

**Fundação IBGE**

Presidente: Sebastião Aguiar Ayres

**Instituto Brasileiro de Geografia**

Diretor Superintendente: Miguel Alves de Lima

**redação**

av. pres. wilson, 210 - 2.º  
rio de janeiro, gb  
brasil

**diretor responsável**

Miguel Alves de Lima

**secretário**

Ney Strauch

o “boletim geográfico” não  
insere matéria remunerada,  
nem aceita qualquer espécie  
de publicidade comercial, não  
se responsabilizando também  
pelos conceitos emitidos em  
artigos assinados.

publicação bimestral

exemplar NCr\$ 1,00

assinatura NCr\$ 6,00

pede-se permuta

on demande l'échange

we ask for exchange

## sumário

**Howard L. Gauthier**

Transporte e o Desenvolvimento da Economia  
de São Paulo 3

**Álvaro Silveira Filho**

A Conquista dos Corpos Celestes e suas Con-  
seqüências para a Humanidade 19

**Comunicação da URSS**

Interpretação de Fotografias 38

**Estanislau Kostka Pinto da Silveira**

Notas sôbre a Zoogeografia de Mamíferos Gra-  
vígrados do Quaternário de Cuba, Hispa-  
niola e Pôrto Rico 41

**José Eptácio Passos Guimarães**

Grutas Calcárias 50

**Beneval de Oliveira**

Exóticas e Nativas na Problemática Florestal  
Brasileira 89

**Noticiário** 108

Bibliografia 120

**Leis e Resoluções** 124

Indicador 159

**Boletim Geográfico, Ano 1 — (n. 1- ) abril 1943 — Rio de Janeiro, 1943.**  
v. ilustr. 23,cm. bimestral

Ano 1, n.1-3, abr-jun. 1943, publicado sob o título Boletim do Conselho Nacional de Geografia.  
Mensal, de ano 1, abr. — 1943 — ano 9, n. 105, dez. — 1951.

Publicação da **Fundação IBGE — Instituto Brasileiro de Geografia.**

1. Geografia — Periódicos. I. Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia.

IBG



SWB kpa1 B688

## TRANSPORTE E O DESENVOLVIMENTO DA ECONOMIA DE SÃO PAULO \*

HOWARD L. GAUTHIER

### 1. INTRODUÇÃO

Este estudo trata do problema geral de desenvolvimento do transporte e transformação econômica. Especificamente, examina o desenvolvimento do transporte rodoviário e o crescimento urbano na região de São Paulo, Brasil, uma área que está sofrendo rápida transformação econômica. O objetivo da análise é investigar, para o período 1940/1960, as inter-relações existentes entre as modificações na acessibilidade à rede rodoviária e o crescimento de centros urbanos.

Para este estudo é básica a noção de que há um alto grau de interdependência entre o desenvolvimento de um sistema de transporte e a forma geográfica do crescimento urbano e econômico. Investimentos de capital que provocam modificações numa rede de transporte podem ser considerados como choques que se refletem em todo o sistema de transporte. Uma consequência destes choques pode ser a alteração da estrutura da rede. Alteração esta que pode ter efeito no desenvolvimento econômico. Ela pode causar sérias mudanças na forma de acessibilidade para muitos centros urbanos da rede. Por sua vez, a modificação da acessibilidade pode alterar os padrões existentes de competição espacial e ter efeito nas relativas taxas de crescimento urbano.

### 2. ESTRUTURA DA REDE E ACESSIBILIDADE

Uma avaliação das inter-relações entre mudanças na acessibilidade, em relação a uma rede de transporte e o crescimento de centros urbanos, requer que as propriedades da estrutura da rede sejam abordadas de maneira precisa.<sup>1</sup> Para obter esta precisão a rede rodoviária de São Paulo foi representada sob a forma de um gráfico finito. Vista de acordo com a teoria de representação gráfica, a rede rodoviária é um conjunto de vértices (nódulos) ligados por uma função de incidência, de acordo com a configuração de arcos (ligações). Como a representação de um gráfico finito, a rede rodoviária de São Paulo é um gráfico plano, simétrico e relacionado.

Para reduzir a perda de informações empíricas, que é inevitável quando uma rede é representada sob a forma de um gráfico abstrato, a rede rodoviária será considerada em termos de um gráfico, ao qual são atribuídos valores. Conferindo valores aos arcos é possível distinguir associações nóculo-ligação, de acordo com relações de força e intensidade variáveis. Neste estudo, o valor dos arcos corresponde ao custo de transporte em relação à distância do percurso. O objetivo da avaliação é diferenciar associações nóculo-ligação conforme a distância entre o núcleos urbanos, o tipo de conexão, i.e., estrada pavimentada, de cascalho ou laterita, modificações nos gradientes do custo de transporte resultantes de melhoria no modo de transporte.

\* O auxílio financeiro do Foreign Field Research Program of the National Academy of Science — N.R.C., é gratamente reconhecido.

Fonte: Este artigo, publicado originalmente no *Journal of Regional Science*, Vol. 8, n.º 1, 1968, além de sofrer acréscimos na parte ilustrativa, foi revisto pelo autor e adaptado para o *Boletim Geográfico*.

<sup>1</sup> O termo estrutura indica a forma ou configuração espacial da rede e inclui propriedades dos elementos componentes da rede que são relacionados com esta configuração.

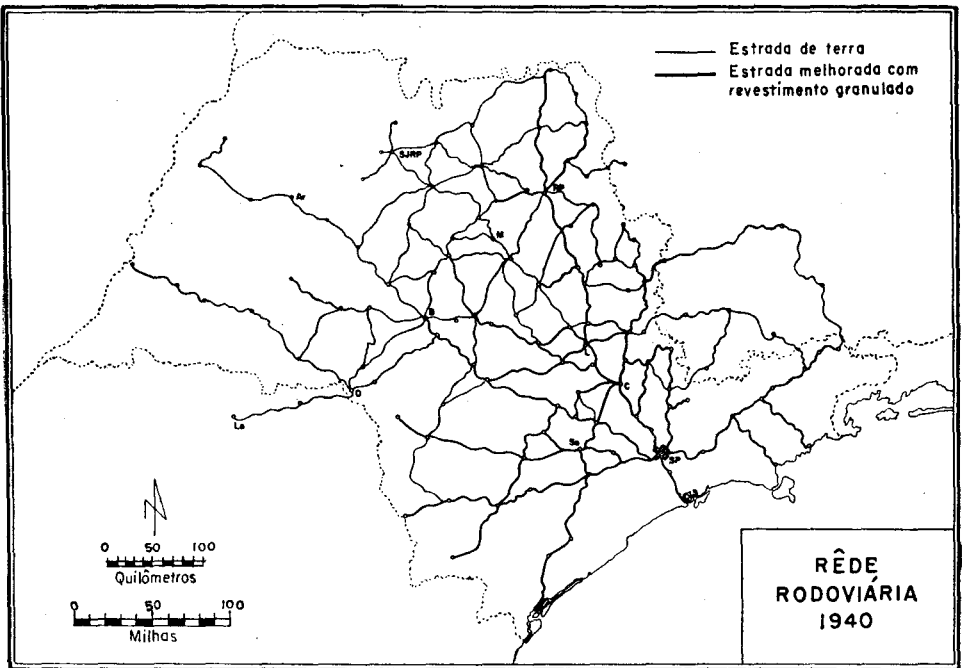


Fig. 1

A análise dos custos de transporte em função da distância tem recebido pouca atenção nos estudos de transporte no Brasil. Felizmente, os poucos estudos existentes permitem nos fazer estimativas para a rede de São Paulo. O processo de avaliação usualmente empregado pelos economistas e engenheiros de transporte brasileiros é o sugerido por Jurandyr Pires Ferreira. Na sua análise dos custos de transporte em relação à distância do percurso, o Sr. Pires expõe a fórmula,

$$(1) \quad y^2 - D_1^2 x^2 - 2D_1 D_2 x - 2k = 0$$

onde

$y$  = custo total

$D_1$  = gastos variáveis incorridos por um veículo percorrendo uma distância  $x$

$D_2$  = despesas fixas elevadas

$2k$  = gastos iniciais com despesas administrativas e de equipamento; considerados iguais à constante de integração multiplicada por 2.

Admitindo,

$$C = -D_1^2$$

$$E = -(D_1 D_2)$$

$$F = -2k$$

A equação (1) pode ser assim reescrita,

$$(2) \quad y^2 + Cx^2 + 2Ex + F = 0$$

Desta forma temos um caso especial da equação de segundo grau,

$$(3) \quad Ay^2 + 2Bxy + Cx^2 + 2Dy + 2Ex + F = 0$$

No modo de considerar uma secção cônica, podemos determinar a natureza da curva pelo discriminante,

$$\Delta = B^2 - 4AC$$

Admitindo que,

$$\begin{aligned} B &= 0 \\ A &= 1 \\ C &= -D_1^2 \end{aligned}$$

Temos,

$$(4) \quad \Delta = -C = D_1^2 > 0$$

Assim quando  $\Delta > 0$ , a equação (1) representa uma hipérbole.

Aplicando as fórmulas de Pires aos dados do custo médio de operação do transporte por caminhão no Brasil, podemos deduzir um grupo de valores para a rede de São Paulo, que relaciona o custo de transporte com a distância do percurso.<sup>2</sup> Este conjunto de valores exprime essa relação, tanto através do tempo, como de acordo com os diferentes tipos de estrada. (Quadro 1).

### QUADRO 1

*Relação do Custo de Transporte com a Distância do Percurso*

(em cruzeiros deflacionados; período base, 1940)

DISTÂNCIA (km)	1940		1950			1960		
	Cr\$/Ton.		Cr\$/Ton.			Cr\$/Ton.		
	Cascalho	Laterita	Pavimentada	Cascalho	Laterita	Pavimentada	Cascalho	Laterita
0.....	26,0	26,0	19,7	19,7	19,7	9,4	9,4	9,4
10.....	90,3	117,6	54,4	68,4	89,1	25,9	31,8	40,5
20.....	128,6	168,4	79,2	97,4	127,6	37,7	45,3	58,0
30.....	161,2	207,1	98,9	122,1	156,9	47,1	56,8	71,3
40.....	187,8	240,5	117,6	142,3	182,2	56,0	66,2	82,8
50.....	213,2	271,8	134,6	161,5	205,9	64,1	75,1	93,6
60.....	236,7	300,6	151,4	179,3	227,7	72,1	83,4	103,5
70.....	259,4	324,9	167,6	196,5	246,2	79,8	91,4	111,9
80.....	281,8	347,0	182,9	213,5	262,9	87,1	99,3	119,5
90.....	304,0	367,6	197,8	230,3	278,5	94,2	107,1	126,6
100.....	325,8	385,3	211,9	246,8	291,9	100,9	114,8	132,7

Na prática o gráfico da rede com valores pode ser especificado por uma matriz de conexão G. Comumente os elementos desta matriz são os operadores binários 0, 1, com o elemento não zero designando a existência de conexão direta entre dois nós. Num gráfico com valores os elementos da matriz são definidos por um valor fornecendo a informação desejada a respeito da intensidade e do tipo de relação entre os nós. Não é necessário que a atribuição de pesos seja em valores absolutos. Valores relativos, obtidos através de uma escala qualquer, podem ser usados. Para facilitar a avaliação das ligações indiretas que são relacionadas com a existência de caminhos na rede, os elementos da matriz de conexão da rede rodoviária de São Paulo são organizados em uma escala de modo que a conexão direta entre dois nós é proporcional ao maior custo de ligação na rede.

Dadas n localizações geográficas  $x_i$ , para cada par  $(x_i, x_j)$  um índice de conexão  $y_{ij}$  é determinado. Se  $(x_i, x_j)$  não se acham ligadas o valor do índice é

<sup>2</sup> Estimativas do custo médio de operação foram fornecidas pelo Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo.

