http://www.savoir-sans-frontieres.com

MAIS RÁPIDO DO QUE A LUZ

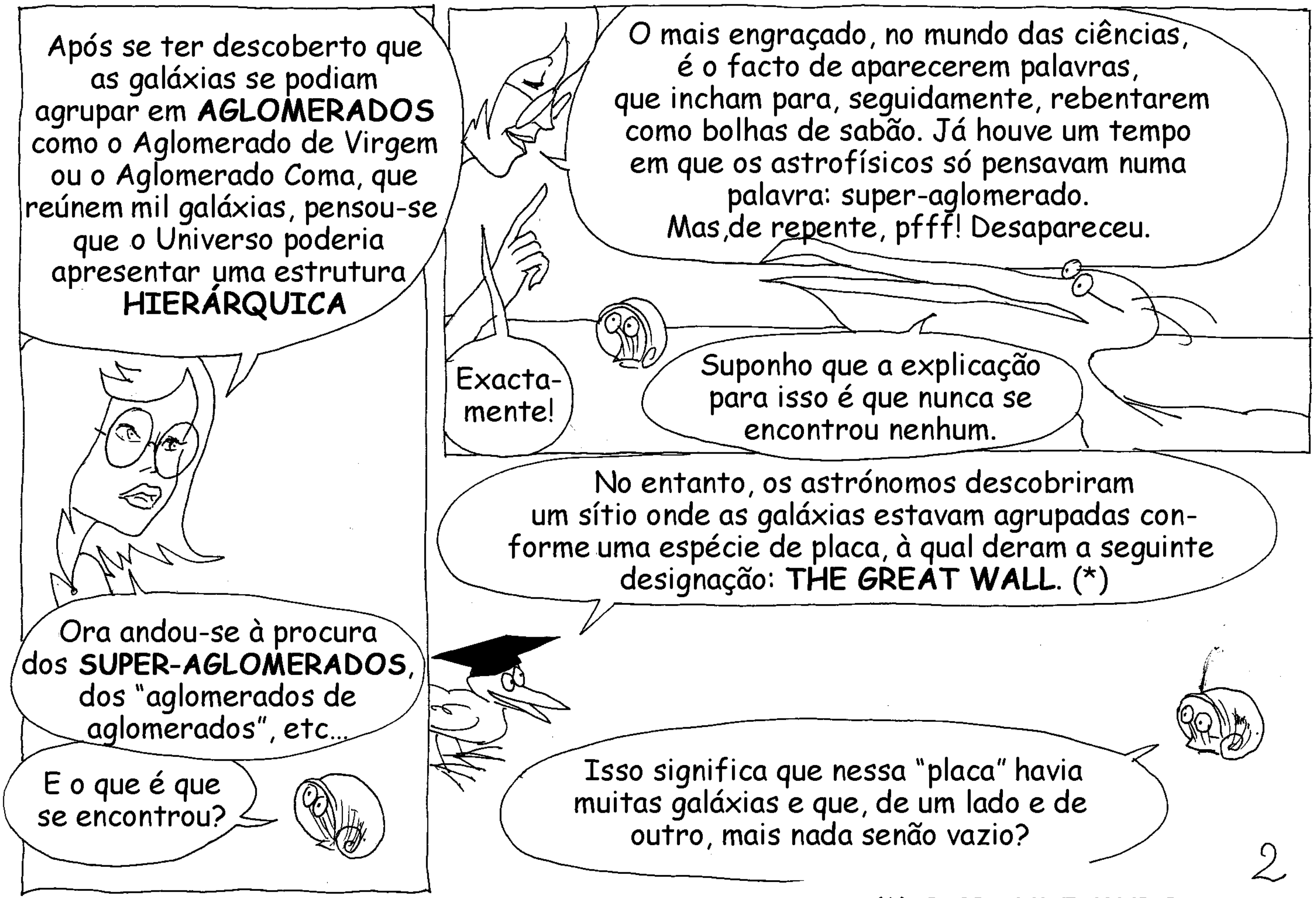
Jean-Pierre Petit

2008

Traduzido por
Sónia da Costa

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

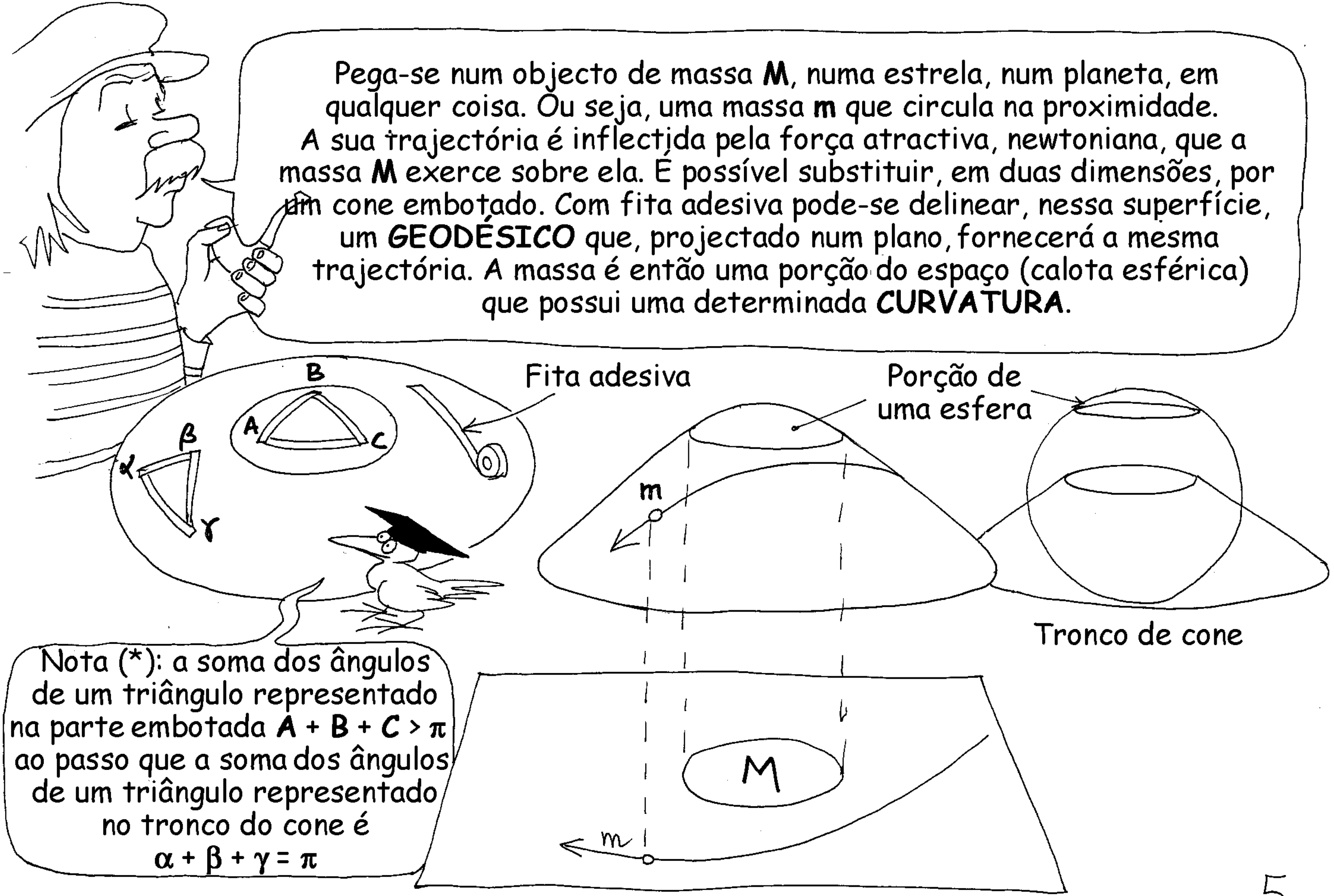

Caro amigo, parece estar desnorteado. O que lhe aconteceu?
Acabo de chegar de um colóquio de astrofísica; nem me fale nisso!
O tema do primeiro debate foi a expansão cósmica. Pretendiam saber onde o fenómeno ocorria. Será que a Terra se dilata? Não! Se assim fosse, sabê-lo-íamos! E o sistema solar? Também 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?



(*) **O GRANDE MURO**

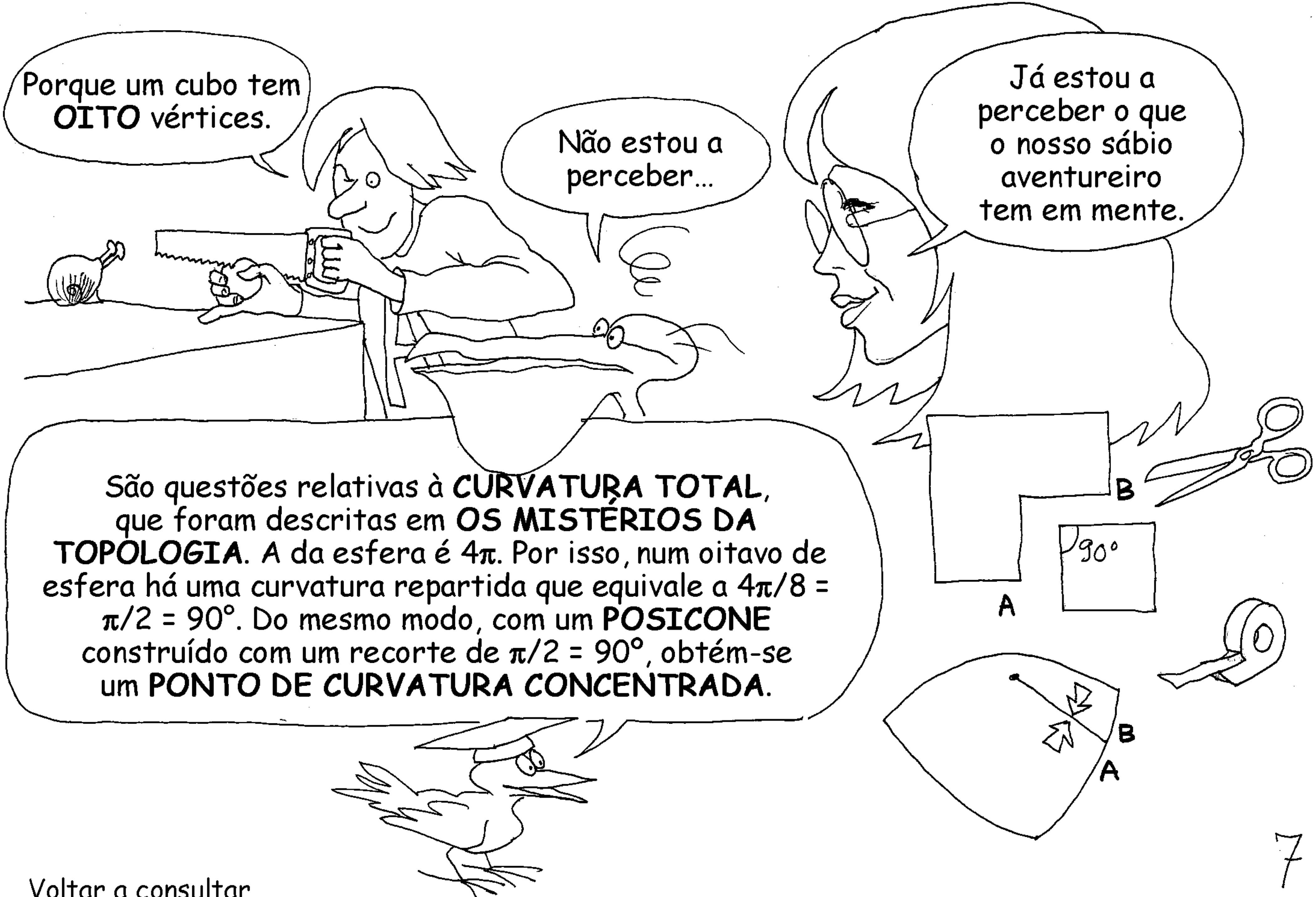

Ao longo dos anos, as observações foram-se aperfeiçoando. Hoje em dia, sabe-se que as galáxias, a matéria, estão dispostas à volta de grandes bolhas vazias com um diâmetro de 100 milhões de anos-luz.
Ora, aí está! O seu problema está resolvido: a expansão ocorre nessas "bolhas".
Hum... Então, os aglomerados 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.



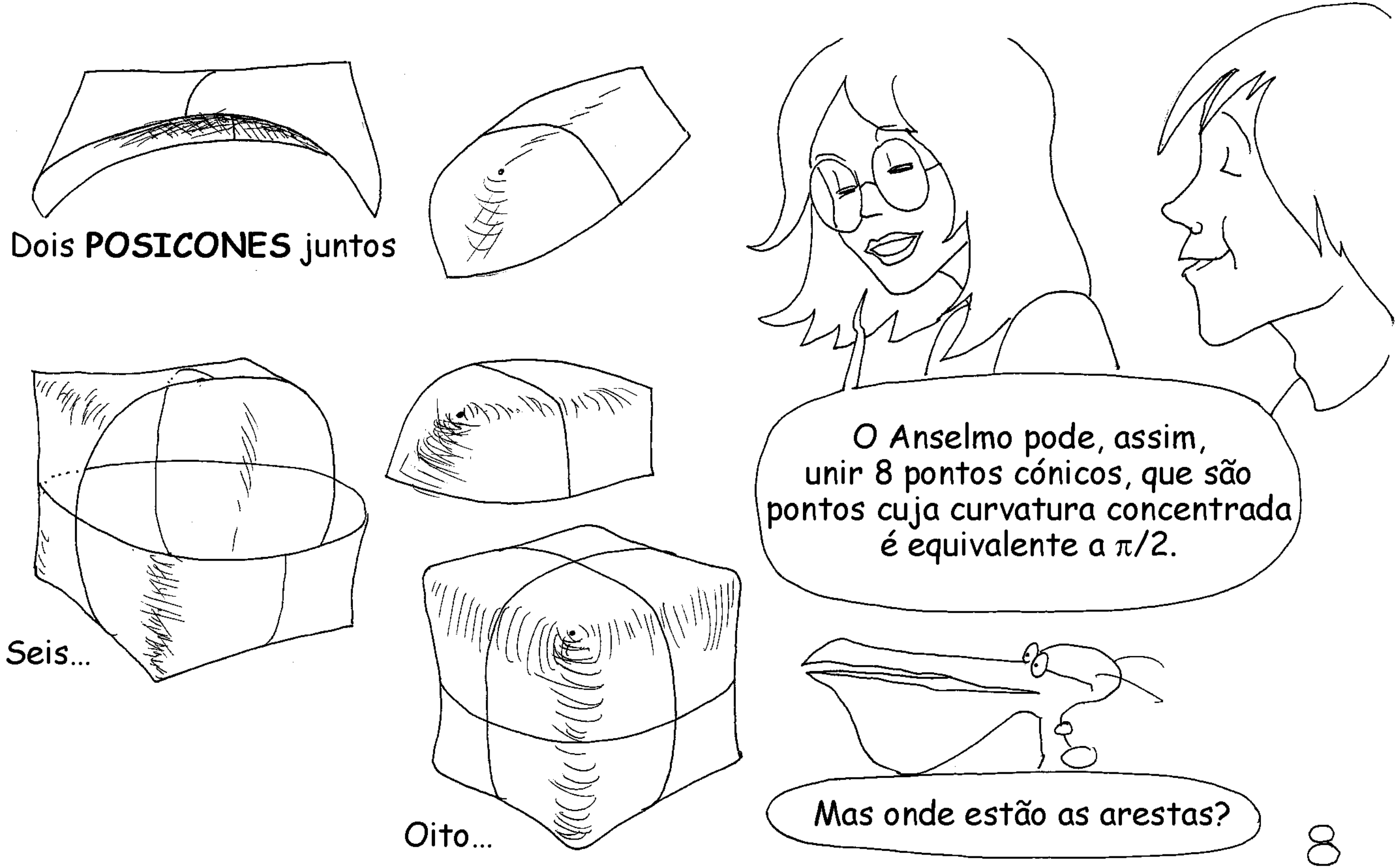
(*) Consultar **OS MISTÉRIOS DA GEOMETRIA** e **EINSTEIN E O BURACO NEGRO**.

