

Do maior para o menor  
Do menor para o maior

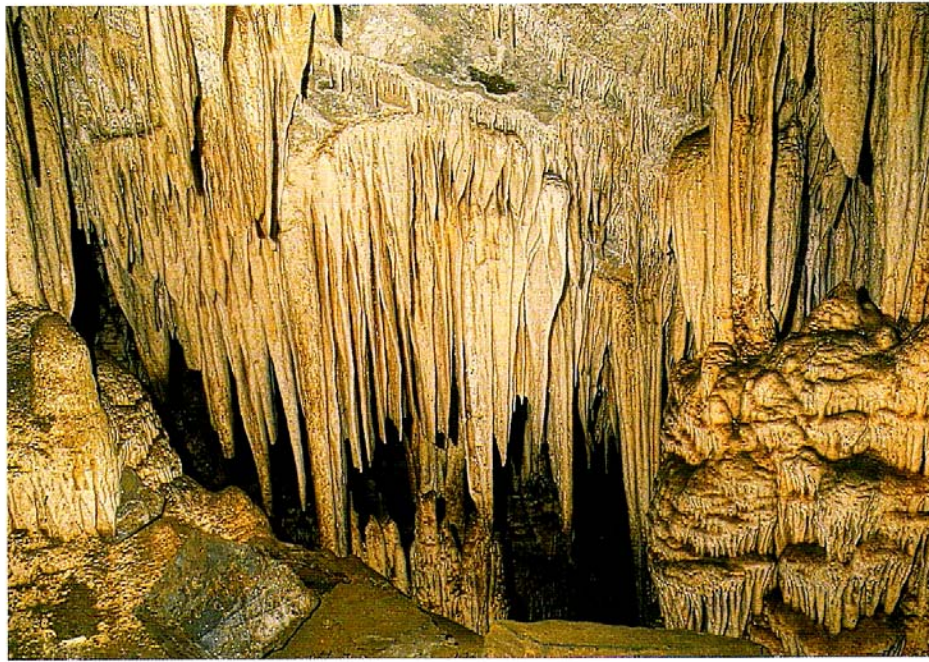
Top-down  
Bottom-up

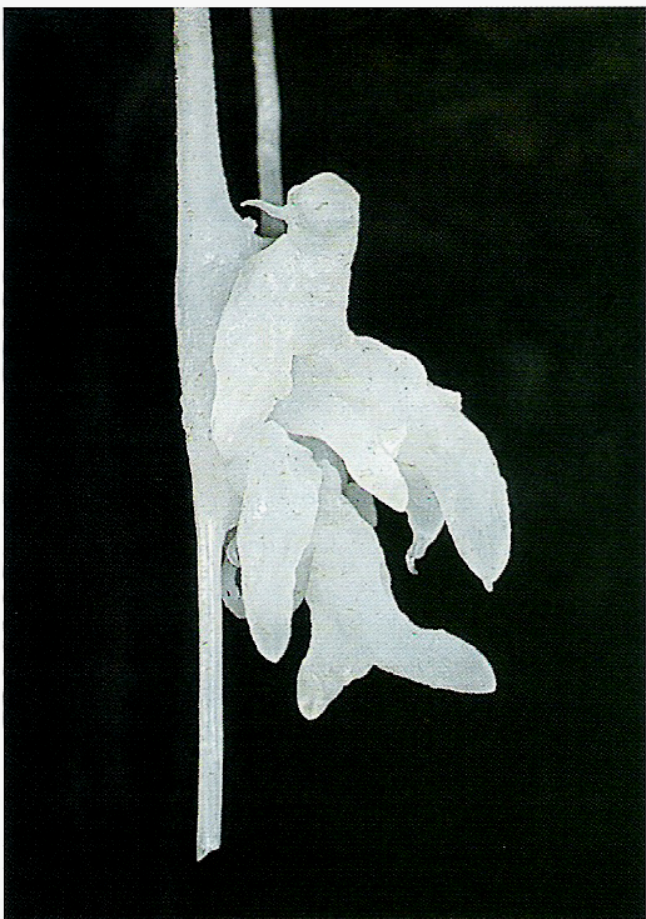




SALAR DE ATACAMA, CHILE

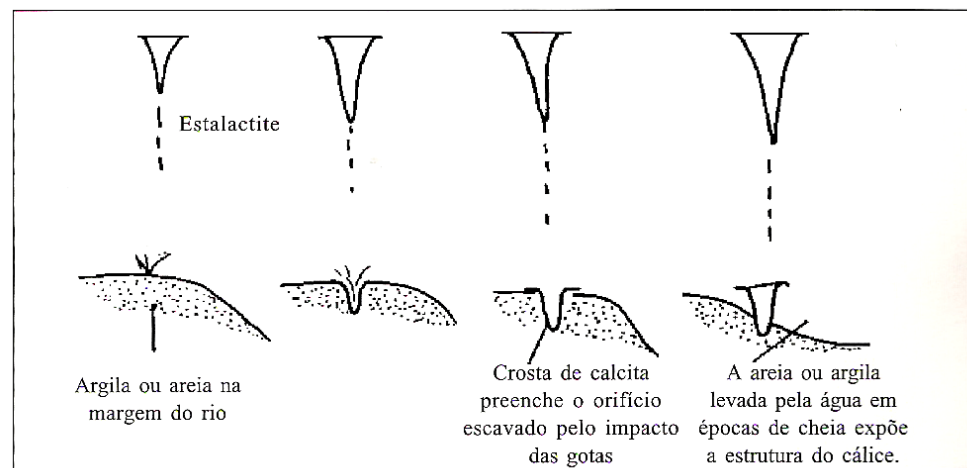




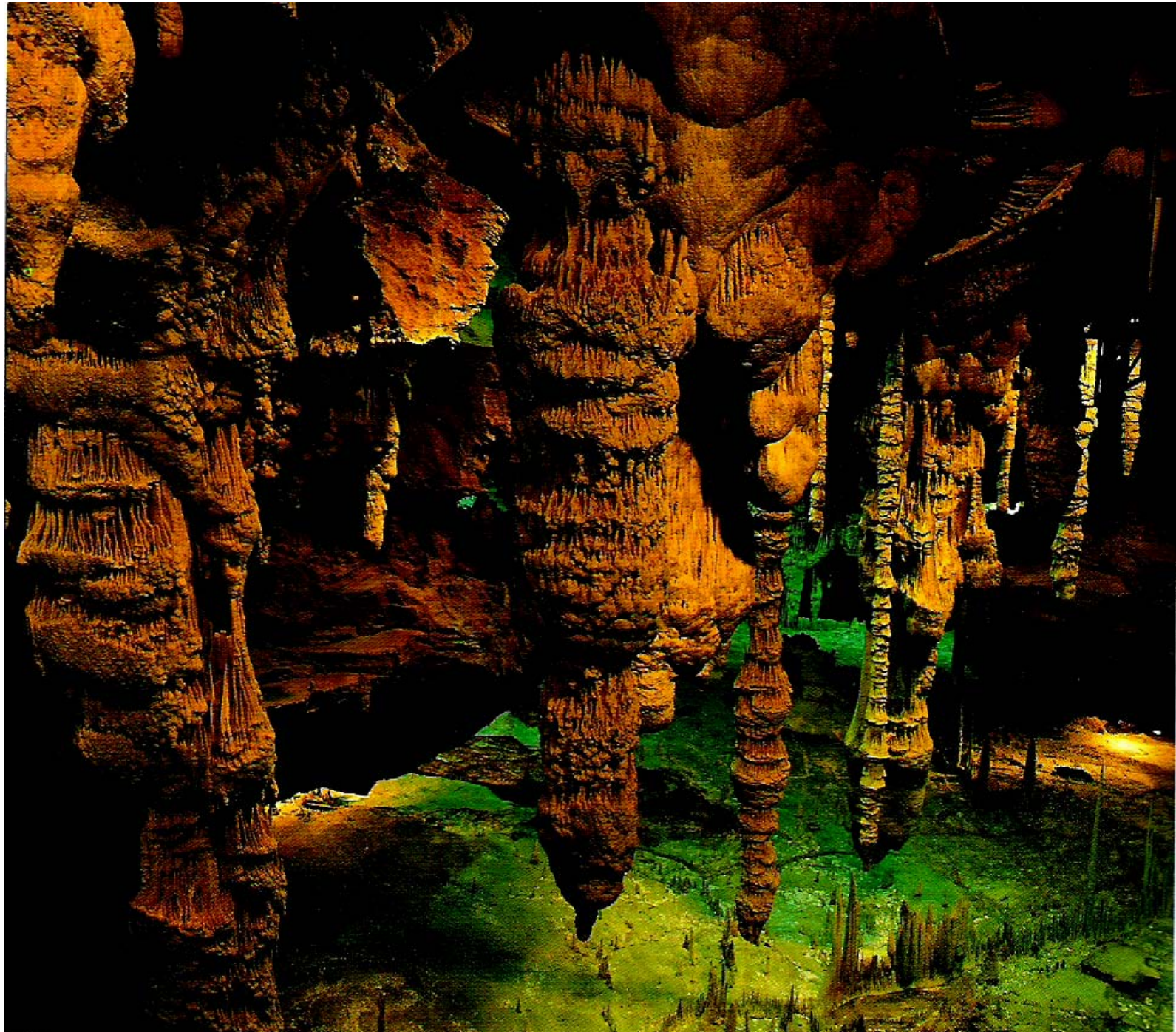


1.58. Espeleotema em formato de uma pomba encontrada na Caverna de Santana, em Iporanga, São Paulo (foto João Allievi/Reflexo).

1.59. Esquema sintético da formação dos "cálices de calcita" (Lino, C.F., 1989:141).



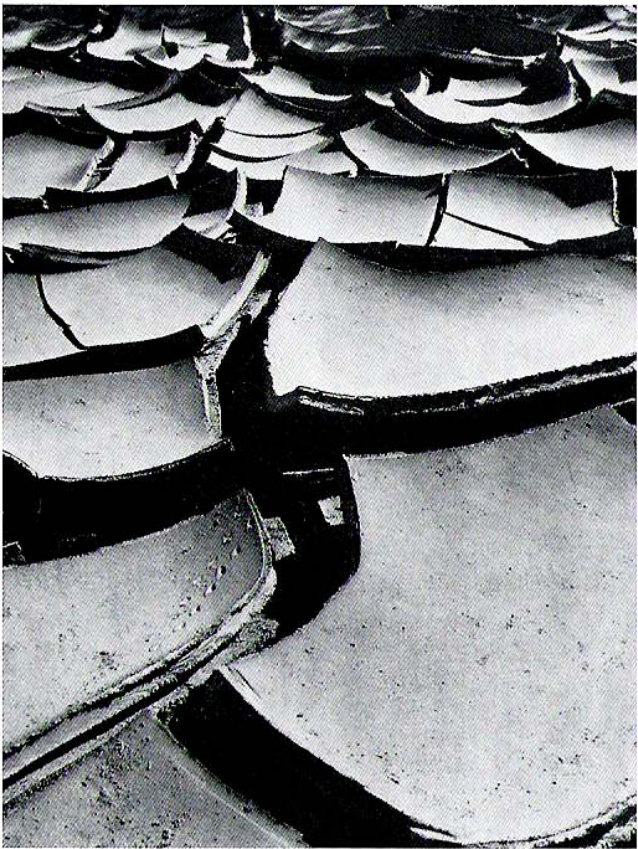












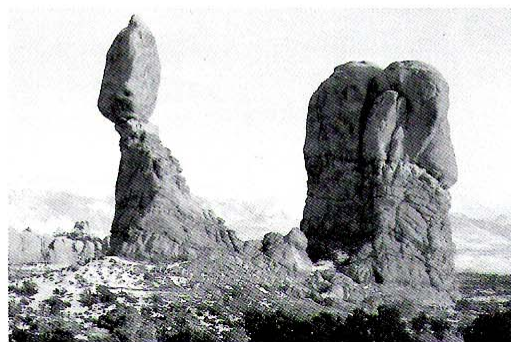






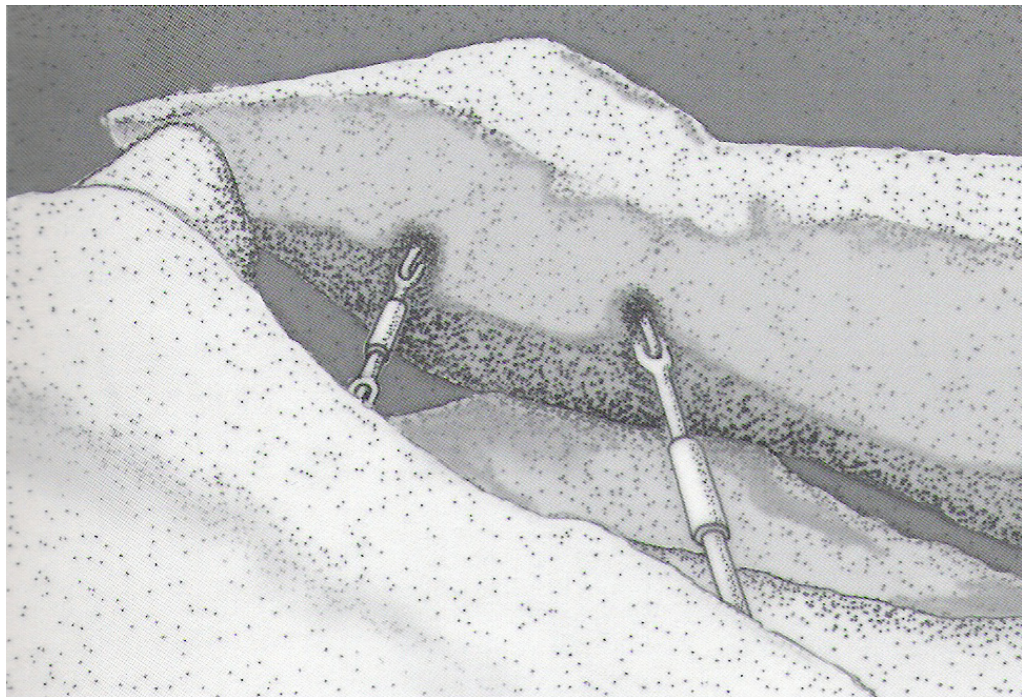


1.88. Pedra em equilíbrio durante milhares de anos em Goiás Velho, hoje desmoronada por atos de vandalismo (cortesia de Nilson Paulo de Siqueira).



