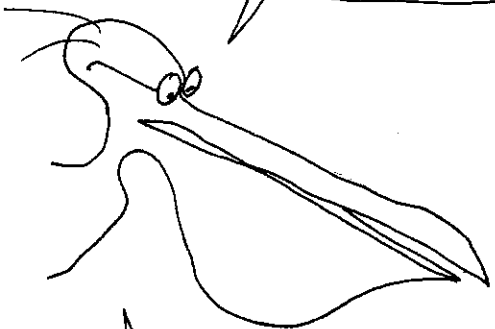


O Anselmo pode, assim, unir 8 pontos cónicos, que são pontos cuja curvatura concentrada é equivalente a $\pi/2$.

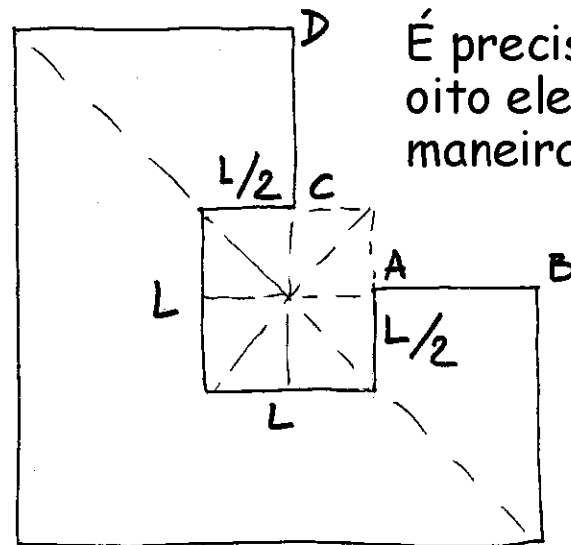


Mas onde estão as arestas?

É tudo muito bonito.
Mas o que fazemos com
os oitavos de uma bola
de ping pong?

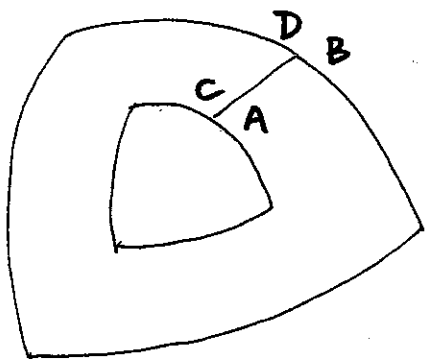


Nada disso.
Eu já percebi.
Já vais entender

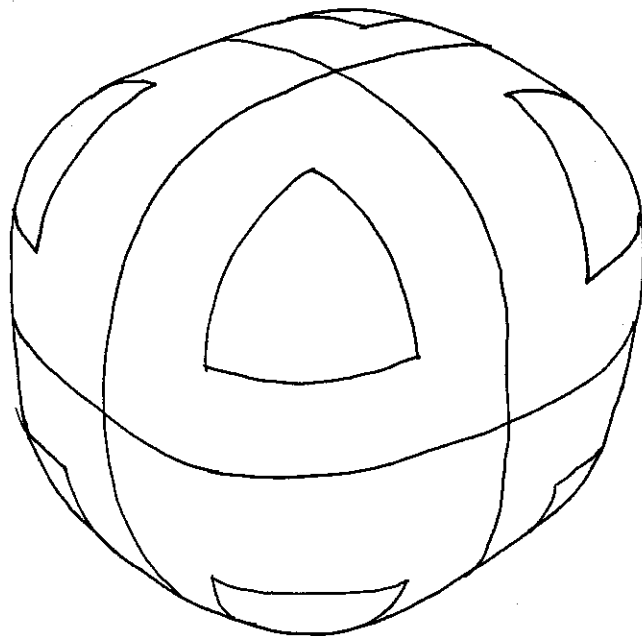


É preciso preparar
oito elementos da
maneira seguinte:

Devo ter perdido
um episódio.



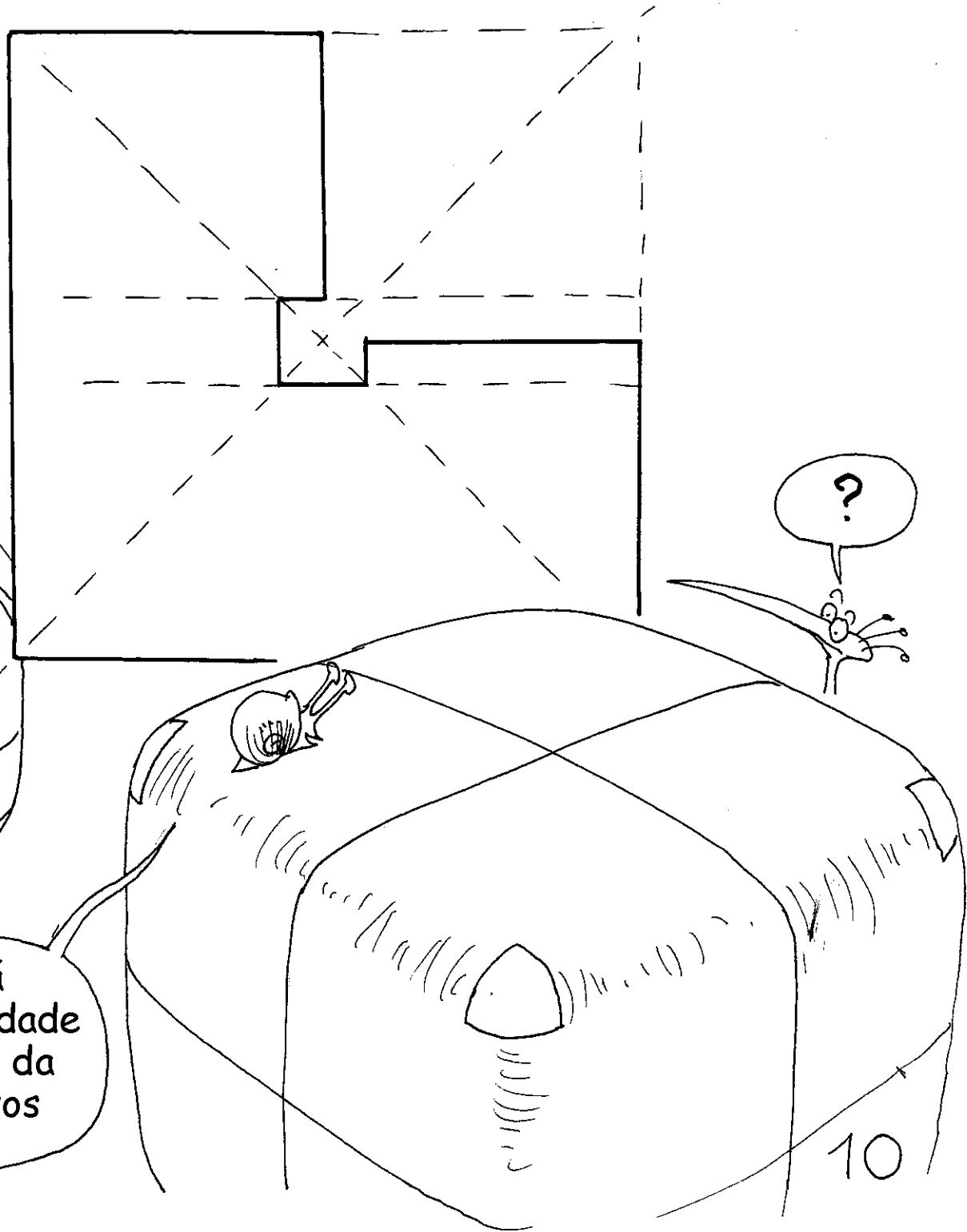
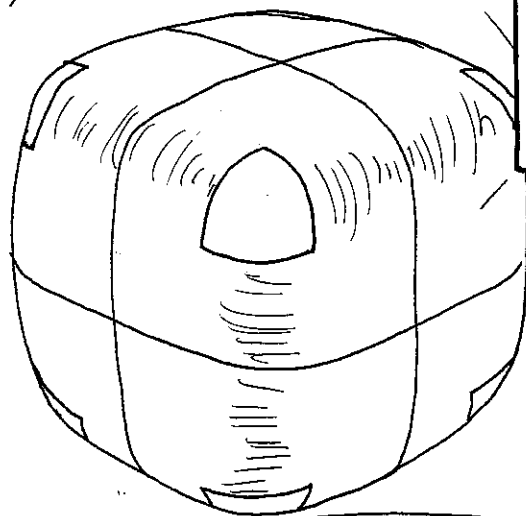
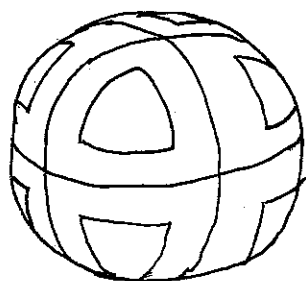
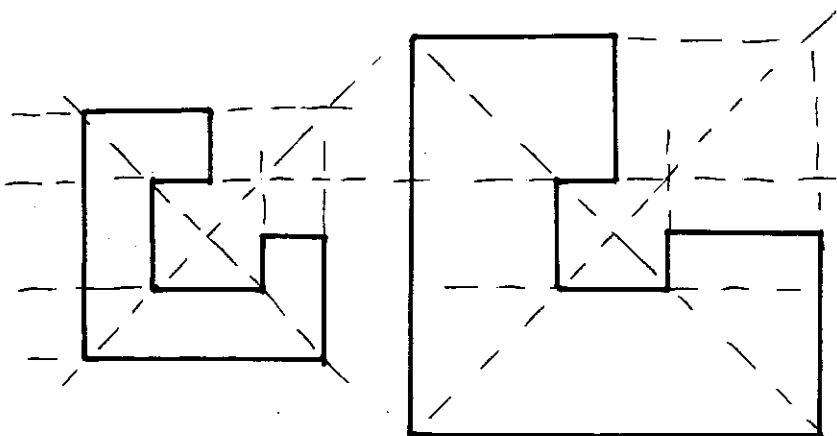
Só falta adaptar os cantos esferoidais.



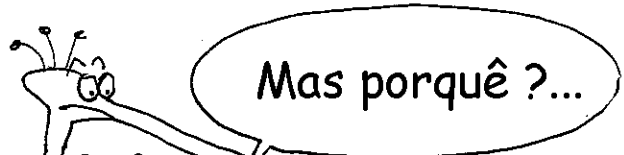
Os planos
tangentes
unem-se!!!

Hum... Mas que sorte!

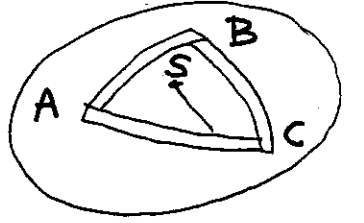
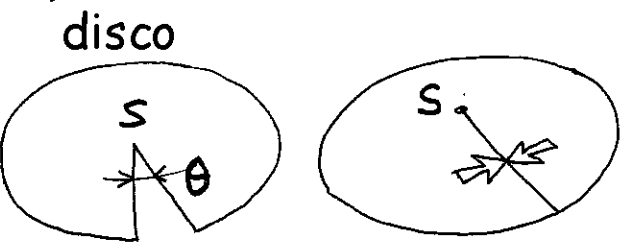
O facto de o quadrado do centro dar a impressão de ir diminuindo, não passa de uma ilusão óptica.



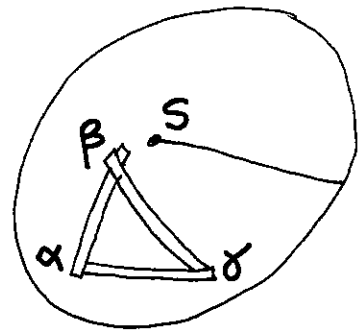
Bem, suas aves de serviço, vamos lá parar com as asneiras. Haveria continuidade do plano tangente independentemente da importância relativa, em área, dos oitos cantos arredondados.