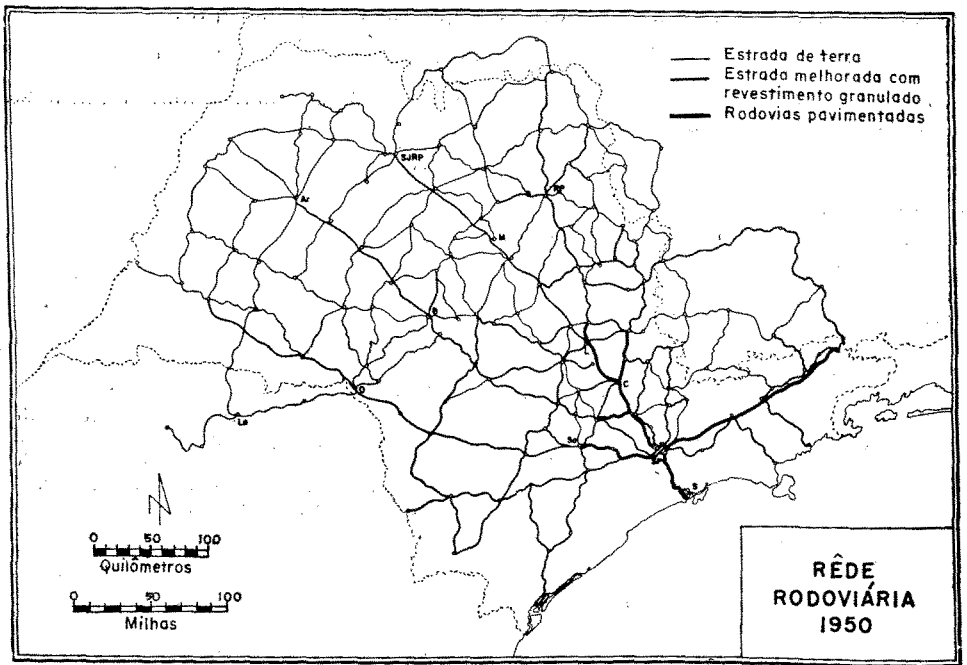


Fig. 2

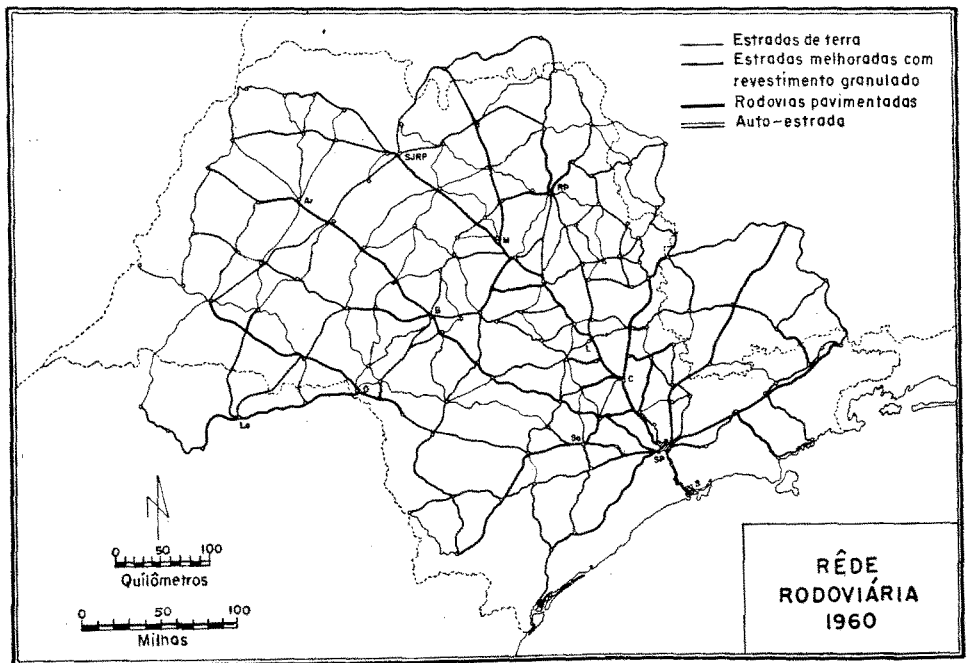


Fig. 3

zero. Se  $(x_i, x_j)$  estão ligadas o valor do índice é maior do que zero e menor do que a unidade, dependendo da distância do percurso e do tipo de estrada que liga os dois centros. Os índices  $n \times n$  definem a matriz de conexão que tem, na horizontal dos  $i$  e na vertical dos  $j$ , o valor do índice  $y_{ij}$ , i.e., a medida de conexão entre  $x_i$  e  $x_j$ . O gráfico correspondente à matriz tem pesos apropriados, positivos e decimais.

Como para cada período de tempo considerado a ordem da matriz de conexão ultrapassa  $120 \times 120$ , não é possível apresentar aqui as matrizes com os dados para toda a rede rodoviária de São Paulo. Como exemplo, as figuras 1, 2 e 3 são as matrizes de conexão ponderadas para um subgráfico de 15 núcleos da rede rodoviária, situados na parte sudeste da área estudada.

A vantagem de representar a rede rodoviária por um gráfico com valores é aparente na avaliação das condições de conexão em diferentes épocas. De acordo com o sistema de ponderação empregado, mudanças nos valores indicando associações nódulo-ligação resultam do impacto de um ou mais dos seguintes fatores, (1) redução das distâncias das estradas (um fenômeno comum quando as estradas de laterita são substituídas por estradas de cascalho), (2) melhoria da qualidade estrutural do sistema de ligações, ou (3) introdução de inovações que são motivo de economia, por exemplo, a introdução do caminhão

### QUADRO 2

Matriz de conexão para o subgráfico da rede rodoviária, 1940

CENTROS	CONEXÕES DIRETAS														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. São Paulo.....	×	.66		.55			.78								
2. Mogi das Cruzes.....	.66	×													
3. São José dos Campos.....		.57	×												
4. Atibaia.....	.55			×	.83	.85									
5. Piracaia.....				.83	×										
6. Bragança Paulista.....				.85		×									
7. Franco da Rocha.....	.78						×	.78							
8. Jundiaí.....							.78	×	.70						
9. Campinas.....								×	.70	.85	.75				
10. Jaguariúna.....									×	.85					
11. Americana.....										×	.74	.86			
12. Piracicaba.....										.74	×	.77			
13. Limeira.....										.86	.77	×		.83	.86
14. Araras.....													×	.83	.84
15. Rio Claro.....													.86	.84	×

### QUADRO 3

Matriz de conexão para o subgráfico da rede rodoviária, 1950

CENTROS	CONEXÕES DIRETAS														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. São Paulo.....	×	.71	.57	.61	.51		.78	.74							
2. Mogi das Cruzes.....	.71	×	.63												
3. São José dos Campos.....	.57	.63	×												
4. Atibaia.....	.61			×	.85	.87		.72							
5. Piracaia.....	.51			.85	×	.71									
6. Bragança Paulista.....				.87	.71	×									
7. Franco da Rocha.....	.78						×	.80							
8. Jundiaí.....	.74			.72			.80	×	.82						
9. Campinas.....								×	.82	.90	.83				
10. Jaguariúna.....									×	.88					
11. Americana.....										×	.78	.91			
12. Piracicaba.....										.78	×	.80			.81
13. Limeira.....										.91	.80	×	.80		.88
14. Araras.....											.81	.88	×	.89	.86
15. Rio Claro.....												.88	.86	×	.86



QUADRO 4

Matriz de conexão para o subgráfico da rede rodoviária, 1960

CENTROS	CONEXÕES DIRETAS														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. São Paulo.....	X	.81	.63	.75	.57		.82	.78							
2. Mogi das Cruzes.....	.81	X	.69												
3. São José dos Campos.....	.63	.69	X												
4. Atibaia.....	.75			X	.88	.92		.76							
5. Piracaja.....	.57			.88	X	.78									
6. Bragança Paulista.....				.92	.78	X									
7. Franco da Rocha.....	.82						X	.84							
8. Jundiá.....	.78			.76			.84	X	.85						
9. Campinas.....								.85	X	.85					
10. Jaguariúna.....								.95		X	.92				
11. Americana.....								.86			X	.86			
12. Piracicaba.....											.89	X	.89		
13. Limeira.....											.92	.83	X	.91	.92
14. Araras.....												.83	.91	X	.88
15. Rio Claro.....												.84	.92	.88	X

a diesel. Obviamente, quanto mais fatores afetarem o sistema de ligações entre os núcleos, através do tempo, maior será a mudança na conexão.

Por um poder de expansão da matriz de conexão, é possível determinar a conexão indireta entre dois nódulos na rede, i.e., um caminho entre  $x_i$  e  $x_j$ , passando por um nódulo intermediário  $x_k$ . O poder de expansão termina quando todos os caminhos de uma seqüência de distância  $n$  entre  $x_i$  e  $x_j$  forem determinados. Um elemento  $y_{ij}^n$  da matriz de conexão  $G^n$  tem uma ordem de valor,

$$0 \leq y_{ij}^n \leq y_{ij}^{n-1} \leq y_{ij}^{n-(n-1)}$$

Como é evidente, pela desigualdade, o índice de conexão atribui um valor maior para uma conexão direta do que para uma indireta. O incremento no valor da conexão indireta decresce com o aumento na extensão da seqüência de caminhos. Deste modo, é possível incorporar na análise um efeito de queda pela distância nas associações entre núcleos.

O somatório de  $G, G^2, \dots, G^n$  é a matriz  $T$  que pode ser interpretada como uma representação numérica da superfície de acessibilidade da rede. Cada elemento  $t_{ij}$  é a média das conexões diretas e indiretas entre  $x_i$  e  $x_j$ . As relações atenuadas de conexão indireta incluem tanto os caminhos elementares como os redundantes. Há uma relação diretamente proporcional entre o valor de  $t_{ij}$  e acessibilidade entre os nódulos da rede, i.e., quanto maior o valor do  $t_{ij}$ , maior a acessibilidade entre  $x_i$  e  $x_j$ . Variações nos valores dos elementos da superfície de acessibilidade são consequência de (1) número de ligações diretas incidindo em um núcleo (2) número de seqüências de caminhos abertos ou fechados, e (3) extensão e qualidade de construção, tanto das associações nódulo-ligações diretas como indiretas. As superfícies de acessibilidade do subgráfico de 15 nódulos da rede rodoviária de São Paulo estão apresentadas nas Figs. 4, 5 e 6.

### 3. DIMENSÕES ESTRUTURAIS DAS SUPERFÍCIES DE ACESSIBILIDADE

Para determinar as dimensões estruturais das superfícies de acessibilidade da rede rodoviária de São Paulo, as matrizes  $T$  foram submetidas a um fator de solução de eixos principais, com estimativas comuns de unidade. Esse processo multivariado, combinado com uma rotação Varimax para estrutura simples, gera uma matriz fator, na qual cada fator é descrito em termos daquelas variáveis, com as quais ele está mais intensamente correlacionado. O resultado é uma economia de expressão em termos do número de fatores relevantes. Para os anos 1940, 1950 e 1960, o fator de solução de eixos principais, com rotação

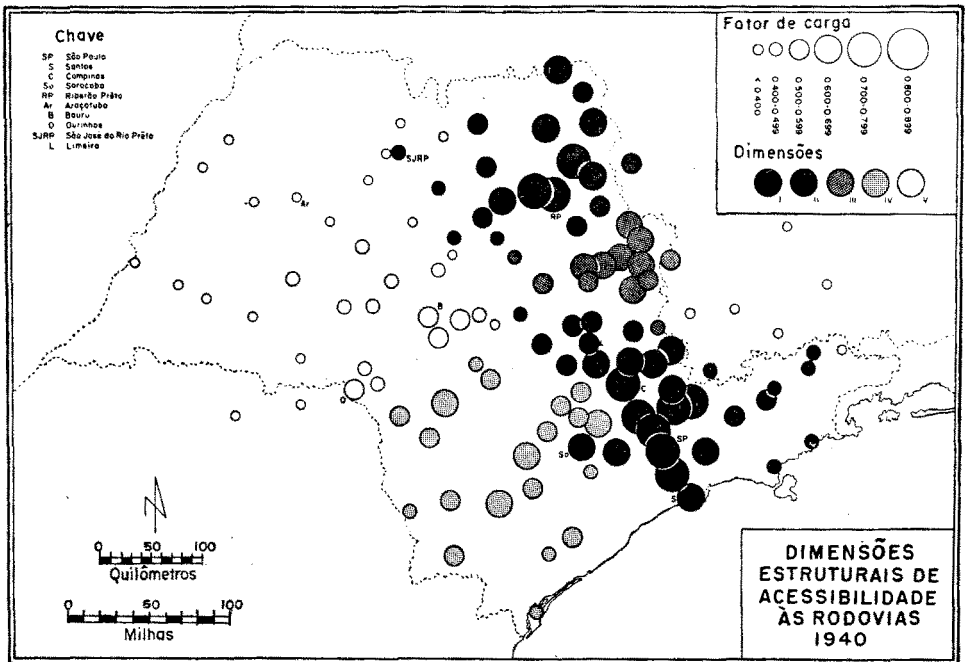


Fig. 4

Varimax, extraiu cinco fatores relevantes. Em cada período de tempo sucessivo eles responderam por 61,4, 68,0 e 71,7 por cento da variação total.<sup>3</sup>

Os cinco fatores rotacionados resultam do colapso de conexões altamente inter-relacionadas entre nódulos da rede, dentro de grupos distintos de núcleos, que apresentam semelhantes formas ou perfis de conexão, tanto direta como

### QUADRO 5

*Superfície de acessibilidade do subgráfico da rede rodoviária, 1940*

CENTROS	VALORES DE ACESSIBILIDADE														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. São Paulo.....	×	26,3	17,0	36,7	29,1	28,2	12,6	40,0	21,7	16,4	10,1	3,4	5,6	3,8	2,4
2. Mogi das Cruzes.....		×	12,9	16,6	12,2	10,0	6,1	12,3	9,6	4,2	2,4	1,1	1,6	0,7	0,5
3. São José dos Campos.....			×	3,5	2,8	2,5	1,2	3,3	1,5	1,0	0,6	0,2	0,2	0,1	0,1
4. Atibaia.....				×	20,7	19,3	11,6	22,5	23,0	10,9	7,2	4,5	7,2	4,4	3,5
5. Piracicaba.....					×	15,0	7,5	18,1	13,5	8,4	5,0	2,4	4,0	2,6	1,8
6. Bragança Paulista.....						×	6,6	20,9	13,2	11,4	7,3	3,5	6,4	4,8	3,2
7. Franco da Rocha.....							×	8,4	11,5	4,6	3,7	2,8	4,3	2,6	2,3
8. Jundiaí.....								×	20,8	16,1	8,2	14,7	11,3	7,8	
9. Campinas.....									×	20,1	21,8	18,0	30,3	21,9	18,2
10. Jaguariúna.....										×	15,3	29,3	24,7	17,4	
11. Americana.....											×	22,7	40,4	32,8	26,1
12. Piracicaba.....												×	30,3	30,3	25,2
13. Limeira.....													×	57,2	44,8
14. Araras.....														×	37,6
15. Rio Claro.....															×

<sup>3</sup> Por causa da grande quantidade de dados gerada pelo fator de solução de eixos principais para os três períodos, não é possível apresentar aqui as matrizes fator. Cópias destas matrizes estão disponíveis com o autor.