1.89 e 1.90. "Rocha em equilíbrio" e "Tal-pai-tal-filho" antes e depois do desmoronamento desta última em 1975 (Johnson, D.W., 1990).





1.48. Acima, à esquerda, reforço na figura do Old Man para evitar sua destruição com o deslizamento de um bloco de 25 toneladas (desenho Marcel Shimmori).

1.49. À direita, Old Woman of the Notch nas montanhas White, em New Hampshire, nos Estados Unidos (desenho Marcel Shimmori).

1.50. Ao lado, consolo monolítico em Nazaré, Portugal, com a aparência do perfil do Homem de Neanderthal (cortesia do engenheiro Carmo Pacheco).











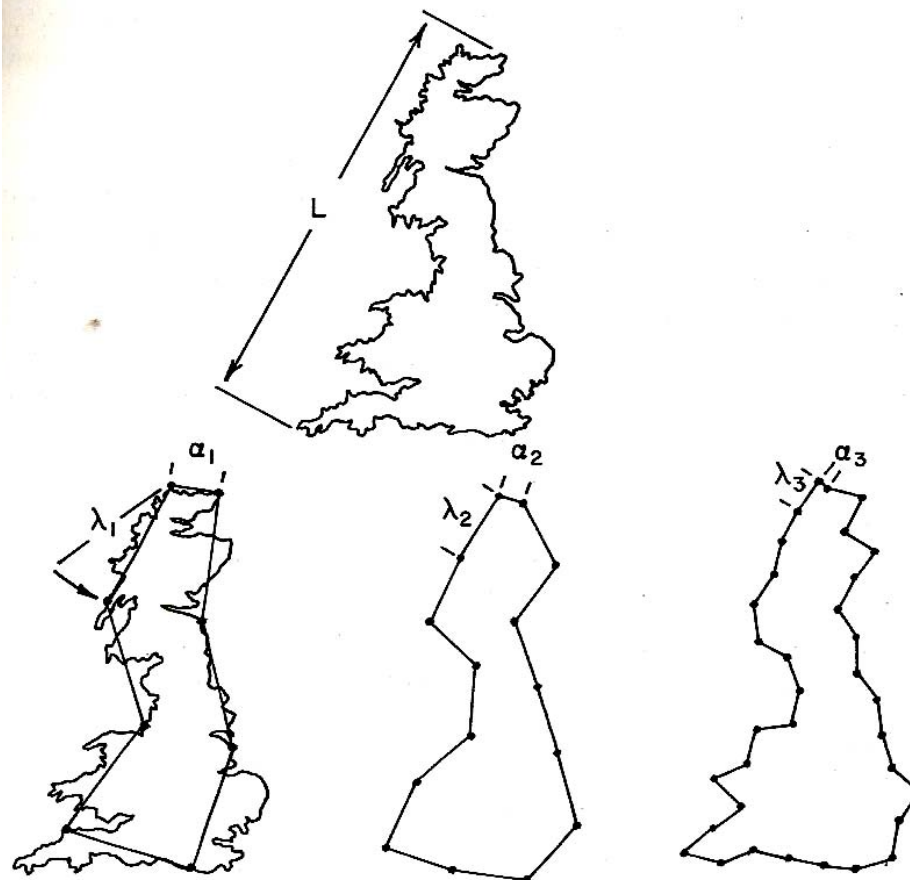
# Conclusão

- Qualquer processo “top-down” é executado em um material que foi construído de alguma forma.
- Frequentemente, o processo de construção foi um “bottom-up”

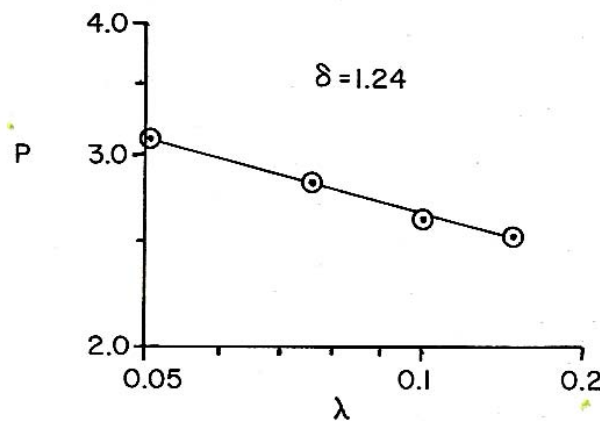


# Fractais



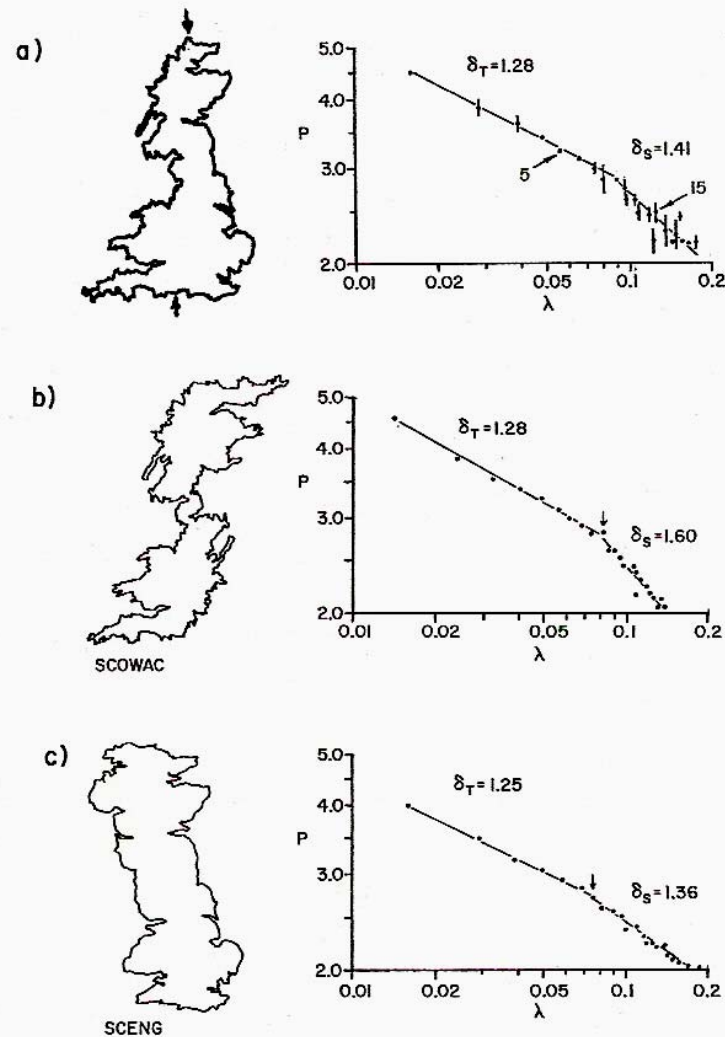


$$\log P = A - \delta \log \lambda$$



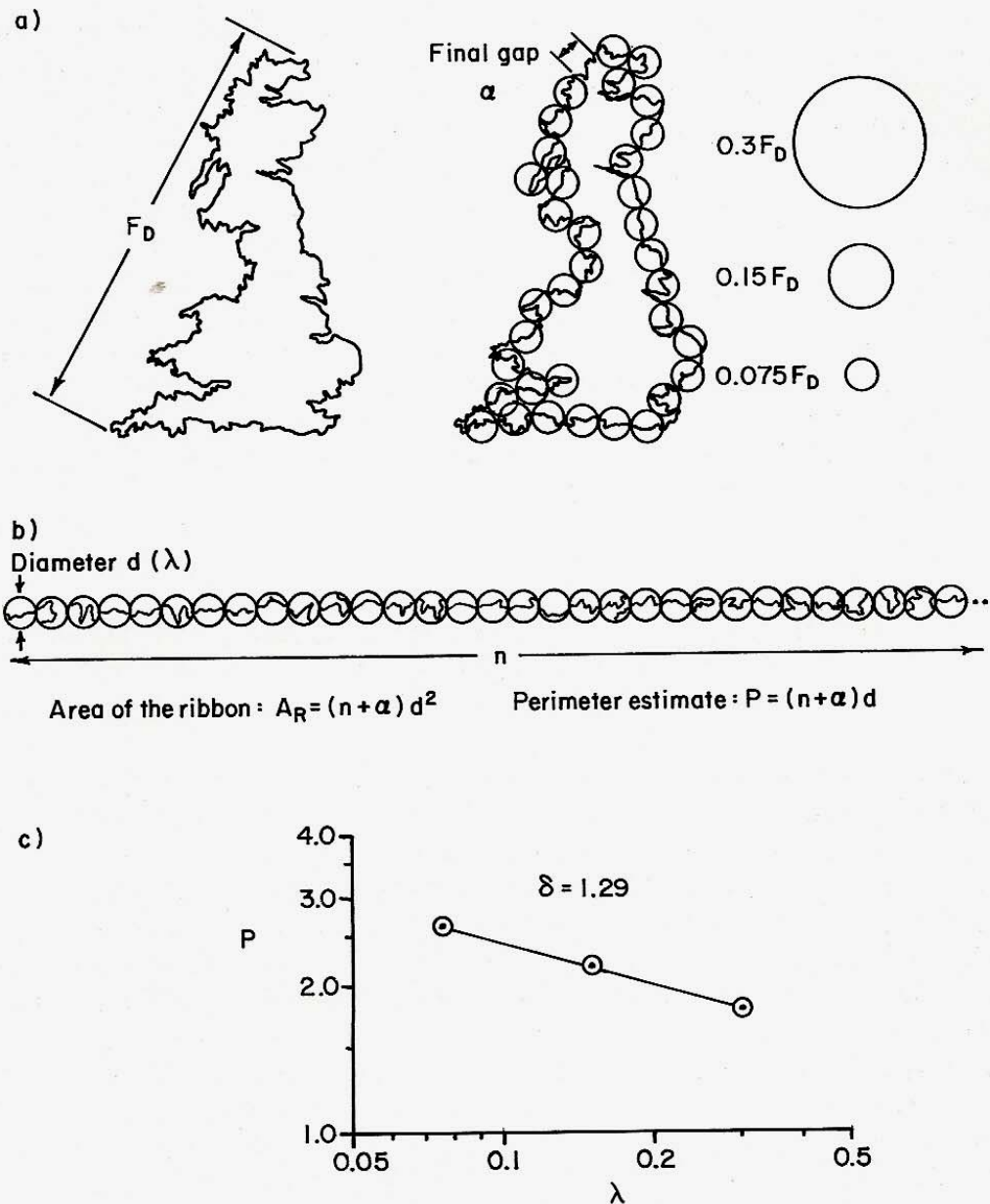
**Figure 1.22.** Richardson discovered experimentally that the length of a coastline, such as that of Great Britain, depends on the technique used to measure the coastline.  $\lambda$  = measuring step.  $P$  = perimeter