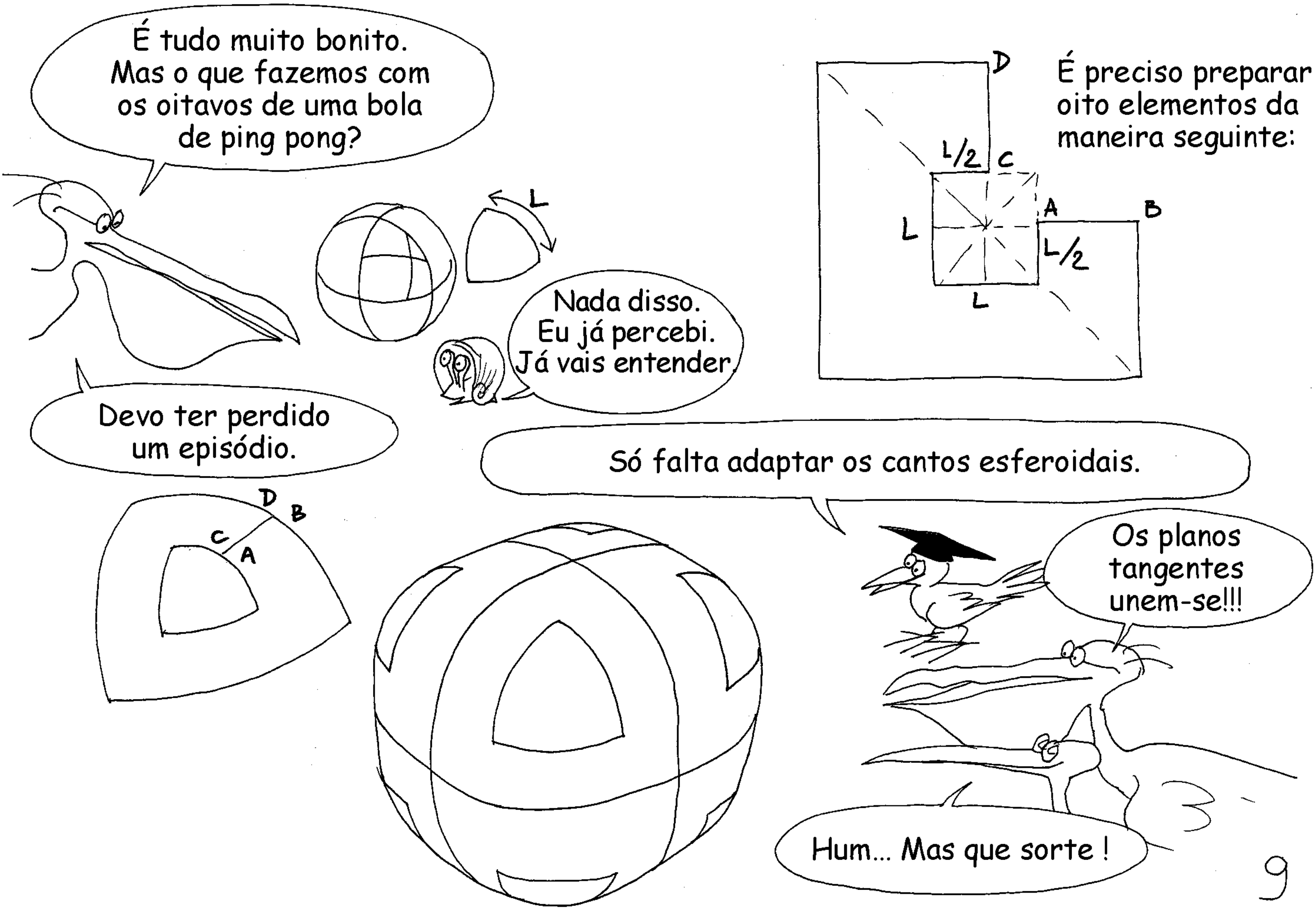

Tendo em conta que MASSA = CURVATURA, não haja dúvidas, e que o Universo é LACUNAR, significa que é PAVIMENTADO por regiões do espaço 3d, apresentando uma curvatura, separadas por regiões, NÃO CURVAS, planas, euclidianas. É assim, não é?
Exactamente, mas onde queres chegar com isso?
Este rapaz nunca 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?



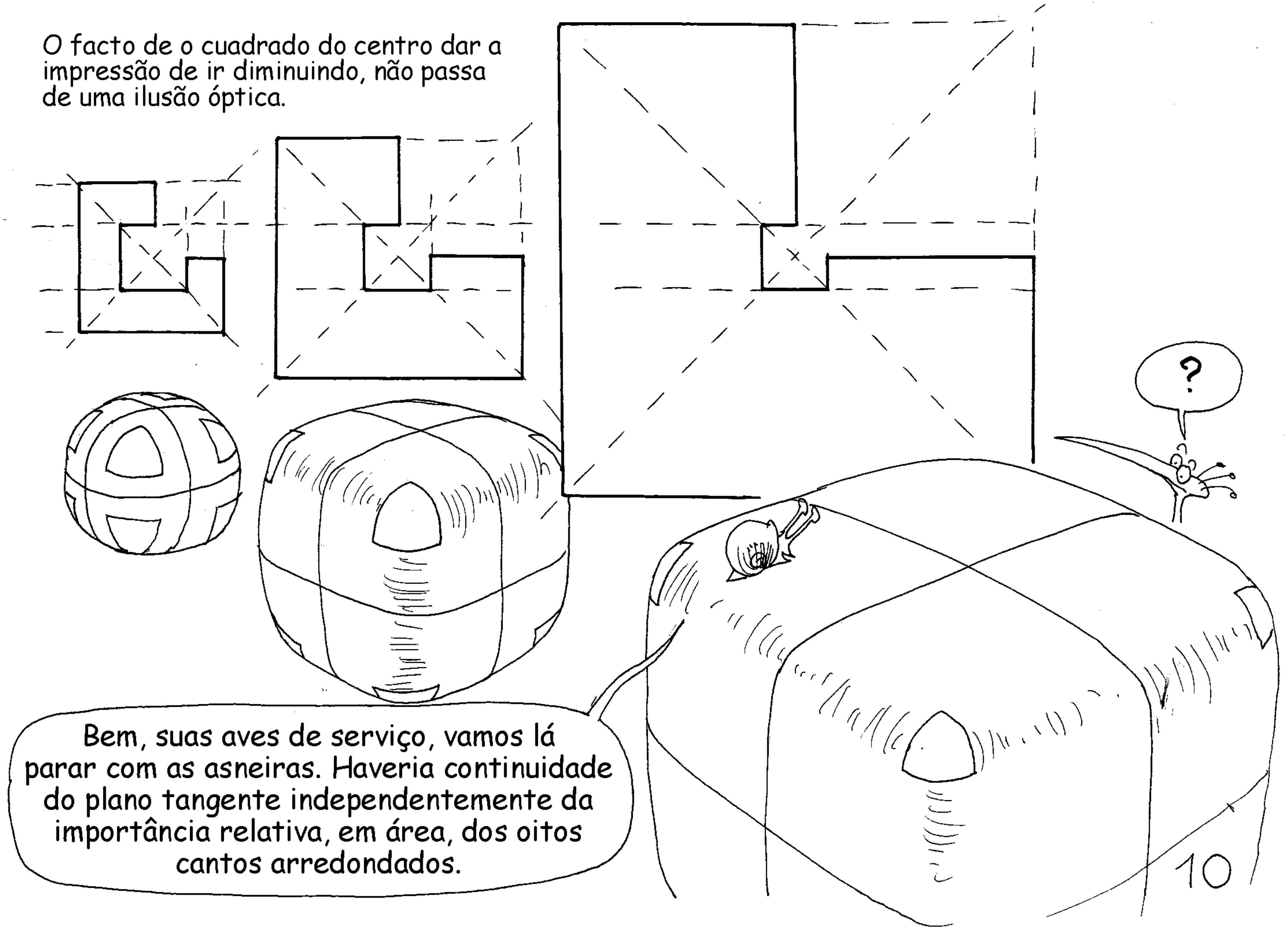
Voltar a consultar
OS MISTÉRIOS DA GEOMETRIA