QUADRO 6

Superfície de acessibilidade do subgráfico da rede rodoviária, 1950

CENTROS	VALORES DA ACESSIBILIDADE														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. São Paulo.....	×	219,7	162,8	339,7	220,7	197,6	281,9	590,6	340,4	148,7	129,1	152,6	758,4	50,9	68,5
2. Mogi das Cruzes.....		×	59,1	115,8	76,3	64,9	96,7	192,6	103,9	44,1	35,0	37,9	23,4	11,2	15,2
3. São José dos Campos.....			×	86,5	57,1	48,4	72,3	143,1	76,9	32,6	25,9	27,9	17,3	8,3	11,3
4. Atibaia.....				×	122,2	119,3	154,3	318,2	193,0	84,4	73,7	89,2	61,0	33,1	43,2
5. Piracicaba.....					×	73,6	98,8	203,4	114,9	53,5	42,3	46,4	32,2	17,5	21,6
6. Bragança Paulista.....						×	86,3	188,1	107,9	58,9	46,1	50,9	40,9	25,9	28,1
7. Franco da Rocha.....							×	267,1	184,5	69,3	64,5	80,3	53,4	28,2	38,7
8. Jundiá.....								×	304,3	180,6	182,5	233,7	167,6	96,9	127,8
9. Campinas.....									×	137,4	175,4	262,4	203,7	126,2	167,9
10. Jaguariúna.....										×	98,9	134,6	123,8	88,0	100,0
11. Americana.....											×	234,8	210,1	144,3	184,9
12. Piracicaba.....												×	373,9	327,6	291,9
13. Limeira.....													×	225,5	276,9
14. Araras.....														×	199,6
15. Rio Claro.....															×

QUADRO 7

Superfície de acessibilidade do subgráfico da rede rodoviária, 1960

CENTROS	VALORES DA ACESSIBILIDADE														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. São Paulo.....	×	480,4	363,2	753,9	486,9	473,3	672,3	934,9	697,6	314,5	256,4	812,0	188,5	97,3	133,5
2. Mogi das Cruzes.....		×	135,9	266,4	173,6	158,9	203,4	415,7	220,9	96,8	72,1	80,9	47,1	22,5	31,0
3. São José dos Campos.....			×	203,2	132,8	121,1	155,2	314,7	166,1	72,9	53,9	60,1	35,2	16,9	23,1
4. Atibaia.....				×	282,7	273,9	328,6	690,9	409,0	183,5	149,1	185,1	119,2	64,2	85,0
5. Piracicaba.....					×	182,2	209,1	440,6	242,8	117,1	85,9	97,5	63,9	34,8	43,0
6. Bragança Paulista.....						×	195,9	442,2	244,2	139,9	100,4	112,4	87,1	55,6	59,4
7. Franco da Rocha.....							×	530,4	320,8	137,7	120,8	154,9	96,8	50,4	70,9
8. Jundiá.....								×	762,6	366,1	350,2	457,3	309,7	175,6	238,9
9. Campinas.....									×	264,6	337,3	510,2	369,2	223,8	311,4
10. Jaguariúna.....										×	189,4	247,6	215,9	151,8	175,6
11. Americana.....											×	438,3	368,6	248,1	333,8
12. Piracicaba.....												×	586,7	394,2	538,2
13. Limeira.....													×	377,9	482,1
14. Araras.....														×	341,7
15. Rio Claro.....															×

atenuada. A análise, então, classifica núcleos com base na semelhança da sua acessibilidade à rede rodoviária. Cada fator representa a combinação linear de um grupo de núcleos que forma a dimensão estrutural básica da rede regional.

3.1. Dimensão Um

Em 1940, a primeira dimensão da superfície de acessibilidade é caracterizada por pesos positivos elevados em 40 dos 123 nódulos da região. Como uma dimensão da superfície de acessibilidade, este fator constitui o principal componente estrutural da rede, respondendo por 16,5% da variação total. Empiricamente esta dimensão pode ser chamada Grande Região de São Paulo, um termo comumente usado para identificar a triangulação São Paulo—Campinas—Sorocaba e a extensão axial ao longo do alto vale do rio Paraíba.

Os pesos do fator um para 1950 e 1960 revelam um perfil de acessibilidade idêntico ao de 1940. Entre os nódulos caracterizados por pesos significantes no período anterior é, logicamente, evidente que o grau de identificação com a Grande Região de São Paulo tende a ser reforçado nos períodos de tempo sucessivos. Além disso, há todo indicio de um aumento no número de nódulos que

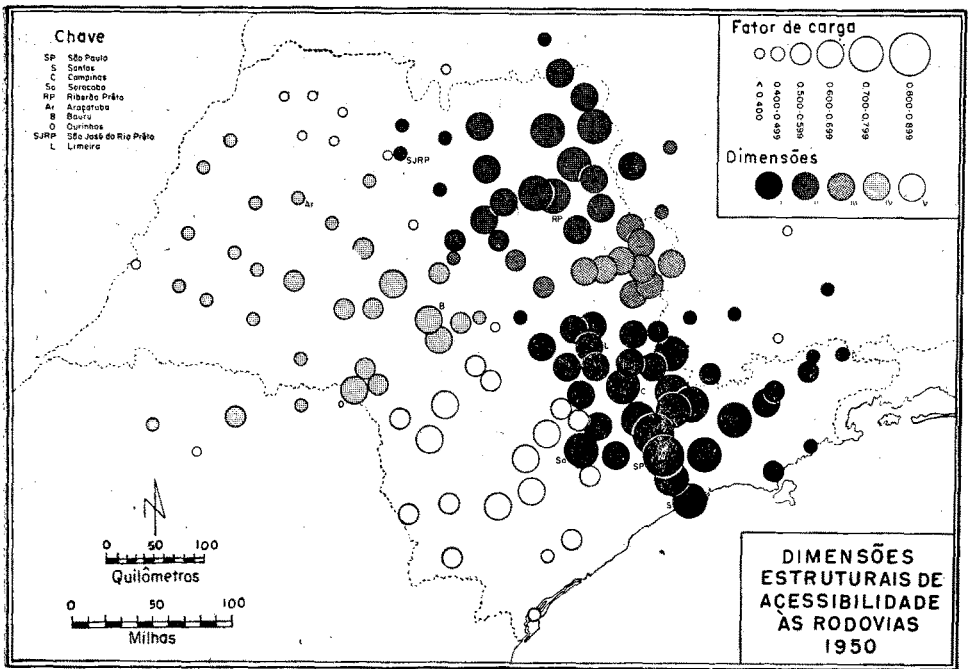


Fig. 5

são identificáveis com essa dimensão da rede. Como resultado do aumento tanto na grandeza como no número dos pesos dos nódulos no fator um, essa dimensão da superfície de acessibilidade tem mantido sua primazia através do tempo. Espacialmente, a expansão desta dimensão tem ocorrido ao longo das principais artérias rodoviárias que convergem para a área metropolitana de São Paulo.

### 3.2. Dimensão Dois

Desde 1940 tem havido um aumento na importância relativa da segunda dimensão da rede, como é evidenciado pelos "eigenvalues" que explicam treze por cento, catorze por cento e dezessete por cento da variação original nos anos de 1940, 1950 e 1960. Empiricamente, em todos os três períodos, a segunda dimensão corresponde a um grupo de centros, cujas ligações de transporte têm sido historicamente associadas com o desenvolvimento do café como principal cultura de mercado da economia regional. Pesos específicos são característicos de Ribeirão Preto e de outros 35 centros geograficamente grupados na parte Norte de São Paulo.

### 3.3. Dimensão Três

Enquanto a primeira e segunda dimensões da estrutura da rede rodoviária têm sido identificáveis, em todos os períodos, com o primeiro e segundo fator das matrizes de fatores rotacionados, as três últimas dimensões são caracterizadas por uma alteração, através do tempo, no lugar de classificação dos seus vetores fatoriais. A mudança no lugar de classificação é consequência da importância crescente de uma das principais dimensões da estrutura da rede. Em 1940 esta dimensão estava colocada em quinto lugar na ordem dos vetores fatoriais, contando com apenas 8,8 por cento da variação original. Em 1950 estava no quarto lugar e em 1960 já tinha alcançado a terceira posição, contando com 12,5 e 15,5 por cento da variação.

Pesos positivos elevados para os centros de São José do Rio Preto, Araçatuba, Bauru e Ourinhos, empiricamente identificam esta dimensão como o Oeste ou Região Pioneira. Todos os centros enquadrados nesta dimensão têm sido favorecidos por melhoria na acessibilidade e conexão em relação à rede rodoviária, consequência da expansão da construção de rodovias no período de pós-guerra. Mais de 5000 km foram construídos na região desde 1940. A construção e melhoria de rodovias na Região Pioneira acha-se refletida nos aumentos relativos, na já explicada variabilidade relacionada a esta dimensão. Em cada período de tempo foram acrescentados a esta dimensão mais núcleos do que a nenhuma outra, inclusive a Grande Região de São Paulo.

### 3.4. Dimensões Quatro e Cinco

Ao contrário das três primeiras dimensões, estas duas falharam tanto em manter como em melhorar suas relativas posições na classificação dos vetores fatoriais. Ambas dimensões são agrupamentos regionais de centros localizados entre as áreas em expansão da Grande Região de São Paulo e da Região de Ribeirão Preto ou da Região Pioneira. Empiricamente podem ser identificadas com a Região do Sul de Minas e a Região Sul.

De acordo com o fator de solução de eixos principais da estrutura da rede, em 1960, há um menor número de centros grupados na quarta e quinta dimensões do que em 1940 e 1950. Se esta tendência se mantiver, pode-se esperar um reagrupamento dos núcleos destas dimensões nas três primeiras dimensões da rede.

## 4. ACESSIBILIDADE A REDE E CRESCIMENTO URBANO

A determinação das superfícies de acessibilidade da rede rodoviária de São Paulo e a extração das dimensões estruturais dessas superfícies fornece uma base para responder até que ponto mudanças na acessibilidade à rede estão relacionadas com o crescimento econômico de centros urbanos. Na prática, as

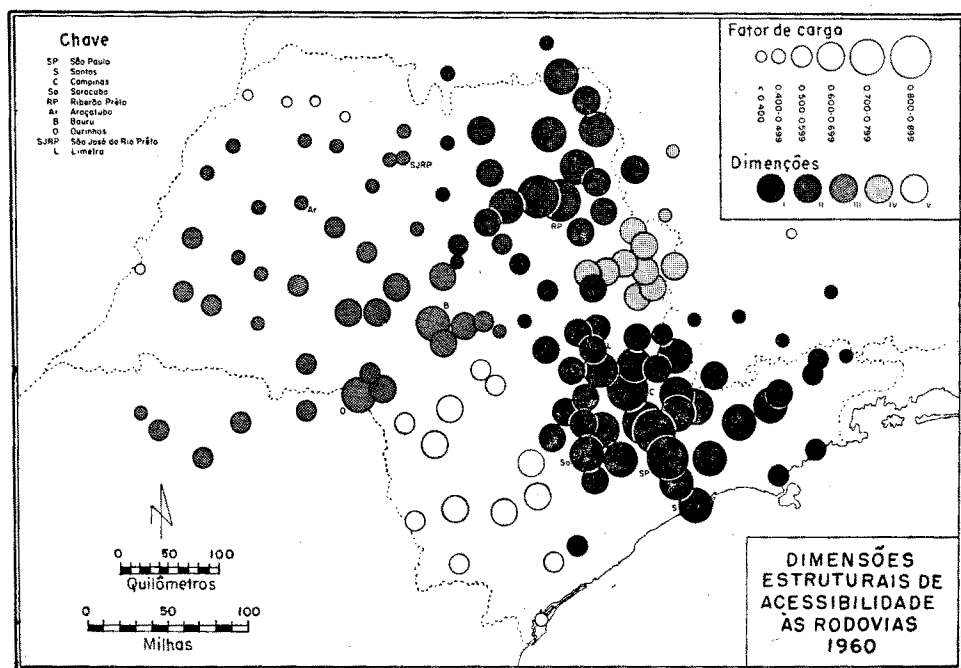


Fig. 6

dimensões estruturais das superfícies de acessibilidade fornecem medidas da acessibilidade à rede numa escala regional. Medidas do crescimento urbano são fornecidas pelos dados representantes da população urbana, da indústria e do comércio varejista. Usando o processo multivariado de correlação canônica as relações entre os dois grupos de medidas podem ser determinadas. O objetivo é maximar a "covariância" entre duas combinações lineares dos dois grupos de variantes.

De acordo com Anderson, vamos admitir que temos  $p$  variáveis,  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_p$ , e  $N$  observações para cada variável. As variáveis são divididas em dois grupos

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_{n_1} \\ \hline X_{p_1+1} \\ X_{p_1+2} \\ \vdots \\ X_{p_1+p_2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X^{(1)} \\ \hline X^{(2)} \end{pmatrix}$$

Como  $X$  está dividido em dois subvetores de componentes  $p_1$  e  $p_2$ , a matriz de variação-covariância está dividida em filas e colunas  $p_1$  e  $p_2$ ,

$$XX^T = \begin{pmatrix} X^{(1)} X^{(1)} & X^{(1)} X^{(2)} \\ X^{(2)} X^{(1)} & X^{(2)} X^{(2)} \end{pmatrix}$$

com

$$EXX^T = \begin{pmatrix} \Sigma 11 & \Sigma 12 \\ \Sigma 21 & \Sigma 22 \end{pmatrix}$$

Uma análise canônica requer combinações lineares dos componentes  $X^{(1)}$  e  $X^{(2)}$  de modo que,

$$U = \alpha^T X^{(1)}$$

$$V = \gamma^T X^{(2)}$$

com correlações correspondentes,  $\sqrt{\lambda_1} \geq \sqrt{\lambda_2} \geq \dots \geq \sqrt{\lambda_p}$

Para obter  $\alpha$  e  $\gamma$ ,

$$\begin{pmatrix} -\lambda \Sigma 11 & \Sigma 12 \\ \Sigma 21 & -\lambda \Sigma 22 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha \\ \gamma \end{pmatrix} = 0$$

Para determinar as relações entre a acessibilidade e o crescimento urbano na Região de São Paulo, temos oito variáveis que podem ser divididas em dois grupos de componentes,  $X^{(1)}$  e  $X^{(2)}$ . Os elementos do primeiro conjunto de variantes,  $X^{(1)}$ , são as medidas relacionadas com o desenvolvimento econômico.

$X_1$  = valor da produção industrial

$X_2$  = população urbana

$X_3$  = valor das vendas a varejo

Os elementos do segundo conjunto de variantes,  $X^{(2)}$ , são as dimensões estruturais das superfícies de acessibilidade da rede rodoviária.