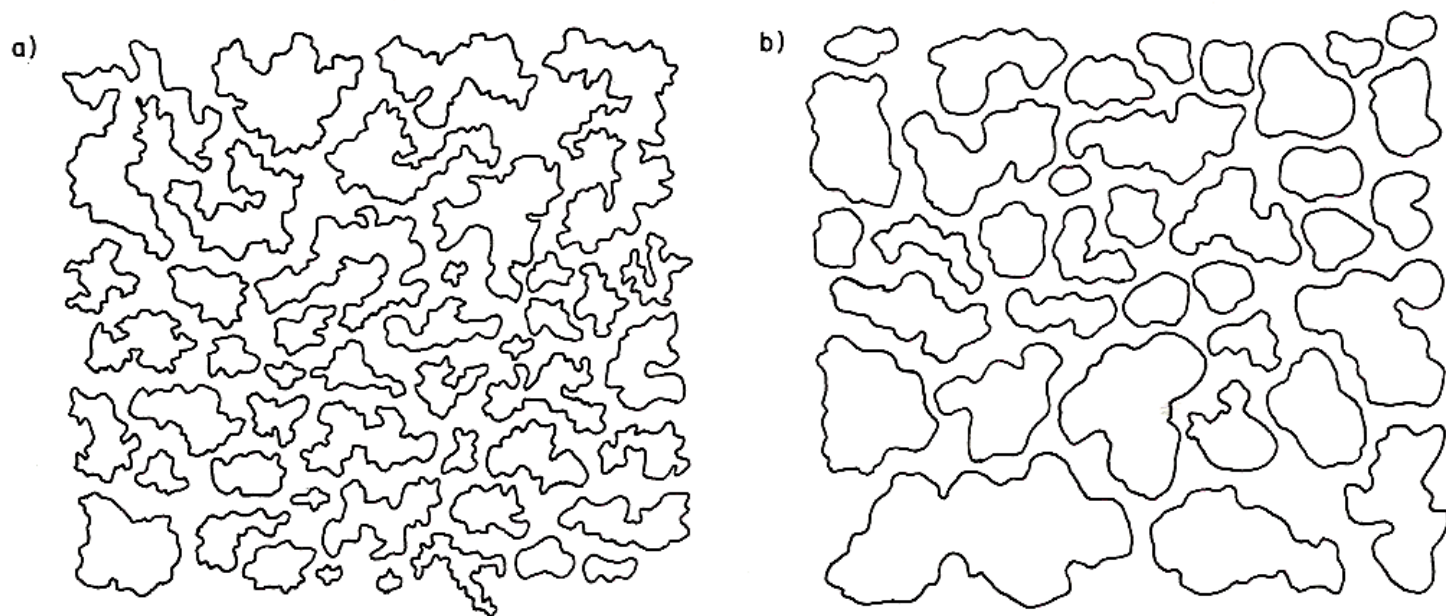
**Figure 8.3.** Coastlines may have regions of different ruggedness. This fact is illustrated for the coastline of Great Britain which is more rugged on the west side than the east side. This difference in ruggedness can be made visually apparent by creating synthetic islands using the two sides of Great Britain separately. SCOWAC: two copies of Scotland, Wales and Cornwall. SCENG: two copies of the east coastline of Scotland and England. a) Data for the whole coastline of Great Britain. b) Image made by splitting Great Britain at the arrows shown on the profile of (a) and combining the line of the west coast with an inverted image of the same part of the coastline. c) Image made by splitting Great Britain at the arrows shown on the profile of (a) and combining the line of the east coast with an inverted image of the same part of the coastline.





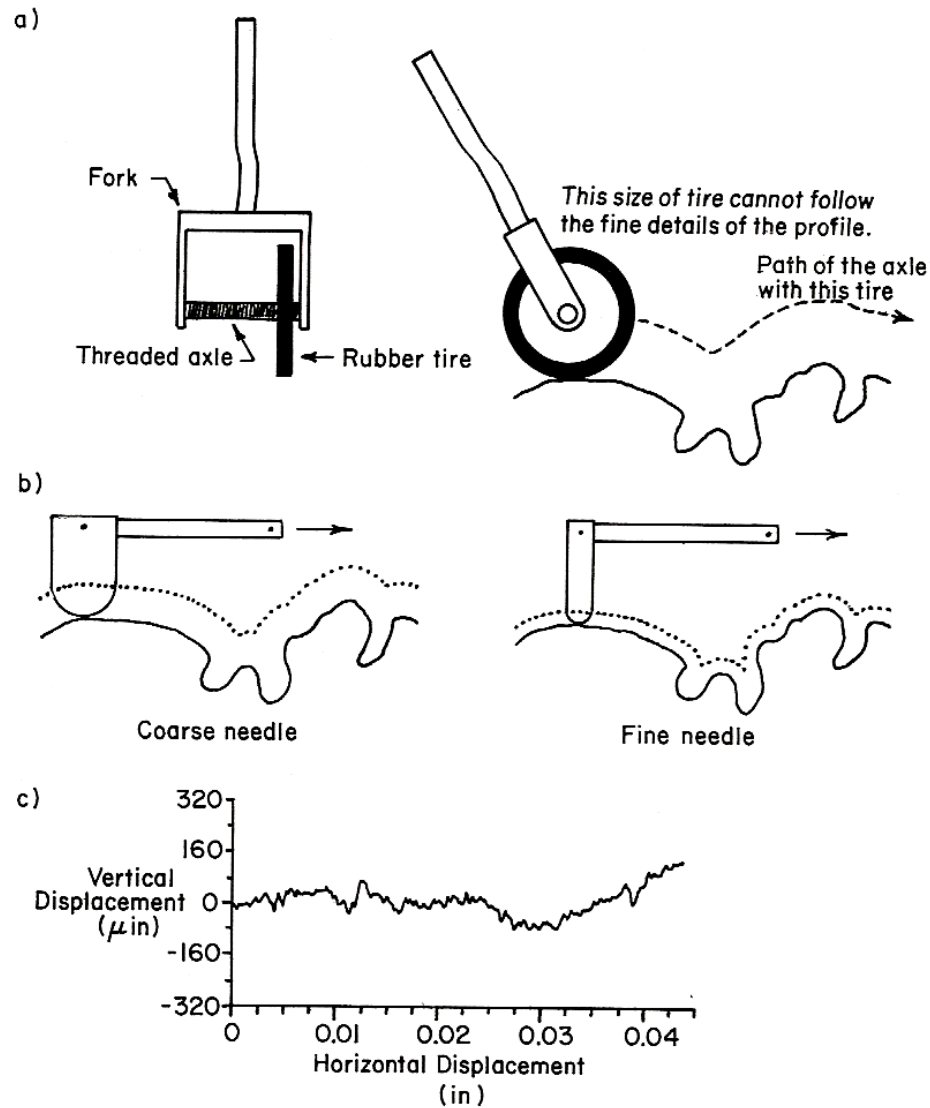
**Figure 8.10.** In the Minkowski Sausage technique for characterizing fractal lines contiguous discs are placed on the rugged line to be characterized to estimate its length. In the penny-plating modification of the procedure the discs are placed outside the line to be characterized creating a rather larger ribbon of discs with a gap. a) Discs dropped around the profile of Great Britain. b) Ribbon of discs of (a) opened up to form a line. c) Plot of the data obtained from the method part (b).





**Figure 8.18.** An array of profiles of two different grades of carbon black pigment fine particles suggests that fractal dimensions may be used to quantify the difference between them. a) Vulcan 7H carbon black fine particles. b) Stirling NS1 carbon black profiles.

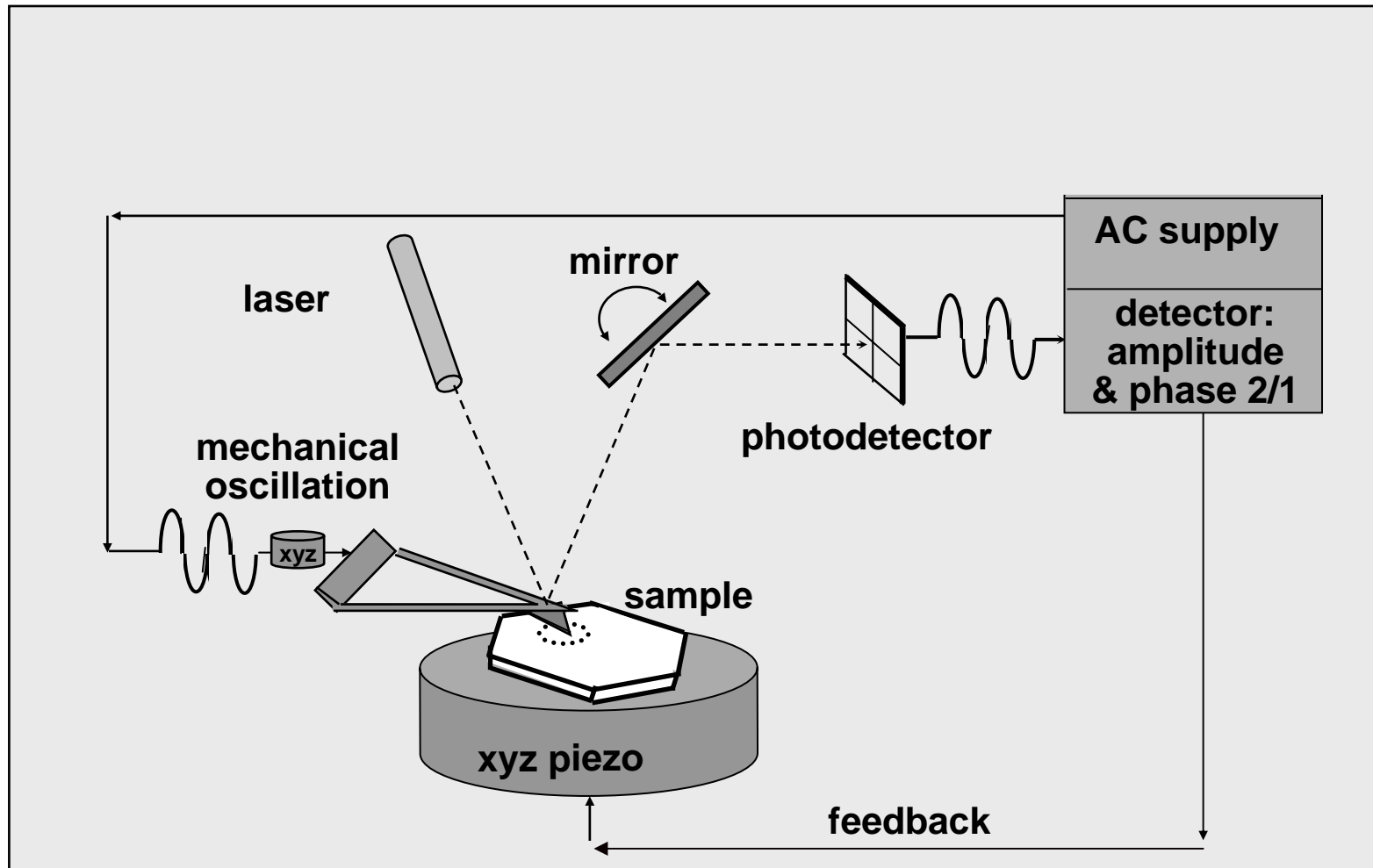




**Figure 8.11.** Profilometer data can be used to characterize the roughness of a surface. a) Rubber wheeled device for measuring distance can be used to explore fractal structure. b) The fractal structure of a rough surface can be explored using a profilometer with needles of various radii. c) Typical profilometer trace generated in an industrial study of the roughness of a surface.



# Nanorugosímetro: o microscópio de força





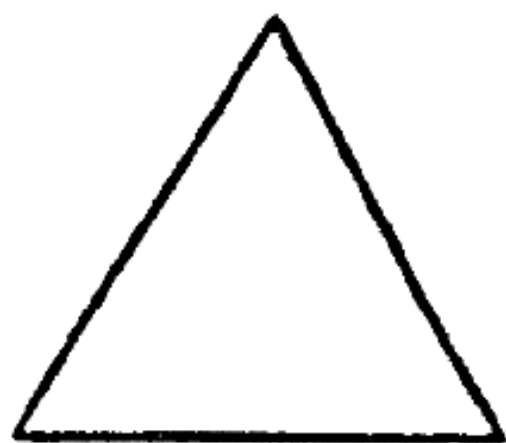
# Fractais

- Um objeto fractal tem tres características principais:
  - **Auto-similaridade**, ou simetria de escala: é a reprodução de um mesmo aspecto morfológico, em diferentes escalas de tamanho.
  - **Dimensão fracionária**: objetos euclidianos, isto é, descritos pela geometria de Euclides têm dimensões 1, 2 ou 3. Uma linha fractal muito tortuosa pode ter dimensão 1,7, uma superfície muito tortuosa pode ter uma dimensão 2,6. A linha tortuosa tende a preencher a superfície, assim como a superfície tortuosa tende a preencher as três dimensões do espaço.
  - Uma linha fractal não tem um comprimento definido univocamente: **o valor obtido depende do tamanho da "régua" ou gabarito usado na medida**. Quanto menor o gabarito, maior será o comprimento:  $\ln L = A - d (\ln \lambda)$ , onde L é o comprimento medido, d é a dimensão fractal e  $\lambda$  é o comprimento do gabarito.