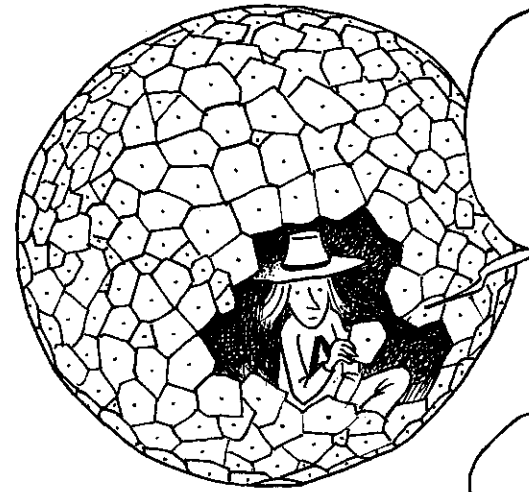
(*) Ide mas é reler as bandas desenhadas onde apareceis durante trinta anos! (**EINSTEIN E O BURACO NEGRO**, página 8 e seguintes). Cria-se um **POSICONE** realizando um corte de um ângulo θ . Ao traçar-se um triângulo constituído por 3 geodésicos, tem-se duas possíveis situações. Ou o triângulo contem o vértice **S** do cone. Então, a soma dos ângulos será igual a $\pi + \theta$. Ou então não o contém sendo que a soma dos ângulos no vértice é, por isso, **A SOMA EUCLIDIANA** que corresponde a π . Se se colar, juntamente, dois posicones que correspondem a cortes θ_1 e θ_2 , a soma dos ângulos de um triângulo contendo os dois vértices S_1 e S_2 será a soma euclidiana acrescida de $\theta_1 + \theta_2$



$$\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = \pi + \theta$$



$$\hat{\alpha} + \hat{\beta} + \hat{\gamma} = \pi$$



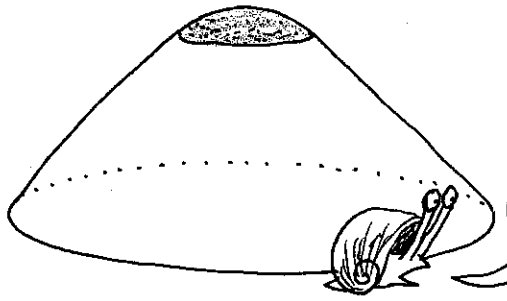
Ao juntar o mais regularmente possível um número N de microcones de ângulos θ verifico então que quando $N \times \theta = 720^\circ$ obtenho... uma esfera.

É normal uma vez que a **CURVATURA TOTAL** da esfera representa 720°

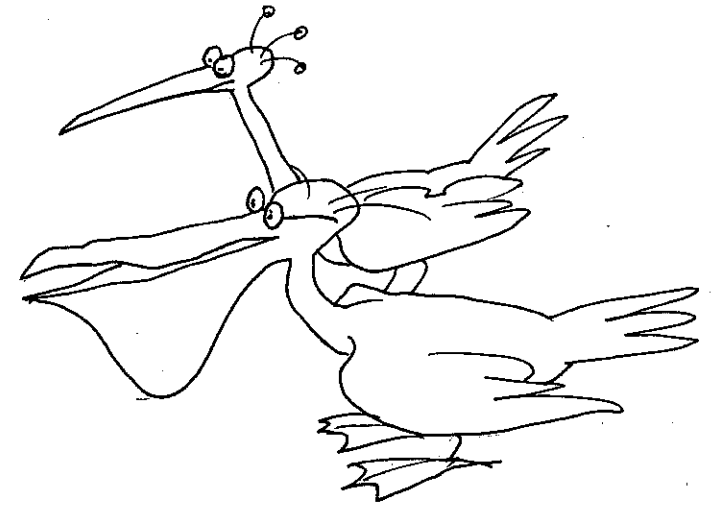
Agora, meu querido, sai daí!

(*) Einstein e o buraco negro, pág. 9.

Desenho retirado da página 37.



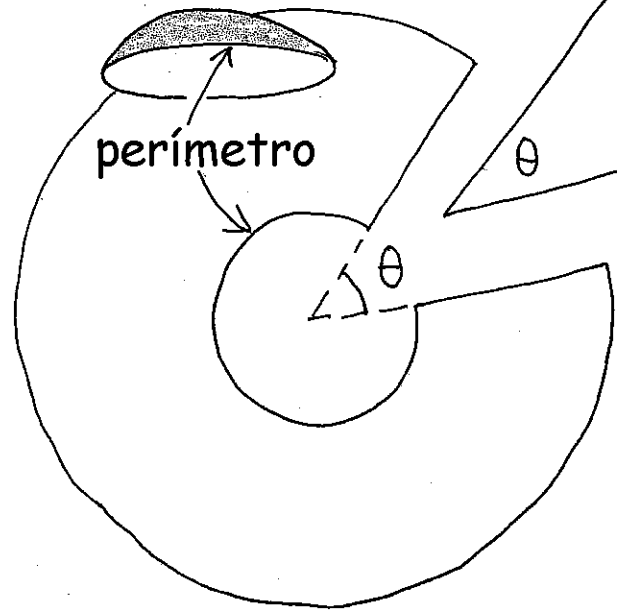
Sempre que se pretender colocar uma coisa curva no campo euclidiano, basta para isso verificar se as curvaturas são compatíveis. Por exemplo, vamos supor que aquilo que se pretende é fabricar um cone embotado.



$$s = 4\pi R^2 \frac{\theta}{720^\circ}$$

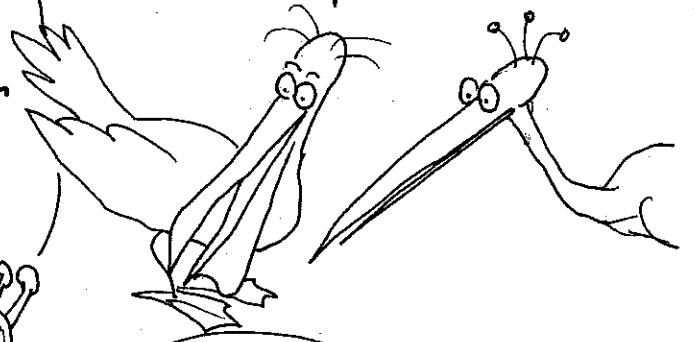
A quantidade de curvatura contida na calota esférica é igual a:

$$\theta = 720^\circ \times s / 4\pi R^2$$



O flanco do cone embotado é uma parte de um cone que corresponde à um recorte desse ângulo θ . Basta recortar o vértice do cone de tal maneira que os perímetros se ajustem e já está!

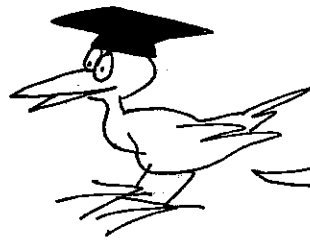
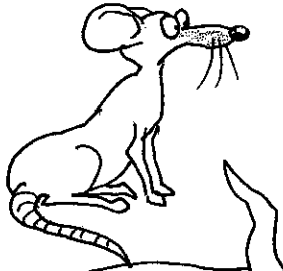
!?



E pronto!

MATÉRIA, VAZIO...

Bem, se entendi, no Universo, a matéria ocupa uma espécie de ilhotas, com muito vazio à volta ou entre cada uma. Mas, o que é o **VAZIO**?



Na óptica de um físico, o vazio perfeito, cheio de **NADA**, não pode existir. Para isso, seria necessário que todo o universo estivesse no zero absoluto. Seria impossível isolar esse vazio perfeito, nem com uma redoma perfeitamente estanque. Esta irradiaria e esse tal "vazio" encher-se-ia de fótons emitidos pela sua parede. (*)

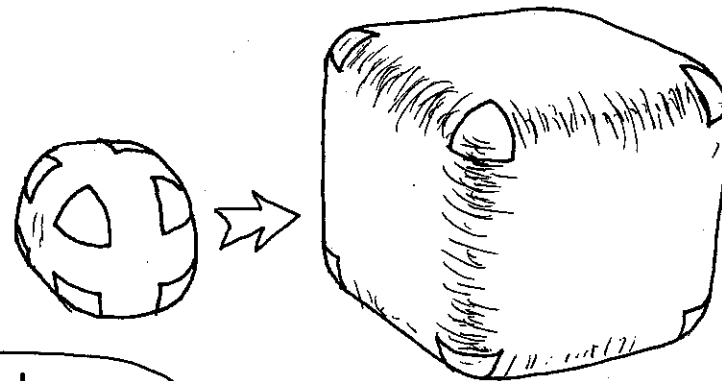
Por outras palavras, essas grandes partes vazias entre as galáxias foram preenchidas pelos fótons emitidos pelas... estrelas?



É necessário reler o **BIC BANG**. Em 1967, as observações revelaram a presença, em todo o universo, de uma grande quantidade de fótons (mil milhões de vezes mais numerosos do que as partículas de matéria) que formam o **FUNDO DE RADIAÇÃO COSMOLOGICA A 3°K**. Nas colisões, são esses fótons que constituem o que denominamos "vazio cósmico" e são esses mesmos que habitam essas bolhas que têm 100 milhões de anos-luz de diâmetro.

(*) Que corresponde a $h\nu = hc/\lambda = kT$ sendo T a temperatura absoluta da parede, c a velocidade da luz, h a constante de Planck e k a constante de Boltzmann.

Em suma, a imagem proposta pelo Anselmo, a de um cubo com cantos arredondados, com uma área constante, constituídos por oitavos de esfera, unido por uma superfície extensível, um "vazio", constituído por "fotões unidos", não é assim tão má.



Mas, os fotões, é algo que está sempre em movimento! Não entendo esta imagem de um "tecido de fotões de ligação"

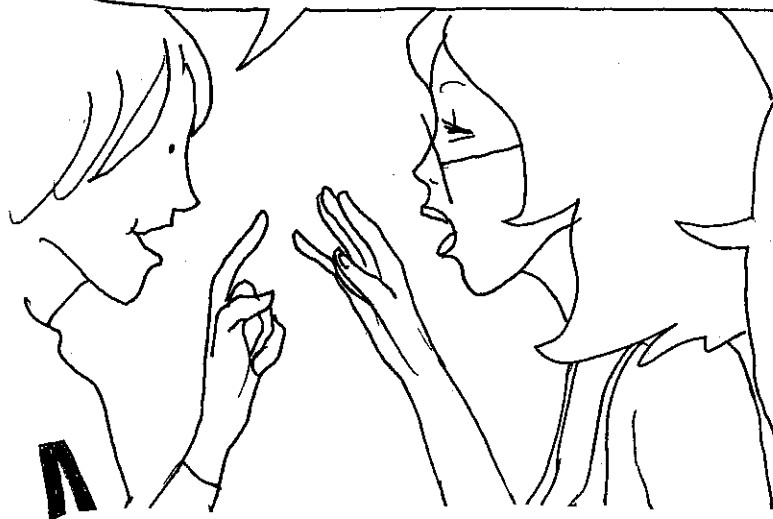
Tens razão. As ondas também elas estão sempre em movimento. Devemos antes imaginar uma espécie de "MAR PICADO" constantemente agitado pelas ondas cujo comprimento de onda seria de uns quantos milímetros. (*)

Portanto, se esse "MAR PICADO" se dilatar, é sinal que terão aparecido novas "ondas".

$$\begin{aligned} (*) \quad \lambda &= \frac{hc}{kT} ; h = 6,63 \cdot 10^{-34} \\ c &= 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} ; k = 1,38 \cdot 10^{-23} \\ T = 3^{\circ} \text{K} &\Rightarrow \lambda = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m} \end{aligned}$$

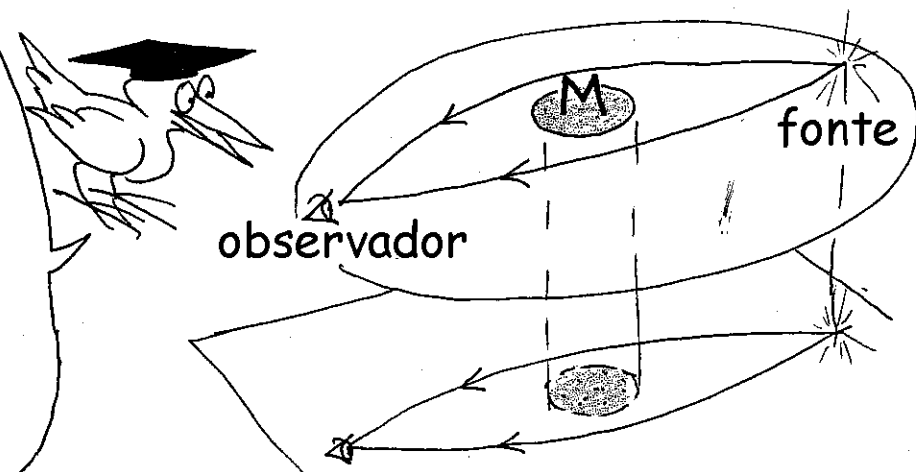
Não, as "ondas" é que se dilatam. O comprimento de onda λ desses fotões "cosmológicos" aumenta como a dimensão R do Universo.

Sofia, a energia contida no universo é a soma da energia das partículas de massa m , isto é mc^2 , a qual não varia se m e c forem constantes. E da energia $h\nu = hc/\lambda$ dos fotões cosmológicos. Se a quantidade de partículas não variar apesar do comprimento de onda λ aumentar como a **DIMENSÃO CARACTERÍSTICA R** do universo, significa que a sua energia diminui. Logo, **O COSMOS PERDE ENERGIA**.