$X_4$  = Grande Região de São Paulo

$X_5$  = Região de Ribeirão Preto

$X_6$  = Região Pioneira

$X_7$  = Região do Sul de Minas

$X_8$  = Região Sul

Os resultados da análise canônica para o período 1940-1960 estão resumidos no Quadro 8. Para interpretar as variantes canônicas, os coeficientes das variáveis componentes são considerados do mesmo modo que os pesos na análise dos fatores. Elas são avaliadas em termos da grandeza de seus valores, em combinação com a direção de seus sinais.

QUADRO 8

Análise canônica, 1940-1960

RAÍZ	X <sup>(1)</sup>				X <sup>(2)</sup>				$\sqrt{\lambda}$	X <sup>2</sup>	D.F.
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>			
1. ....	5,20	2,18	1,54	9,23	4,01	-3,18	1,48	0,72	0,42	58,2**	15
2. ....	2,42	6,78	1,06	-0,42	-0,32	1,94	0,23	-0,19	0,31	13,8*	8
3. ....	1,19	1,11	-0,95	-0,14	-0,94	-0,02	0,47	0,08	0,08	1,3	3

\* Significante a .95.  
 \*\* Significante a .99.

Qualquer tentativa de interpretar os resultados da análise canônica deve ser feita com certa dose de cuidado. Apenas um número limitado de raízes foram extraídas. Trata-se do resultado da consideração de apenas três variáveis como representantes do desenvolvimento econômico urbano. Certamente deve haver outras relações entre acessibilidade à rede e crescimento urbano além das apresentadas neste estudo.

Um exame crítico dos coeficientes das variantes canônicas no Quadro 8 indica que eles têm significação empírica. O primeiro par de variantes revela que os pesos maiores para os "eigenvalues" U<sub>1</sub> e V<sub>1</sub> têm relação com aumentos no valor da industrialização e na acessibilidade à Grande Região de São Paulo. Com respeito à inter-relação entre acessibilidade e crescimento urbano, podemos concluir que a maior associação ocorre entre a construção de rodovias na Grande Região de São Paulo e o desenvolvimento de atividades industriais em centros urbanos que têm sido beneficiados por melhoramentos na acessibilidade à rede.

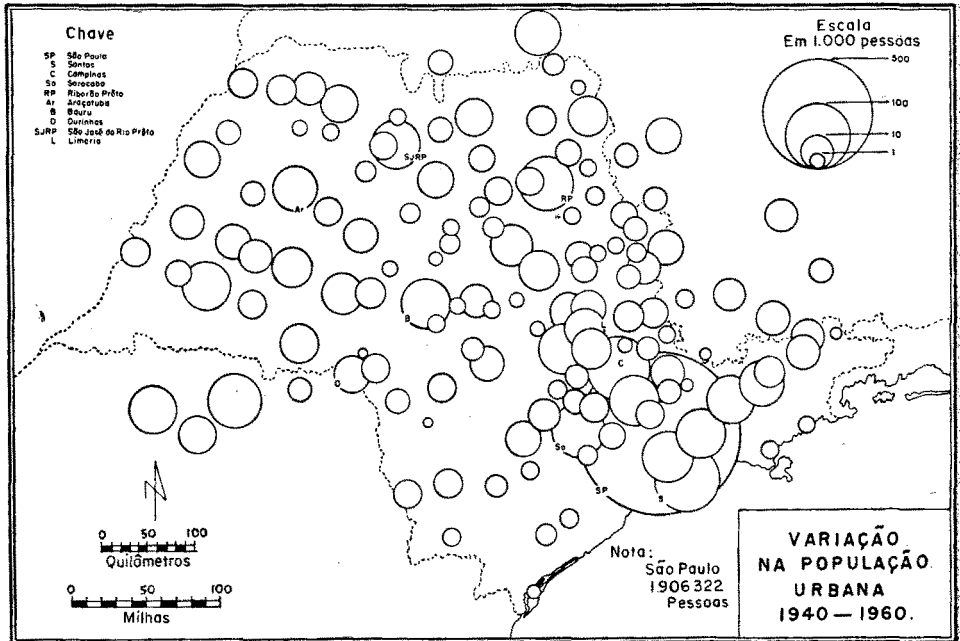


Fig. 7

Será lembrado que a Grande Região de São Paulo é a maior componente estrutural das superfícies de acessibilidade em todos os períodos. Especialmente, os limites da região têm aumentado através do tempo, com o acréscimo de centros com pesos significantes a esta dimensão. Estes centros estão todos alinhados ao longo das principais artérias rodoviárias que convergem para a metrópole de São Paulo. Naturalmente é razoável que o desenvolvimento da indústria ocorra naqueles centros que têm um maior grau de acessibilidade à rede rodoviária. Provavelmente melhor acessibilidade favorece o crescimento da indústria e o desenvolvimento industrial, por sua vez, cria uma demanda por aumento na acessibilidade ao transporte.

Depois que a primeira relação entre acessibilidade e crescimento urbano foi obtida, há um segundo modo no qual os conjuntos de variantes  $X^{(1)}$  e  $X^{(2)}$  podem ser organizados de forma significativa. Os coeficientes das variantes canônicas  $U_2$  e  $V_2$  indicam uma relação entre o aumento na acessibilidade para a Região Pioneira e o crescimento na população urbana.

Será lembrado que a Região Pioneira sofreu uma melhoria significativa na sua classificação entre as dimensões estruturais da rede rodoviária. Esta melhoria foi maior do que a de qualquer outra dimensão extraída das matrizes de fatores rotacionados. Ela é consequência da expansão espacial da dimensão. Em cada período foram acrescentados a esta dimensão mais núcleos do que a nenhuma outra. Concomitantemente com o aumento na acessibilidade à rede, o período de 1940, 1960 foi um período de (1) aumento crescente da população nos centros já estabelecidos, e (2) criação de novos centros como centros de serviço para as áreas agrícolas em desenvolvimento.

Como é possível providenciar interpretações empíricas das variantes canônicas podemos avançar mais um passo na análise da acessibilidade e crescimento urbano. Podemos averiguar sobre um modo específico, no qual as combinações lineares dos grupos de variantes têm estado relacionadas através do tempo. Parece haver duas possibilidades distintas sugeridas na literatura sobre o desenvolvimento econômico.

A primeira alternativa é de uma relação equilibrada através do tempo. Isto implica num prazo pequeno entre mudanças na acessibilidade nodular e cres-

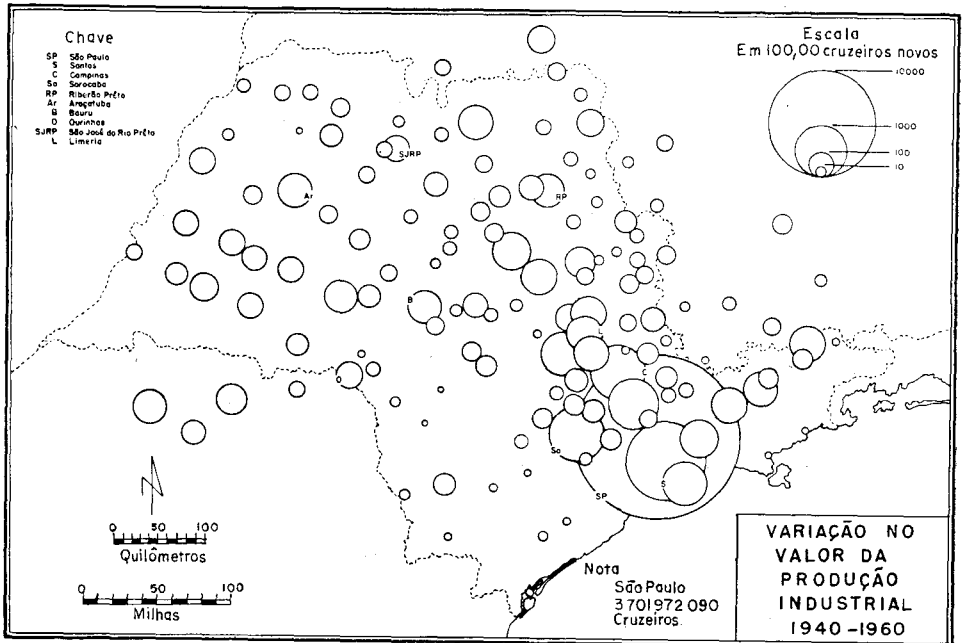


Fig. 8



cimento urbano. Por exemplo, quando o capital é investido em melhorias no transporte que alteram a acessibilidade da rede ocorre uma resposta, quase que imediata, sob a forma de expansão do investimento na indústria, ou de aumento na concentração populacional em centros urbanos. Reciprocamente, um aumento do investimento na indústria gera uma demanda por investimento adicional no transporte e leva a melhorias na acessibilidade. Nem a acessibilidade nodular nem o crescimento urbano se modificam sem iniciar uma reação concomitante no outro.

A segunda alternativa é a de uma relação não-equilibrada através do tempo. Isto significa que algum tempo decorre até que se estabeleça uma associação, quer de "comando", quer de "atraso" entre modificações na acessibilidade nodular e crescimento urbano. A criação de melhores condições rodoviárias pode preceder, por algum tempo, a expansão do investimento na indústria ou o rápido aumento da população urbana. Reciprocamente, os investimentos no transporte podem permanecer aquém das demandas por melhor acessibilidade, que são provocadas pelo aceleração do crescimento industrial ou populacional nos centros urbanos. Ambas seqüências criam incentivos e pressões, tanto de aproveitar os baixos custos de transporte, conseqüentes da melhor acessibilidade, através de uma expansão da produção, ou de reduzir certos custos de produção melhorando as condições de transportes.

Empregando a análise canônica podemos avaliar se as relações entre a acessibilidade nodular e o crescimento urbano têm sido equilibradas, ou não-equilibradas, na área em estudo do estado de São Paulo. Como só existem dados disponíveis para um período limitado de 20 anos, nossas conclusões são apenas uma tentativa. Entretanto, o período de tempo é suficiente para organizar os conjuntos de variantes  $X^{(1)}$  e  $X^{(2)}$  em quatro combinações.

1. Aumentos em ambos os conjuntos de variantes durante o período 1940-1950.
2. Aumentos em ambos os conjuntos durante o período 1950-1960.
3. Aumentos no conjunto  $X^{(1)}$  durante o período 1940-1950 e aumentos no conjunto  $X^{(2)}$  durante o período 1950-1960.
4. Aumentos no conjunto  $X^{(2)}$  durante o período 1940-1950 e aumentos no conjunto  $X^{(1)}$  durante o período 1950-1960.

Se as relações entre acessibilidade nodular e crescimento urbano têm sido equilibradas através do tempo, as mais altas correlações canônicas estarão associadas com as combinações (1) e (2). Se as relações têm sido desequilibradas, as mais altas correlações estarão associadas, quer com a combinação (3), quer com a (4).

Uma resposta experimental quanto à forma de desenvolvimento ter sido equilibrada ou não equilibrada é fornecida pelos resultados da análise canônica apresentada no Quadro 9. É evidente que as mais altas correlações estão associadas com mudanças na acessibilidade nodular entre 1940 e 1950, e mudanças no crescimento urbano entre 1950 e 1960. Aparentemente a relação é não-equilibrada, com o transporte exercendo o papel de "comando" no processo de desenvolvimento. Os coeficientes das variantes canônicas indicam que os pesos maiores devem ser atribuídos a (1) aumento na acessibilidade para a Grande Região de São Paulo entre 1940 e 1950, e aumento no valor bruto da produção industrial entre 1950 e 1960, e (2) aumento na acessibilidade para a Região Pioneira entre 1940 e 1950, e crescimento da população urbana entre 1950 e 1960.

Pelo Quadro 9 pode ser observado que o transporte, como um fator de "comando" no desenvolvimento econômico de São Paulo, tem sido mais poderoso com respeito ao aumento no valor da produção industrial. A relação de "comando" com respeito ao crescimento da população não tem sido tão pronunciada. Muito possivelmente, o prazo entre a melhoria na acessibilidade rodoviária e o aumento da concentração de população em centros urbanos é menor. Deve ser observado que a constatação do transporte como um fator de "comando" no crescimento urbano de São Paulo, especialmente com respeito ao desenvolvimento industrial, está de acordo com as teorias de desenvolvimento econômico sugeridas por Rosenstein-Rodan /3/ e Alberto O. Hirschman /4/.

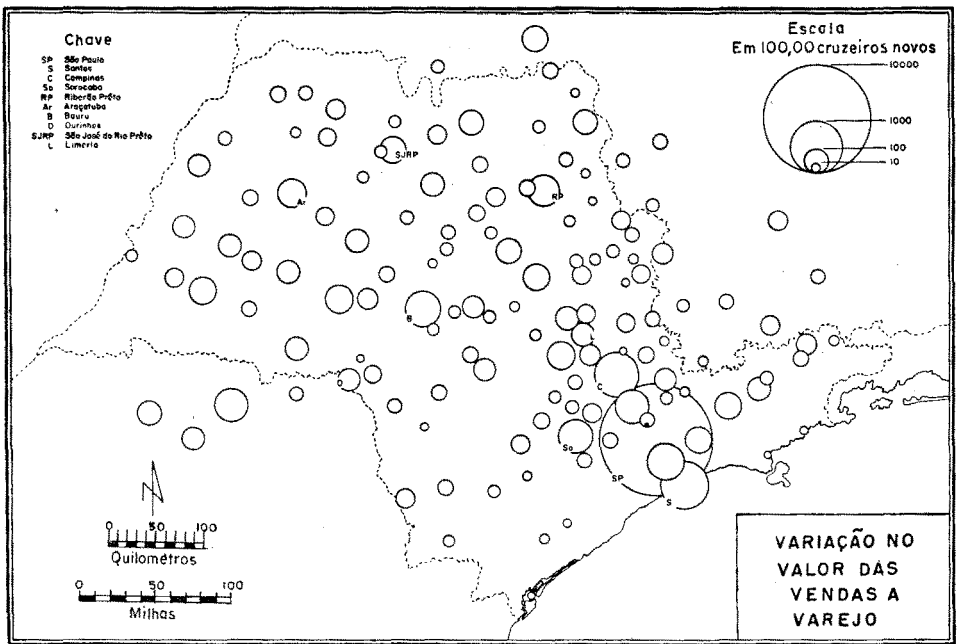


Fig. 9

QUADRO 9

Análise canônica das relações temporais entre acessibilidade nodular e crescimento urbano

COMBINAÇÃO DOS CONJUNTOS DE VARIANTES	RAIZ	X <sub>(1)</sub>				X <sub>(2)</sub>				$\sqrt{\lambda}$	X <sub>2</sub>	D.F.
		X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>			
1.....	1	4,48	-2,09	0,43	2,18	-1,33	0,27	0,24	0,13	,34	24,4	15
	2	-1,08	4,11	-1,32	-0,51	0,73	0,45	0,82	-0,62	,23	9,4	8
	3	0,32	0,37	0,98	-0,19	-0,85	0,08	1,12	-0,18	,09	1,5	3
2.....	1	3,22	1,03	-0,29	1,83	-1,48	0,16	0,05	-0,72	,28	15,3	15
	2	-1,78	2,15	-0,51	1,08	-1,44	-0,71	0,30	0,46	,18	5,4	8
	3	0,82	0,53	-0,86	1,07	0,30	-0,34	0,97	-0,08	,08	1,3	3
3.....	1	3,19	-1,12	0,45	2,47	1,60	-0,92	0,85	0,31	,37	29,2	15
	2	-2,30	1,97	0,16	1,31	-1,14	0,47	0,77	-0,13	,26	10,9	8
	3	0,98	-0,58	0,15	-0,11	-1,73	0,40	-0,40	-0,21	,09	1,5	3
4.....	1	7,13	3,08	1,97	9,61	4,94	-1,42	1,02	0,98	,65	90,8**	15
	2	3,68	6,94	-1,12	1,31	-1,14	3,67	0,77	-0,34	,33	18,2*	8
	3	1,24	-0,59	0,44	-0,25	-0,64	0,11	0,33	0,11	,16	4,0	3

\* Significante a ,95.