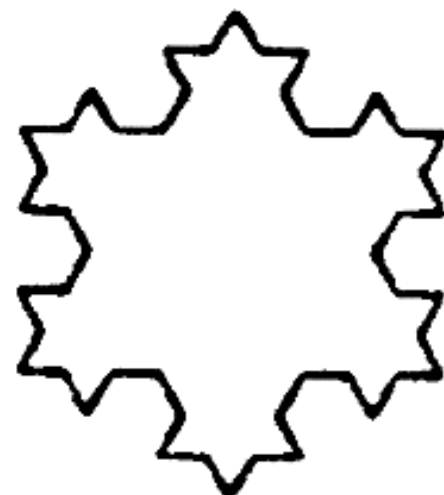
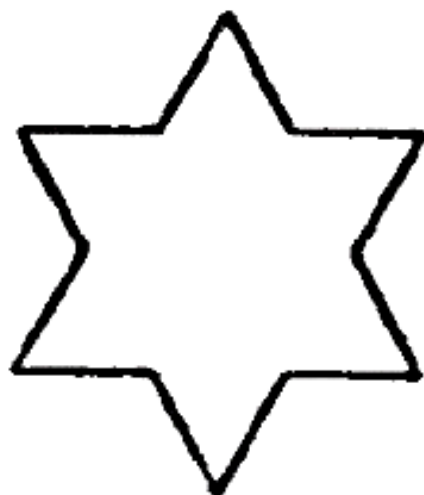


# ***Caráter fractal de superfícies de sólidos***

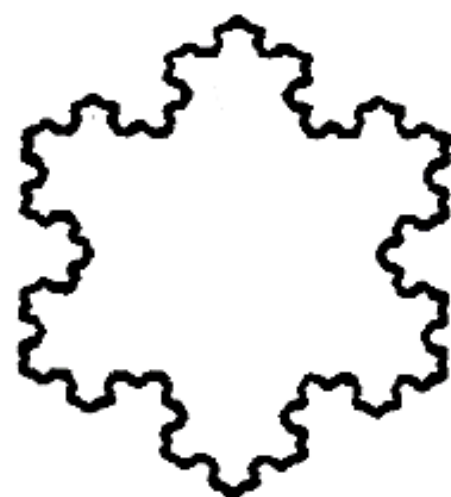
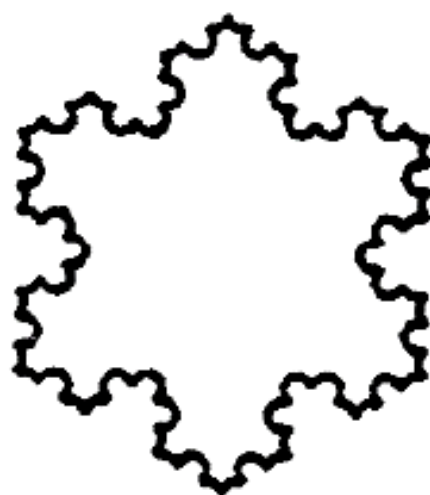
- Um paradoxo: a área medida usando-se o método BET, de um mesmo material mas usando diferentes adsorbatos, varia com o tamanho da molécula adsorvida na superfície, na grande maioria dos casos.
- Em 1985, análises de muitos resultados anteriores mostraram que a área varia com as dimensões da molécula adsorvida da maneira prevista pela geometria fractal.
- As dimensões fractais de alguns adsorventes importantes são: sílica-gel, altamente porosa,  $D=3$ ; sílica "smoked" não porosa e negro de fumo grafítico,  $D=2$ ; carvão ativo de coco:  $D= 2,67$ ; alumina porosa,  $D=2,79$ .



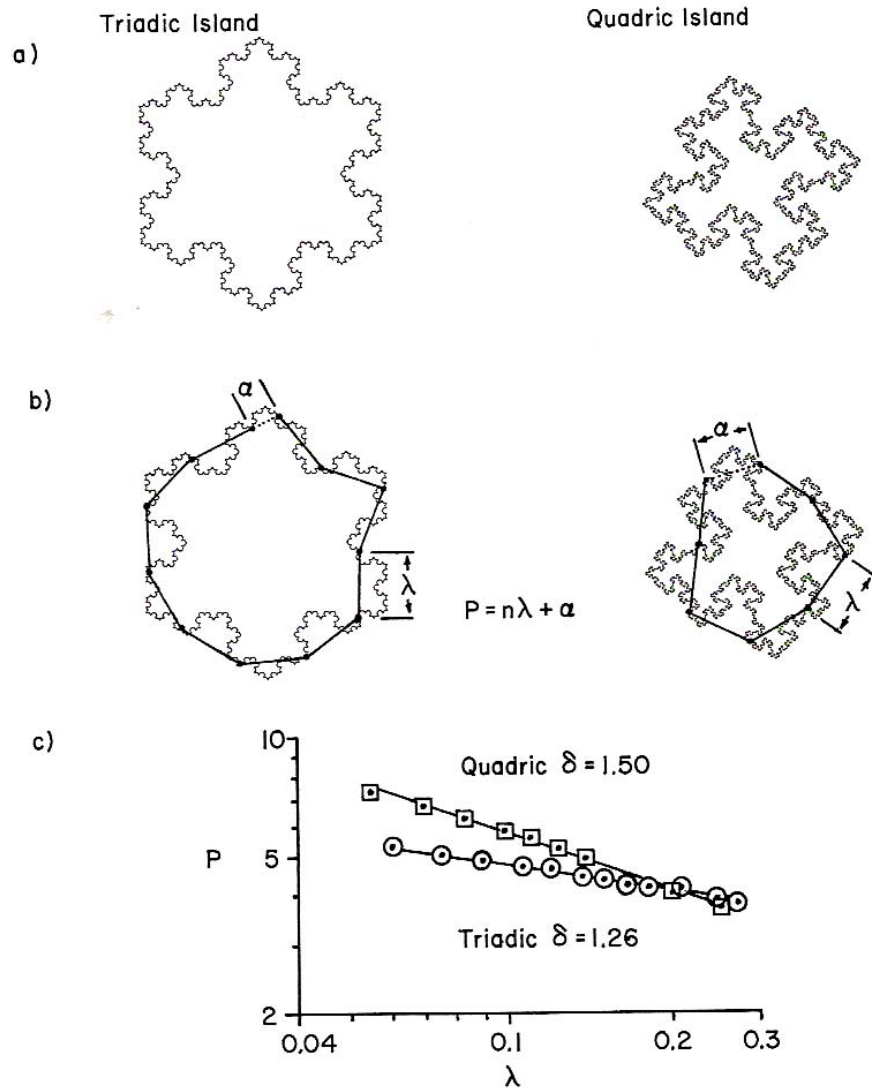
INICIADOR



GERADOR



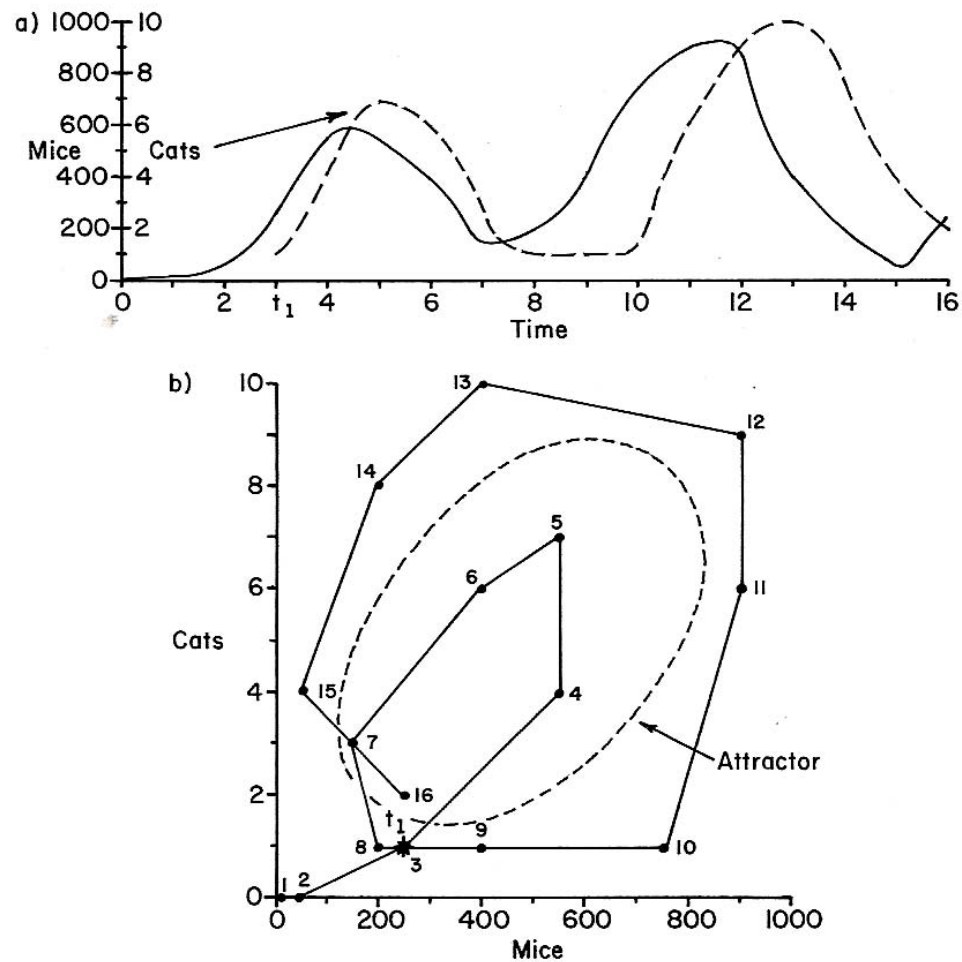




**Figure 8.1.** The rate of the increase of perimeter estimates as one looks at the Koch islands at increasing levels of scrutiny is a useful measure of the ruggedness of their profiles. a) Depiction of third order islands. b) Basic procedure used to estimate the profile by stepping out along the profile with step size  $\lambda$ . c) Richardson plot of normalized perimeter estimates versus the normalized stride length for both islands.

# Oscilações, bifurcações, atratores





**Figure 12.1.** The variations of a predator-prey population in a specified location can be represented either as a time series or a phase diagram. a) Record of cat and mouse populations presented as a time series. b) Predator-prey ecology cycle, for the cat/mouse populations.

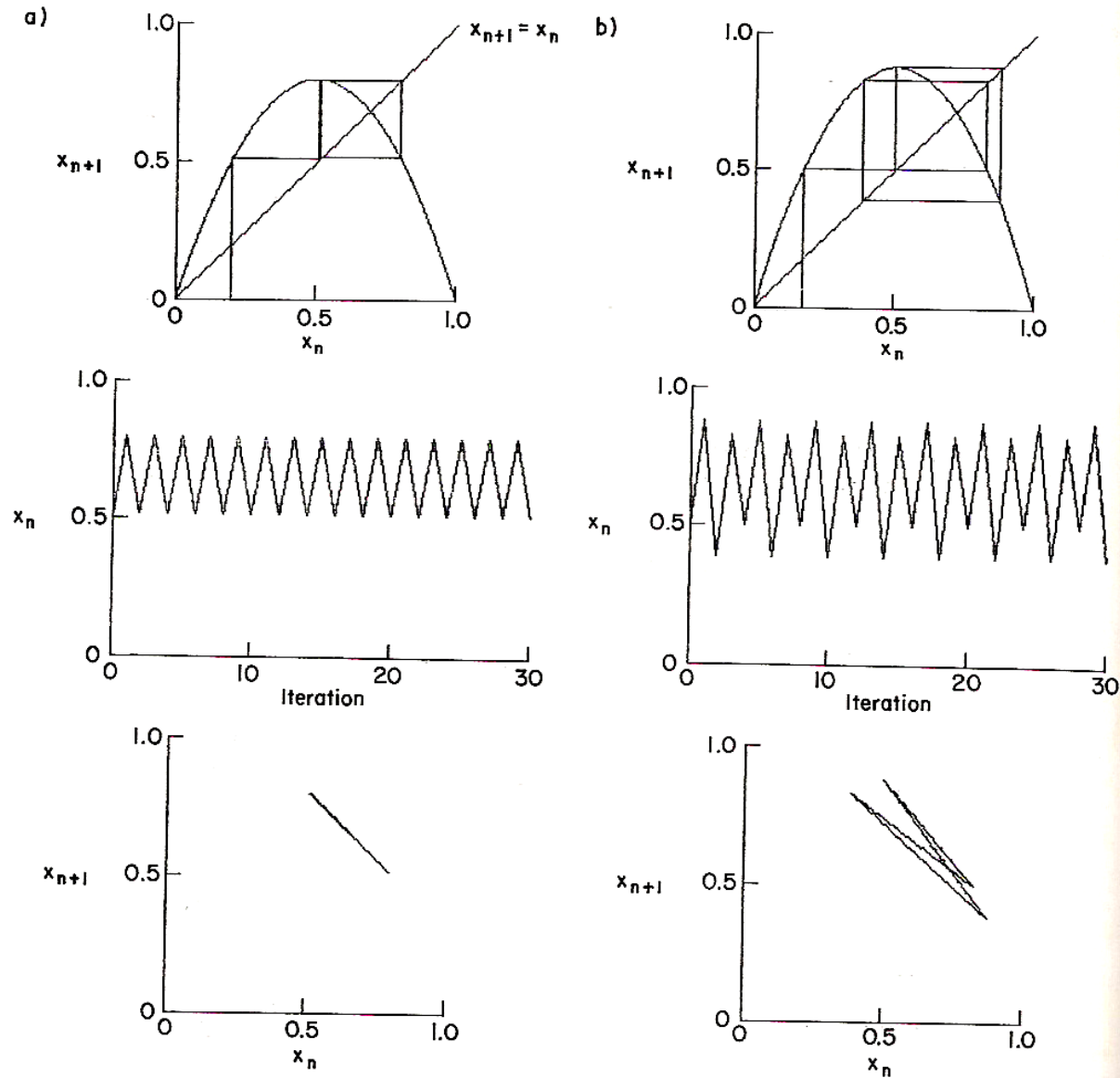
# Mudanças de regime

- Um modelo de evolução no tempo (“série temporal”: equação de May
  - $x_{n+1} = k x_n (1-x_n)$
- ..\Físico Química II\Cálculos equação logística.xls