Nem te atrevas a pensar que isto é tudo muito simples e muito linear, estamos entendidos? **O MODELO COSMOLÓGICO** é um simples **OBJECTO GEOMÉTRICO**, solução da **EQUAÇÃO DE EINSTEIN** que é incapaz de gerir a existência das partículas, a qual se prende com a **MECÂNICA QUÂNTICA**. Ora, como bem sabes, este casamento ainda não foi consumado.

Ou seja, pega-se numa **HIPERSUPERFÍCIE 4d** e coloca-se lá partículas, supondo que estas seguem os seus geodésicos. Esta **HIPÓTESE** permite estabelecer **PREDIÇÕES**. Para os fotões: o seu desvio por uma massa através do **EFEITO DE LENTE GRAVITACIONAL**, o que pôde ser evidenciado em 1915, aquando de um eclipse total do Sol pela Lua.

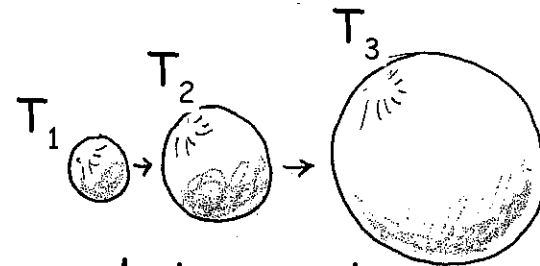


Efeito de **MIRAGEM GRAVITACIONAL**

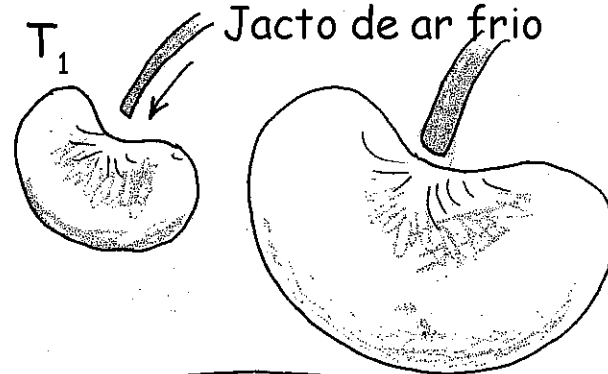
MODELO COSMOLÓGICO

Um **MODELO COSMOLÓGICO** é uma solução de uma equação de campo como a equação de Einstein $S \Leftarrow \chi T$ que deve ser lida "no sentido da seta". T representa o **CONTEÚDO EM ENERGIA-MATÉRIA** do universo, que **DETERMINA A GEOMETRIA** de uma **HIPERSUPERFÍCIE** a quatro dimensões, que será **O ESPAÇO-TEMPO**. Vamos demonstrar de que modo a distribuição da energia num objecto pode determinar a sua geometria. Consideremos uma redoma, que tenha a forma de uma esfera, a uma temperatura comum. Façamos com que aqueça de maneira não uniforme, colocando-a, por exemplo, num ambiente gasoso cada vez mais quente, mas arrefecendo uma parte com um jacto de ar frio. O objecto acaba por se dilatar e a sua forma, ou melhor, a sua geometria, dependerá do valor da temperatura em qualquer ponto dessa redoma metálica.

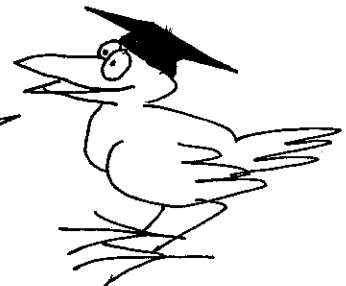
A Direcção



Uma esfera oca, de metal, colocada num ambiente gasoso de temperatura crescente dilatar-se-á, conservando a sua **SIMETRIA ESFÉRICA**. Mas se, por exemplo, contrariarmos localmente a sua dilatação com um jacto de ar frio, adquirirá o aspecto de um amendoim:



Aí, já se poderá falar em **CAMPO DE TEMPERATURA**



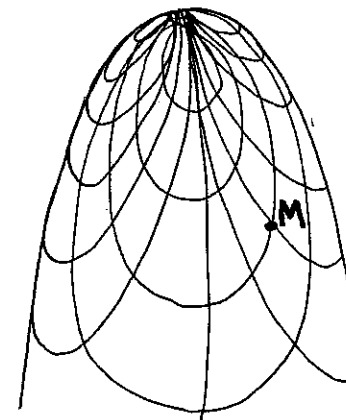
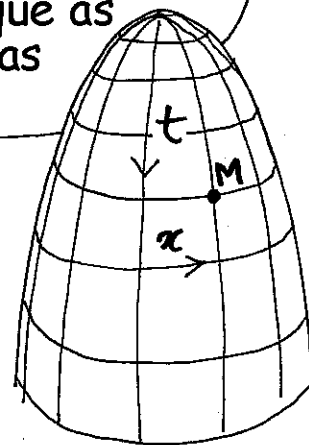
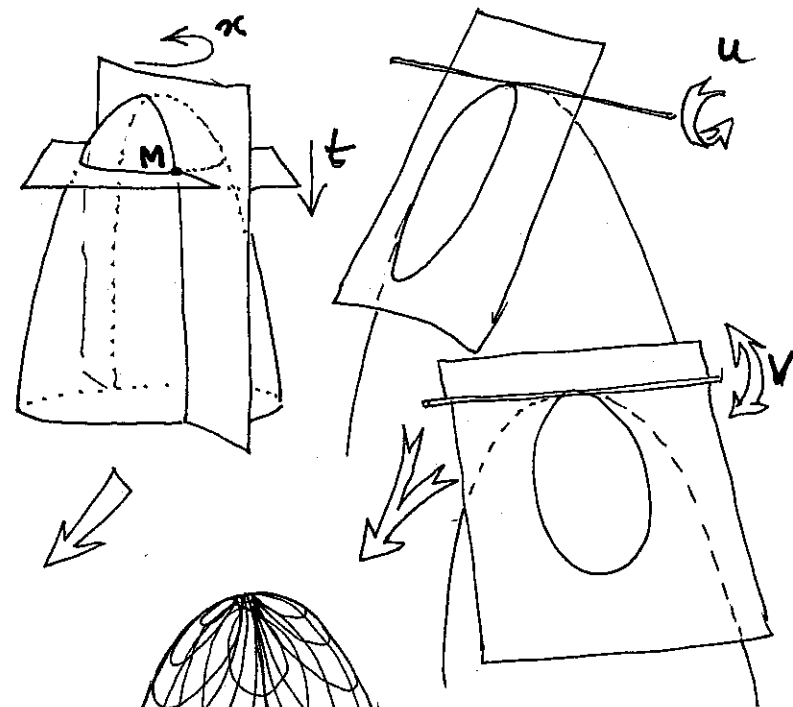
O Anselmo construiu um modelo geométrico 2d de um universo inomogéneo, com regiões que não se dilatam, envoltas por imensos vazios em expansão. É um dos aspectos chave do cosmos como o conhecemos hoje em dia. Antes, os cosmologistas perspectivavam o universo como sendo uma espécie de gás, uniforme, cujas "moléculas" eram as galáxias. (*) Esse modelo persistiu. Ora, actualmente, ninguém é capaz de construir uma solução da equação de Einstein que não tenha a simetria da esfera S^3 . Tenta-se, portanto, descrever um mundo fundamentalmente inomogéneo, lacunar, invocando soluções perfeitamente "planas", homogéneas. Assim sendo, ao extrairmos de uma equação de campo como a de Einstein, sob a forma de uma hipersuperfície a quatro dimensões, o que é que estamos a fazer? Só resta **CARTOGRAFÁ-LA**, chapar-lhe um sistema de coordenadas (x,y,z,t) , sendo que as três primeiras se referem à posição de um ponto desta hipersuperfície e que se pressupõe que a quarta representa o **TEMPO**. E é aí que a **GEOMETRIA** passa a pasta ao **FÍSICO**.



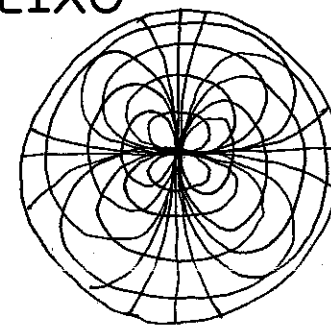
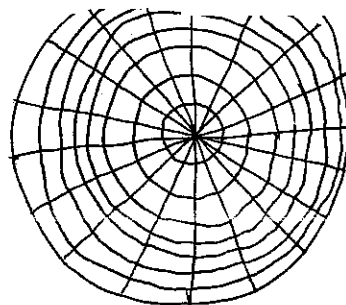
(*) Um "universo repleto de poeira", porque as velocidades de agitação das galáxias eram pequenas perante c .

PROCEDENDO À CARTOGRAFIA

Consideremos uma superfície com uma forma parabólica, como uma "porção de manteiga". Podemos descobrir a posição de um ponto M a partir de dois números, que designaremos **COORDENADAS**. Mas, para uma mesma superfície, existe uma infinidade de escolhas de **SISTEMAS DE COORDENADAS** possíveis. Por exemplo, pode-se cortar esta em duas famílias de planos, sendo que as secções constituem duas famílias de curvas.



VISTO CONFORME O EIXO



Tendo em conta que o nosso pedaço de manteiga representa a imagem de um espaço-tempo 2d, então deve, ainda assim, existir uma escolha particular de coordenadas que definam, sem ambiguidade, **O ESPAÇO e O TEMPO?**

DESENHA-ME UMA OVELHA (*)

Uma das grandes mudanças paradigmáticas do início deste século foi a de considerar que vivíamos não num **ESPAÇO 3d**, mas sim numa **HIPERSUPERFÍCIE 4d**. Nessa mesma altura, algumas equações vieram completar as que já existiam, como é o caso das equações de Maxwell, de electromagnetismo. **NOVOS FENÓMENOS** vieram trazer um novo conjunto de observáveis, como a carga eléctrica. O físico equipou-se de uma "caixa de ferramentas" constituída por um jogo de equações interdependentes, na qual figuravam "constantes".

G : constante da gravitação

c : velocidade da luz

m : massas elementares (nucleões, electrões)

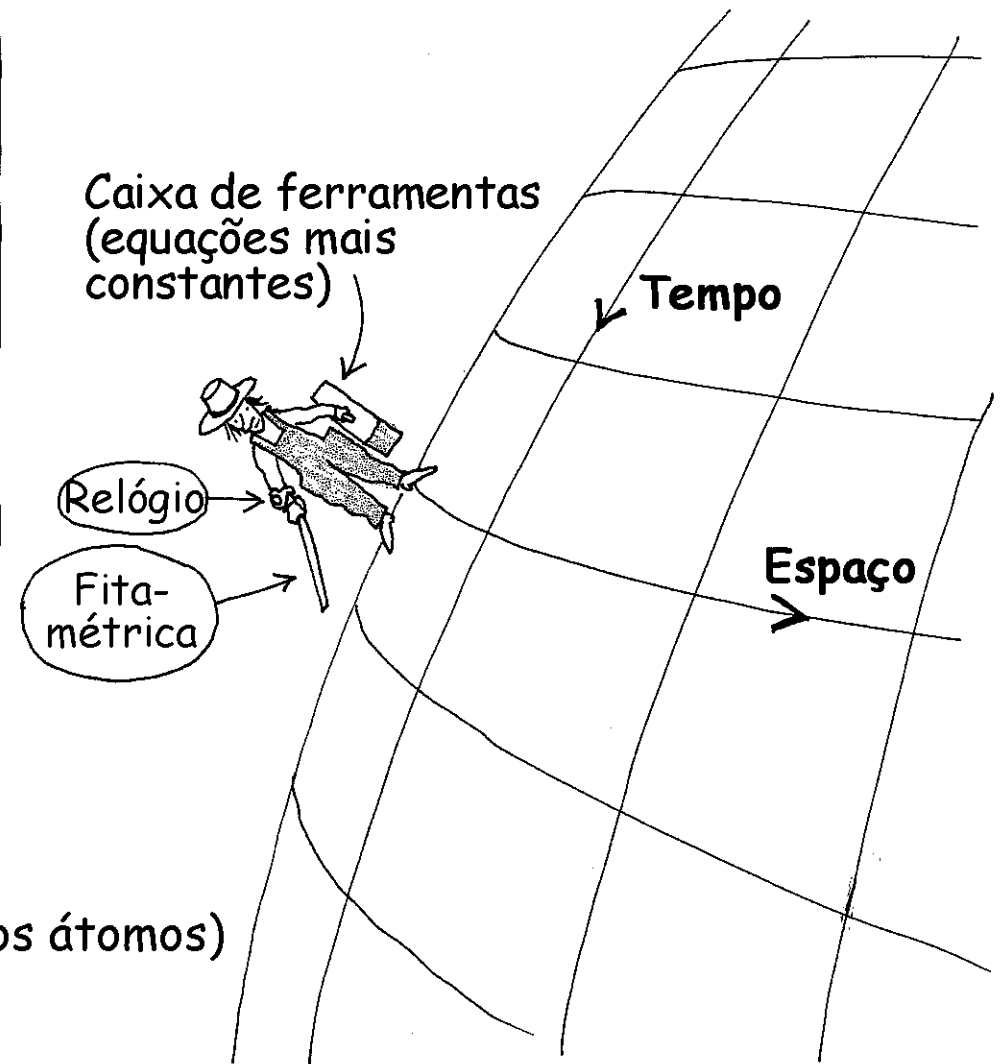
h : constante de Planck

e : carga eléctrica elementar

μ_0 : "permeabilidade magnética do vazio"

α : constante de estrutura fina (geometria dos átomos)

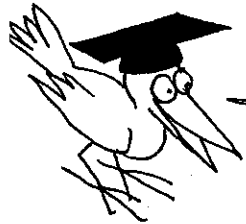
Descobriu-se que havia os mesmos átomos nos quatro cantos do universo, que este evoluía, tinha um passado e um futuro e que habitávamos numa ínfima porção do espaço-tempo.