\*\* Significante a ,99.

Os resultados da análise canônica sugerem que alguns dos objetivos principais da política governamental, com respeito à construção e melhoria das rodovias têm sido cumpridos. Um argumento freqüentemente sugerido para justificar os gastos com o desenvolvimento rodoviário é o da importância da acessibilidade da rede para o crescimento regional. Para promover o desenvolvimento econômico, o governo se encarrega de reduzir os custos do transporte, como um meio de superar as barreiras que limitam a expansão geográfica dos

setores industriais da economia. O crescimento de centros industriais, no período de pós-guerra, ao longo das principais rodovias do estado de São Paulo, indica que algumas das barreiras que impediam o desenvolvimento industrial de maior âmbito geográfico estão sendo superadas, especialmente com respeito ao transporte. Centros da Grande Região de São Paulo que têm experimentado aumento na acessibilidade à rede têm sido beneficiados com aumentos no seu grau de desenvolvimento econômico. Eles têm atraído também uma proporção, cada vez maior, do crescimento populacional urbano. Se as duas décadas passadas servem como exemplo, é provável que haja um aumento no número de centros que tirarão proveito de mudanças na sua acessibilidade à rede rodoviária. Esta possibilidade é encorajante para os planejadores do Governo, que acreditam que ela é essencial para a contínua expansão e desenvolvimento da economia paulista.

## A Conquista dos Corpos Celestes e suas Conseqüências para a Humanidade

ÁLVARO SILVEIRA FILHO \*

*“Foi ao clarão das fogueiras que tudo começou. Os velhos olhavam para os céus e falavam das luzes que nêles viam e de estranhas histórias a elas ligadas. Os Mongóis diziam que um dos seus havia arremessado uma flecha tão alto que trespassara várias estrêlas, e juravam que seus antepassados tinham “construído” a constelação da Ursa Maior. Os Japoneses acreditavam que o deus Suzano tivera a Lua por morada, antes de descer à Terra. Os Chineses afirmavam que eram filhos da Rainha da Noite. Outros povos — Africanos, Polinésios, Americanos, e até os Arianos, os Semitas e os Egípcios dos velhos tempos, adoravam o Sol e julgavam-se seus filhos. Não admira, portanto, que mesmo na mais remota antigüidade já existisse o sonho de viajar até aos céus, e para além dos próprios céus.”*

*Eurico Fonseca, História Breve da Astronáutica, cap. 1: “O princípio de um sonho”, pág. 15.*

### I

A Astronáutica é a mais nova ciência que veio dar à Astronomia e à Geografia Astronômica poderosos instrumentos para revelação dos mistérios dos corpos celestes e das leis que regem a sua existência. Ela ainda possibilitou a diversos outros ramos de atividades,

\* Neste trabalho procuramos resumir as mais recentes conquistas do Homem no domínio da Astronáutica. Trata-se de uma despretensiosa contribuição para o conhecimento das razões que levaram duas grandes nações a despende quantias tão fabulosas como os objetivos e o resultado do seu levantamento; a recrutar os maiores luminares da ciência; a empregar todo um potencial tecnológico, aperfeiçoá-lo, renová-lo; enfim, a coordenar gigantescos complexos de homens e máquinas para tornar realidade um sonho quase pré-histórico: a conquista de outros mundos, e a revelação dos seus mistérios, daquilo que o telescópio e a matemática jamais poderiam dar uma idéia completa. As mais recentes e maravilhosas descobertas da ciência, uniram-se à coragem de alguns pioneiros para que a Humanidade fôsse contemplada com as suas maiores conquistas, que são o resultado de persistentes estudos, trabalhos, sacrifícios e gastos. Além da bibliografia relacionada, queremos registrar aqui os agradecimentos à Embaixada dos Estados Unidos que, por sua Secção de Imprensa, forneceu o material fotográfico por nós utilizado, bem como as informações oficiais sobre as conquistas da Astronáutica, no que tange àquele país.

progresso incontestável, como procuramos mostrar; pode ser definida como “a ciência que trata da construção e manobras de veículos destinados a viagens no espaço interplanetário ou interestelar”<sup>1</sup>

Os objetivos da Astronáutica compreendem quatro estágios: no primeiro, planejou-se a conquista da Lua e dos asteróides; no segundo, a conquista de Marte e Vênus; no terceiro, a de Mercúrio, Júpiter, Saturno, Urano, Netuno, Plutão e dos respectivos satélites; no quarto, os corpos celestes situados além do sistema solar.

Para atingir os objetivos visados, a inteligência humana procura valer-se de um sem-número de realizações e descobertas, destacando-se as da medicina, pela possibilidade da resistência do organismo nos árduos empreendimentos dos vãos tripulados; as maravilhas da tecnologia, como o rádio, a televisão, a propulsão por reação, os computadores eletrônicos, e tôdas as mais aperfeiçoadas formas mecânicas de condução no espaço cósmico.

A mitologia e a ficção científica preocupavam-se com a conquista do

<sup>1</sup> Novo Dicionário Brasileiro Melhoramentos. São Paulo, 1969.

espaço sideral, como é do conhecimento de todos. Dédalos fabricou asas de plumas, e com elas "voou", Cyrano de Bergerac, em 1650, Julio Verne e H. G. Wells, em suas obras, imaginaram fantásticas viagens à Lua, lançando à cupidiez dos cientistas a idéia fascinante. Mas a Astronáutica parece ter sido mentalizada na literatura, com maior propriedade com as obras de Robert H. Goddard,<sup>2</sup> em 1919, "Um método para alcançar as latitudes extremas", e Ziolkosky, "A exploração do Universo por meio dos aparelhos de reação". Foram ensaios em que os autores procuraram demonstrar, já com teorias, aquilo que antes pertencia à ficção.

A Alemanha pode ser considerada o berço da Astronáutica, com os trabalhos de Oberth, Hoefl, Hohmann, Max Valier, Lorenz Vlnsky, e Werner von Braun<sup>3</sup> planejador e executor do foguete V-2. Entretanto, após o desfêcho da II Guerra Mundial, duas potências passaram a disputar a primazia das realizações no campo da conquista do espaço cósmico, a URSS e os Estados Unidos da América do Norte. O conflito mencionado motivou a construção do foguete que foi o precursor dos engenhos propulsores das naves espaciais.

<sup>2</sup> Robert H. Goddard, professor do Clark College, de Worcester, Massachussets, começou a fazer pesquisa sobre foguetes de sondagem da alta atmosfera em 1909. As suas experiências foram realizadas com foguetes de pólvora, entre 1915 e 1918, e subvencionadas pelo Instituto Smithsonian de Washington. Um certo número de foguetes acionados a combustível sólido foi construído e experimentado, com êxito, por Goddard, a pedido do exército americano, no Instituto Politécnico de Worcester e depois nos laboratórios do Observatório de Mount Wilson, em Pasadena, Califórnia. Em novembro de 1918 fez demonstrações com um tubo leve, para o lançamento de foguetes, tendo sido o engenho considerado como o precursor da "bazookka". Com o armistício, Goddard abandonou estes trabalhos. (*Astronáutica*, de R. Argentiêre; "A história de foguetões e foguetes" Editora Fulgor, São Paulo, 1961).

<sup>3</sup> Werner von Braun dirigiu o Centro de Estudos de Foguetes de Peneemünde, no Báltico, construído por ordem do governo alemão durante a II Guerra Mundial. Ali foram feitas as experiências práticas com os foguetes do tipo A-1, A-2 e A-3, e depois com o V-2, que media 14 m de comprimento e 1,70 m de diâmetro, pesava 12,5 toneladas e levava uma carga explosiva de 975/k. A duração de propulsão era de 70 segundos, e o lançamento era feito através de rampas simplificadas. Werner von Braun, após a guerra, emigrou para os Estados Unidos, onde constitui hoje uma das mais eminentes figuras do mundo científico: o poderoso foguete Saturno-V obedece também os princípios técnicos planejados pelo sábio alemão. (*Astronáutica*, de R. Argentiêre; "A Segunda Guerra Mundial". Editora Fulgor, 1961, São Paulo).

A rivalidade política entre os regimes russo e americano também foi motivação para um crescente aperfeiçoamento da Astronáutica. Lucrou a Humanidade, pelas inúmeras utilizações e conseqüências das conquistas realizadas, como veremos adiante.

Para levar a têrmo suas realizações, a Astronáutica encontra, além das naturais dificuldades internas dos países onde é desenvolvida, dois principais obstáculos: a distância dos objetivos a conquistar e as condições do meio nos astros, isto é, a temperatura, a pressão, a presença ou não de água, atmosfera e de elementos químicos necessários à vida, tal como existe na Terra. Estas condições foram chamadas por Dulcício Dibo como as "bases geográficas e astronômicas da vida".<sup>4</sup>

As distâncias entre os astros e a Terra são imensas, e mesmo a certeza de vencê-las não é suficientemente tranqüilizadora para os astronautas e cientistas, devido ao tempo necessário para percorrê-las. Se os 384 403 km de distância média da Terra à Lua foram vencidos com relativa facilidade, tal não sucederá com os planêtas, o que não exclui a possibilidade de atingi-los; Marte encontra-se a uma distância que varia entre 54 e 398 milhões de quilômetros; Saturno, que é 745 vezes maior que o nosso planêta, dêle dista entre 1 186 e 1 647 milhões de quilômetros, e a distância da Terra a Urano varia apenas de 2 565 a 3 131 milhões de quilômetros!<sup>5</sup> A propulsão por reação, incluindo a atômica, venceria tamanhas distâncias sem danos para os tripulantes das respectivas naves?

Sabe-se que para subtrair um corpo pesado à atração de um planêta é preciso despendar energia. Se dermos inicialmente a um corpo, na superfície de um planêta, uma velocidade suficiente para afastá-lo dêste, o corpo aumentará indefinidamente o seu afastamento. A operação de propulsão das astronaves obedece três fases fundamentais: na 1.<sup>a</sup>, o corpo é acelerado até atingir a velocidade crítica de libertação; na 2.<sup>a</sup>, o motor pára e o corpo continua a mover-se devido à velocidade adquirida, na 3.<sup>a</sup>, o corpo, após

<sup>4</sup> Dulcício Dibo, "Bases Geográficas e Astronômicas da Vida no Planêta Terra: Um Ensaio". *Boletim Geográfico* n.º 179, março-abril de 1964.

<sup>5</sup> *Atlas de Astronomia*, Inácio Puig, S.J., do Observatório de San Miguel, Buenos Aires. Tradução da 1.<sup>a</sup> edição espanhola pelo professor Walter da Silva Curvelo, do Museu Nacional do Rio de Janeiro.

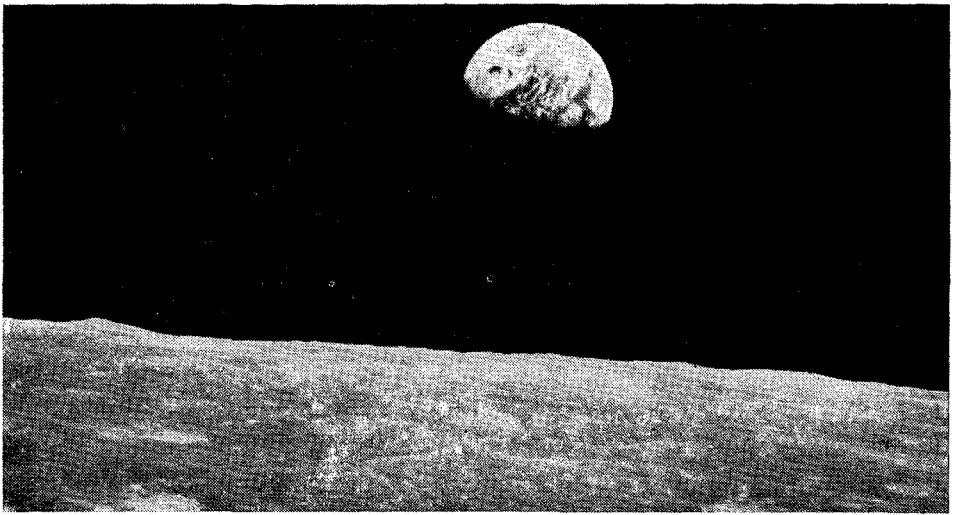


Fig. 1 — Esta foto, já bastante divulgada, reproduz uma cena que somente os escritores de ficção científica chegaram a ter a audácia de imaginar: contemplação do nosso próprio planeta de uma nave em órbita lunar. (Secção de Imprensa da Embaixada dos Estados Unidos).

atingir o ponto desejado, é virado sobre si próprio, e o motor é posto novamente em funcionamento, diminuindo a velocidade até ela ser igual a zero quando atingir a superfície do astro.<sup>6</sup>

Mesmo sob a força propulsora máxima suportável, desenvolvendo velocidades espantosas, as astronaves levarão anos para percorrer certas distâncias interplanetárias ou interestelares, o que constitui problema para a ciência.