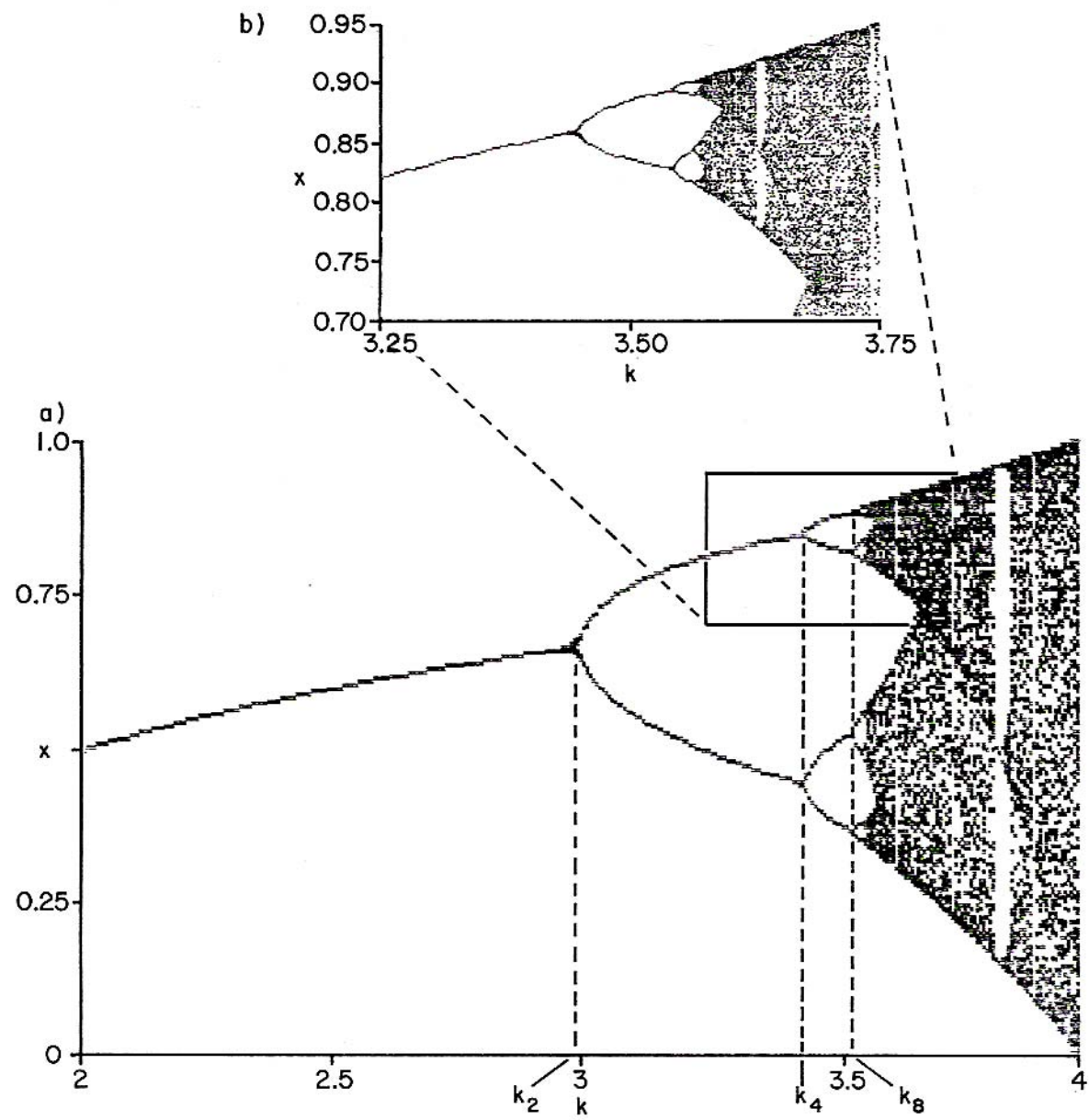


## Equação de May:

$$X_{n+1} = kx_n(1-x_n)$$

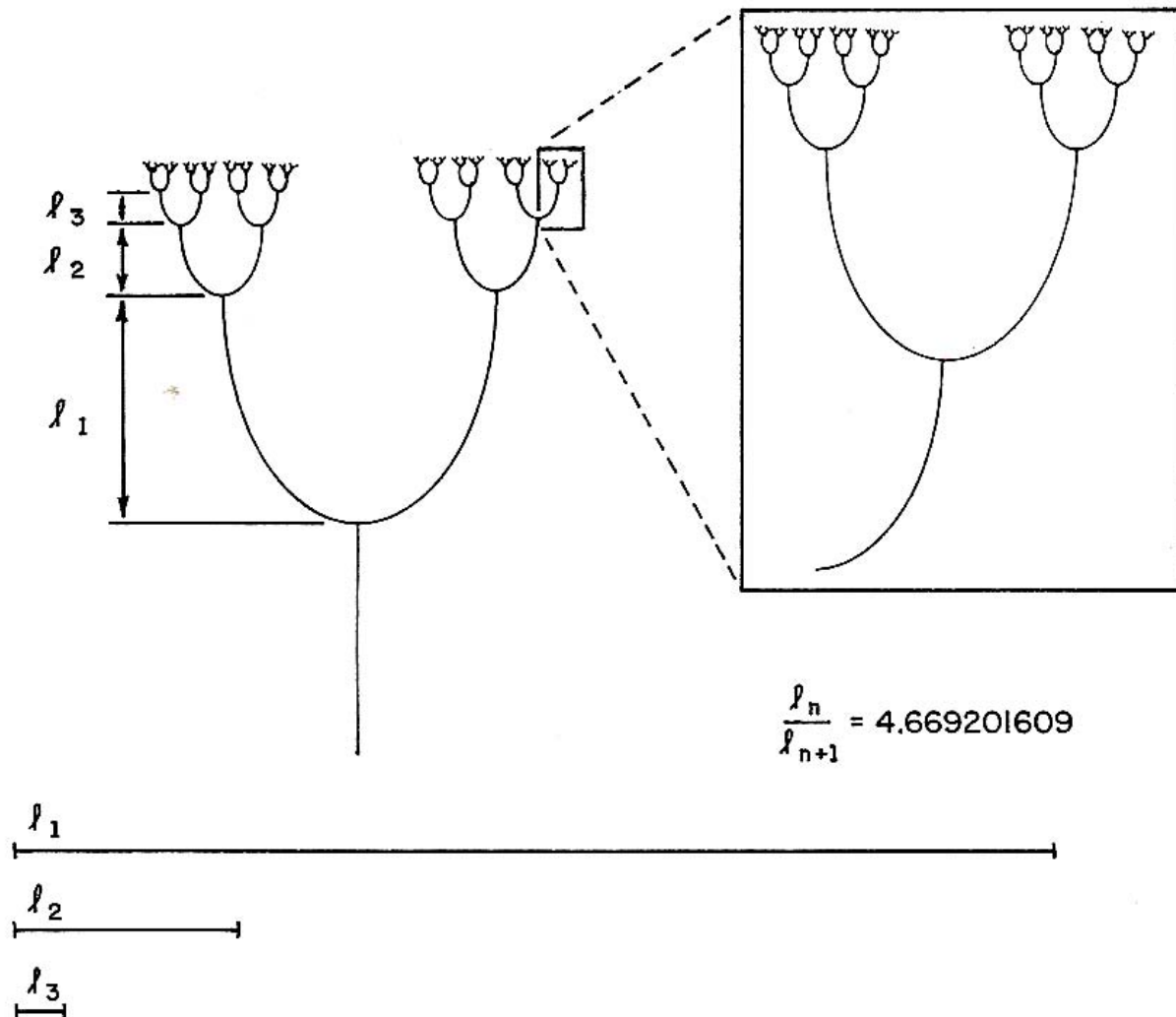


**Figure 12.7.** Further exploration of the population fluctuations predicted from the May equation, as  $k$  increased from 3.2, led to patterned chaos. a) Cobweb for  $k = 3.2$ . b) Cobweb for  $k = 3.5$ . c) Cobweb for  $k = 3.56$ .



**Figure 12.8.** The behavior of May's population equation. a) Values of the roots of the May equation as  $k$  is varied from 2 to 4 show bands of chaos in the iteration of the equation. b) An enlarged region of (a) demonstrates self-similarity within the region.





**Figure 12.9.** The way in which the Feigenbaum number varies when tracking down bifurcation population attractors can be appreciated by considering the structure of an idealized numerical "fig tree" of the type suggested by Stewart.

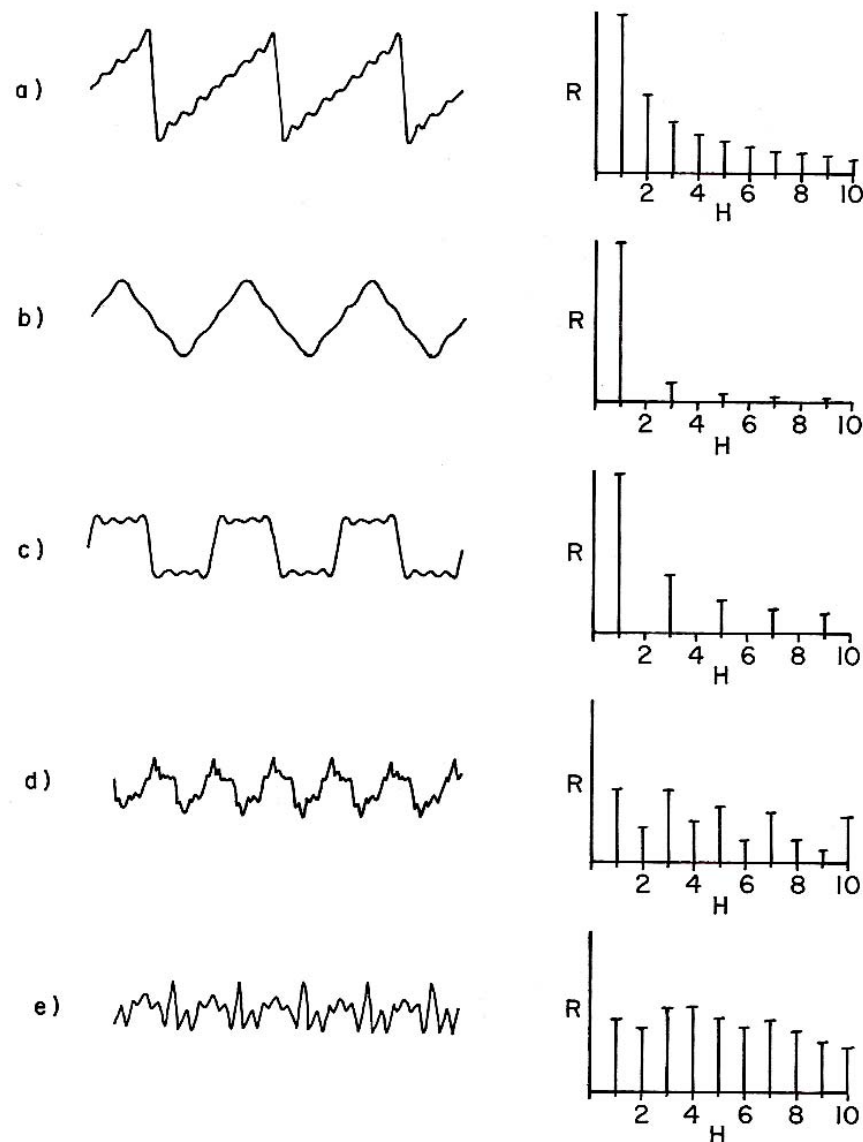
# Procura-se modelos para séries temporais

- Temperatura
- Precipitação (chuva)
- Concentração de um reagente em um sistema em fluxo
  - Na natureza e em tecnologia, sistemas estáticos (batelada) são raríssimos
- Valor de ações em bolsa
- Preço da soja