(*) Uma frase que os leitores do **PRÍNCIPEZINHO** (de Antoine De Saint-Exupery), traduzido em várias línguas, compreendem perfeitamente.

Descobriu-se que a **RADIAÇÃO** e a **MATÉRIA** não passavam de duas manifestações da mesma entidade, a **ENERGIA-MATÉRIA**, de acordo com a famosa lei do equilíbrio $E = mc^2$, daí as pessoas se apressarem a verificar isso de forma experimental a partir de lindíssimas experiências realizadas ao ar livre.

Só faltava estudar, **LOCALMENTE**, as propriedades da nossa hipersuperfície-habitat.



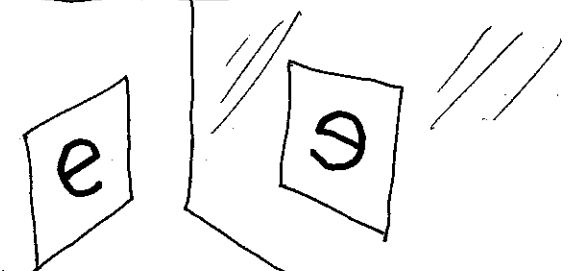
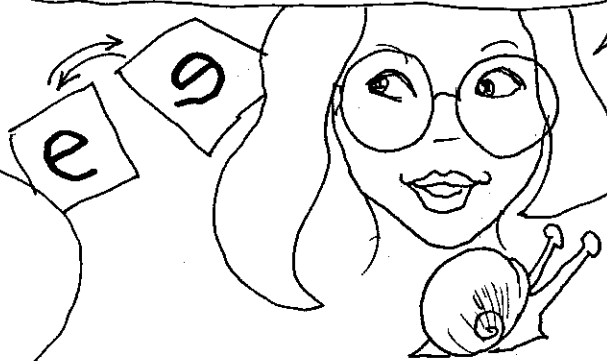
Imaginemos que vivíamos numa superfície cuja curvatura variasse pouco de um ponto em relação ao outro. Podemos fazer deslizar sobre esta uma decalcomania:

e

Mas descobriríamos, da mesma forma, que não se modifica o tamanho da decalcomania **VIRANDO** esta, visto que, ao virarmo-la novamente, reencontramo-la de forma idêntica (invariante "reflexão de espelho").

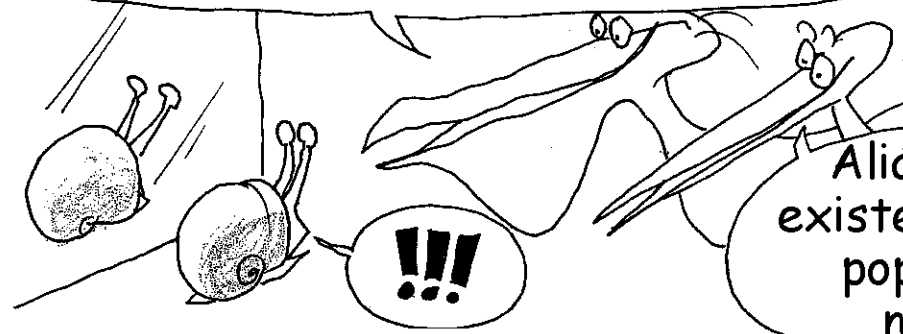


Verificaríamos, então, que a decalcomania é **INVARIANTE** quer a façamos girar, quer a desloquemos (um pouco, nada em demasia). (*)



(*) Dir-se-á que este espaço é localmente invariante pelos **GRUPOS** das **ROTAÇÕES** e das **TRANSLAÇÕES**.

Meu caro Tiresias, não sei se sabe, mas a sua concha não é idêntica à sua imagem num espelho. O Tiresias é um caracol "direito" ou "esquerdo"?



Aliás, será que existem essas duas populações na natureza?

Dissemos que não se iria falar de política nestas bandas desenhadas!

Esta simetria evoca a descoberta da **DUALIDADE MATÉRIA-ANTIMATÉRIA** (*) que inverte, em particular, a carga eléctrica:

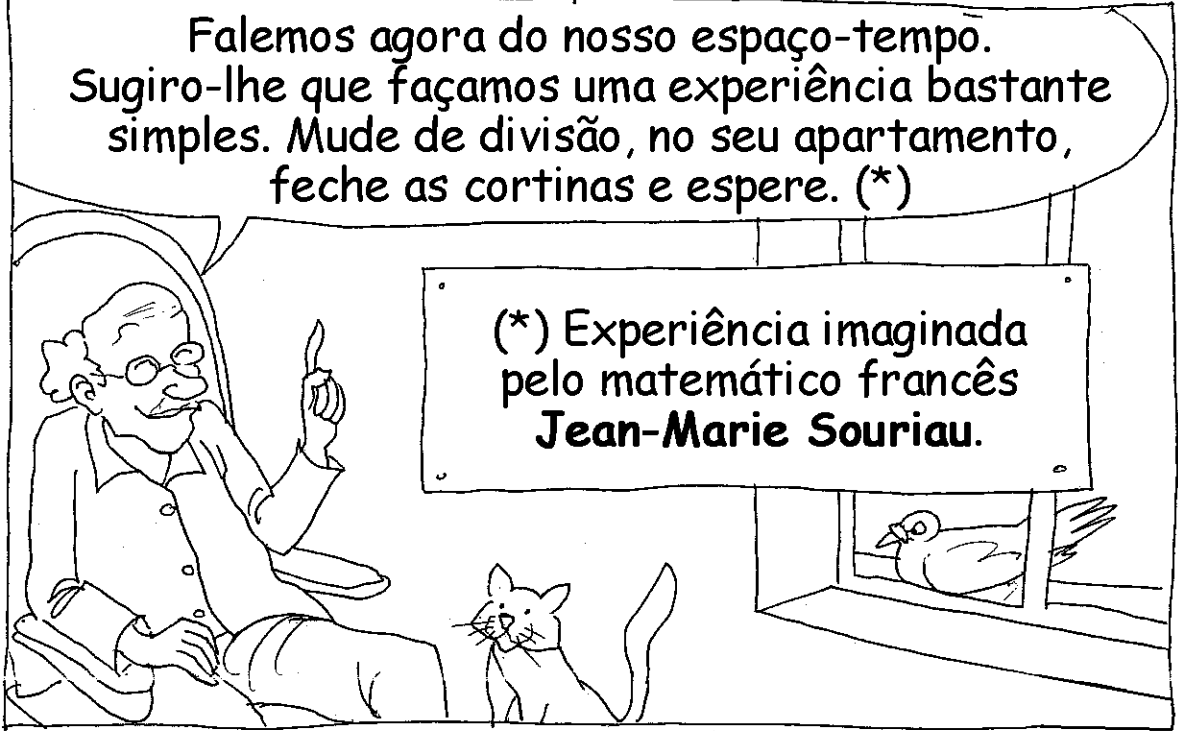
$$\Theta = -e$$

O facto de o tamanho do carácter ser idêntico ilustra o facto de a massa de uma partícula de antimatéria ser a mesma que a da partícula para a qual constitui o simétrico.

$$m = m$$



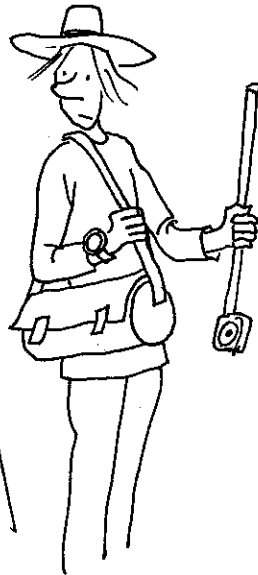
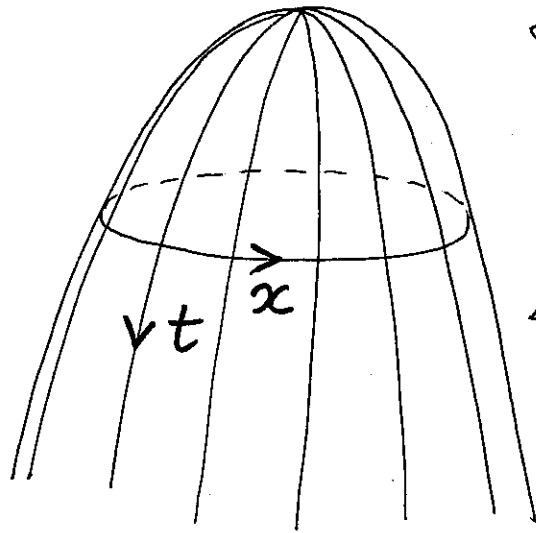
Todas as partículas, neutrões, mesões, quark, etc, possuem as suas antipartículas, excepto o **FOTÃO** que é a sua própria antipartícula.



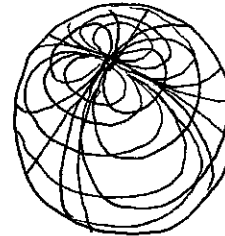
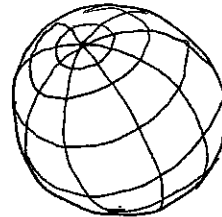


(*) Esta propriedade "de invariância pelas rotações lorentzianas" resume em si só todas os aspectos tão desconcertantes da teoria da **RELATIVIDADE RESTRITA**.

BIG BANG



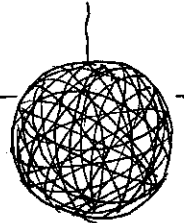
Na hipersuperfície que constitui a solução da equação de **EINSTEIN**, existem determinadas curvas que permanecem iguais independentemente do sistema de coordenadas escolhidas; são os **GEODÉSICOS**. Do mesmo modo, a infinidade dos geodésicos registados numa esfera é independente do sistema de coordenadas que servem a identificá-las na superfície.



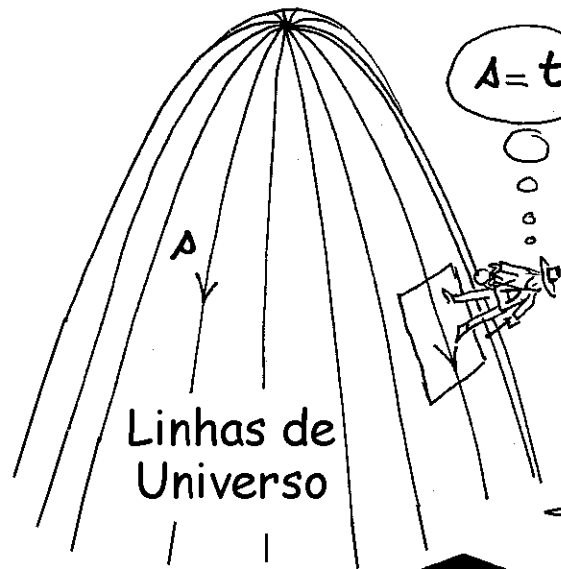
Conjuntos de coordenadas



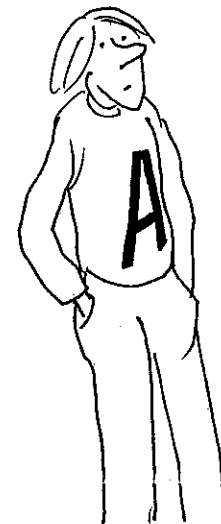
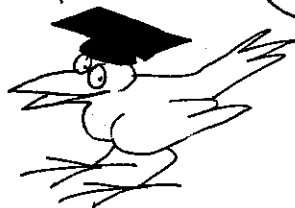
Geodésicos : a infinidade dos **Grandes Círculos** da esfera