Sobre as condições de vida nos demais corpos celestes, somente o futuro dirá se a ciência, pelas revelações da rádio-astronomia e utilizando os resultados das viagens à Lua, poderá construir engenhos ou roupagens que permitam a sobrevivência em ambientes desprovidos dos elementos indispensáveis, ou determinar previamente a hipotética presença desses elementos no astro a ser visitado.

Um pequeno resumo das principais realizações norte-americanas e soviéticas no domínio da Astronáutica é necessário para chegarmos à descrição sumária das viagens espaciais, em se tratando ainda, embora, do primeiro estágio planejado pelos cientistas, a que nos referimos no início do trabalho, isto é a conquista da Lua e dos asteróides. (Isaac Asimov, em seu livro *A Conquista de Novos Mundos*, define

os asteróides como “pequenos corpos encontrados no sistema solar, e no telescópio não têm o aspecto de discos, como os planetas, mas, sendo muito pequenos, parecem pontos luminosos, como as estrêlas”. Até agora foram descobertos pelo menos 2 000, mas supõe-se que existam de 44 000 a 100 000).

O primeiro feito espetacular da Astronáutica pode ser considerado o lançamento do Sputnik, em 4 de outubro de 1957, pela União Soviética. Aquêl engenho foi assim o primeiro satélite artificial da Terra, em torno da qual girou a uma altura de 946 quilômetros no apogeu e 228 no perigeu. Pesava 83,6 quilos, tinha forma esférica e um diâmetro de 83 centímetros. O foguete que o transportou até a estratosfera imprimiu-lhe velocidade orbital de 8 mil metros por segundo.

O segundo Sputnik, lançado a 3 de novembro de 1957, conduziu dentro de si uma cadela, “Laika”, com a finalidade de estudo dos raios ultravioleta e cósmicos, bem como os efeitos destes sobre o pequeno ser vivo que conduziu. Ainda os russos lançaram o 3.º Sputnik, a 15 de maio de 1958. Posteriormente a União Soviética lançou três engenhos batizados de Lunik, em tentativa de alcançar a Lua: a 2 de janeiro de 1959, o primeiro, que passou ao largo do satélite natural da Terra; a 12 de setembro de 1959, o segundo, que se chocou com a superfície lunar; e o

<sup>6</sup> *História Breve da Astronáutica*, Eurico Fonseca, Editorial Verbo, Lisboa.

terceiro, a 3 de outubro de 1959, contornou a Lua e emergiu, continuando a revolução após transmitir para a Terra fotografias da face invisível para nós.

A União Soviética lançou ainda 4 Sputniks, e um foguete a Vênus. Este, lançado em 14 de fevereiro de 1961, não atingiu ao objetivo, mas foi considerado grande feito científico e técnico. Ainda pertenceu à União Soviética o envio do primeiro cosmonauta ao espaço: o comandante Yuri Gagárin, que pilotou a nave Vostok e regressou à

Terra são e salvo em 12 de abril de 1961. Poucos dias após eram os Estados Unidos que lançavam um homem ao espaço, Alan B. Shepard Jr., em cápsula Mercury; durante 16 minutos êle sobrevoou a Terra a 184 quilômetros de altura. Os russos repetiram sua façanha em 6 de agosto de 1961, ao enviar ao espaço o cosmonauta Titov, que permaneceu 24 horas dando 17 voltas em torno do nosso planeta.

A primeira mulher cosmonauta, Valentina Terechkova, foi lançada

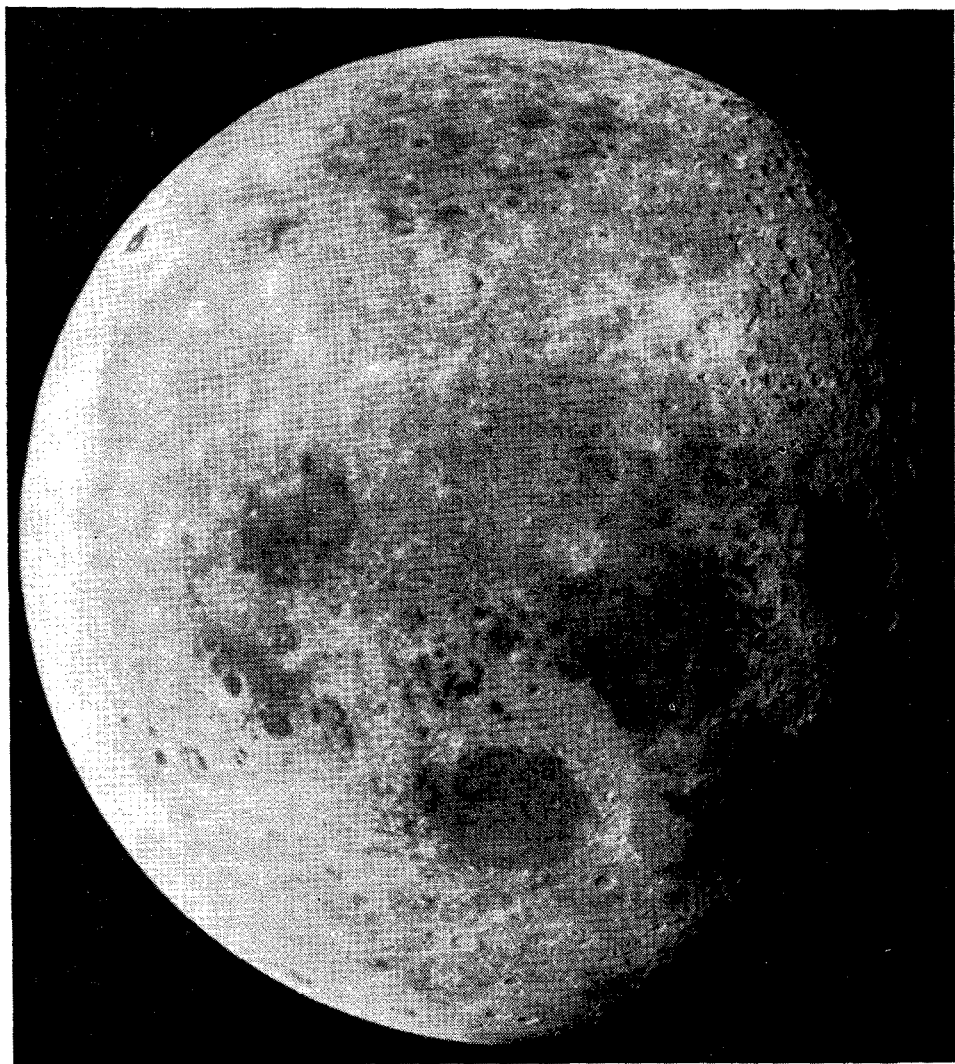


Fig. 2 — Foto da Lua obtida de bordo da Apollo 8 (Seção de Imprensa da Embaixada dos Estados Unidos).

pela União Soviética em 16 de junho de 1963, em uma nave, Vostok 6, que deu 48 voltas em torno da Terra.

Os Estados Unidos desenvolveram sempre persistentes e febris atividades astronáuticas. Os satélites "Explorer", dos quais o primeiro foi lançado em 31 de janeiro de 1958, obtiveram dados sobre raios cósmicos, ionizados, temperatura, pressão e magnetismo das camadas externas da atmosfera; os satélites "Vanguard" tinham finalidades meteorológicas; os "Discover", para recuperação de cápsulas que se desprendem dos satélites; os satélites de comunicação, passivos e ativos, que possibilitaram transmissão de telefone, rádio e TV; os satélites militares, de vigilância, "Midas" e "Samos"; os meteorológicos "Tiros"; os "Transit", auxiliares de navegação; e os "Pioneer", para prova de comunicação profunda, isto é, transmissões a grandes distâncias. Um dos maiores resultados desta fase preliminar da astronáutica norte-americana foi a descoberta de duas faixas de radiação conhecidas como "cinturão de Van Allen"; uma, a interior, se situa entre 2 000 e 5 000 quilômetros, e a exterior, entre 13 000 e 55 000 quilômetros da superfície terrestre, e são constituídas por elétrons e prótons.

Estes foram os principais feitos e realizações que antecederam a viagem maravilhosa dos conquistadores da Lua.

A fase das grandes conquistas da Astronáutica pertence, inegavelmente, aos Estados Unidos.

O Projeto Mercury, com seus seis vôos realizados entre maio de 1961 e maio de 1963, demonstrou que o homem podia sobreviver no espaço sideral.

Com o envio de dez cápsulas ao Cosmo, o Projeto Gemini testou missões de longa duração e os primeiros encontros orbitais. Foi realizado entre março de 1965 e novembro de 1966. Estas cápsulas puseram à prova tripulações de dois cosmonautas submetidos a experiências científicas de controle do curso e a longa exposição aos efeitos das viagens.

Seguiu-se então o Projeto Apolo.

Para este gigantesco e caríssimo empreendimento, o governo dos Estados Unidos utilizou o mais poderoso foguete do mundo, o Saturno-V, e o engenho denominado Módulo Lunar. Descreveremos ambos resumidamente.

Assim referiu o correspondente oficial norte-americano sobre o módulo Lunar:

"Os escritores de ficção científica de várias décadas atrás previram a exploração espacial dos dias de hoje com notável precisão. No entanto, parece, falharam quase completamente em prever a forma e a aparência do Módulo Lunar.

Quando se firma sobre suas quatro pernas, o Módulo Lunar mais parece um gigantesco inseto metálico do que aquilo que normalmente imaginamos que seja a forma de uma espaçonave. As antenas alongando-se em ângulos desiguais lembram tentáculos ou antenas de insetos.

Visto de frente, o Módulo Lunar parece ter um rosto. As duas janelas triangulares da nave assemelham-se a olhos, separados por uma protuberância parecida com um nariz, que contém a caixa central de instrumentos do compartimento da tripulação.

Na parte inferior, a escotilha parece uma boca, e na frente está montada uma plataforma, da qual se estende uma escada semelhante a uma língua comprida.

O interior do Módulo Lunar não é menos curioso do que seu exterior. Não há assentos. Os astronautas têm de permanecer de pé, em compartimentos afastados 113 centímetros um do outro. Os homens ficam protegidos do impacto da queda por equipamento atado a suas roupas espaciais.

Cada um dos dois compartimentos dos astronautas tem um conjunto completo de controles, além de descansos para os braços.

A cabina de tripulação, com um diâmetro de 234 centímetros e cerca de 4,5 metros cúbicos de espaço, serve eventualmente como peça para residir, e como base de operação para os astronautas da exploração lunar. Dentro dessa cabina, que é envolta por uma camada de isolante de 7,5 centímetros de espessura, uma atmosfera de oxigênio pode ser mantida a uma confortável temperatura, mesmo quando os extremos de calor e frio no espaço e na Lua excedem os níveis que o corpo humano suporta.

Com as pernas distendidas, o Módulo Lunar mede quase 6,9 metros de altura, e tem o diâmetro, medido diagonalmente através do trem de pouso, de cerca de 6,3 metros. Pesa aproximadamente 14 400 kg, dos quais mais de dois terços de combustível.



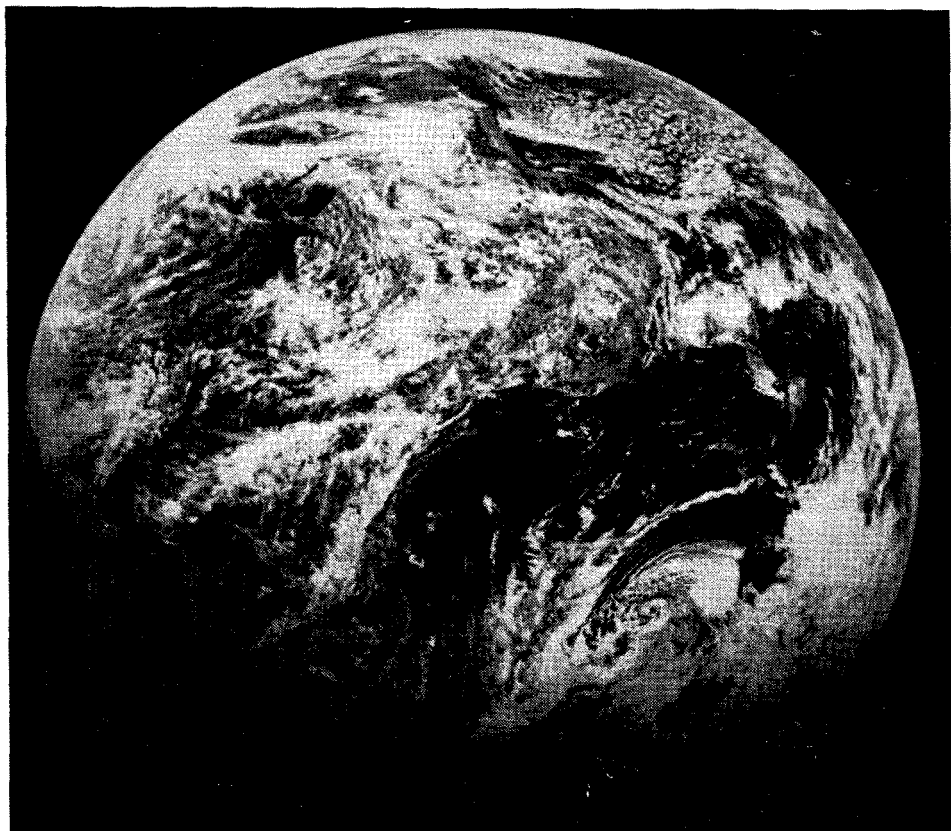


Fig. 3 — A Terra fotografada do espaço sideral. Camadas espessas de nuvens, os oceanos e continentes se conjuntem nesta fantástica visão que a ciência tornou possível. (Seção de Imprensa da Embaixada dos Estados Unidos).