# Um tipo de representação de séries temporais

- Espectro de frequências
  - Representa uma série temporal como a combinação de muitas oscilações, cada uma contribuindo com uma intensidade peculiar
- Espectro harmônico
  - Intensidade de contribuição de cada harmônica da frequência fundamental

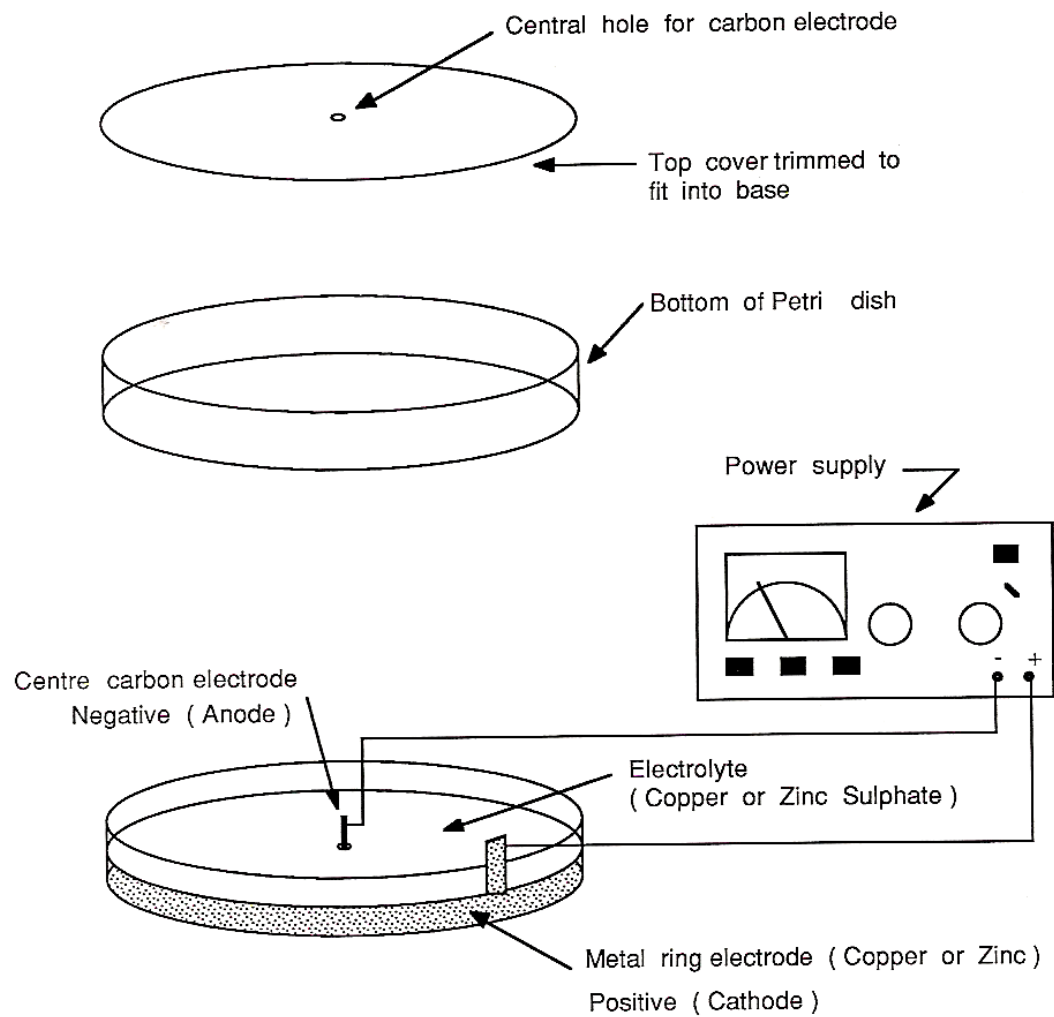


**Figure 15.7.** The harmonic spectrum of a complex wave can be used to summarize the various waves contributing to its structure. R represents the relative amplitude of the waves present in the complex wave. a) Harmonic spectrum of the saw tooth wave of Figure 15.6(a). b) Harmonic spectrum of the triangular wave of Figure 15.6(b). c) Harmonic spectrum of the square wave of Figure 15.6(c). d) Harmonic spectrum of a note played on a clarinet. e) Harmonic spectrum of a note played on a oboe. H represents the harmonic of the fundamental tone (first harmonic).



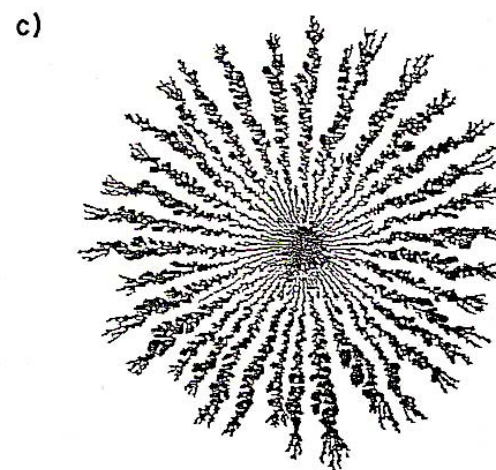
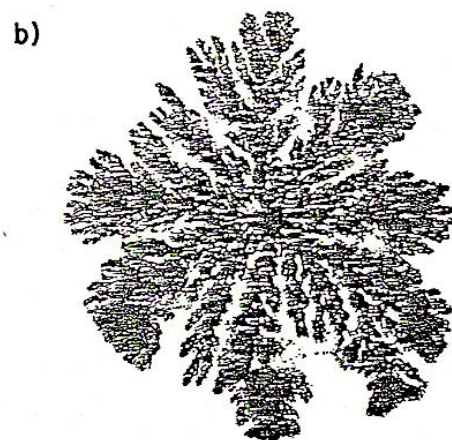
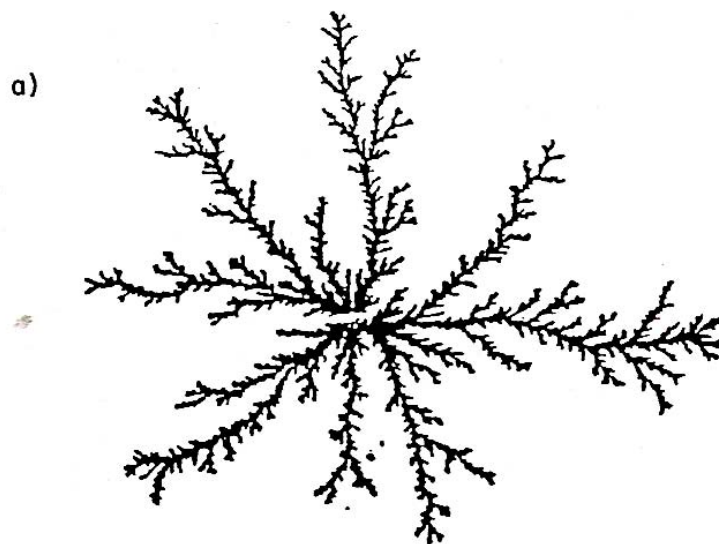
# Agregação e crescimento

- Nanopartículas se agregam, em uma dispersão
- Um metal cresce por eletrodeposição em um eletrodo
- Pó se deposita em um filtro
- Moléculas de água se transferem da fase vapor para uma fase sólida, formando cristais de gelo



**Figure 7.10.** The equipment used to grow fractal metal fingers by electrolysis, can be simple and inexpensive.





0.08 M solution at 5 Volts

0.08 M solution at 15 Volts

**Figure 7.8.** Electrolytic deposits of metal growing in a two-dimensional electrolysis cell can grow like Whitten and Sander fractal aggregates under certain conditions of formation. a) Aggregate grown by Matsushita et al. b) Electrolytic deposits for a 0.08 M solution grown at 5 volts. c) Electrolytic deposits for a 0.08 M solution grown at 15 volts.



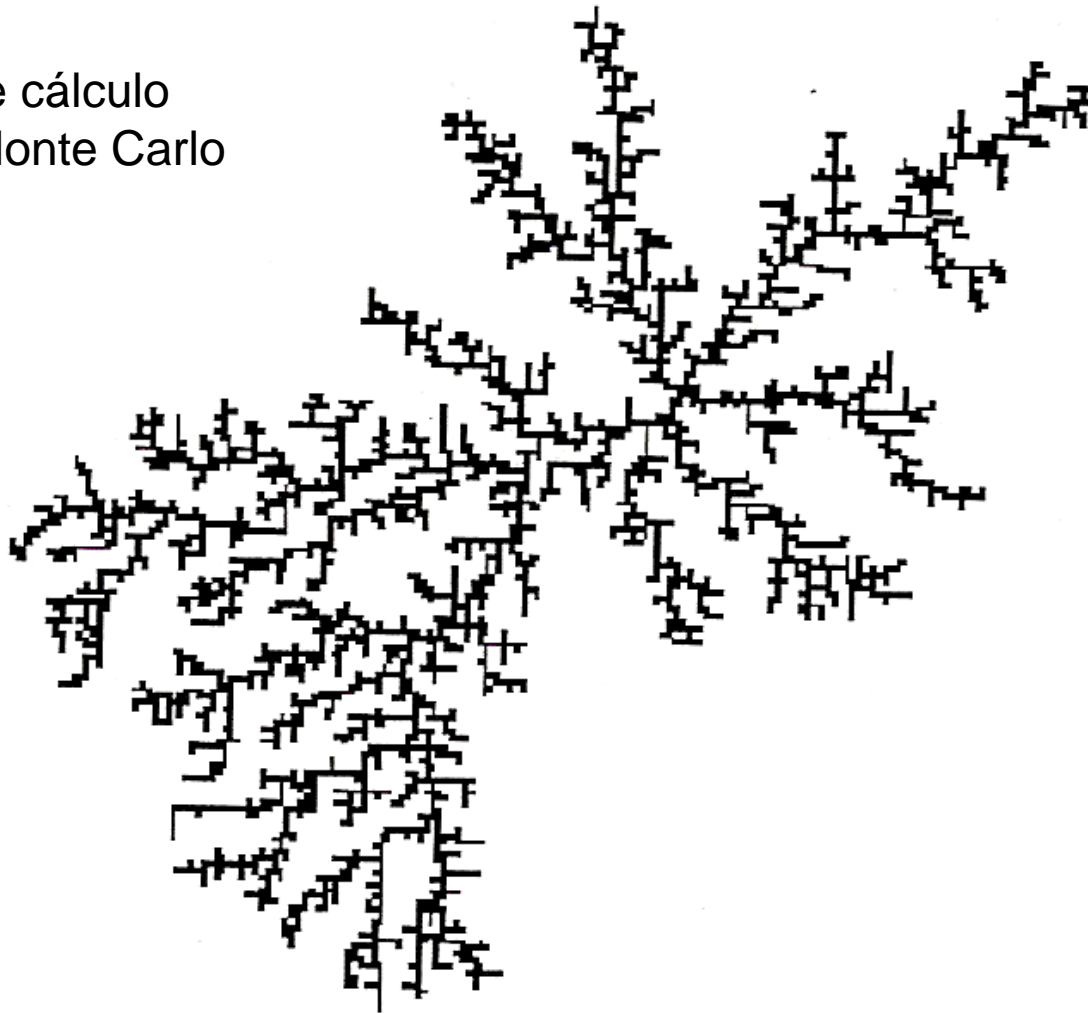
*1.75. Outra ocorrência fractal no reino mineral:  
denditres de manganês (foto Décio Brian /Kino).*

# Dois regimes de crescimento

- DLA (diffusion limited aggregation)
  - Partículas se tocam e ficam presas, imediatamente
  - Resultam agregados muito abertos
- RLA (reaction-limited aggregation)
  - Partículas se tocam mas levam algum tempo até se unirem. A tensão superficial tem tempo de atuar
  - Resultam agregados densos



Resultado de cálculo  
Método de Monte Carlo



**Figure 1.2.** The fractal dimensions of structures known as “diffusion limited aggregates” (DLA systems) are being used to characterize the structure of such diverse items as commercially important paint pigments and fine soot particles carrying cancer-causing chemicals into the lung.