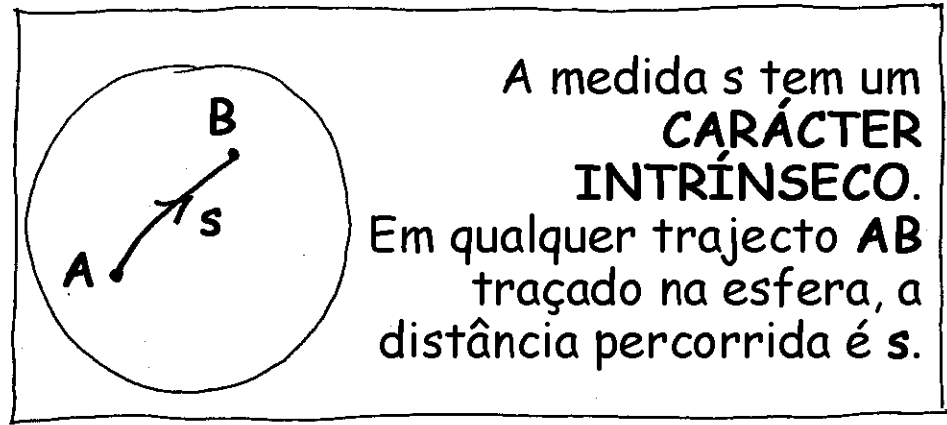
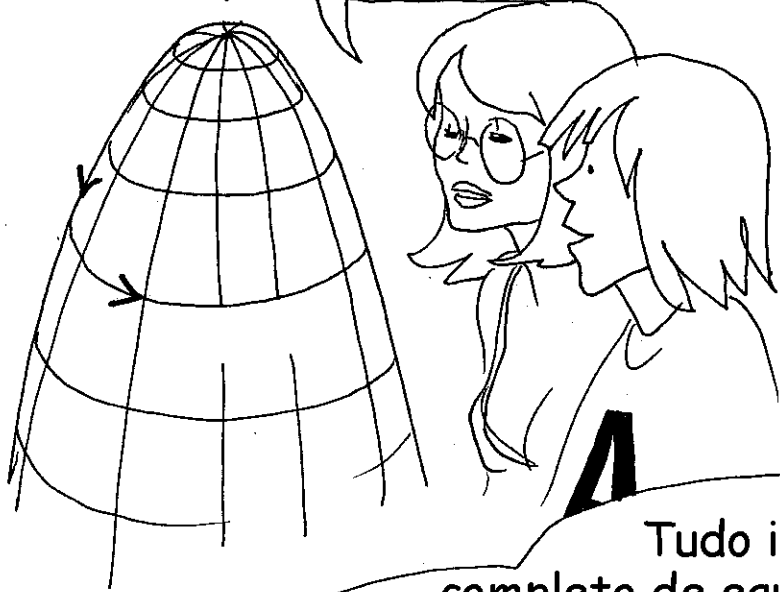
Candelabro constituído por geodésicos



Na hipersuperfície, foi seleccionada uma família de geodésicos, convergindo em direcção a um ponto. Decidiu-se identificar a abcissa curvilínea s , medida no comprimento dessas curvas, rebaptizadas **LINHAS DO UNIVERSO**, que seria identificado a um **TEMPO CÓSMICO t** .

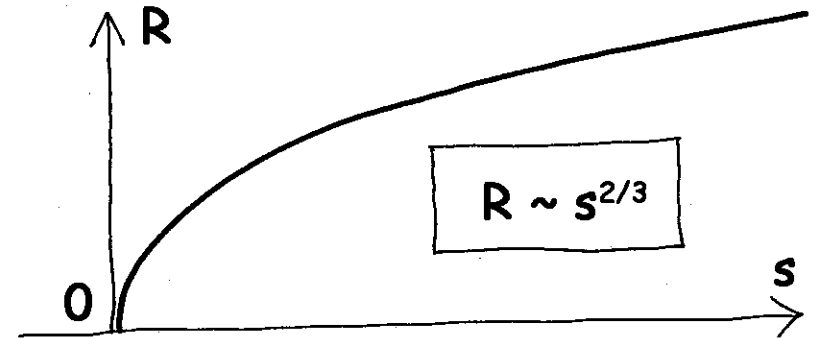


Perpendicularmente a essas linhas, havia, constituídos por pontos situados na mesma **ÉPOCA** s uma hipersuperfície a três dimensões tendo sido identificada como pertencente ao espaço da **FÍSICA**. Imagem 2d ao lado.



A medida s tem um **CARÁCTER INTRÍNSECO**. Em qualquer trajecto **AB** traçado na esfera, a distância percorrida é s .

O modelo cosmológico, também designado por **MODELO STANDARD**, é uma solução



Tudo isso com o jogo completo de equações povoadas com os valores de $G, c, m, e, \alpha, \mu_0$, consideradas **CONSTANTES ABSOLÚTAS**. A identificação de s com o tempo era então bem aceite. Essa ideia deu, em seguida, lugar ao modelo do **BIG BANG**.



E então?

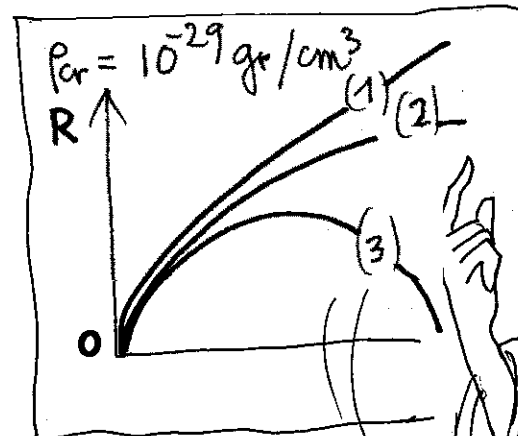
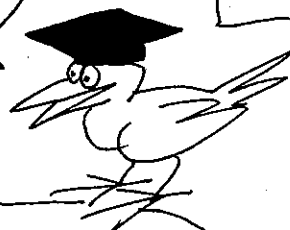


(*) Também se designa essa escolha de **COORDENADAS GAUSSIANAS**.

Este **Modelo Standard** teve o seu momento de glória, os seus admiradores, os seus grandes sacerdotes. Até tinham calculado que o futuro longínquo do universo dependia da sua densidade actual, conforme esta fosse superior, igual ou inferior a um valor crítico igual a 10^{-29} gr/cm^3 (*). A descoberta de que, pelo contrário, o universo acelerava ditara o fim deste modelo. (Ver **O Universo Gemelar**).



Então os homens viraram-se novamente para o passado?



A **MECÂNICA QUÂNTICA** declara-se incapaz de descrever os fenómenos que ocorrem em espaços de tempo inferiores a:

$$\text{tempo de Planck } t_p = \sqrt{\frac{hG}{c^3}} = 10^{-43} \text{ seg}$$

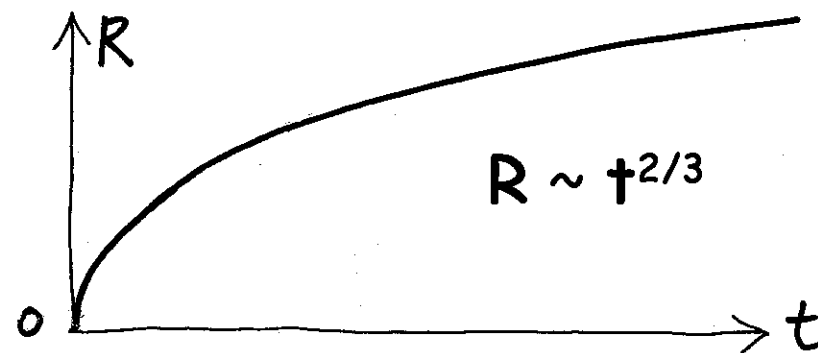
Ou em distâncias inferiores a:

$$\text{o comprimento de Planck } L_p = \sqrt{\frac{hG}{c^5}} = 10^{-33} \text{ cm}$$

(*). Ver as últimas páginas de *Os Mistérios da Geometria* (1980).

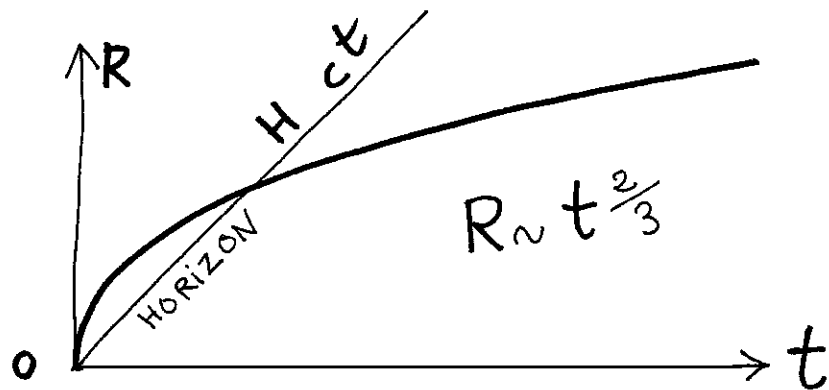
A BARREIRA DE PLANCK

Não havendo ninguém que suspeitasse que o que funcionava no presente pudesse guardar a sua validade no mais longínquo passado, especulara-se gravemente sobre o estado possível do Universo quando t era inferior ao tempo de Planck e isso sem ninguém se aperceber, uma única vez, que tal assentava fundamentalmente na hipótese segundo a qual G , h e c são **CONSTANTES ABSOLUTAS** não afectadas pela evolução cósmica.



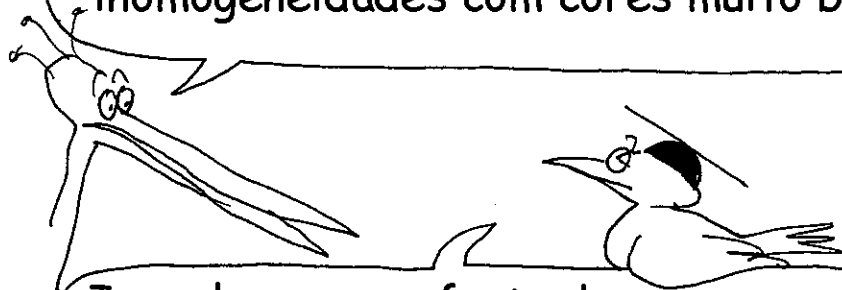
Espere, espere!
Posso citar-lhe uma catrefada de artigos publicados por indivíduos bastante idóneos, que demonstraram que ao tocarmos numa dessas constantes, ao supormos a mínima variação durante a evolução, levaria a contradições insustentáveis relativamente às observações!

TOCA A CIRCULAR! NÃO HÁ NADA PARA VER!



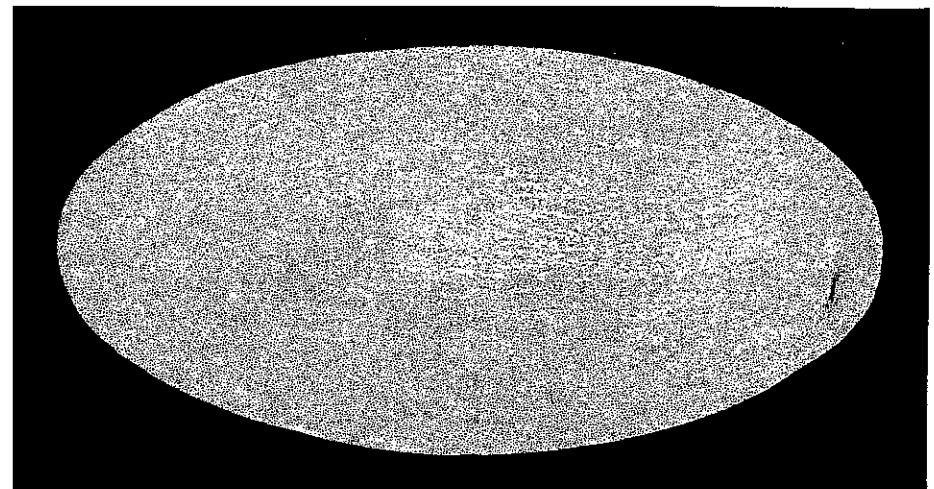
Em 1992, o satélite **COBE**, ao efectuar as primeiras medidas precisas quanto à radiação primordial, o CMB (*) que fornece uma imagem do universo nos seus primeiros instantes, demonstrou que esta era homogénea numa margem de erro de cem milésimas.

Não estou a perceber. Nas revistas e na Internet, mostram-nos um monte de inomogeneidades com cores muito bonitas.



Isso deve-se ao facto de apresentarem o contraste via computador. Senão a verdadeira fotografia corresponde à imagem que está ao lado.