O motor, na parte inferior da nave, pode ser controlado pelos astronautas para gerar o empuxo desejado, de 500 a 5 000 quilogramas, para acelerar ou reduzir a velocidade e descer a nave suavemente sobre a superfície lunar. A nave pode pairar enquanto os astronautas inspecionam os locais de pouso e, em virtude de o motor ser suspenso, a nave pode ser conduzida lateralmente.

Dispositivos de amortecimento de choque, colocados em cada montante, reduzem o impacto quando a nave se apoia sobre suas pernas, as quais, por sua vez, descansam sobre pés almofadados, de 94 centímetros de diâmetro.”

Do Projeto Apolo, quatro foram os principais lançamentos, os das astronaves Apolo 8, 9, 10 e 11, esta, responsável pela conquista da Lua.

A Apolo 8 foi lançada em 21 de dezembro de 1968, tendo completado

dez voltas em torno da Lua, que foi pela primeira vez circunavegada por seres humanos. A façanha coube aos astronautas Borman, Lovel e Anders, que além de obterem fotos inéditas do espaço sideral, fizeram seis transmissões de TV: duas na ida, duas em órbita e duas na viagem de regresso. Um dos resultados do lançamento da Apolo 8 foi a descoberta de que a Lua tem a forma de uma pêra, e não a de uma esfera achatada nos pólos, como se acreditava. Esta configuração, juntamente com as protuberâncias magnéticas no seu interior, afetam ligeiramente uma nave espacial que circunavegue o satélite, distorcendo uma trajetória orbital até 4 500 metros por revolução.

A missão da nave Apolo 9, lançada em seguida, foi testar o Módulo Lunar no espaço. Tripulada pelos astronautas David R. Scott, James Mc Di-

vitt e Russel L. Schweickart, circulou em órbita terrestre, e teve pleno êxito.

A Apolo 10 foi lançada do espaçoporto de Cabo Kennedy em 18 de maio de 1969, colocando em órbita lunar os astronautas Eugene Cernan, Tom Stafford e John Young. O Módulo Lunar foi então testado em plena viagem em tórno do satélite da Terra: dois astronautas partiram em seu interior, enquanto apenas um ficou pilotando a nave-mãe. Sobre a Apolo 10, assim escreveu o correspondente de Washington, Harold Courlander:

"A missão realizada pelo Módulo de Comando da "Apolo-10" foi muito semelhante à efetuada pela "Apolo-8". O Módulo Lunar foi a novidade desse vôo, uma vez que a citada nave conduziu os astronautas até uma distância de 15 km da mesma superfície.

Desde que os primeiros pequenos satélites foram lançados no final da década de 50, as coisas se passaram como se todo o conhecimento reunido

e codificado, através dos séculos, por homens como Euclides, Arquimedes, Newton, Kepler, Copérnico e Galileu, e muitos milhares de outros após eles, fôsse aproveitado, num certo momento do tempo e do espaço, para lançar o homem em uma nova aventura.

A Lua das fábulas e lendas transformou-se, de repente, em parte do meio ambiente terrestre que o homem reclamava para si mesmo. Tudo correu com tanta rapidez, que a experiência lunar parece ter sido realizada à semelhança do surgimento de Atenas diante de Zeus.

Há propósitos práticos, utilitários e dignos de consideração para reclamar e utilizar a Lua em benefício da raça humana. Todavia, o homem, de certa forma, poderá ser agora cativo de uma idéia. Uma vez convencido de que é possível realizar uma proeza, pode perseverar na busca da mesma, mesmo quando só de longe divisar a sua situação.



Fig. 4 — As crateras da superfície lunar vistas com detalhes bastante nítidos. Foto obtida da nave Apolo 8. (Seção de Imprensa da Embaixada dos Estados Unidos).

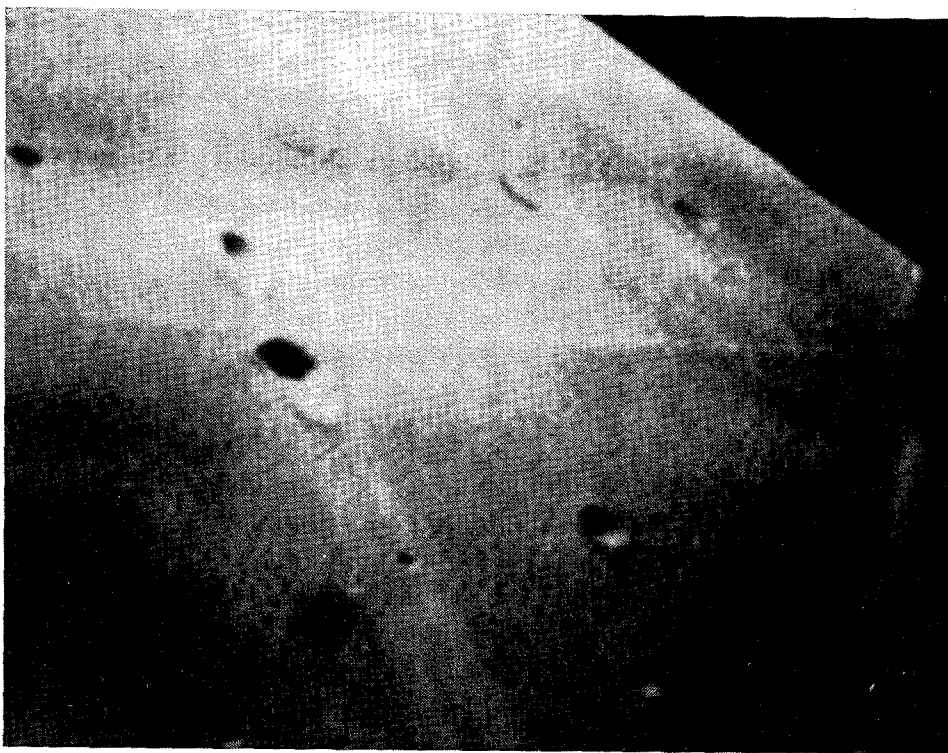


Fig. 5 — O Mar da Fertilidade, uma das regiões de relevo menos acidentado da Lua, é visto pela primeira vez, fotografado pelos astronautas da Apollo-10. Na foto aparecem também as crateras Messier e Messier A, as duas maiores, que dominam essa vasta e desolada região da paisagem lunar.

Impulsionados por essa característica, os seres humanos viajaram através de continentes e mares, e puseram em movimento forças históricas que não eram capazes de prever, e muito menos de compreender. No entanto, estão, atualmente, tentando prever algumas coisas e controlar certas forças relacionadas com a conquista da Lua.

Entre outras coisas, o tratado que regulamenta o uso do espaço exterior obriga as nações a reservar a Lua para fins pacíficos. Não há dúvida de que tais fins pacíficos poderão proporcionar benefícios hoje inimagináveis.”

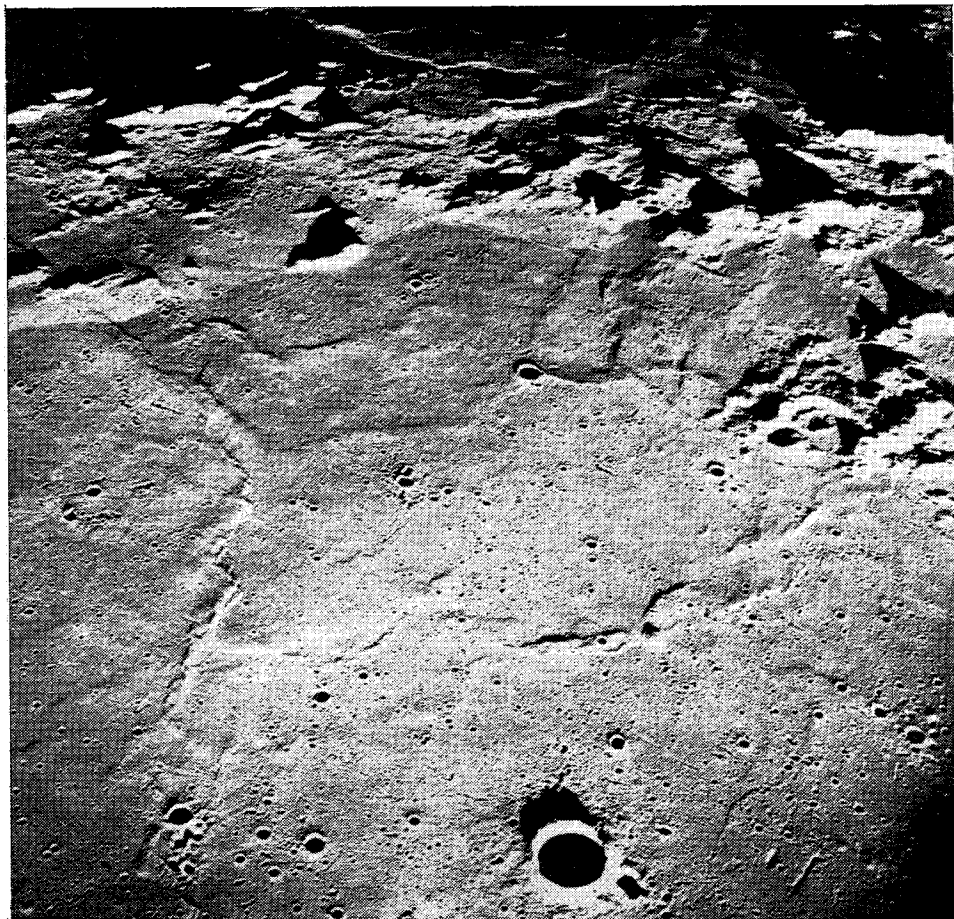
Em 16 de julho de 1969 era lançada de Cabo Kennedy a nave Apolo 11, conduzindo em seu interior os astronautas Neil Armstrong (comandante), Edwin Aldrin (piloto do Módulo) e Michael Collins. Estes homens realizaram a mais fascinante aventura que a inteligência e a audácia de muitos planejaram cuidadosamente: a conquista da Lua, e ainda transmitiram todas as peripécias do acontecimento,

com calma e precisão, pela televisão, para a Terra, fotografando o que podiam, colhendo amostras do solo, e voltando sãos e salvos ao planeta de origem.

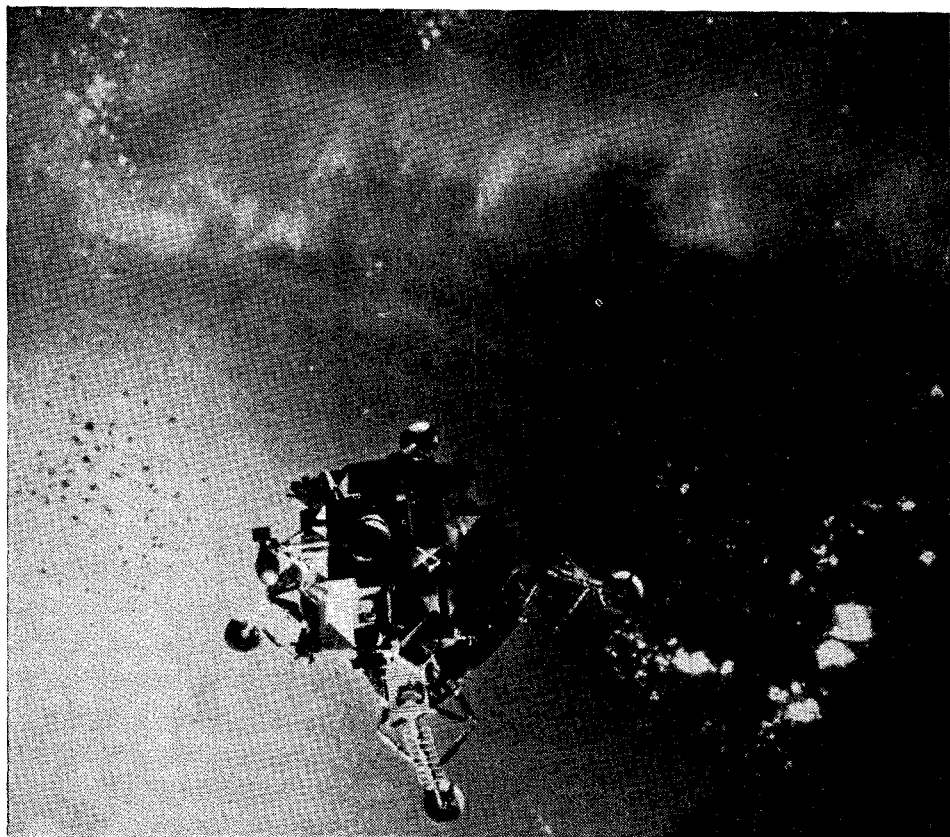
O que representou para o mundo, para a ciência, para os costumes, para a sociedade, para o estado psicológico da humanidade, para a cultura e para o espírito, o feito dos astronautas norte-americanos, é algo de uma dimensão que não caberia talvez em um modesto trabalho de jornalismo científico.

Entretanto, procuraremos descrevê-lo, embora resumidamente.

Inicialmente, é necessária uma descrição do poderoso foguete Saturno-V, engenho propulsor da nave que conduziu ao solo lunar os três astronautas. A NASA — Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço — revelou que o foguete Saturno V, montado no Centro de Vôos Espaciais Marshall, em Huntsville, Alabama, foi o responsável pela difícil tarefa de vencer a gravidade da terra e impulsionar a cápsula Apolo, em direção à



**Fig. 6** — A chamada Area 3, da superfície lunar, próxima da Baía Central. Em primeiro plano vê-se a cratera Bruce, com aproximadamente seis quilômetros de diâmetro. Esta foto, cedida pela Secção de Imprensa da Embaixada dos Estados Unidos, foi tirada de uma altura de 15 km, e revela, com nitidez, as milhares de pequenas crateras existentes no solo.