# ***Coagulação rápida e lenta, regimes RLA e DLA***

- **Barreira energética à aproximação de partículas muito pequena: a coagulação é muito rápida e limitada apenas pela difusão.**
- **Barreira muito grande: o sistema é estável indefinidamente.**
- A relação entre uma taxa de coagulação e a taxa no limite de difusão é chamada de *fator de estabilidade*,  $W$ . Quando a barreira à aproximação das partículas é de ordem de  $25 \text{ kT}$ ,  $W = 10^9$ , isto é, o sol é muito estável.
- São dois regimes principais de agregação: o regime de **cinética limitada por reação, e o de cinética limitada por difusão.**
- Cinética limitada por difusão é muito rápida, e produz agregados muito abertos, de dimensão fractal elevada.
- No regime de cinética limitada por reação, há uma barreira energética à agregação, e as partículas se chocam várias vezes até se juntarem. Neste caso, a dimensão fractal é menor, correspondendo a um agregado mais compacto.



a) 10 % sticking



b) 5 % sticking

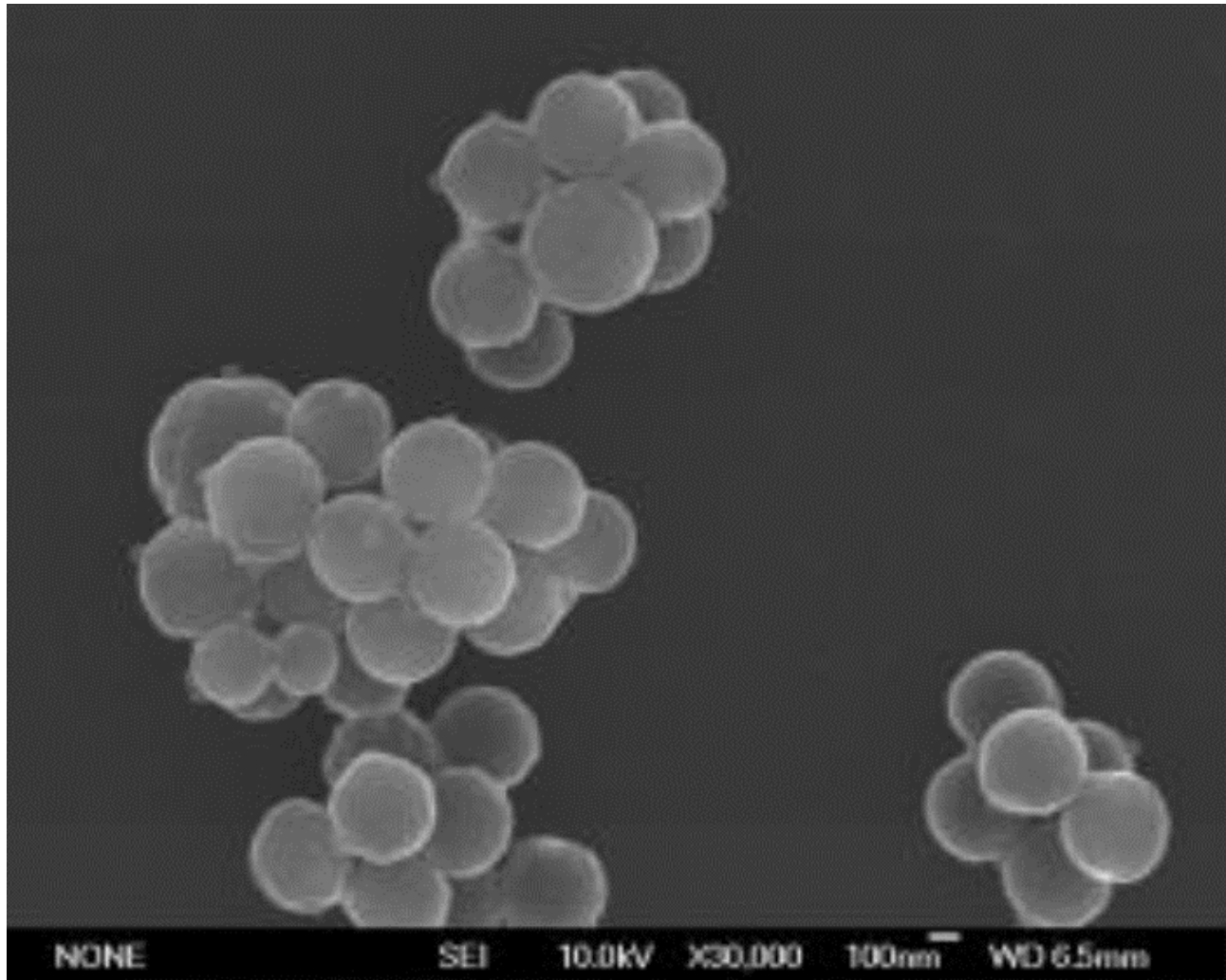


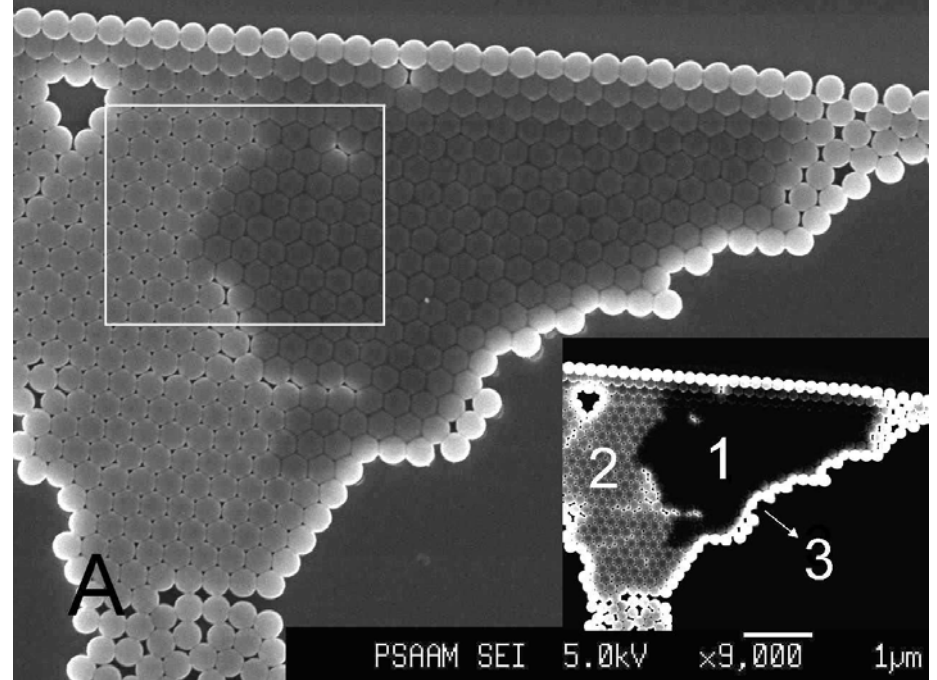
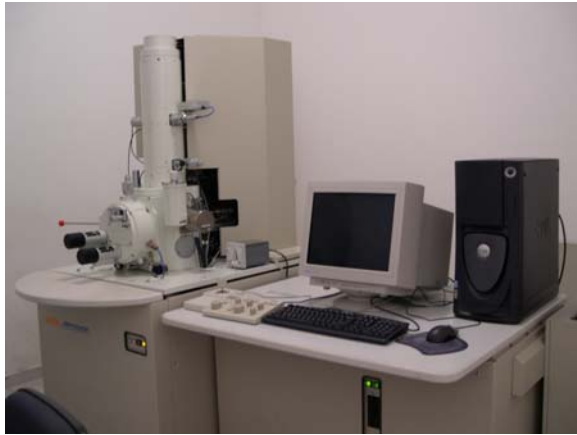
c) 1 % sticking

**Figure 7.5.** As the probability of the capture of a wandering pixel by a growing aggregate decreases the density of the aggregate and hence the density fractal of the aggregate increases.

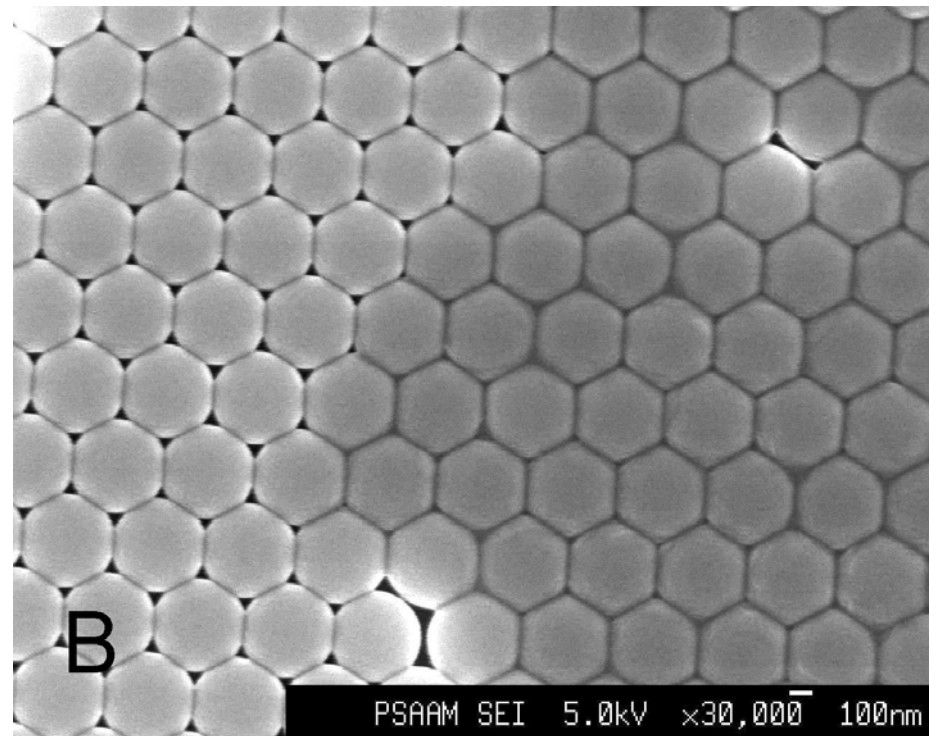


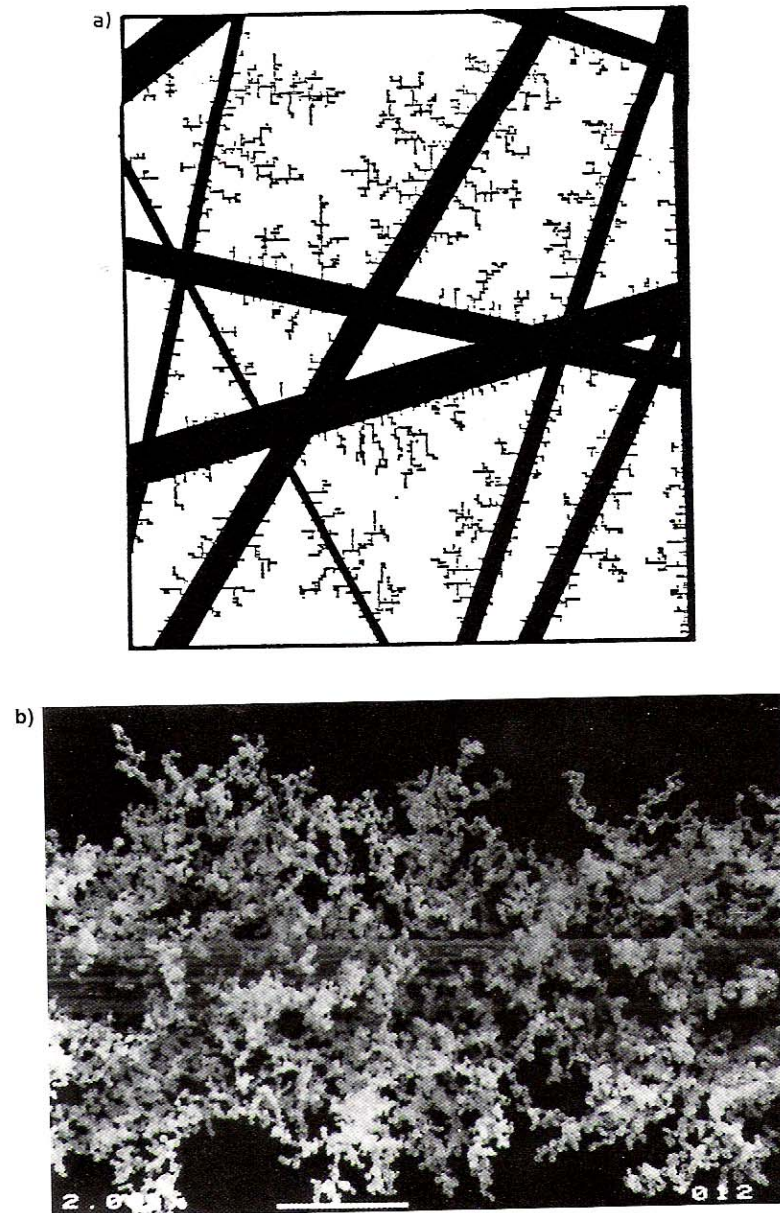
# Partículas de látex agregadas DLA ou RLA?