Em exclusividade : o Universo primitivo



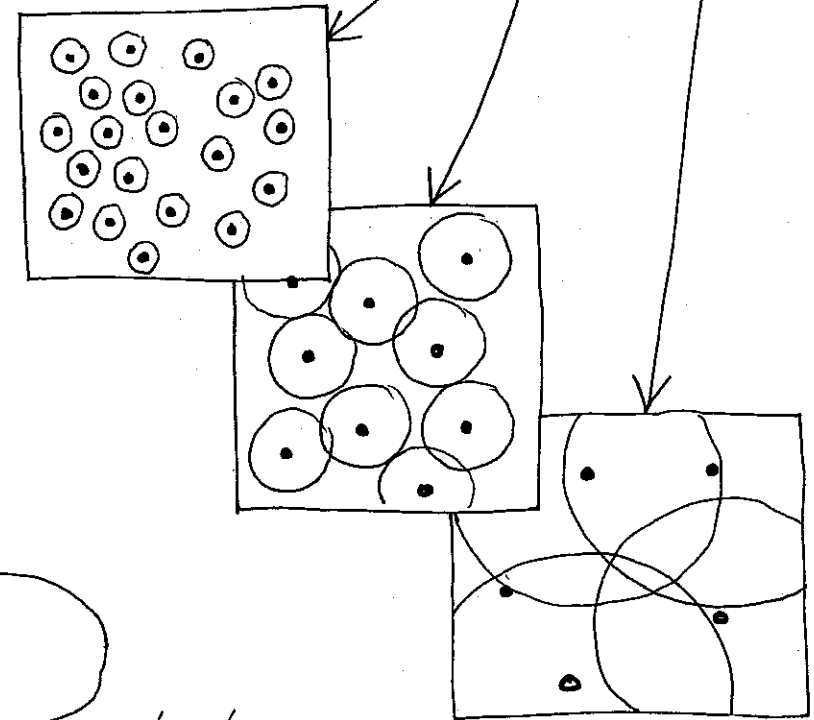
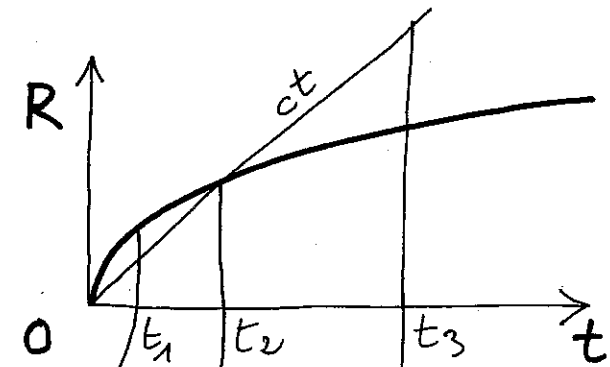
Tal como é na realidade!

(*) Cosmic Microwave Background.

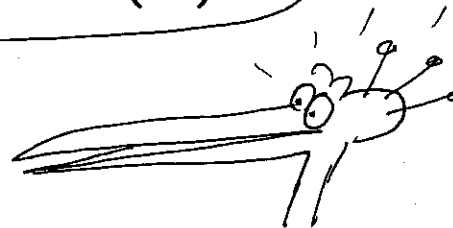
Esta fantástica homogeneidade é um paradoxo incontornável. Se a velocidade da luz é constante, então uma onda electromagnética (*) emitida desde o instante zero propagar-se-á conforme uma bolha de raio ct , que designamos por **HORIZONTE COSMOLÓGICO**. Ora, olhando para a curva da página anterior, a distância entre as partículas aumenta como R . Portanto, nessa época, as partículas afastam-se a uma velocidade superior a c . Por conseguinte, ignoram-se totalmente. É um universo autista. Como explicar, nessas condições, que um universo, cujas partículas nunca interagiram umas com as outras, apresenta um grau de homogeneidade dessa amplitude?

A Direcção

(*) Caminhando à velocidade c



Talvez haja uma solução: que a velocidade da luz tenha sido mais relevante no passado. (**)

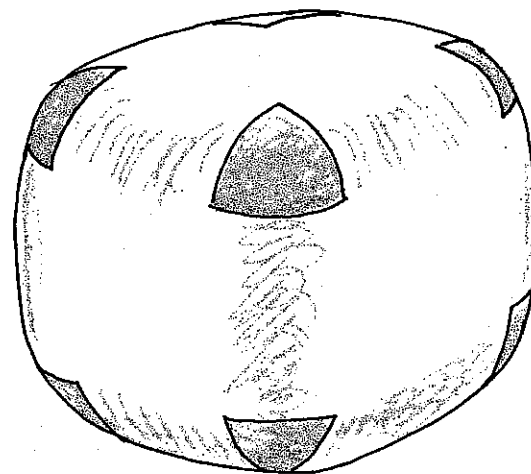
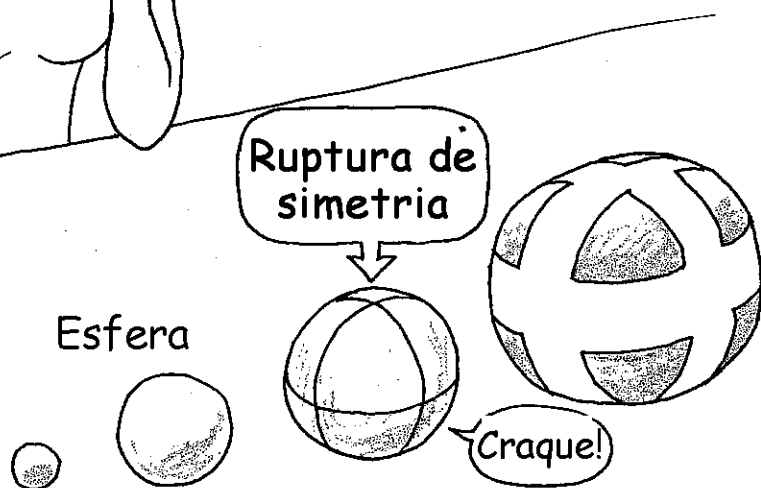


(**) : Ideia desenvolvida, pela primeira vez, pelo autor em 1988: " An interpretation of cosmological model with variable light velocity " Modern Phy. Lett. A Vol 3 n° 16, nov. 1988, página 1527.

RUPTURA DE SIMETRIA



Se pretendermos encontrar o indício de alguma coisa, penso que deveríamos retomar a imagem do Anselmo e recuar no tempo. Haverá, necessariamente, um momento em que os oito cantos arredondados do cubo se unirão para formar uma esfera.



Cubo cujas oito vértices são porções de esfera, não extensíveis.

Um objecto que tenha a simetria do cubo possui um determinado número de planos de simetria e de eixos de simetria de rotação discretos de $\pi/2$, π , $3\pi/2$. Uma esfera tem um grau de simetria incomensuravelmente mais elevado (*) visto que qualquer plano que passe pelo seu centro é um plano de simetria e que a esfera permanece invariante por uma rotação de um ângulo qualquer à volta de qualquer eixo que passe igualmente pelo seu centro.

(*) A simetria $O(2)$.

Mas o cubo com cantos embotados só estava ali para fixar ideias, dando a imagem de um universo que contém oito "aglomerados de matéria" e disposto como um poliedro regular. Sempre a duas dimensões, poderíamos imaginar uma esfera que se fragmentasse numa enorme quantidade de fragmentos rígidos, ligados uns aos outros por elementos de superfície euclidianos e extensíveis. Assim, perderia totalmente a sua simetria inicial e ocorreria o que chamamos de **RUPTURA DE SIMETRIA**. Ora, no campo da física teórica, um acontecimento deste tipo é sinónimo de mudanças maiores, por exemplo no modo como se produzia a expansão do Universo.

Pelo contrário, quando se verifica simetria, é que há invariância de algo. Mas de quê?

No seu célebre livro "Os três primeiros minutos do Universo" (*), Steven Weinberg, galardoado com o prémio Nobel da Física, ao dizer que quando recuamos suficientemente longe no passado, que a radiação cria, de forma contínua, pares de partículas e de antipartículas que se aniquilam e que as velocidades de agitação térmicas de todos esses objectos vai ao encontro da velocidade da luz, leva-nos a considerar, citando a sua frase, que **"O UNIVERSO ESTÁ CHEIO DE TODO O TIPO DE RADIAÇÕES"**.

Então?



(*) Do qual o autor se inspirou para escrever **BIG BANG** em 1982.

Com base nesta ideia, quando partículas materiais (*) se aproximassem da velocidade da luz, aquelas comportar-se-iam então como... **RADIAÇÕES**, pelo que...

Tornar-se-iam como o "gás de fotões": **COMPRESSÍVEIS**.

Calma aí! Vamos por partes... O comprimento da onda dos fotões varia como R . Se o que está a dizer for verdade, então o **COMPRIMENTO DE ONDA DE COMPTON**, que fornece o «tamanho» das partículas

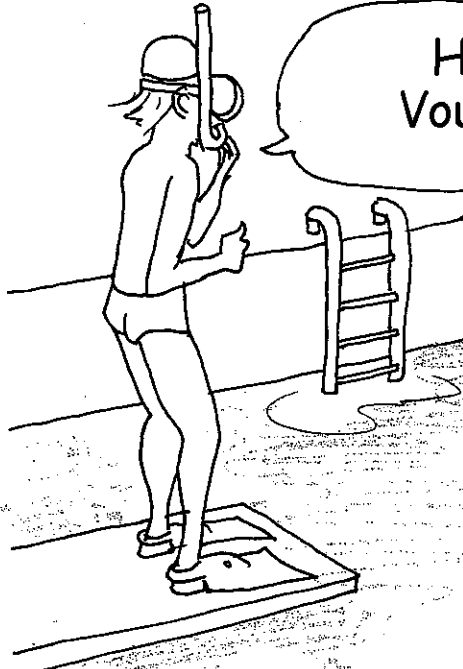
$$\lambda_c = \frac{h}{mc}$$

variaria da mesma maneira! E para isso, seria necessário que, por sua vez, uma das constantes, por exemplo c , variasse também!!!

Porquê **UMA** constante e não **TODAS** as constantes ao mesmo tempo, já agora!?

Isto está a ficar interessantíssimo!

(*) A antimatéria possui uma massa m e uma energia mc^2 positivas.



Há sempre um momento em que temos de nos atirar de cabeça!
Vou, portanto, permitir que **TODAS AS CONSTANTES** da física
variem, em conjunto, optando pelas quatro hipóteses seguintes:

- Todas as equações da física deverão ser satisfeitas
- Todos os comprimentos característicos deverão variar como R
- Todos os campos característicos variarão como t
- Todas as energias, sob todas as formas possíveis, serão conservadas



No âmbito da **RELATIVIDADE GERAL**, encontramos
um comprimento característico que é o **RAIO DE
SCHWARZSCHILD R_s**

$$L_s = \frac{2Gm}{c^2} \text{ assim sendo, } \frac{Gm}{c} \sim R \quad (*)$$

G é a "constante de gravitação".

(*) O símbolo \sim significa "variando como".

Ainda no âmbito da **Relatividade Geral** a célebre equação de Einstein escreve-se:

$$S = - \frac{8\pi G}{c^2} T$$

sendo que a fracção representa a **CONSTANTE DE EINSTEIN (*)**. Por razões matemáticas, deve ser invariante, o que dá:

$$G \sim c^2$$

Combino e obtenho a primeira lei:

$$m \sim R$$

A massa **m** aumenta com a dimensão característica **R** do universo. Ora, e porque não? Combinemos com a minha hipótese de conservação da energia $mc^2 = \text{constante}$

$$c \sim \frac{1}{\sqrt{R}}$$

Olha, um modelo com velocidade de luz variável! Prossigamos

ZZZ...