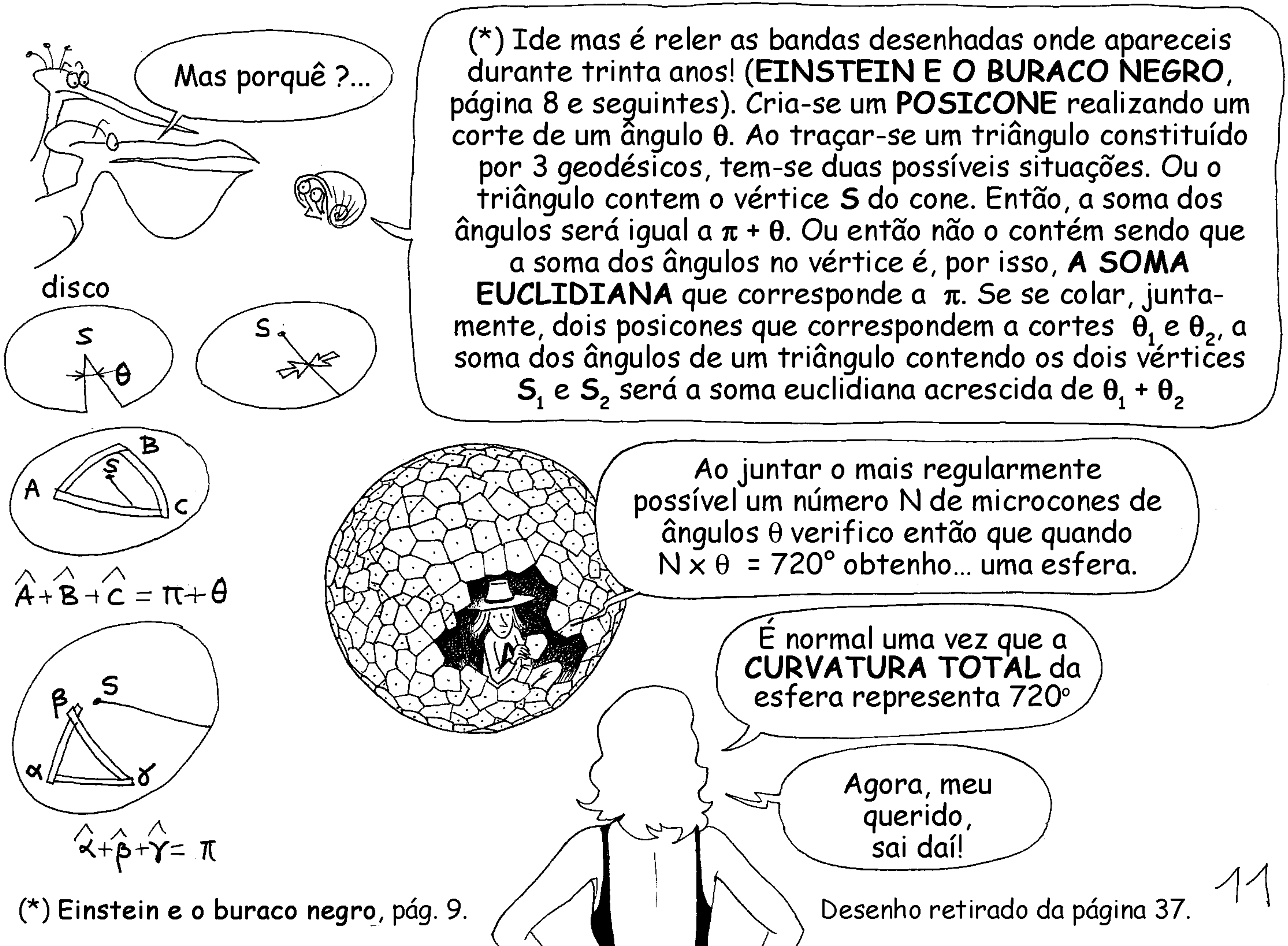
UM CUBO SEM ARESTAS





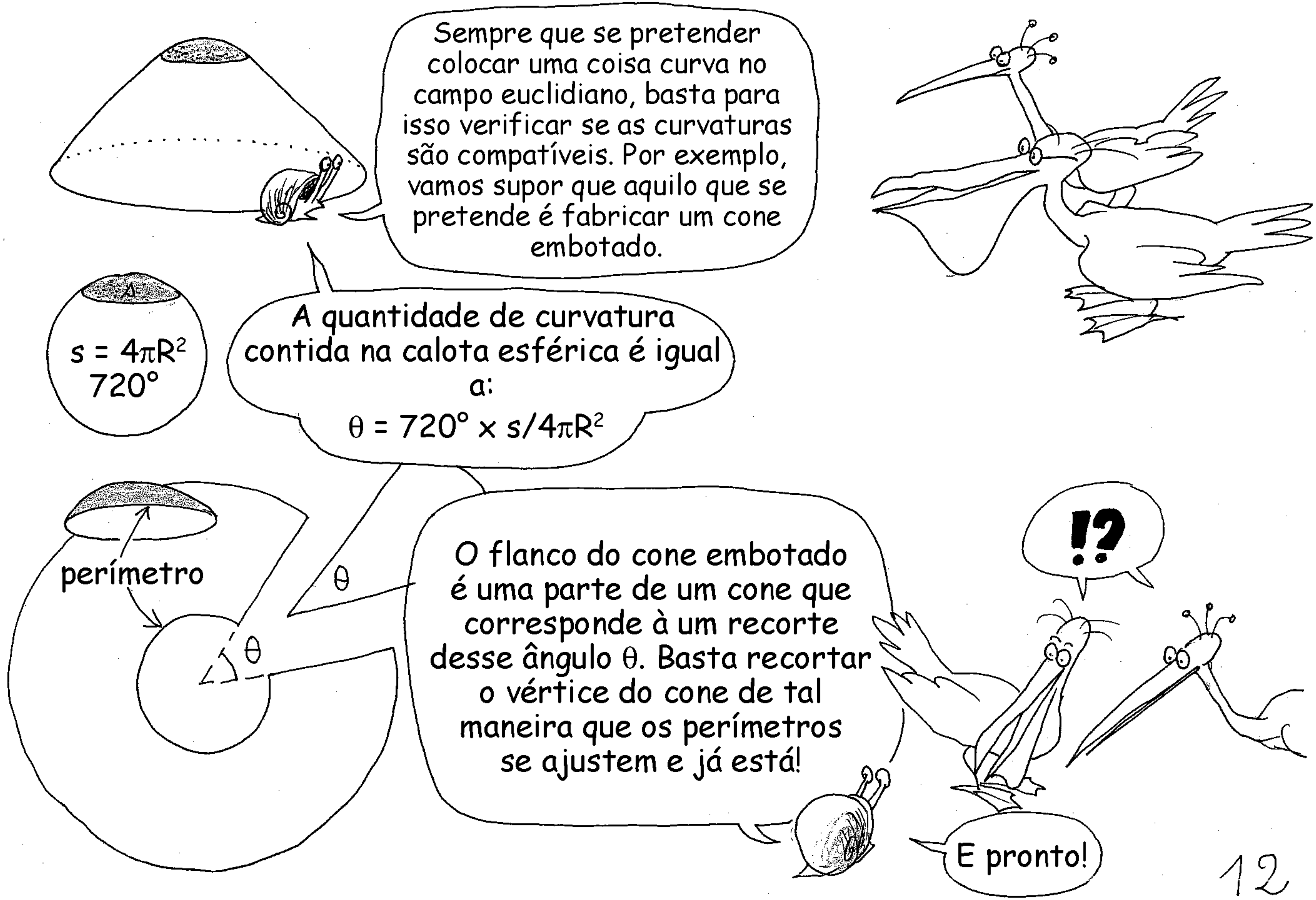
É tudo muito bonito. Mas o que fazemos com os oitavos de uma bola de ping pong?
L
É preciso preparar oito elementos da maneira seguinte:
D
L/2
C
A
B
L
L/2
L
Nada disso. Eu já percebi. Já vais entender.
Devo ter perdido um episódio.
D
B
C
A
Só falta adaptar os cantos esferoidais.
Os planos tangentes unem-se!!!
Hum... Mas que sorte !


O facto de o cuadrado 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.



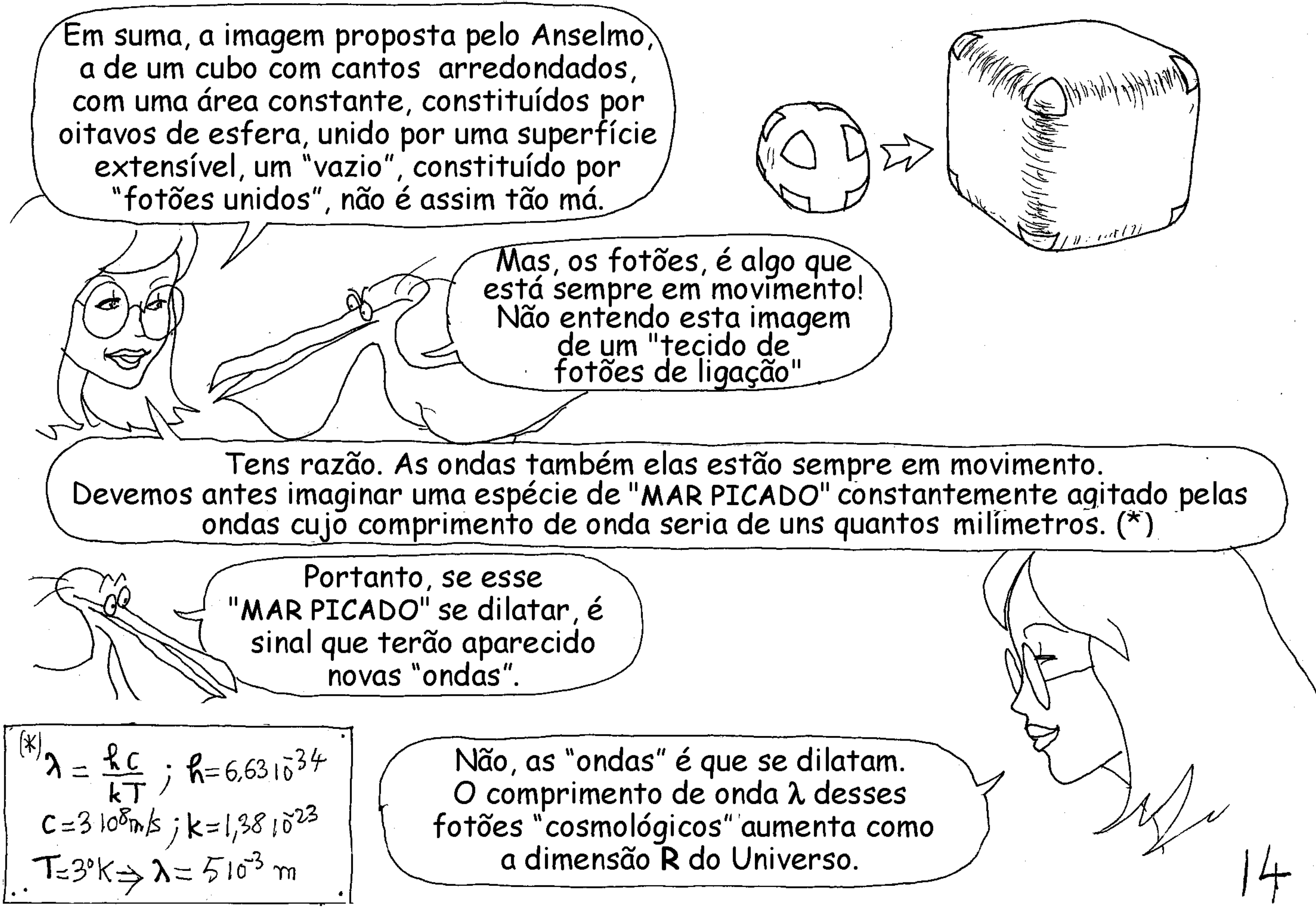
(*) Einstein e o buraco negro, pág. 9.

Desenho retirado da página 37.

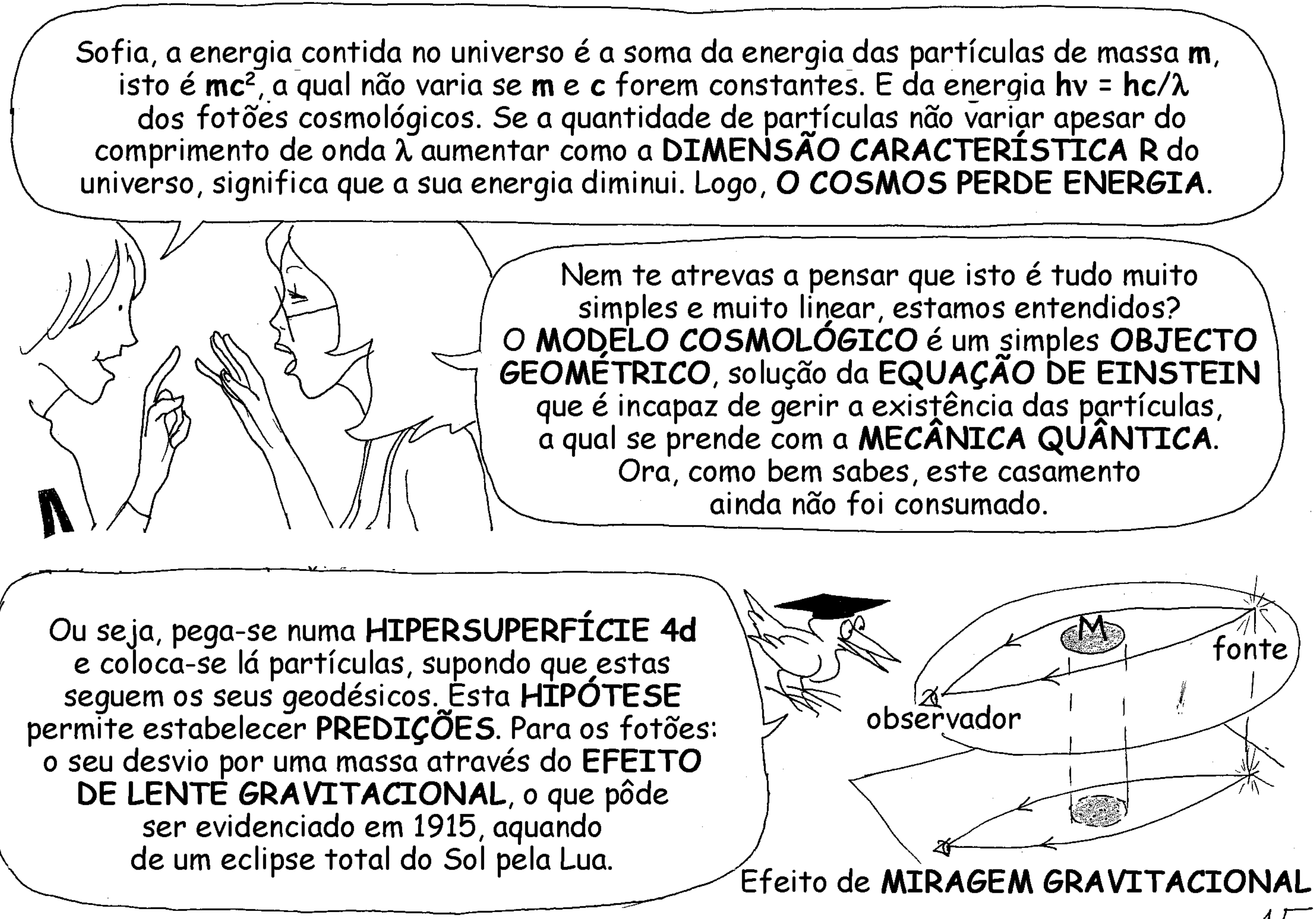

Sempre que se pretender colocar uma coisa curva no campo euclidiano, basta para isso verificar se as curvaturas são compatíveis. Por exemplo, vamos supor que aquilo que se pretende é fabricar um cone embotado.
s = 4πR²
720°
A quantidade de curvatura contida na calota esférica é igual a:
θ = 720° x s/4πR²
perímetro
θ
θ
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...

(*) 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.



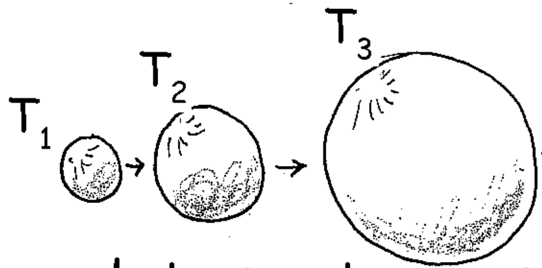
Em suma, a imagem proposta pelo Anselmo, a de um cubo com cantos arredondados, com uma área constante, constituídos por oitavos de esfera, unido por uma superfície extensível, um "vazio", constituído por "fotões unidos", não é assim tão má.
Mas, os fotões, é algo que está sempre em movimento! Não entendo 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".
Não, as "ondas" é que se dilatam. O comprimento de onda λ desses fotões "cosmológicos" aumenta como a dimensão **R** do Universo.
(*) $\lambda = \frac{hc}{kT}$; $h = 6{,}63\,10^{-34}$
$c = 3\,10^{8}$ m/s ; $k = 1{,}38\,10^{-23}$
$T = 3°K \Rightarrow \lambda = 5\,10^{-3}$ m


Sofia, a energia contida no universo é a soma da energia das partículas de massa **m**, isto é **mc²**, a qual não varia se **m** e **c** forem constantes. E da energia **hν = hc/λ** 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.
M
fonte
observador
Efeito de **MIRAGEM GRAVITACIONAL**

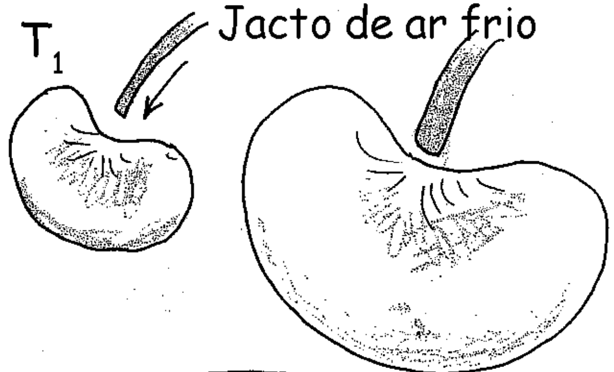
MODELO COSMOLÓGICO

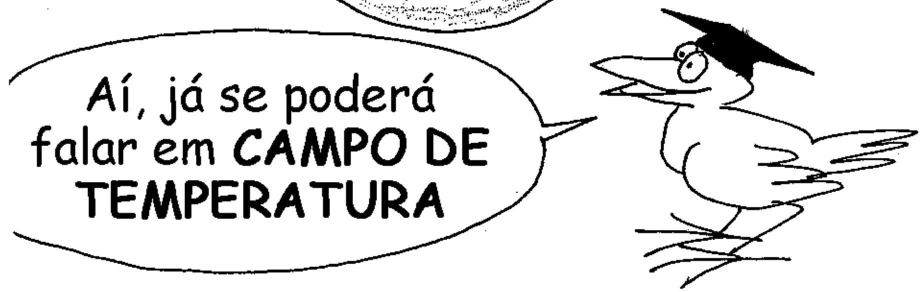
Um **MODELO COSMOLÓGICO** é uma solução de uma equação de campo como a equação de Einstein $S \Leftarrow \chi T$ que deve ser lida "no sentido da seta". **T** representa o **CONTEÚDO EM ENERGIA-MATÉRIA** do universo, que **DETERMINA A GEOMETRIA** de uma **HIPERSUPERFÍCIE** a quatro dimensões, que será **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:





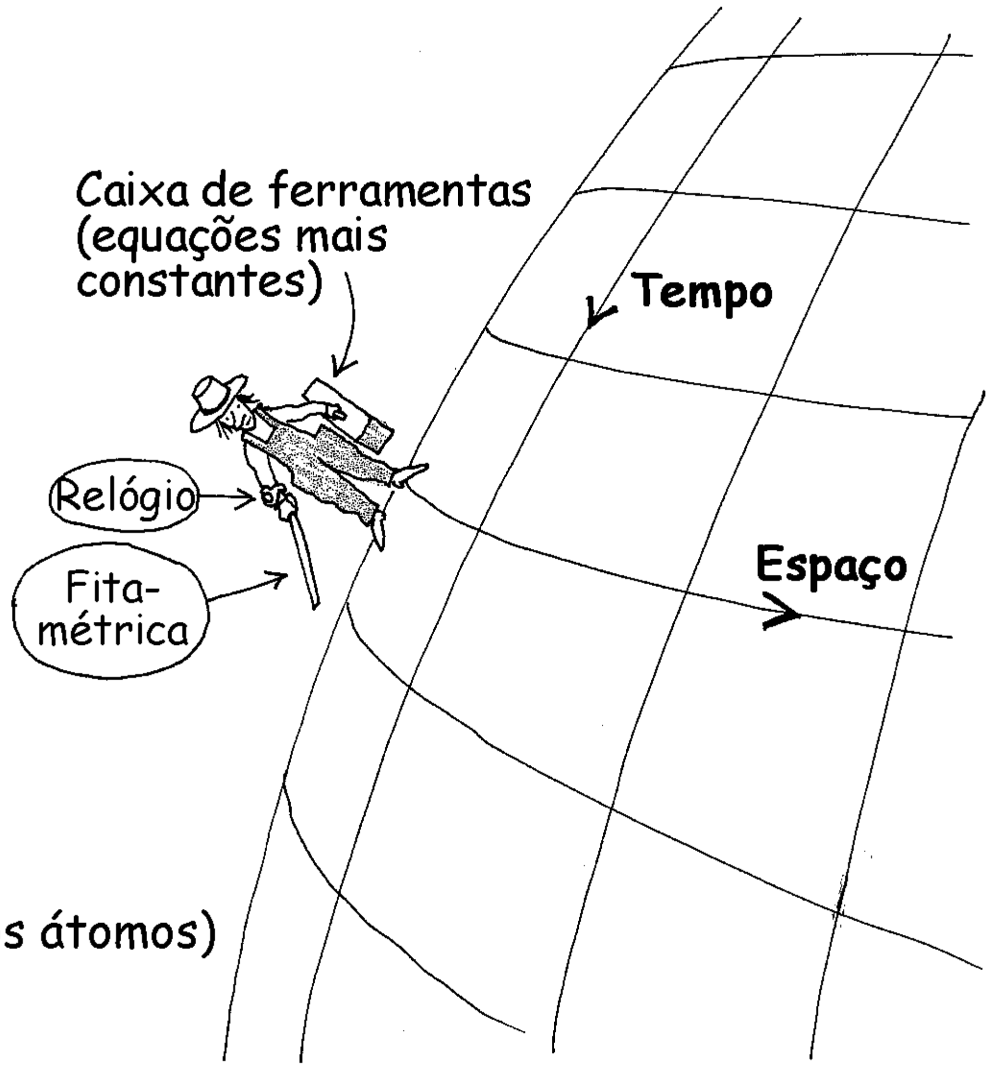
O Anselmo construiu um modelo geométrico **2d** de um universo inomogéneo, com regiões que não se dilatam, envoltas por imensos vazios em expansão. É um dos aspectos chave do cosmos como o conhecemos hoje em dia. Antes, os cosmologistas perspectivavam o universo como sendo uma espécie de gás, uniforme, 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 S3. 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

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".



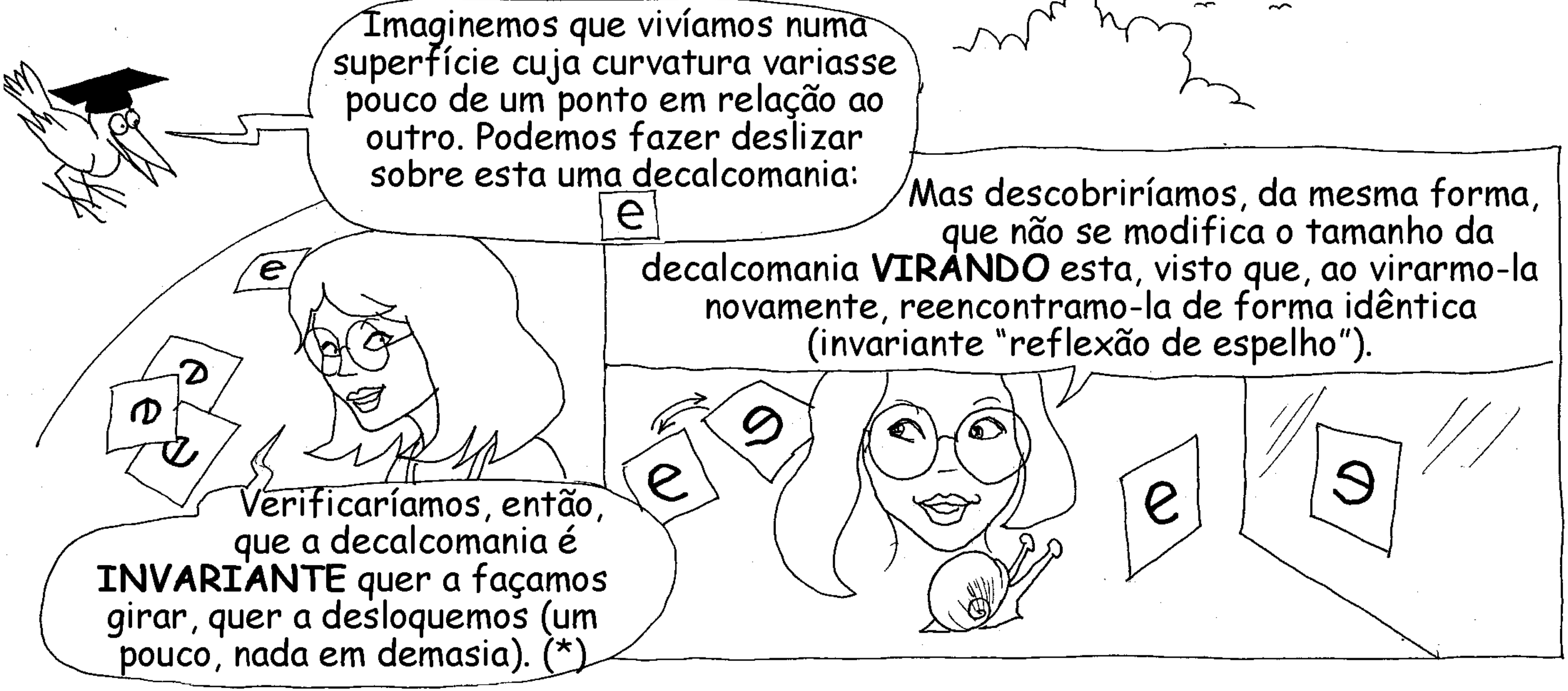
G : constante da gravitação
c : velocidade da luz
m : massas elementares (nucleões, electrões)
h : constante de Planck
e : carga eléctrica elementar
μ_o : "permeabilidade magnética do vazio"
α : constante de estrutura fina (geometria dos átomos)

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 $\mathbf{E = mc^2}$, 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.



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

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

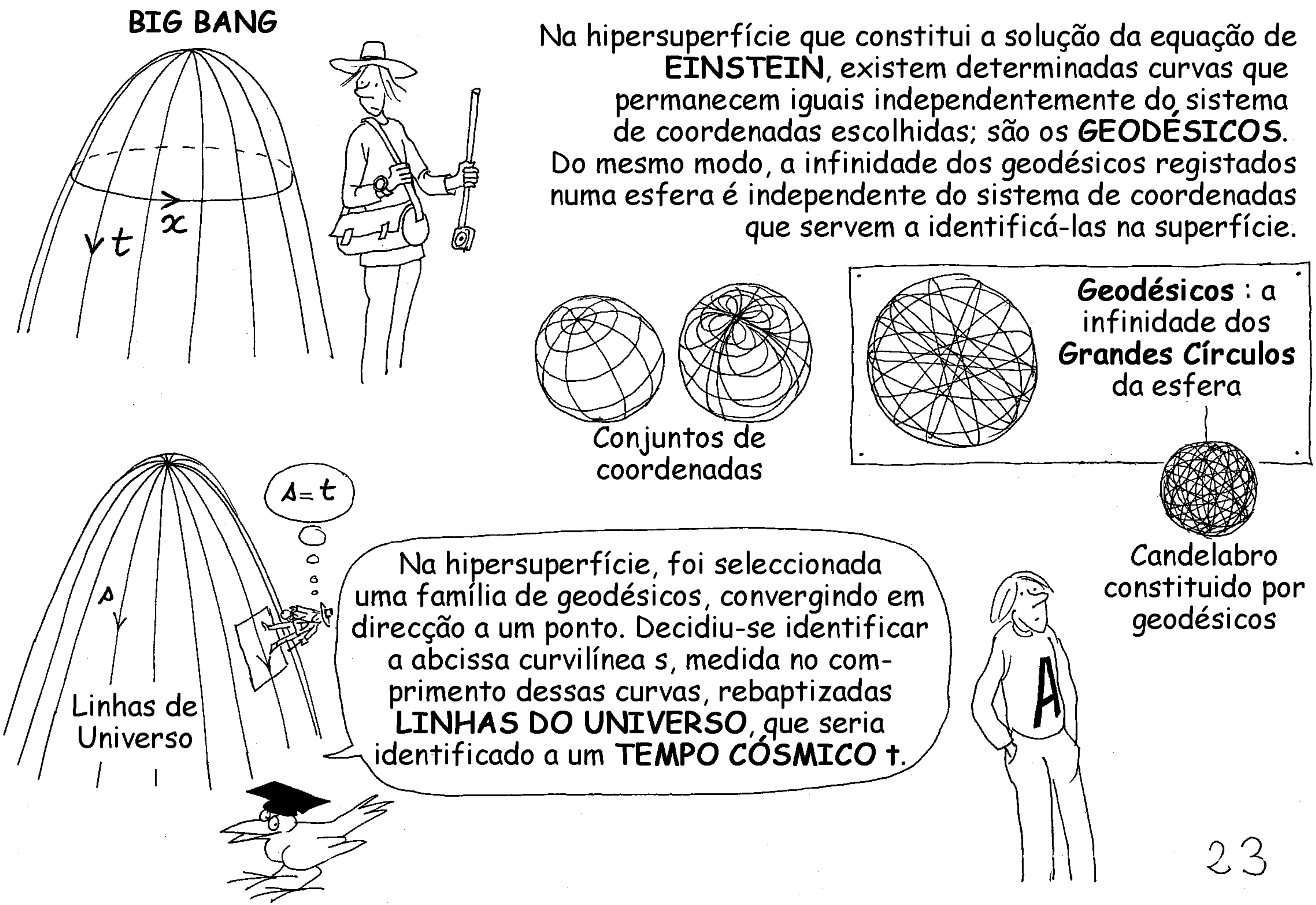
ɘ = -e

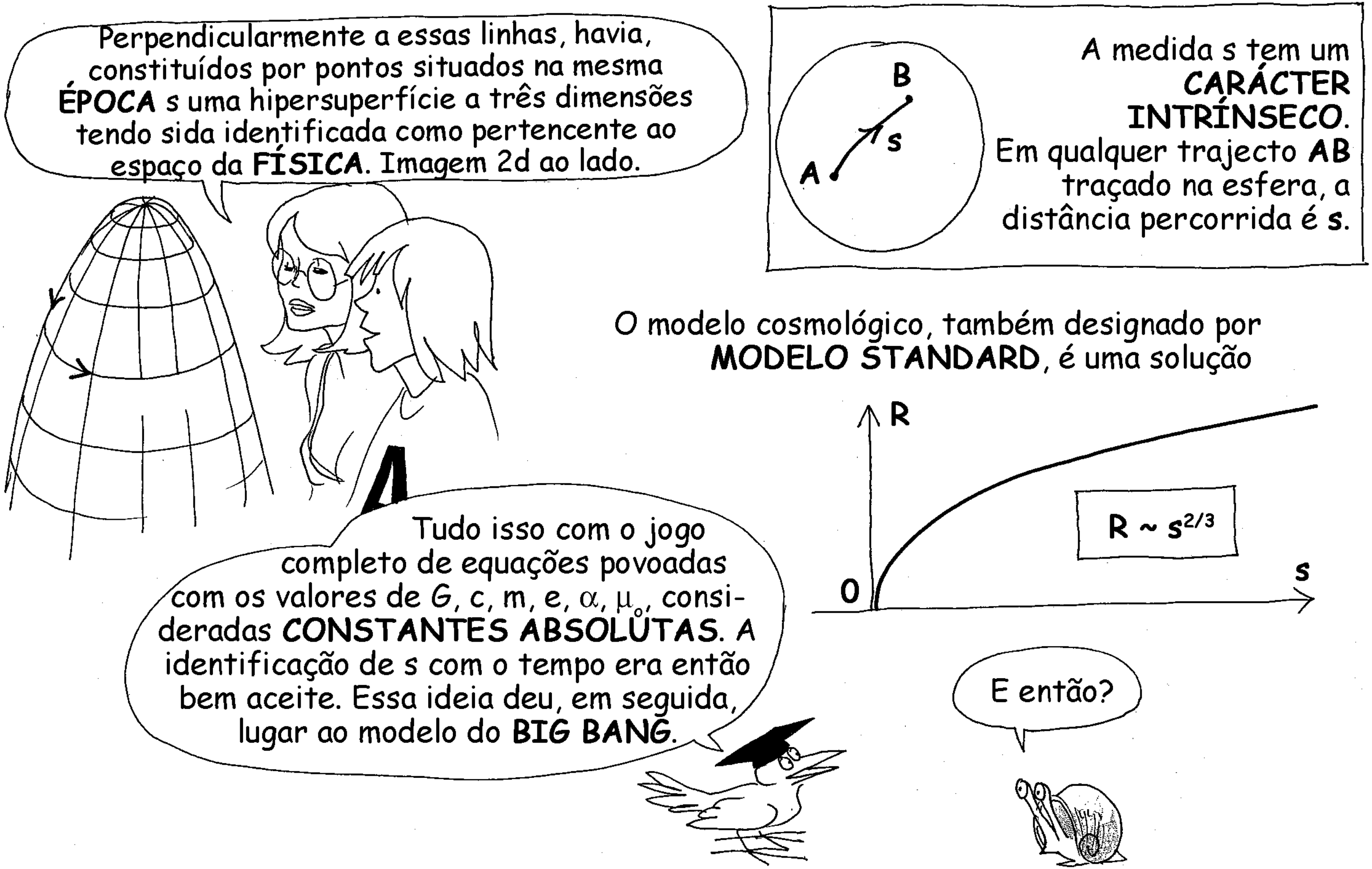
O facto de o tamanho do carácter ser idêntico ilustra o facto de a massa de uma partícula de antimatéria ser a mesma que a da partícula para a qual constitui o simétrico.