**Um caso de agregação  
associada à segregação  
de partículas  
diferenciadas**

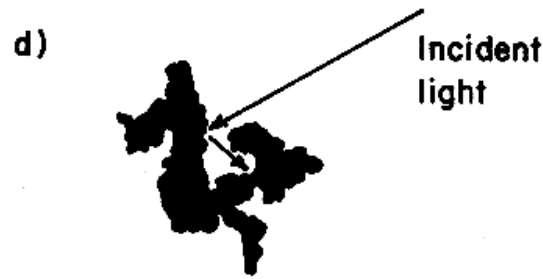
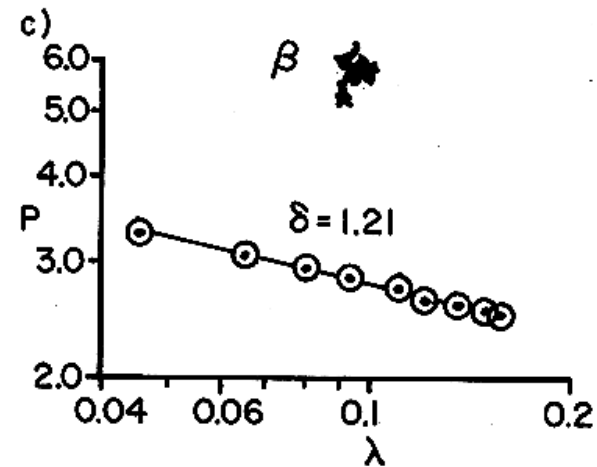
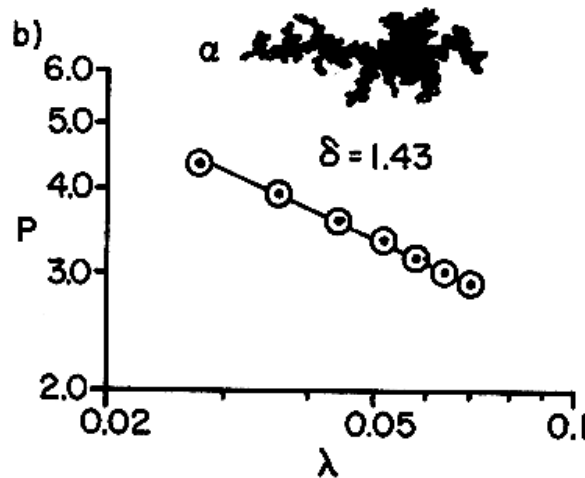
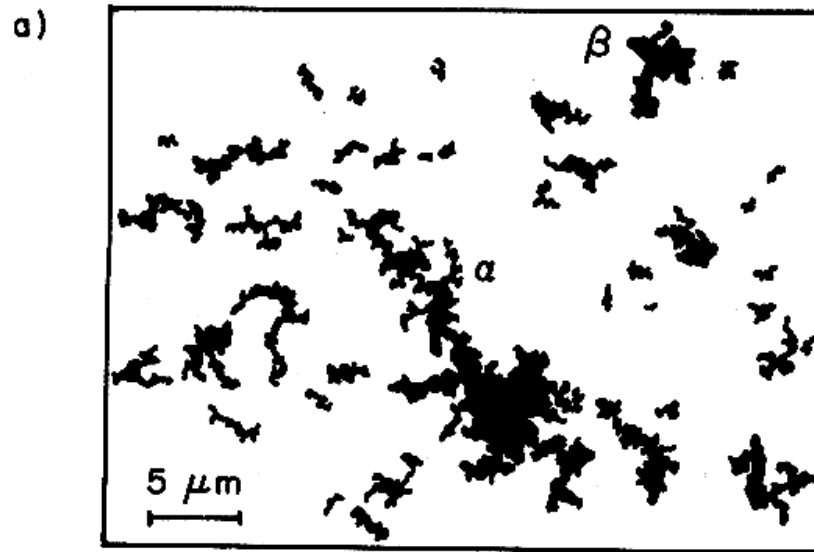




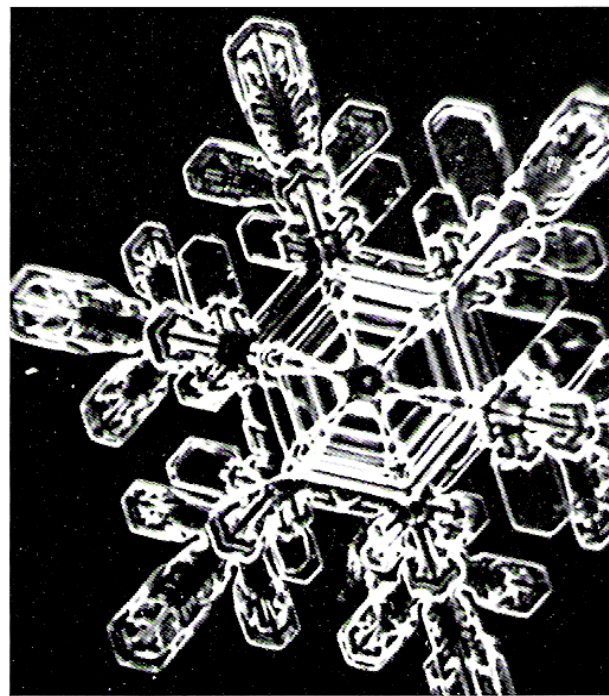
**Figure 7.7.** Respirable dust captured by a filter generates fractally structured "capture trees". a) Dendritic capture trees generated in a computer simulation [8]. b) Fractally structured deposits reported by Kanoaka [9].



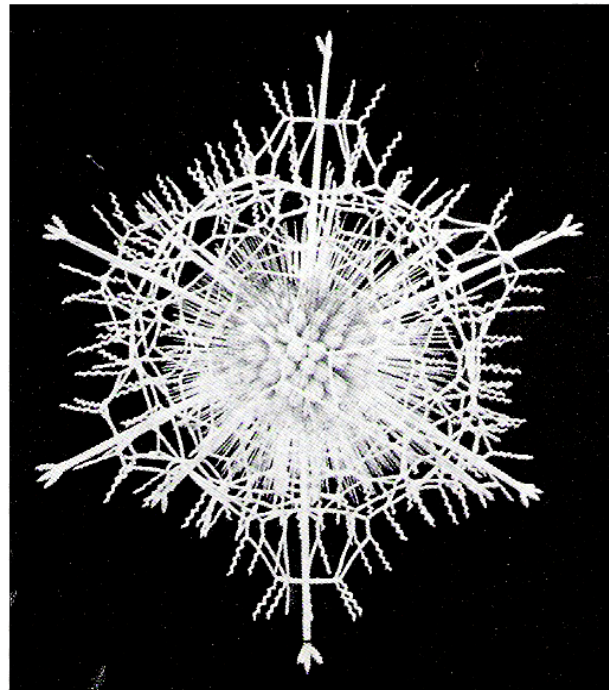
Descobrimos  
diferenças a  
partir das  
formas



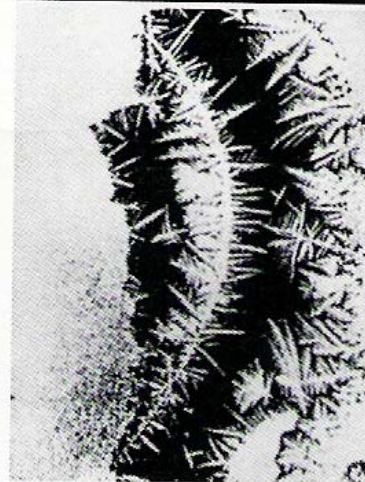
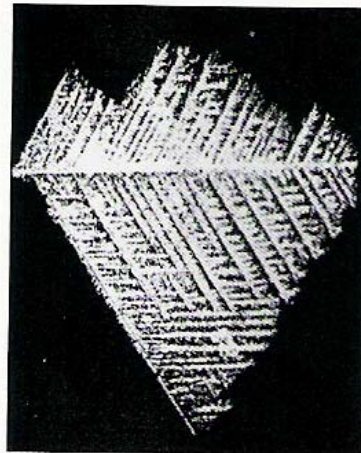
Efeito dos  
determinantes de  
forma interno



Formação de  
cristais de gelo

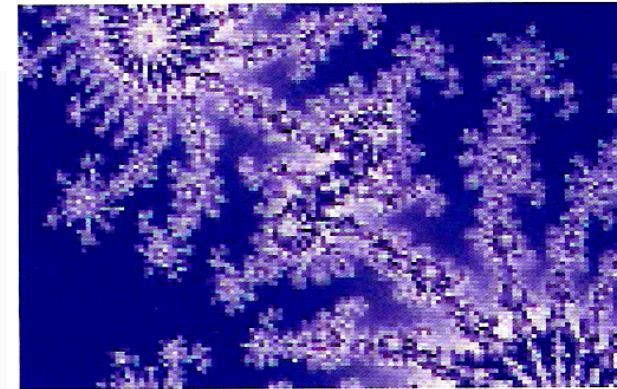
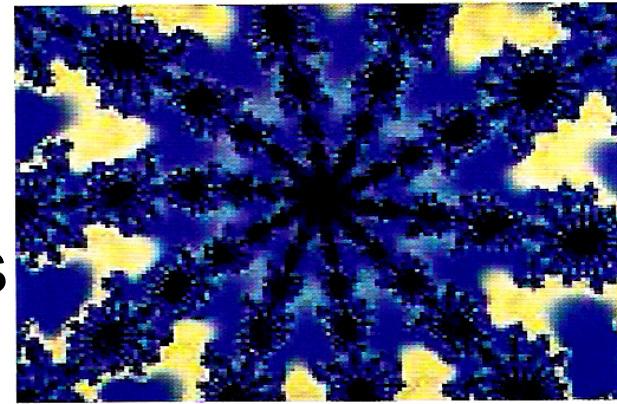


# Cristais de gelo

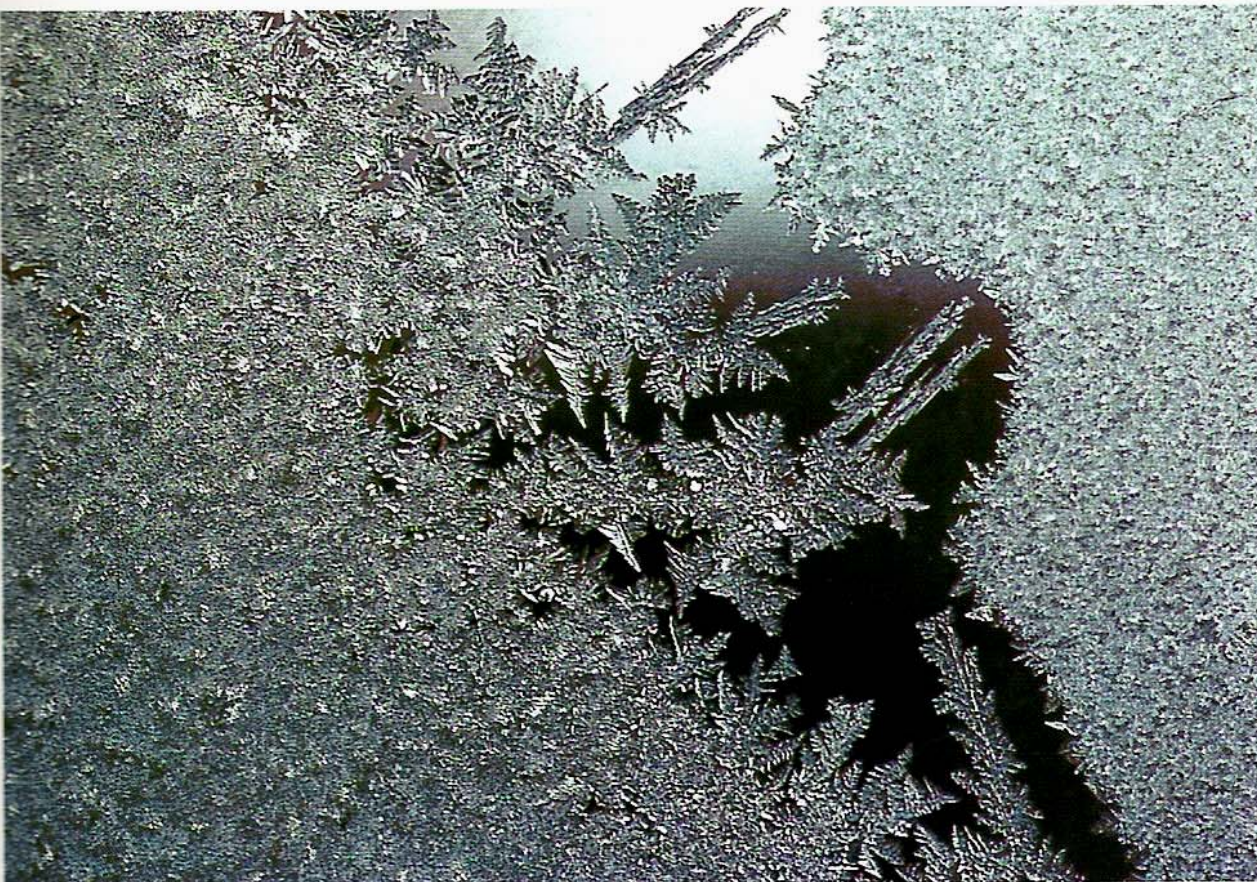




A existência de restrições internas à deposição das moléculas nos cristais de gelo (direcionalidade das ligações químicas) contribui para a formação de padrões.



1.69. e 1.70. Acima, algumas formas curiosas de cristais isolados de neve.



1.71. À esquerda, geada na janela (foto Gary Cralle/Image Bank).