Isto também me dá uma constante da gravitação que varia, de acordo com

$$G \sim \frac{1}{R}$$

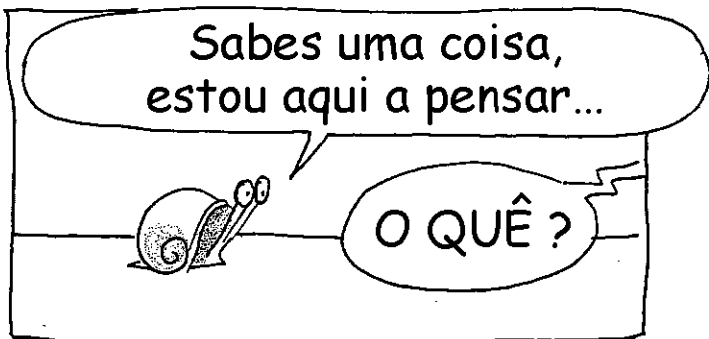
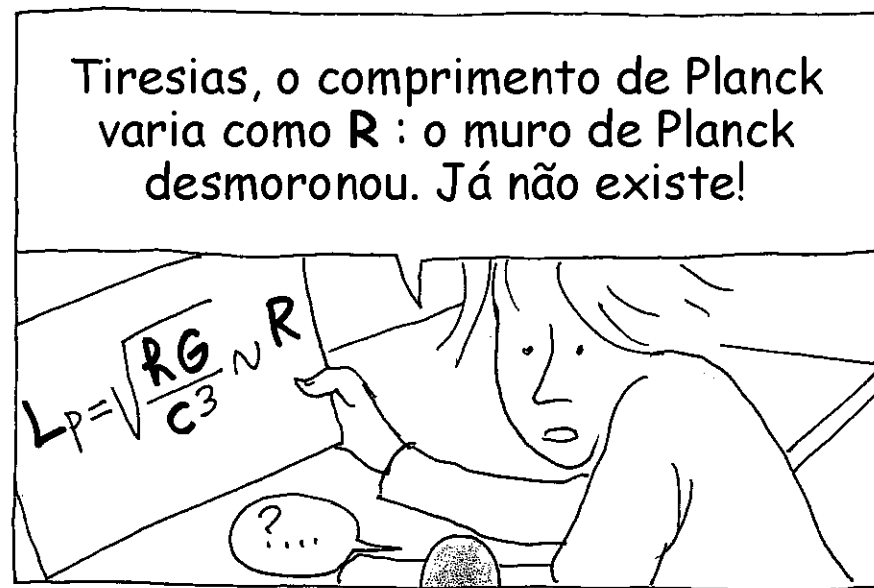
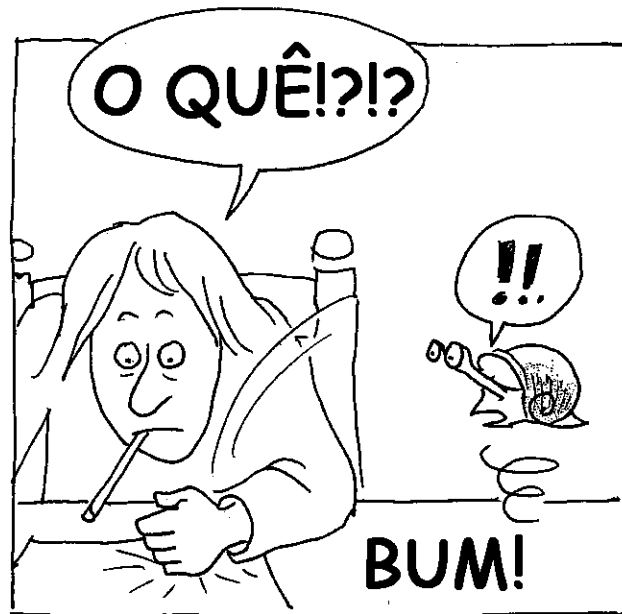
Agora adiciono, na minha marmita, o facto de as partículas serem compressíveis, ou seja,

$$\lambda_c = \frac{h}{mc} \sim R$$

obtenho uma constante de Planck que evolui conforme se vê aqui $h \sim R^{3/2}$

ZZZ

(*) Escrita em obras recentes, onde consta que: $\chi = - \frac{8\pi G}{c^4}$, mas esta diferença deve-se à forma como se escrevem os termos do tensor T.



NA MANHÃ SEGUINTE

Bem, isto é tudo muito bonito. Mas apetece-me simplesmente perguntar: isto serve para quê? O Anselmo descobriu, simplesmente, que as equações da física, sem exceção (*), eram invariantes devido ao que chamamos uma **TRANSFORMAÇÃO DE CALIBRE**.

Ora, lembre-se de uma coisa: os instrumentos de medida e de observação são construídos a partir dessas mesmas equações.

Conclusão: com este sistema, é, na sua essência, impossível conceber uma experiência ou um instrumento de observação que possibilite evidenciar a mínima **VARIAÇÃO**, pois os instrumentos de medida e de observação "provêm paralelamente" das quantidades que, supostamente, devem medir.

Então, o que eu andei a fazer é inútil?

(*) Quanto à invariância das equações de Maxwell, Schrödinger, etc, ver o ANEXO.

É um exercício de matemática engraçado.
Mas qual é o interesse se não se pode medir
absolutamente nada? E como se nos esforçássemos
em evidenciar o aumento da temperatura de um
objecto, medindo a dilatação de uma mesa de ferro
utilizando uma régua feita com o mesmo metal.

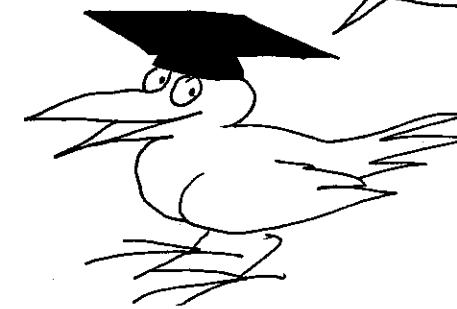


Boa!
He, he!

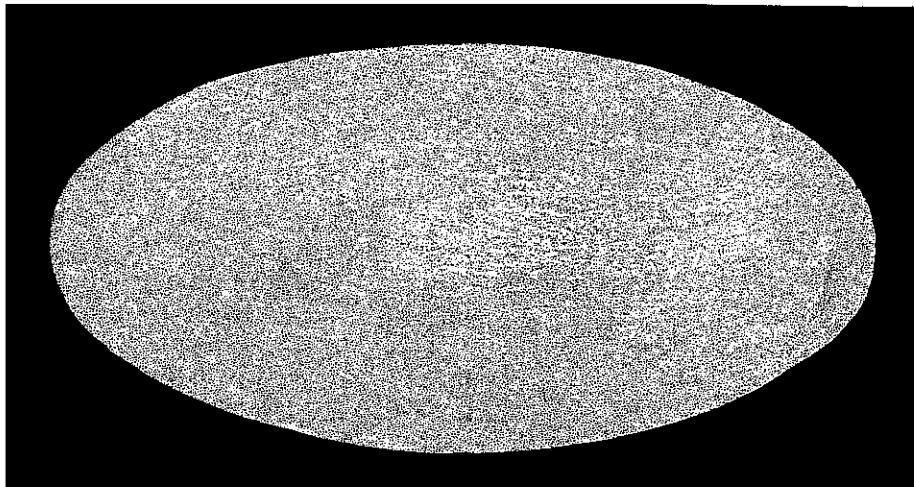
Espera, espera! Estamos a
OBSERVAR alguma coisa
e o modelo é bem capaz
de ajudar a explicar isso.



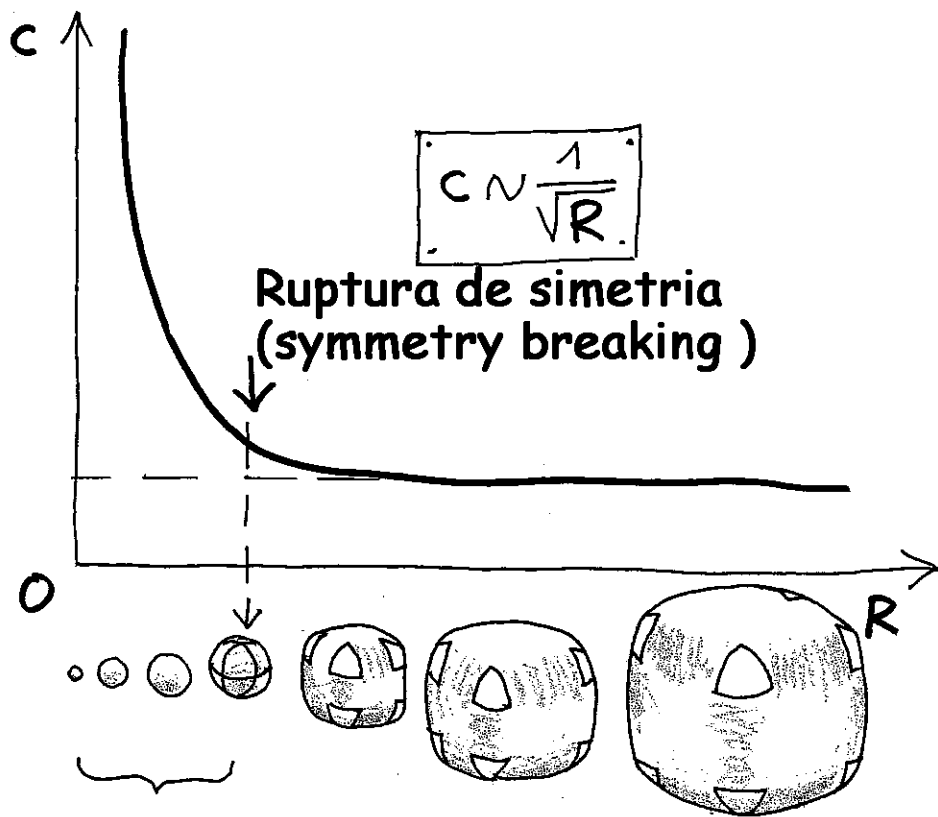
Ai é?
E o que é?



Isto!



O Universo primitivo



$$\begin{aligned}
 c &\sim \frac{1}{\sqrt{R}} & G &\sim \frac{1}{R} & h &\sim R^{3/2} \\
 m &\sim R & e &\sim \sqrt{R} & \epsilon_0 &= \text{ct} \\
 \alpha &= \text{ct} & \mu_0 &\sim R & & (*) \\
 & & & & & (\text{ver Anexo})
 \end{aligned}$$

No modelo de Anselmo (*), a velocidade da luz era variável quando o universo se encontrava no seu estado primitivo, antes da **RUPTURA DE SIMETRIA**. Por conseguinte, o **HORIZONTE COSMOLÓGICO** já não é ct, sendo c constante, mas calcula-se com a ajuda de uma **INTEGRAL** (ver Anexo). Verificamos então que este horizonte...varia como R, o que justifica a **HOMOGENEIDADE** do universo em todas essas épocas longínquas.



Não arrasteis assim as vossas **SUPERCORDAS**, que ainda tropeçamos nelas!

(*). Publicado pelo autor em revistas científicas de alto nível, com "comité de leitura" (referee system) em 1988-1989, 1995, 2001, na indiferença total... 37



FIM

ANEXO

Comecemos por calcular o **HORIZONTE COSMOLÓGICO**.

Quando a velocidade da luz não varia, este horizonte é simplesmente $H = ct$

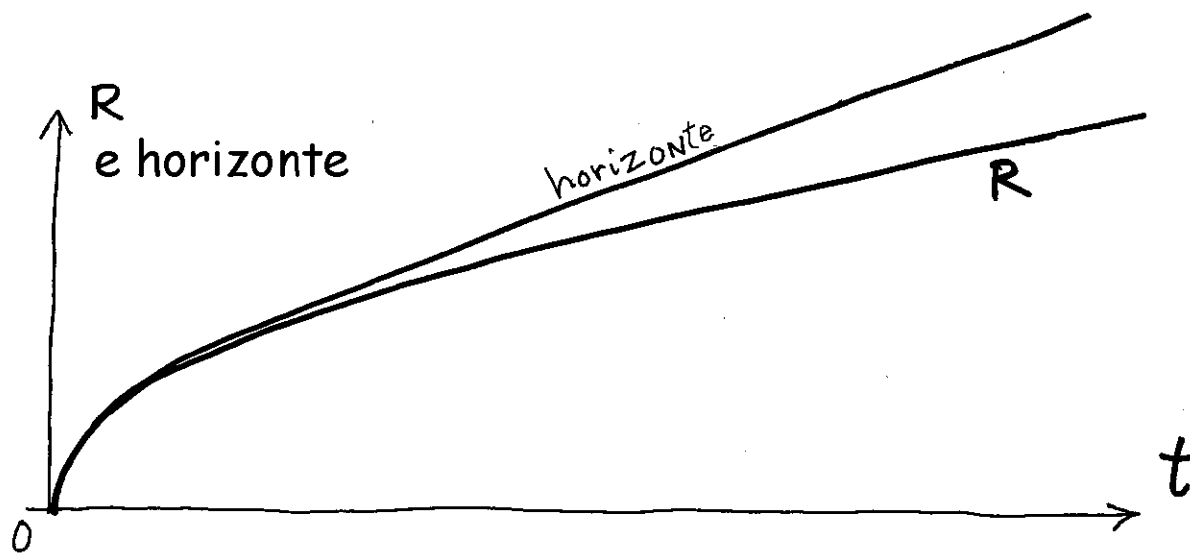
No universo primitivo a velocidade da luz é:

$$c \sim \frac{1}{\sqrt{R}}$$

O horizonte expressa-se, então, através de uma integral: $H = \int_0^{t(\text{presente})} c(t) dt \sim \int_0^{t(\text{presente})} \frac{dt}{\sqrt{R}}$

$$\text{Mas } t \sim R^{3/2} \Rightarrow dt \sim \sqrt{R} dR \Rightarrow \text{horizonte} \sim \int_0^{R(\text{presente})} dR = R \quad \boxed{\text{horizonte} \sim R}$$

Resumindo esquematicamente:



RELAÇÃO FUNDAMENTAL DE INVARIÂNCIA DE CALIBRE

Todas as equações da física são invariantes por esta transformação de calibre na qual se trata não só das medidas de espaço e de tempo como de variáveis, assim como das "constantes" que figuram nestas equações. Tornando estas equações adimensionais, faz-se com que surjam relações de calibre. Vejamos, por exemplo, as equações de Maxwell:

$$\boxed{\nabla \times \mathbf{B} = -\frac{1}{c^2} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}} \quad \boxed{\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}} \quad \boxed{\nabla \cdot \mathbf{B} = 0} \quad \boxed{\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho_e}{\epsilon_0}}$$

Apliquemos este método de colocação sob a forma adimensional "generalizada"

$$\mathbf{B} = \mathbf{B} \beta ; \quad \mathbf{E} = \mathbf{E} \epsilon ; \quad c = c \xi ; \quad t = t \tau ; \quad \frac{\partial}{\partial t} = \frac{1}{\tau} \frac{\partial}{\partial \tau}$$

$$\nabla = \begin{cases} \frac{\partial}{\partial x_1} = \frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial \xi_1} \\ \frac{\partial}{\partial x_2} = \frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial \xi_2} \\ \frac{\partial}{\partial x_3} = \frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial \xi_3} \end{cases} \quad \text{sendo assim} \quad \delta \begin{cases} \frac{\partial}{\partial \xi_1} \\ \frac{\partial}{\partial \xi_2} \\ \frac{\partial}{\partial \xi_3} \end{cases} \quad \left| \quad \begin{aligned} \frac{\mathbf{B}}{R} \delta \times \beta &= -\frac{\mathbf{E}}{c^2 t} \frac{\partial \epsilon}{\xi^2 \partial \tau} \\ \frac{\mathbf{E}}{R} \delta \times \epsilon &= -\frac{\mathbf{B}}{t} \frac{\partial \beta}{\partial \tau} \end{aligned} \right.$$

Combinando estas duas relações, obtém-se \Rightarrow $\boxed{R = c t}$

que concorda com as relações obtidas anteriormente

Suponhamos que o **RAIO DE BOHR** varia como o factor de escala R :

$$R_b = \frac{\hbar^2}{m_e e^2} \sim R ; m_e \sim m \sim R ; e \sim \frac{\hbar}{R} ; \hbar \sim R^{3/2} \rightarrow \boxed{e \sim \sqrt{R}}$$

A constante da estrutura fina α determina a geometria dos átomos. Vamos optar por tratá-la como sendo uma constante absoluta.

$$\alpha = \frac{e}{\epsilon_0 \hbar c} = \text{cst} \Rightarrow \boxed{\epsilon_0 = \text{constante}}$$

$$\epsilon_0 \text{ e } \mu_0 \text{ estão ligados pela relação } c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \text{ sendo } \boxed{\mu_0 \sim R}$$

Coloquemos a hipótese segundo a qual todas as formas de energia são conservadas. A pressão é uma densidade de energia por unidade de volume, sendo que:

$$E_{\text{magnet}} = R^3 \frac{B^2}{2\mu_0} = \text{cst} \Rightarrow \boxed{B \sim \frac{1}{R}}$$

$$E_{\text{electr}} = R^3 \epsilon_0 E^2 = \text{cst} \Rightarrow \boxed{E \sim \frac{1}{R^{3/2}}}$$

$$\Rightarrow \frac{E}{B} = \frac{1}{\sqrt{R}}$$

de acordo com o que obtivemos com as equações de Maxwell : $\frac{E}{B} \sim \frac{R}{t} \sim \frac{1}{\sqrt{R}}$

Como variam as velocidades V ?

A energia cinética é $\frac{1}{2} m V^2$ Se se conservar:

$$V \sim \frac{1}{\sqrt{R}} \sim C$$

Passemos à massa volúmica $\rho = n m$

Ao supormos que há conservação das espécies, temos: $n R^3 = \text{cst}$

$$\rho \sim \frac{1}{R^3}$$

Examinemos de que modo se comporta a **distância de Jeans**, comprimento característico associado ao fenómeno da **instabilidade gravitacional**:

$$L_J = \frac{V}{\sqrt{4\pi G \rho m}} \text{ resulta } L_J \sim R$$

Do mesmo modo, verificaremos que o tempo de Jeans obedece a: $t_J = \frac{1}{\sqrt{4\pi G \rho}} \sim t$

Independentemente do campo físico ao qual se aplica este método, regressamos às nossas hipóteses fundamentais. Verificaremos, por exemplo, que as secções eficazes de colisão variam como R^2 . Verificaremos também que a distância de Debye varia como R , e por aí fora...

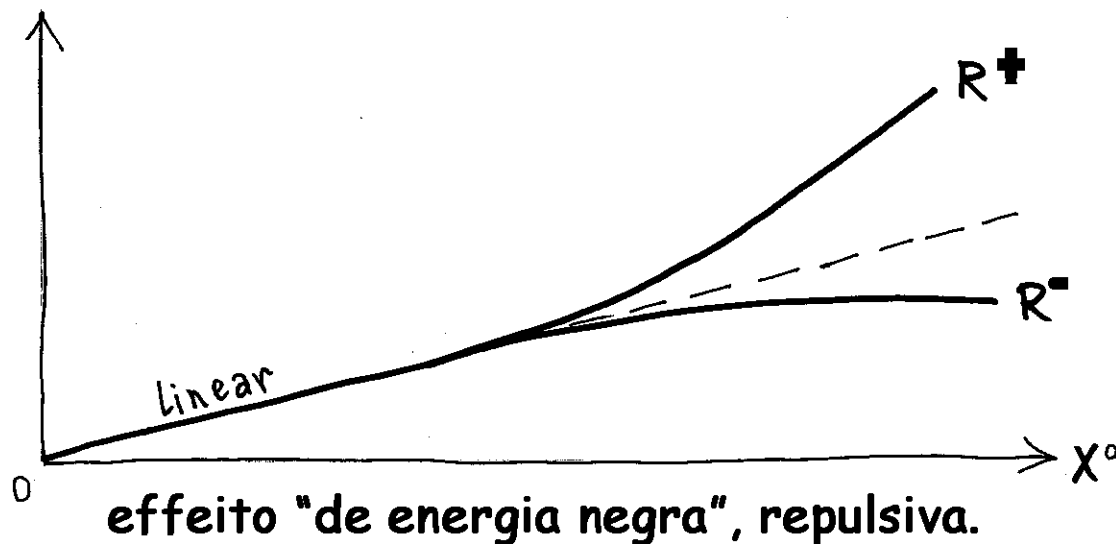
Para concluirmos o trabalho, devemos agora equacionar de que modo se pode efectuar a ligação com o nosso modelo cosmológico bimétrico, descrito no álbum :

O UNIVERSO GEMELAR

Este modelo faz surgir dois factores de escala R^+ e R^- . Utilizando (não sabemos agir de outro modo no âmbito da cosmologia) as hipóteses de homogeneidade e de isotropia relativamente às duas populações de massas opostas, procurámos "soluções conjuntas" (*joint solutions*) sob a forma de métricas de Friedman-Robertson-Walker, que nos conduziram ao sistema das seguintes duas equações diferenciais acopladas:

$$\begin{cases} R^{+''} = \frac{1}{R^{+2}} \left[\frac{R^{+3}}{R^{-3}} - 1 \right] \\ R^{-''} = \frac{1}{R^{-2}} \left[\frac{R^{-3}}{R^{+3}} - 1 \right] \end{cases}$$

O início desta expansão com $R^+ = R^-$ é linear. Sendo esta solução instável, uma das duas populações observa a sua expansão acelerar. É a nossa e vimos que esse fenómeno demonstrava esse



A INVARIÂNCIA DE LORENTZ

No universo primitivo a lei de evolução é linear: $R^+ = R^- \sim x^0$

As métricas de Friedman-Robertson-Walker, na hipótese em que o índice de curvatura é nulo ($K = 0$), têm a forma comum:

$$ds^2 = dx^{0^2} - R^2 [du^2 + u^2 d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2]$$

Em coordenadas cartesianas:

$$ds^2 = dx^{0^2} - dx^2 - dy^2 - dz^2$$

Este espaço é localmente invariante sob a acção do grupo de Lorentz.

Para que haja ligação com o modelo de velocidade da luz variável, registaremos

$$x^0 \sim R ; dx^0 \sim dR \sim t^{-\frac{1}{3}} dt \sim \frac{dt}{\sqrt{R}} \sim c(t) dt$$

Sendo a relação geral, que permite passar da variável cronológica x^0 ao tempo: $dx^0 = c(t) dt$

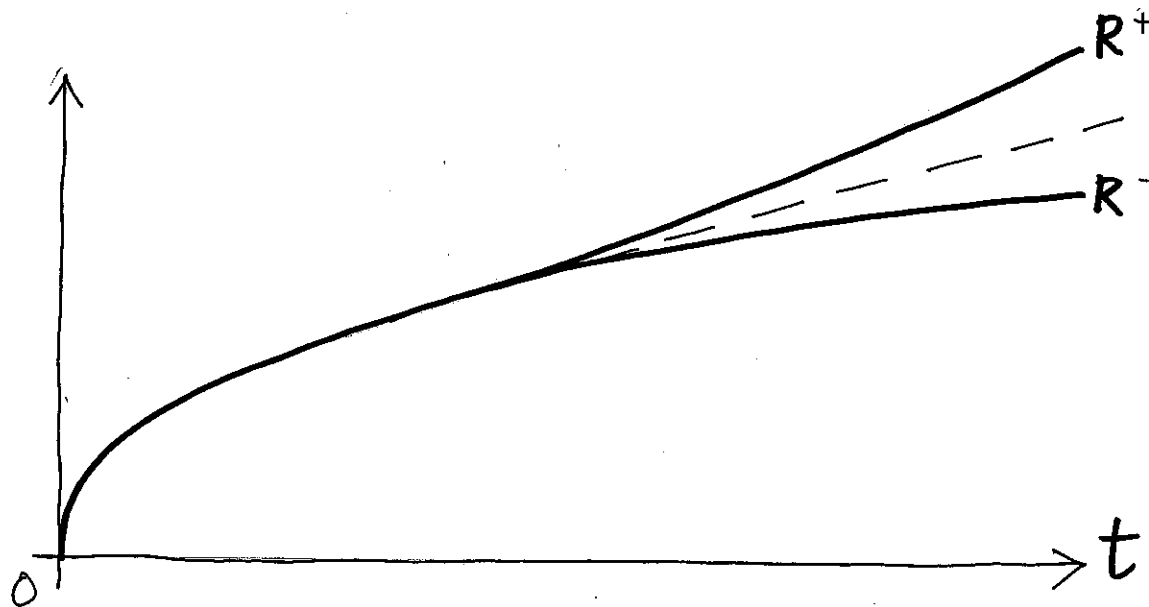
Antes da ruptura de simetria temos: $dx^0 \sim t^{-\frac{1}{3}} dt \Rightarrow x^0 \sim t^{\frac{2}{3}}$

Após esta ruptura de simetria, quando c se comporta como uma constante absoluta, isso passa a:

$$x^0 = ct$$

EVOLUÇÃO

Isto permite-nos representar a evolução conjunta das duas entidades cósmicas em função do tempo, tal como acabámos de o definir.



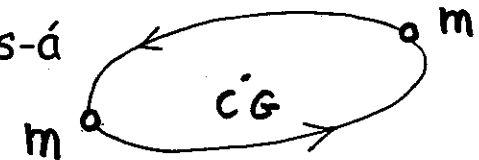
O PARADOXO DE ZENON

Teremos nós dominado a definição deste objecto indefinível que denominamos "tempo"?

Isso seria presunção da nossa parte. No máximo, negociámos o paradoxo da homogeneidade do universo primitivo com qualquer coisa que parece menos dispendioso em termos de hipóteses comparativamente com a teoria da **INFLAÇÃO**.

Mas a experiência de pensamento que se segue demonstrar-nos-á que ainda teremos de fazer frente a muitas dificuldades.

Consideremos uma espécie de relógio elementar constituído por duas massas que orbitam à volta do seu centro de gravidade comum. Vamos calcular, supondo que este relógio, tão "compressível" quanto o resto do universo primitivo, consegue atravessar as turbulências cósmicas sem dificuldade, quantas voltas efectuou desde o "instante zero":



O seu período de rotação é: $T = \frac{2\pi r^{3/2}}{Gm}$ $Gm = \text{Cst}$ $r \sim R$ $T \sim t \sim R^{3/2}$

E cá está o resultado que obtivemos: $N = \int_0^{R_0} \frac{dR}{R^{3/2}} = \left[\frac{1}{\sqrt{R}} \right]_0^{R_0} = \text{infinito!}$

Sinceramente, admiro as pessoas que reflectem tão afincadamente sobre o "instante zero" e que até se questionam sobre "como seriam antes".