m = m

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

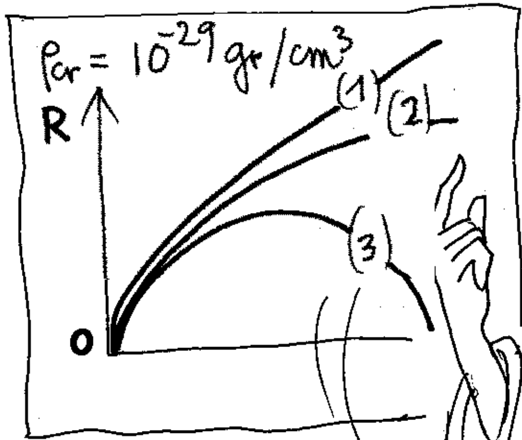
(*) Esta propriedade "de invariância pelas rotações lorentzianas" resume em si só todas os aspectos tão desconcertantes da teoria da RELATIVIDADE RESTRITA.

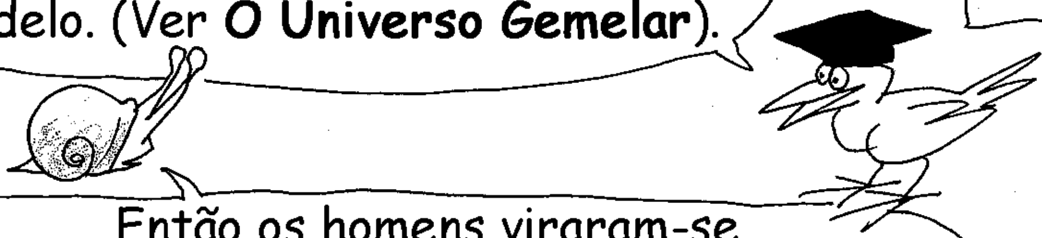

BIG BANG
t
x
Na hipersuperfície que constitui a solução da equação de EINSTEIN, existem determinadas curvas que permanecem iguais independentemente do sistema de coordenadas escolhidas; são os GEODÉSICOS.
Do mesmo modo, a infinidade dos geodésicos registados numa esfera é independente do sistema de coordenadas que servem a identificá-las na superfície.
Conjuntos de coordenadas
Geodésicos : a infinidade dos Grandes Círculos da esfera
Candelabro constituido por geodésicos
s = t
s
Linhas de Universo
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.



(*) 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:

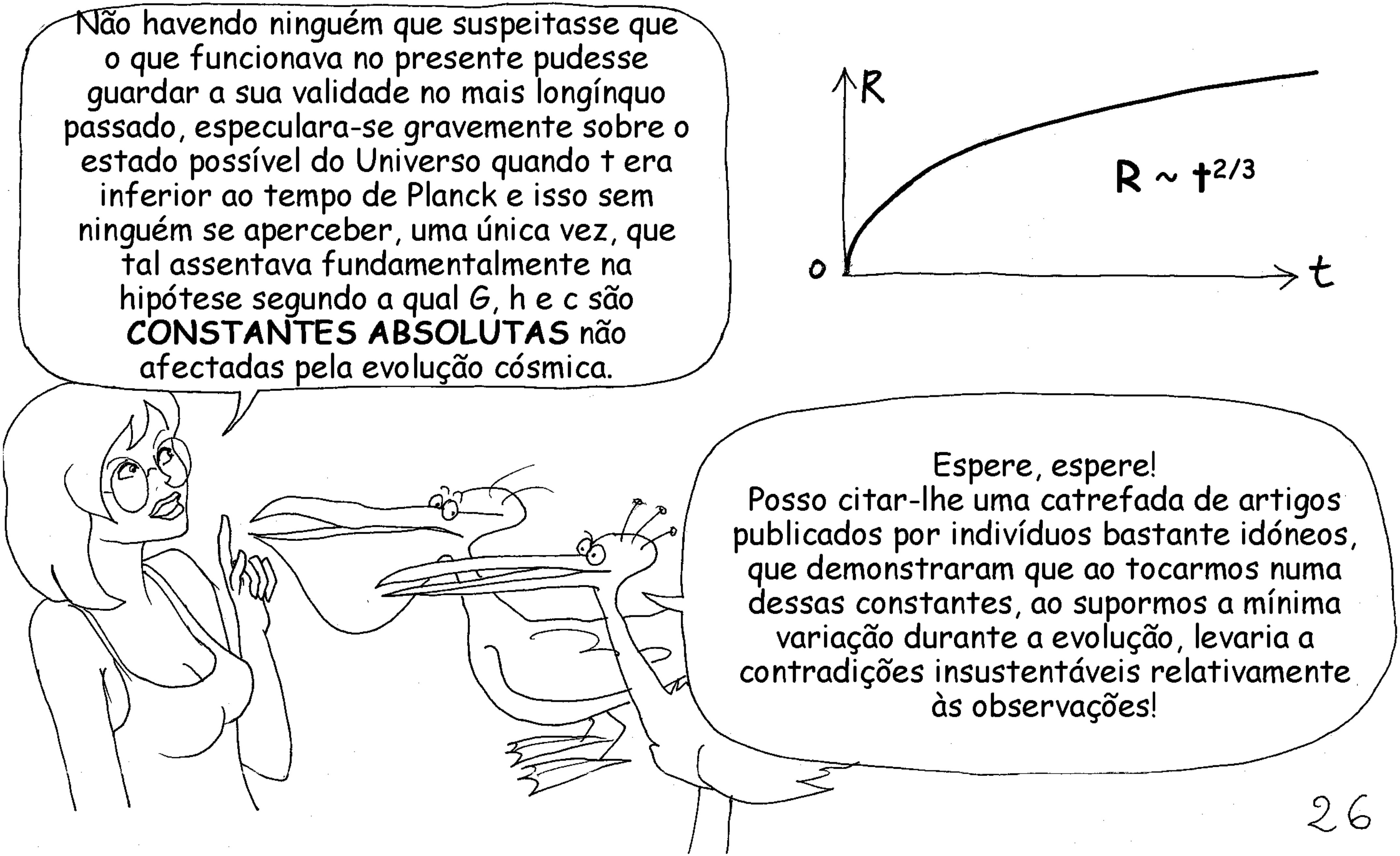
$$\text{tempo de Planck } t_p = \sqrt{\frac{hG}{c^3}} = 10^{-43} \text{ seg}$$

Ou em distâncias inferiores a:

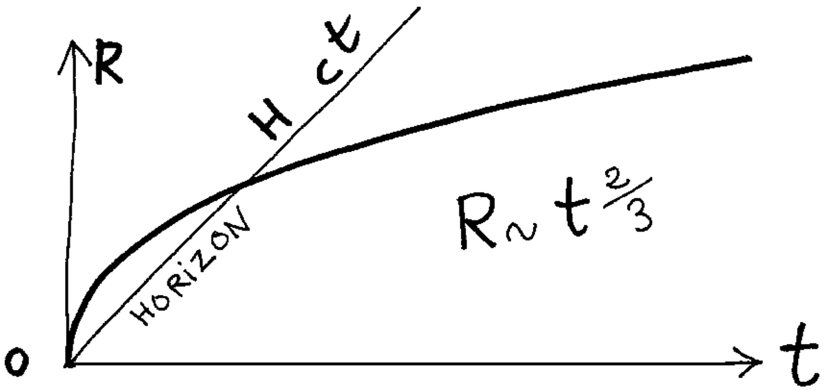
$$\text{o comprimento de Planck } L_p = \sqrt{\frac{hG}{c^5}} = 10^{-33} \text{ cm}$$

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

A BARREIRA DE PLANCK

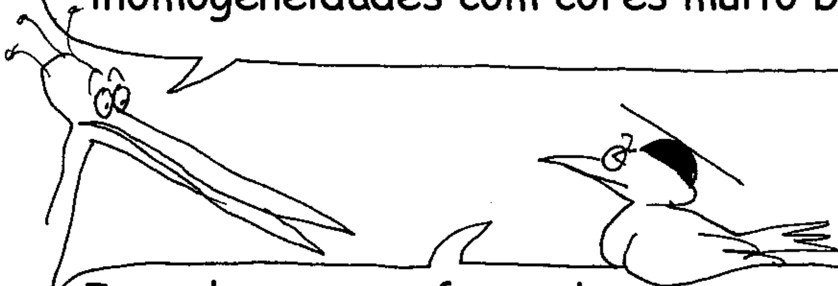


TOCA A CIRCULAR! NÃO HÁ NADA PARA VER!



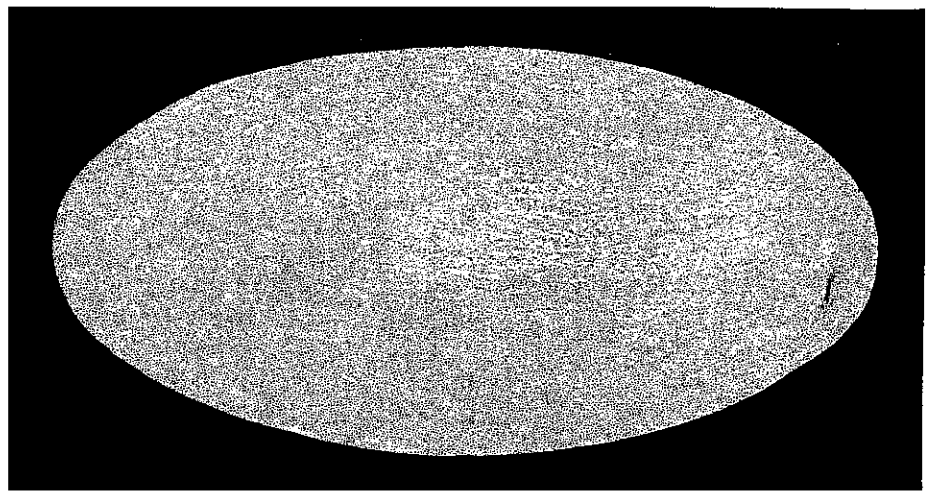
Em 1992, o satélite **COBE**, ao efectuar as primeiras medidas precisas quanto à radiação primordial, o CMB (*) que fornece uma imagem do universo nos seus primeiros instantes, demonstrou que esta era homogénea numa margem de erro de cem milésimas.

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



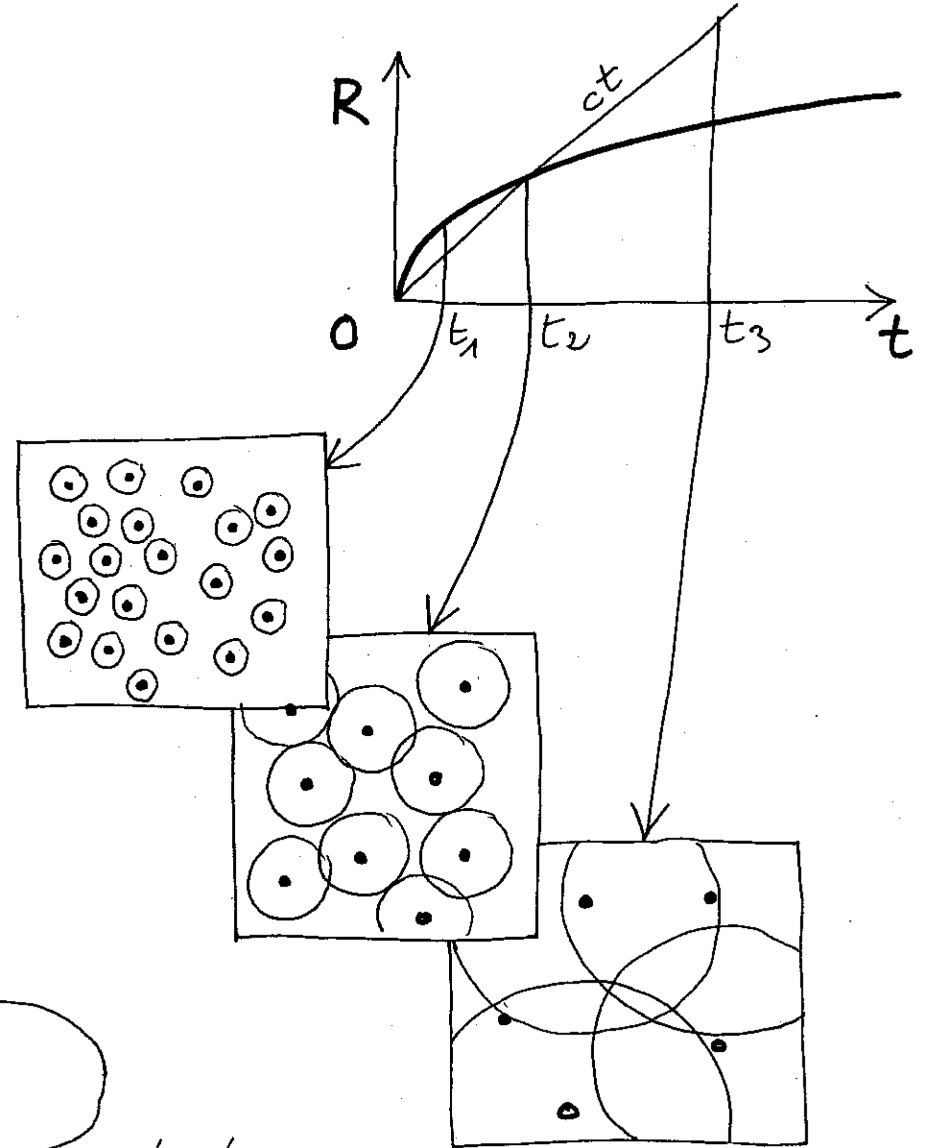
Tal como é na realidade!

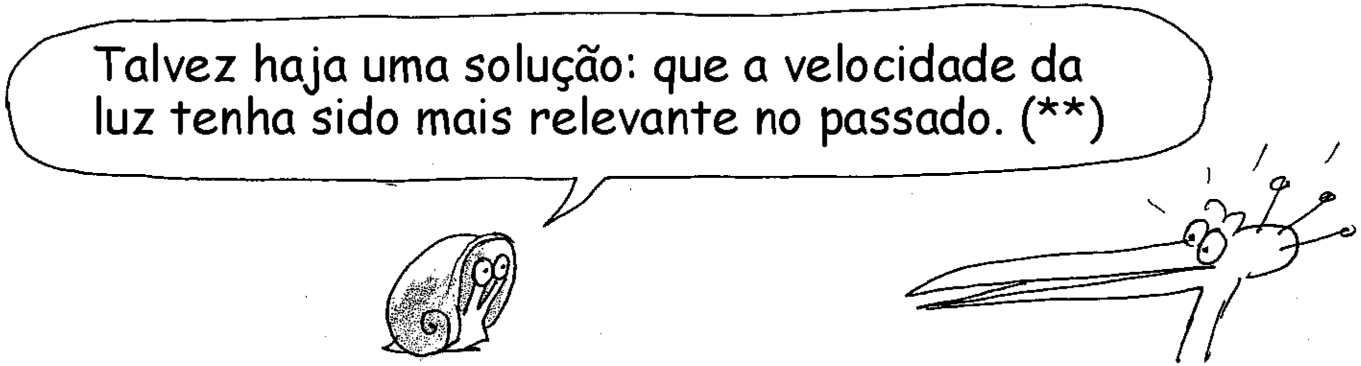
(*) Cosmic Microwave Background.

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

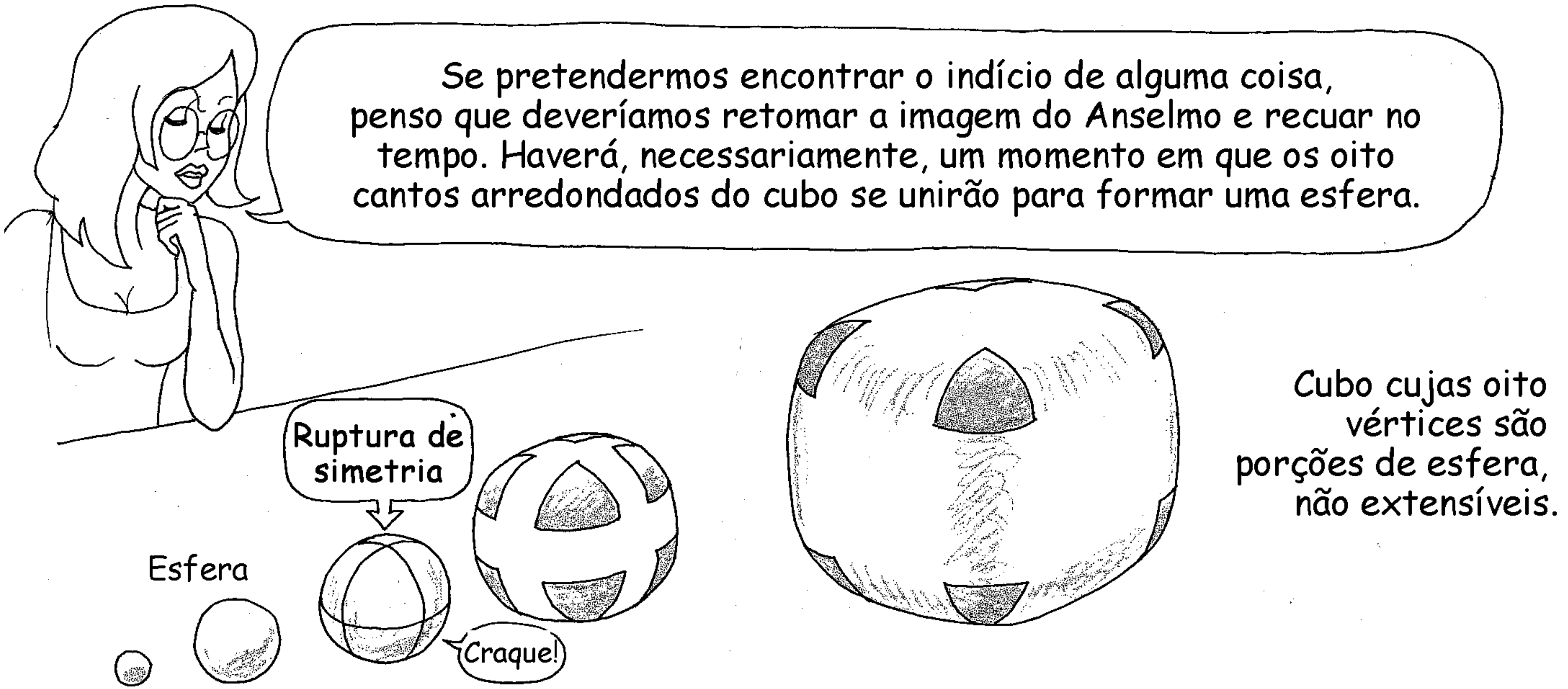
(*) Caminhando à velocidade c





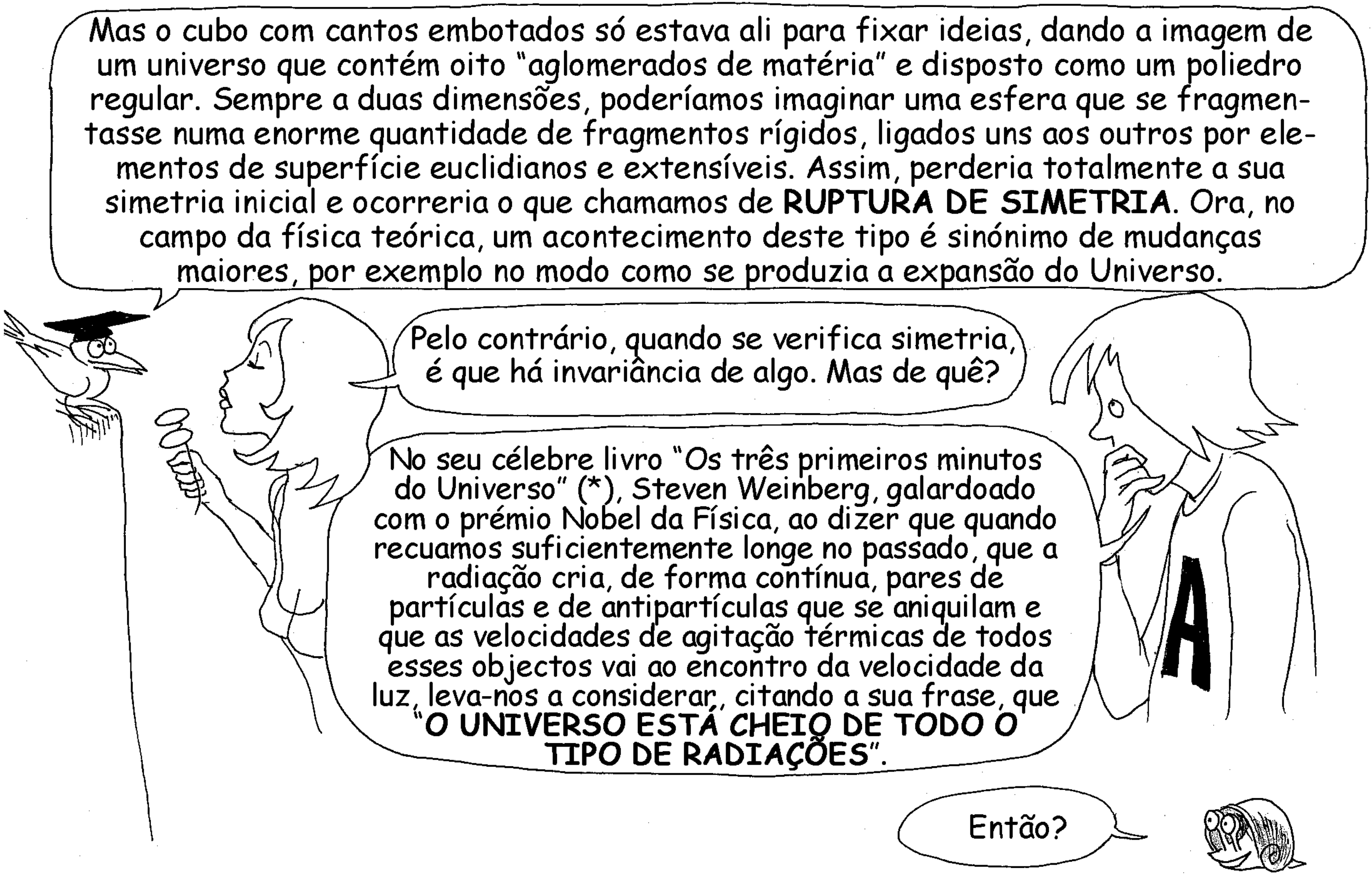
(**) : Ideia desenvolvida, pela primeira vez, pelo autor em 1988: " An interpretation of cosmological model with variable light velocity " Modern Phy. Lett. A Vol 3 n° 16, nov. 1988, página 1527.

RUPTURA DE SIMETRIA

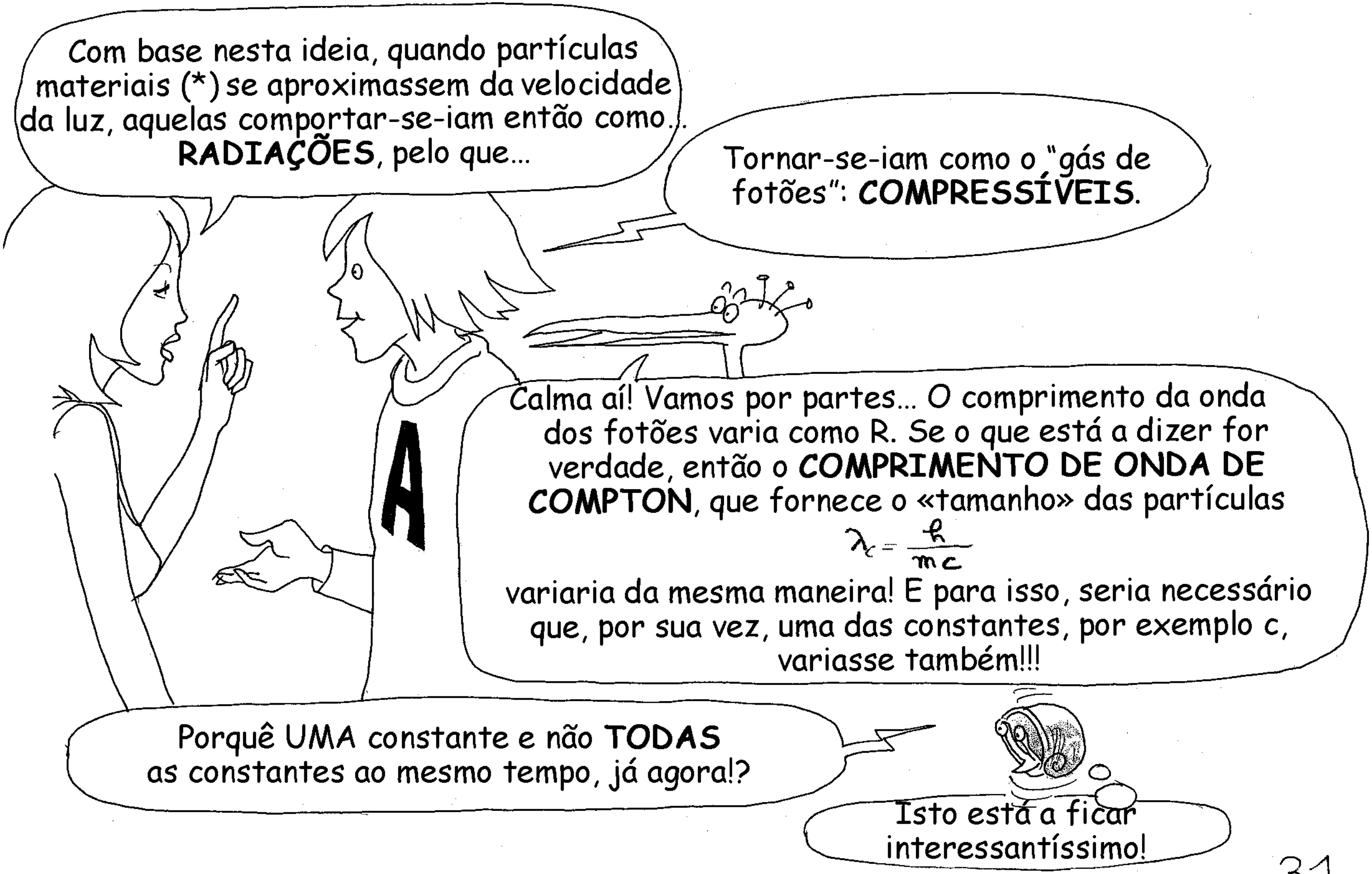


Um objecto que tenha a simetria do cubo possui um determinado número de planos de simetria e de eixos de simetria de rotação discretos de $\pi/2$, π, $3\pi/2$. Uma esfera tem um grau de simetria incomensuravelmente mais elevado (*) visto que qualquer plano que passe pelo seu centro é um plano de simetria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

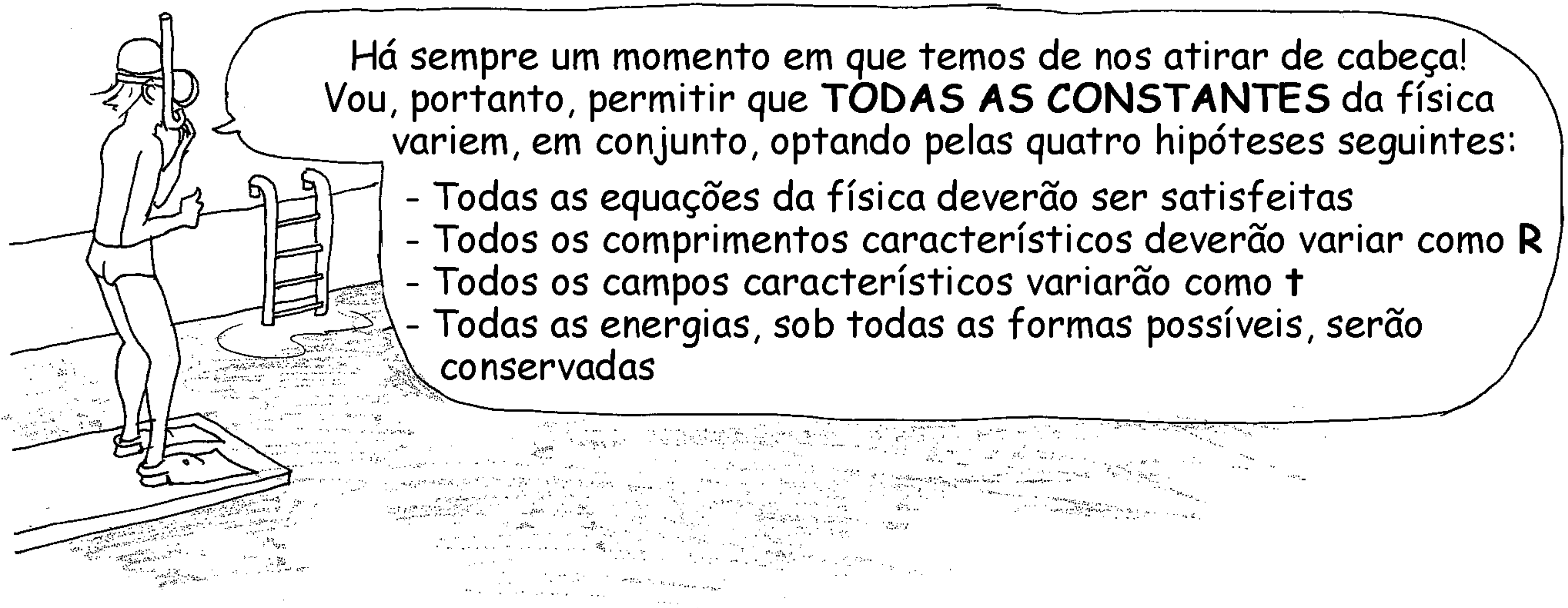
(*) A simetria O(2).

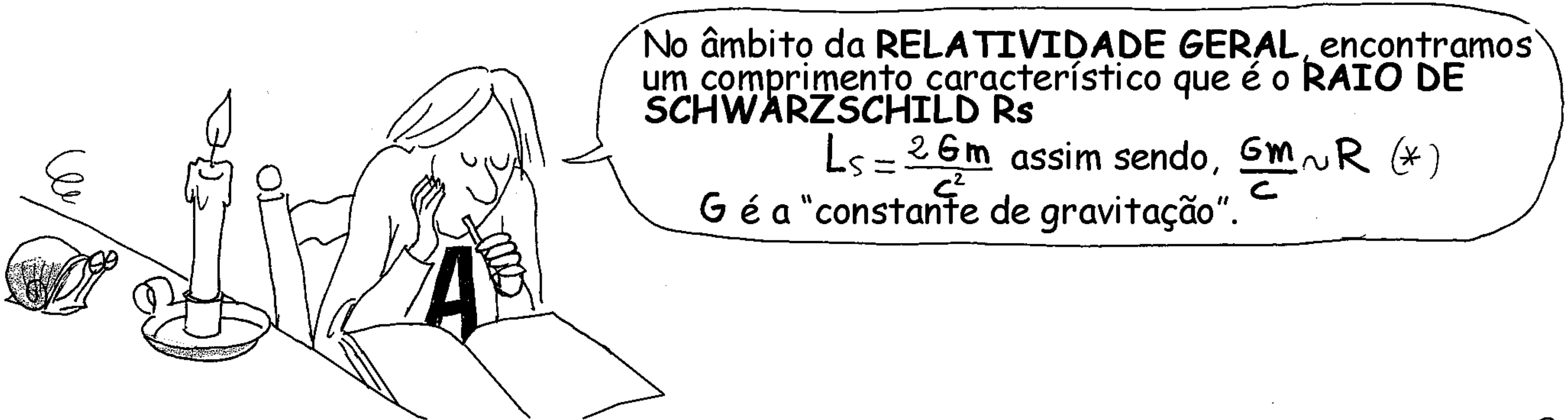


(*) Do qual o autor se inspirou para escrever **BIG BANG** em 1982.

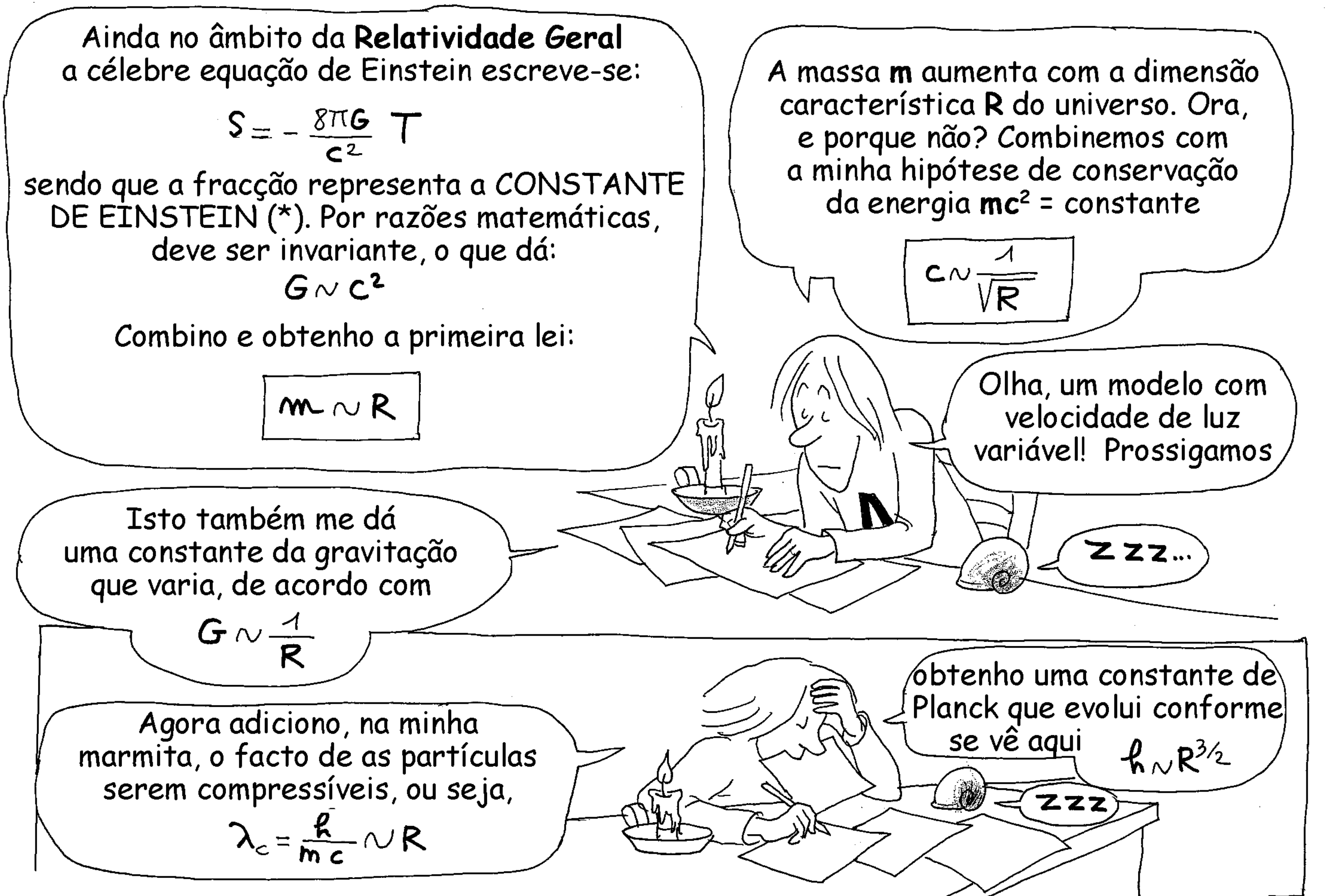


(*) A antimatéria possui uma massa **m** e uma energia **m**c^2 positivas.





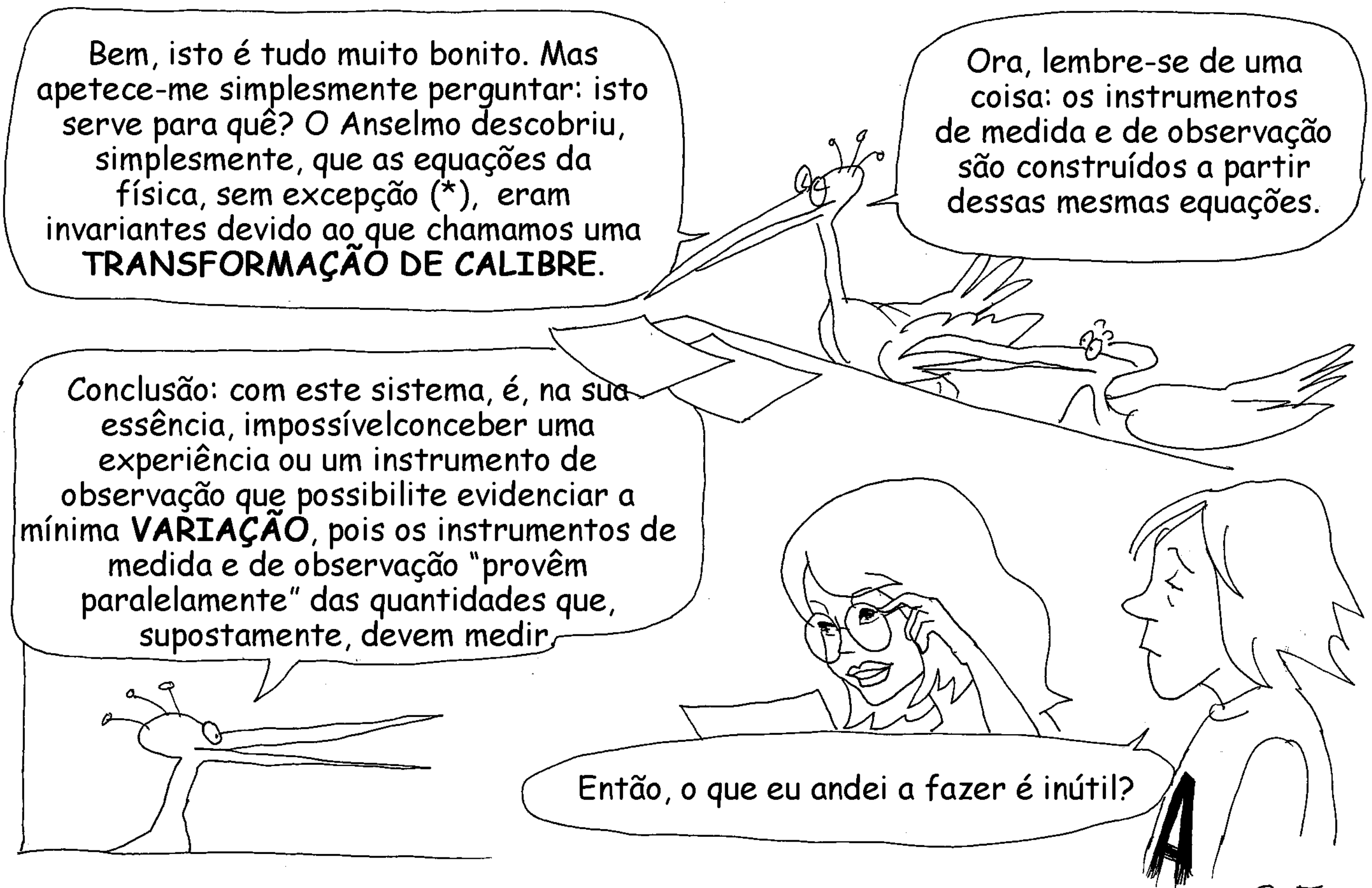
(*) O símbolo ~ significa "variando como".



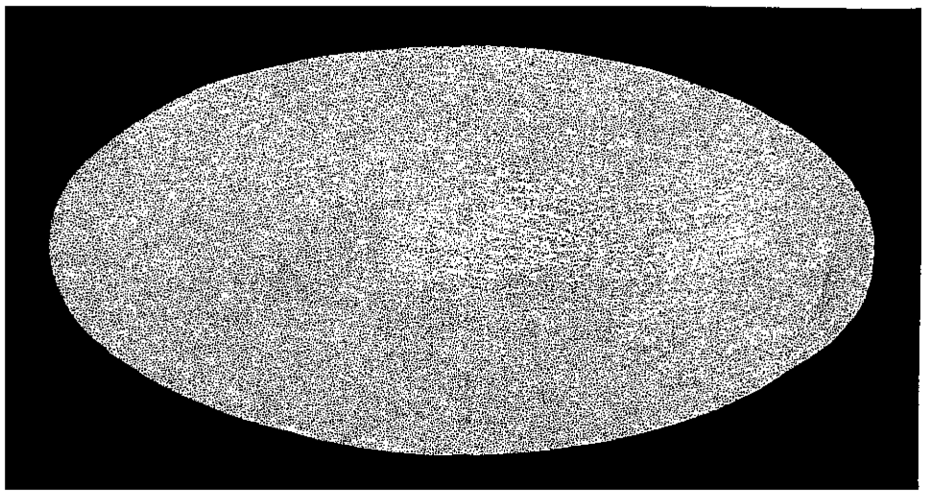
(*) Escrita em obras recentes, onde consta que: $\chi = -\frac{8\pi G}{c^4}$, mas esta diferença deve-se à forma como se escrevem os termos do tensor T.


Bem, vejamos...
ZZZ
O QUÊ!?!?
!!
BUM!
Tiresias, o comprimento de Planck varia como **R** : o muro de Planck desmoronou. Já não existe!
$L_P = \sqrt{\frac{RG}{c^3}} \sim R$
?...
Sabes uma coisa, estou aqui a pensar...
O QUÊ ?
ZZZ
Estou a pensar em todos os inimigos que andas a arranjar...

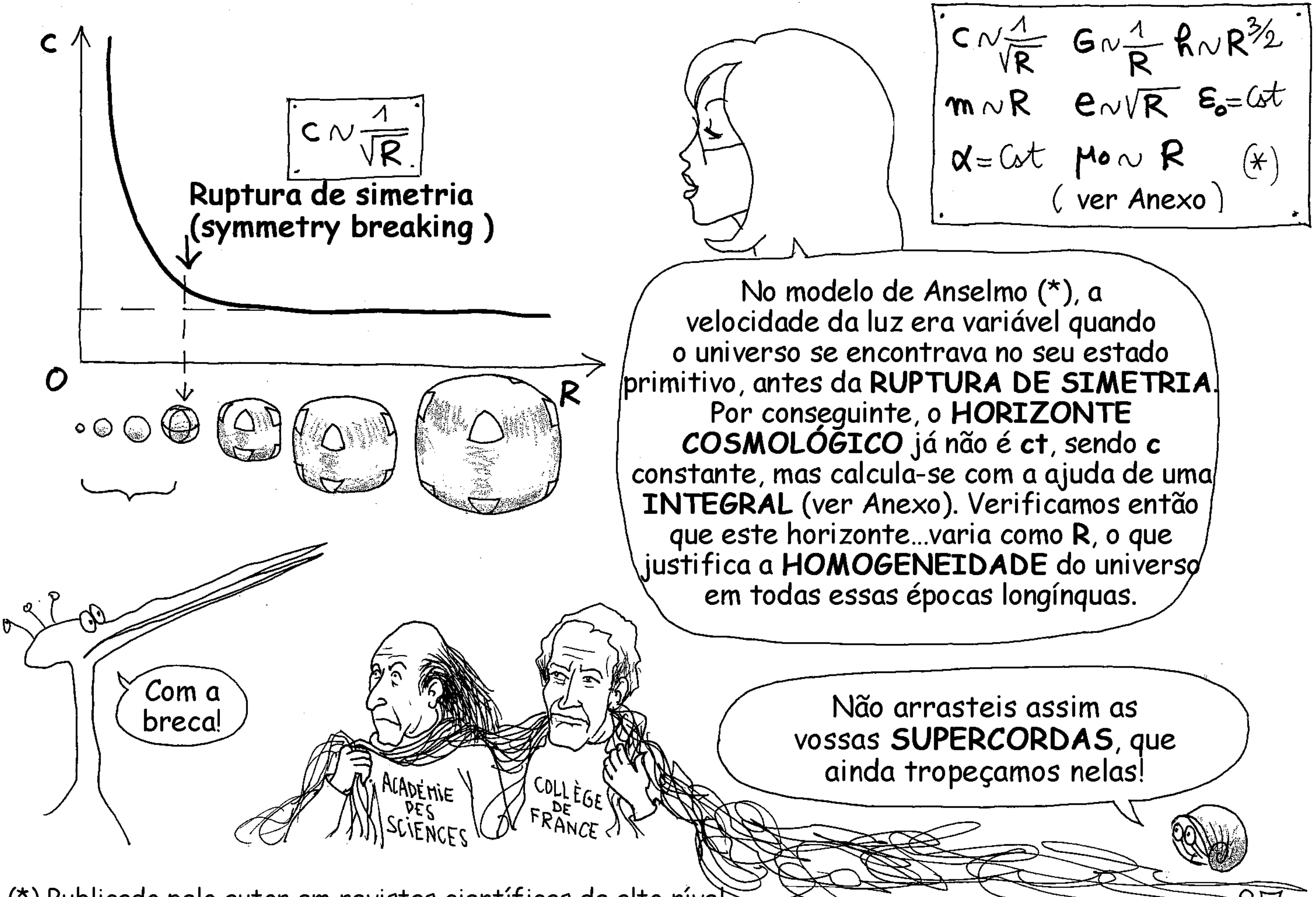
NA MANHÃ SEGUINTE



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



O Universo primitivo



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

FiM

ANEXO

Comecemos por calcular o **HORIZONTE COSMOLÓGICO.**

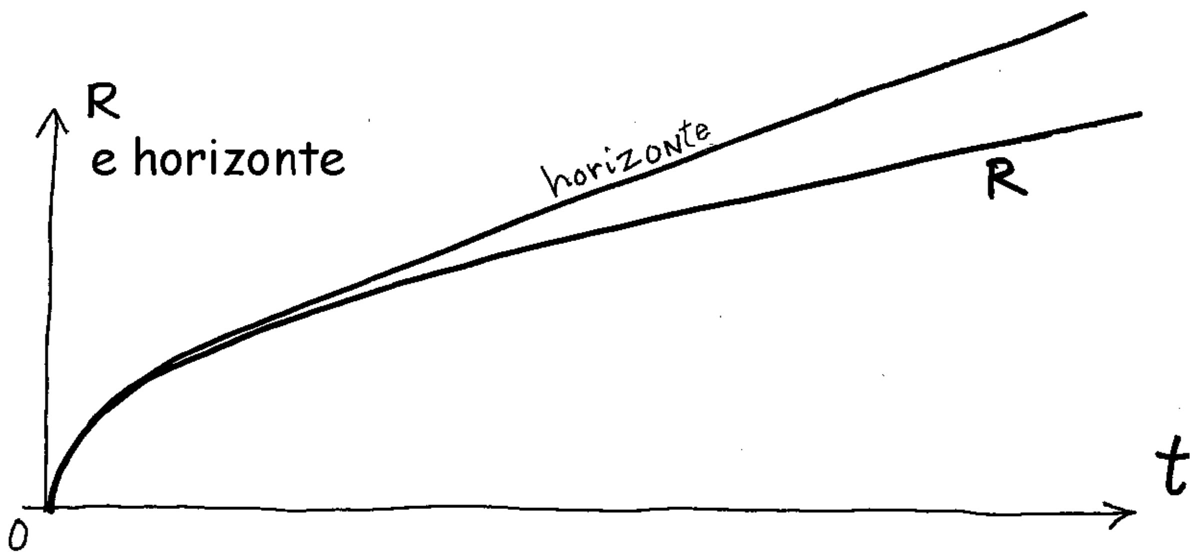
Quando a velocidade da luz não varia, este horizonte é simplesmente **H = ct**

No universo pimitivo a velocidade da luz é: $c \sim \frac{1}{\sqrt{R}}$

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

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

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:

$$\boxed{\nabla \times B = -\frac{1}{c^2}\frac{\partial E}{\partial t}} \quad \boxed{\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}} \quad \boxed{\nabla \cdot B = 0} \quad \boxed{\nabla \cdot E = \frac{\rho_e}{\varepsilon_0}}$$

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

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

$$\nabla = \begin{cases} \dfrac{\partial}{\partial x_1} = \dfrac{1}{\mathbf{R}}\dfrac{\partial}{\partial \varsigma_1} \\ \dfrac{\partial}{\partial x_2} = \dfrac{1}{\mathbf{R}}\dfrac{\partial}{\partial \varsigma_2} \\ \dfrac{\partial}{\partial x_3} = \dfrac{1}{\mathbf{R}}\dfrac{\partial}{\partial \varsigma_3} \end{cases} \quad \text{sendo assim} \quad \delta \begin{cases} \dfrac{\partial}{\partial \varsigma_1} \\ \dfrac{\partial}{\partial \varsigma_2} \\ \dfrac{\partial}{\partial \varsigma_3} \end{cases}$$

$$\frac{\mathbf{B}}{\mathbf{R}}\,\delta \times \beta = -\frac{\mathbf{E}}{\mathbf{c}^2\mathbf{t}}\,\frac{\partial \varepsilon}{\xi^2 \partial \tau}$$

$$\frac{\mathbf{E}}{\mathbf{R}}\,\delta \times \varepsilon = -\frac{\mathbf{B}}{\mathbf{t}}\,\frac{\partial \beta}{\partial \tau}$$

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

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.

$$\alpha = \frac{e}{\varepsilon_0 \hbar c} = C_{st} \Rightarrow \boxed{\varepsilon_0 = \text{constante}}$$

ε_0 e μ_0 estão ligados pela relação $c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}$ 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:

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

$$E_{electr} = R^3 \varepsilon_0 E^2 = C_{st} \Rightarrow \boxed{E \sim \frac{1}{R^{3/2}}}$$

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

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: $\boxed{V \sim \frac{1}{\sqrt{R}} \sim c}$

Passemos à massa volúmica $\rho = n\, m$

Ao supormos que há conservação das espécies, temos: $n\, R^3 = cst$ $\boxed{\rho \sim \frac{1}{R^2}}$

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

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

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 $\mathbf{R}^2$. Verificaremos também que a distância de Debye varia como **R**, e por aí fora...

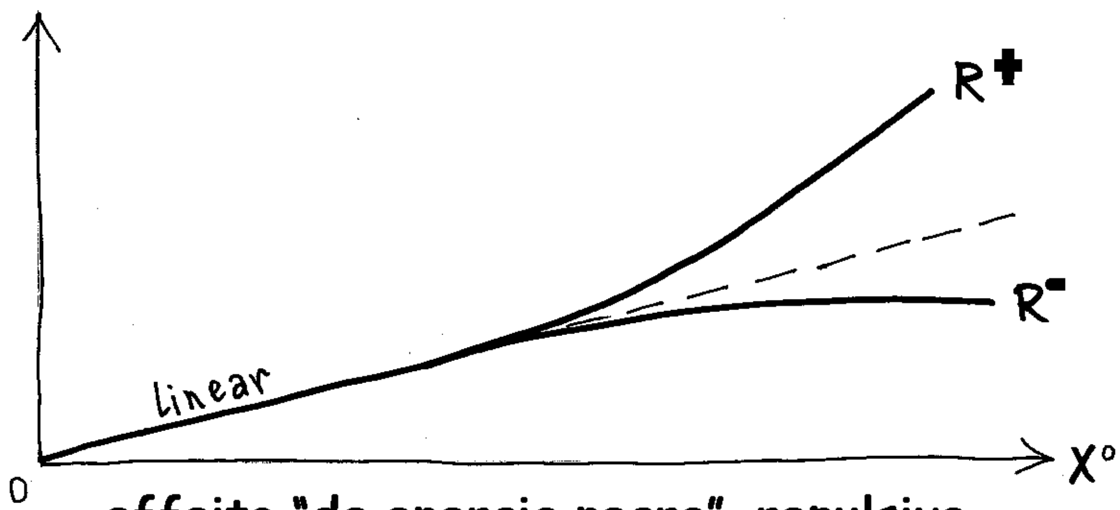
Para concluirmos o trabalho, devemos agora equacionar de que modo se pode efectuar a ligação com o nosso modelo cosmológico bimétrico, descrito no álbum :

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:

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

O início desta expansão com $\mathbf{R^+} = \mathbf{R^-}$ 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



effeito "de energia negra", repulsiva.

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:

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

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

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

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

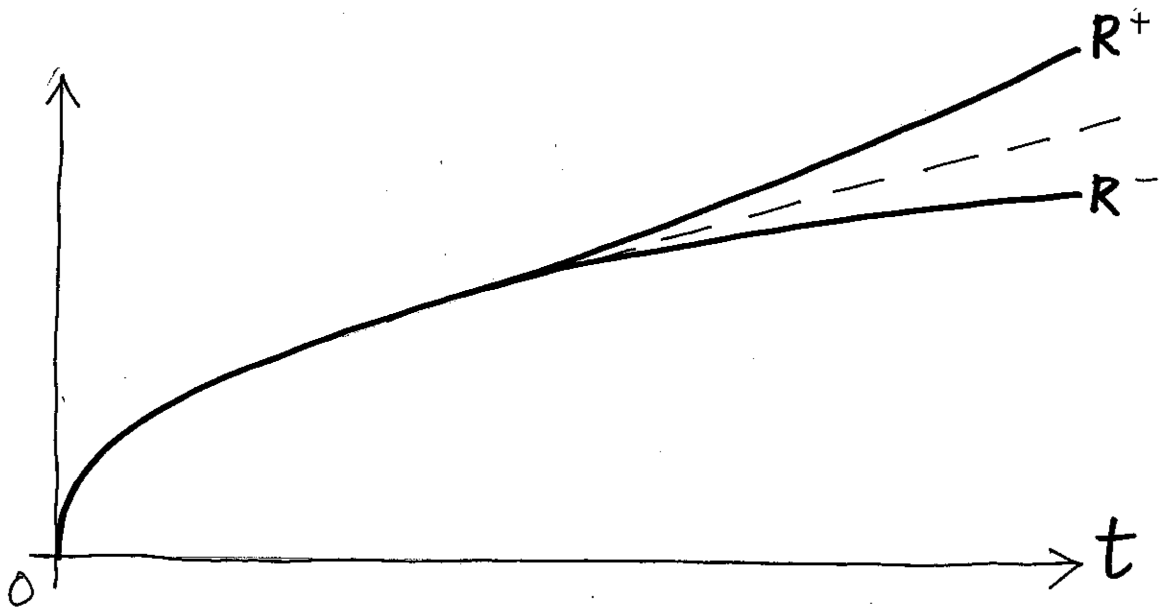
Antes da ruptura de simetria temos: $dx^0 \sim t^{-\frac{1}{3}} dt \Rightarrow x^0 \sim t^{\frac{2}{3}}$

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

$$x^0 = c\,t$$

EVOLUÇÃO

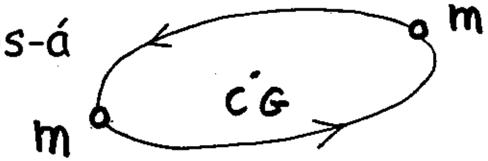
Isto permite-nos representar a evolução conjunta das duas entidades cósmicas em função do tempo, tal como acabámos de o definir.



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: $\tau = \frac{2\pi r^{3/2}}{Gm}$ $\quad Gm = Cst \quad r \sim R \quad \tau \sim t \sim R^{3/2}$

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