*Fig. 7 — Em primeiro plano vê-se o Módulo Lunar fotografado a 160 quilômetros de altura sobre o Oceano Atlântico, o qual aparece semi-encoberto por algumas formações de nuvens. A fotografia foi obtida pelo astronauta David Scott, de bordo do Módulo de Comando da Apollo-9, no quinto dia de sua missão orbital. No interior do Módulo Lunar, também denominado "Aranha", encontravam-se os astronautas James McDivitt e Russel Schweickart.*

Lua. Os tanques instalados em seus três estágios têm a capacidade de armazenar dois milhões e meio de litros de combustível, mais do que os reservatórios d'água de muitas cidades norte-americanas. Essa enorme massa de combustível foi consumida em apenas 17 minutos. Milhares de operários e técnicos trabalharam em laboratórios e fábricas, através de todos os Estados Unidos, a fim de que os milhares de peças e instrumentos do foguete funcionassem com perfeição. Colocado em sua plataforma de lançamento de Cabo Kennedy, o Saturno V media 111 metros de altura, incluindo os três estágios e a cápsula Apolo. Seu peso era de 250 toneladas. A Boeing Company foi a firma responsável pela construção do primeiro estágio, impulsionado por 5 motores F-1, construídos pela

Divisão Rocketdyne da North American Aviation Inc. Cada motor F-1 tem a potência de 680 000 quilos de empuxo, sendo, pois, de 3 440 000 quilos o empuxo do primeiro estágio. A Divisão Rocketdyne foi também responsável pela construção dos motores J-2 para o segundo e terceiro estágios do Saturno V. Cinco motores J-2 deram ao segundo estágio um empuxo de 450 000 quilos. O terceiro estágio possuía apenas um motor J-2. Sua tarefa foi colocar a nave espacial em órbita terrestre. Mais tarde foi acionado novamente para colocar a cápsula em sua trajetória com destino à Lua. A responsabilidade pelo terceiro estágio coube a Douglas Aircraft Company. O foguete Saturno V tem potência suficiente para colocar uma carga de 11 toneladas em órbita da

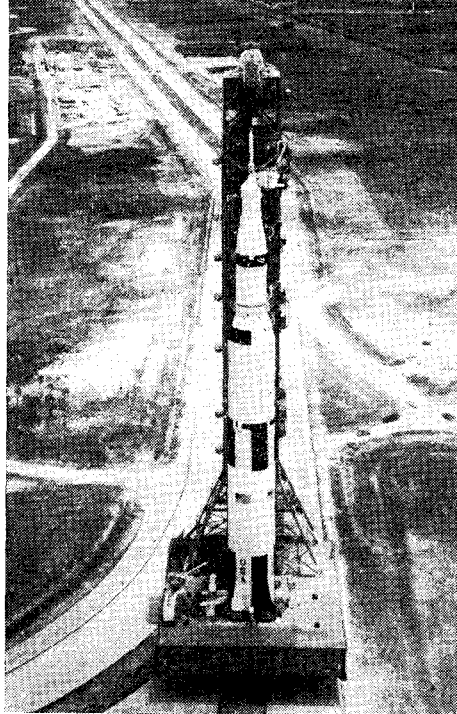


Fig. 8 — A nave espacial "Apollo-11", que conduziu os três astronautas norte-americanos para o primeiro pouso do homem na Lua, é transportada lentamente na ogiva de um foguete Saturno V, em sua plataforma móvel, para o local de lançamento em Cabo Kennedy. A altura total do enorme conjunto foguete-cápsula-módulo é de 111 metros. A viagem de cinco quilômetros, desde o Edifício de Montagem Vertical (de 52 andares, de onde foi batida a foto) até o local de lançamento durou seis horas.

Terra. A cápsula Apollo, com sua tripulação de três homens, pesava cerca de 4 toneladas. Na missão Apollo, o foguete Saturno-V teve o seguinte desempenho em seus 17 minutos de vôo: Ao ser lançado, o primeiro estágio impulsionou uma carga de 250 000 quilos e, em dois minutos e meio, a colocou em altitude de aproximadamente 70 quilômetros. Uma vez queimado o primeiro estágio, o segundo estágio foi acionado, elevando o Saturno mais 160 quilômetros e fazendo-o atingir uma velocidade quase orbital. Esta etapa durou 6 minutos e meio. Uma vez queimado e ejetado o segundo estágio, foi acionado o terceiro e último, colocando, finalmente, a nave em órbita da Terra. A operação durou cerca de dois minutos. Após as órbitas previstas ao redor da Terra, o terceiro estágio foi novamente acionado durante seis minutos, impulsionando a nave em direção à Lua. A velocidade de escape nesse momento era de 39 000 quilômetros por hora.

Só a perfeita saúde física e mental, e um senso disciplinar férreo, poderiam permitir a seres humanos submeter-se incólumes aos riscos e à inevitável angústia de suportar tamanhas variações de pressão, temperatura e velocidade, embora semi-anuladas pelos recursos da técnica.

Mas os protagonistas da aventura fantástica eram homens de experiência comprovada em suas carreiras, e

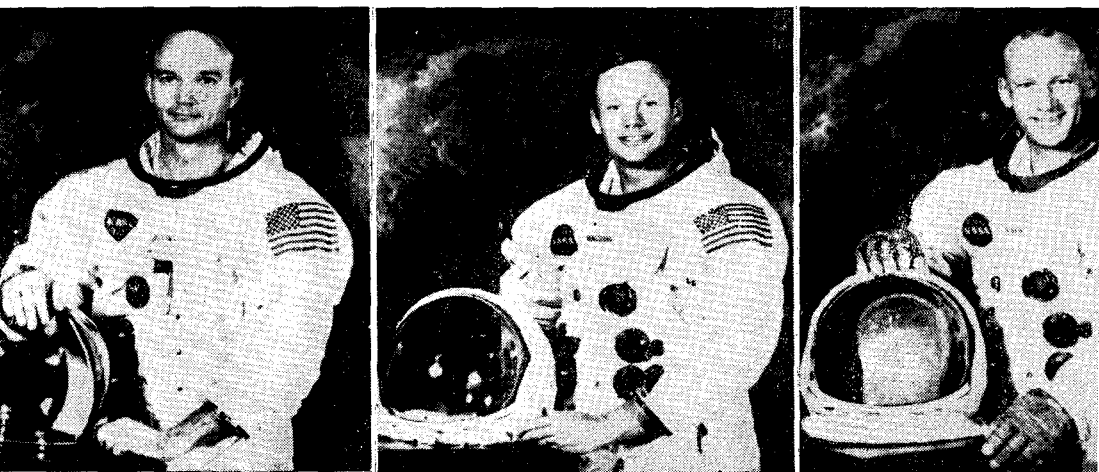


Fig. 9 — Tendo como fundo o Mar da Tranquilidade, na Lua, objetivo da missão Apollo-11, os astronautas norte-americanos Micael Collins, Neil Armstrong e Edwin Aldrin posam, com seus trajes espaciais, em Cabo Kennedy.



Fig. 10 — A placa metálica, vista na foto, com as assinaturas do Presidente Richard Nixon, dos três astronautas norte-americanos da Apollo-11 e encimada por uma mensagem de paz, estava entre os objetos que foram deixados na superfície da Lua por Neil Armstrong e Edwin Aldrin, os primeiros homens a pisar no satélite natural da Terra.

havam sido submetidos a uma fase preparatória das mais cuidadosas e extenuantes. Neil Armstrong, o comandante da cápsula espacial, Edwin Aldrin, o piloto do módulo, e Michael Collins, além de se terem sempre distinguido no desempenho de suas funções aeronáuticas, haviam participado, com inteiro êxito de vôos do projeto Gemini, e inspiravam confiança quanto à sua parte no desempenho da missão. O restante ficaria por conta da segurança do engenho, da precisão dos cálculos e, por que não dizer? de um pouco de sorte também.

Quando, finalmente, foi lançada ao espaço, sob estrondo ensurdecedor, a nave Apollo-11, isto é, o conjunto de engenhos que a compunha, o sonho dos escritores de ficção científica iniciava a sua materialização, e milhões de pessoas passaram a acompanhar a viagem pela televisão, fato que por si já representava uma conquista da tecnologia.

O módulo lunar pousou no satélite natural da Terra às 15 h 17 min. de domingo, dia 20 de julho de 1969, correspondendo às 17 h e 15 min. de Brasília. Seis horas após, descia o primeiro astronauta, Neil Armstrong, enquanto

Aldrin o fazia vinte e nove minutos depois.

— Este é um pequeno passo para um homem, mas um grande passo para o homem — foram as primeiras palavras de Armstrong ao pisar na Lua, no momento histórico para a Humanidade.

O mundo acompanhava a aventura dos primeiros seres humanos na Lua — “fina e poeirenta como carvão em pó sob meus pés; posso ver as pegadas que minhas botas deixam nas finas partículas,” disse o comandante da nave.

Aldrin andava aos saltos, quase correndo, e sentindo na caminhada maior facilidade do que se supunha. Os dois cosmonautas afastaram-se bastante do módulo lunar, recolhendo amostras do solo, e tomando o cuidado de fotografá-las antes. Ambos fincaram no solo uma bandeira dos Estados Unidos, e descerraram a placa colocada numa das pernas do módulo, cuja foto reproduzimos neste trabalho. A placa continha a seguinte inscrição: “Aqui, homens do planeta Terra pela primeira vez pisaram o chão da Lua. 20 de julho de 1969. Viemos em paz por toda a Humanidade”.

O módulo pousou na Lua no mar da Tranqüilidade, a seis quilômetros da zona prevista. Numerosas crateras o rodeavam. Um ligeiro atraso na descida foi provocado pelo terreno, bastante acidentado: Aldrin foi obrigado a manobrar os comandos manuais, voando horizontalmente sobre a superfície da Lua, à procura de um bom local de pouso.

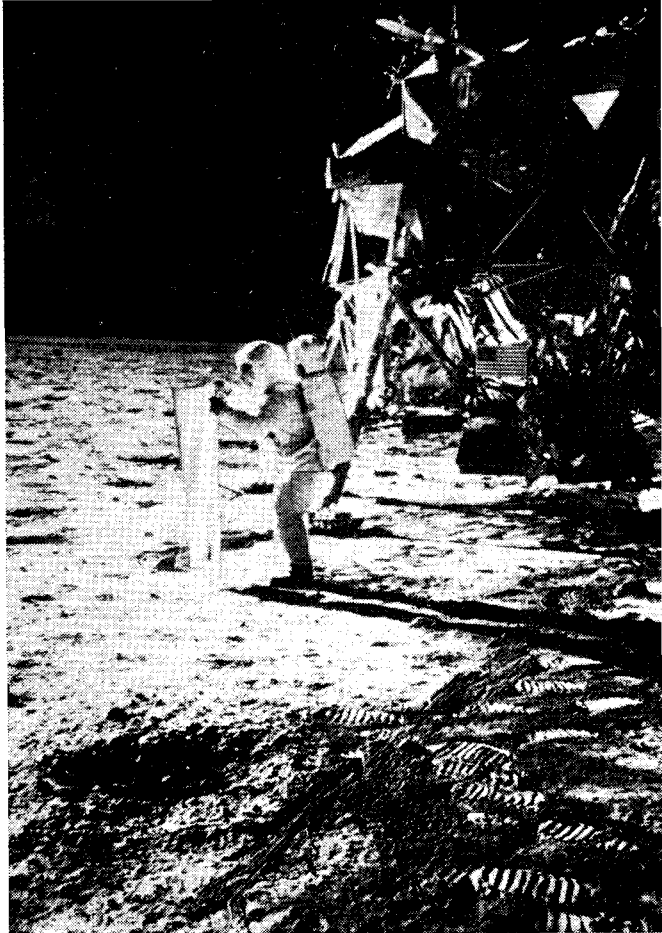
A primeiras impressões dos astronautas sobre a região foram descritas com o registro de muitas elevações, crateras e rochas: o sol alterava as suas cores.

— “Lindo, lindo, lindo; uma desolação magnífica”, — disse Aldrin.

Depois de conversarem com o Presidente Richard Nixon pelo rádio-telefone, os cosmonautas terminaram sua missão e retornaram ao módulo lunar. Michael Collins, o ser humano mais próximo de Aldrin e Armstrong, não viu nada. Não dispo de televisão no módulo de comando, e periodicamente levado para o lado oculto da Lua em decorrência da própria órbita, nem sequer pelo rádio ele podia acompanhar a tarefa de Armstrong e Aldrin — recolher 22,7 quilos de amostras do solo lunar e deixar no satélite um refletor de raios Laser e sismógrafos, para detectar os possíveis terremotos.

As peripécias da volta, a chegada feliz, a quarentena dos três homens,

Fig. 11 — Nesta foto, cedida pela Embaixada dos Estados Unidos, Edwin Aldrin é visto em atividade no satélite natural da Terra, instalando o instrumento coletor de ventos solares. A fotografia foi tirada por Neil Armstrong, cujas pegadas aparecem em primeiro plano. Ao fundo, à direita, o Módulo Lunar. Os leitores podem aqui contemplar detalhes da mais fantástica aventura vivida por três seres humanos: o instante em que um deles trabalhava na Lua.



além de serem do conhecimento de todos, não caberiam neste trabalho, que pretende apenas registrar os fatos principais, seus resultados, e o significado dos mesmos para a Humanidade, particularmente para a Geografia Astronômica, para a Astronomia e para um sem número de ciência afins.

## II

Por que ir à Lua?

Esta pergunta, feita, por muitos, estudantes, profissionais, operários, leigos, pelo homem do povo em geral, reflete a idéia de grande parte da população mundial, segundo a qual as viagens interplanetárias seriam mera consequência da vaidade humana, da rivalidade política entre dois regimes, e não justificariam o emprêgo de somas fabulosas como as que têm sido movimentadas, pois problemas de alta prioridade permanecem sem solução sobre a superfície da Terra, causando so-

frimento e morte: a fome, o analfabetismo, o câncer, as epidemias, as enchentes, os furacões. Com a palavra sobre o assunto, Charles R. Schroth, correspondente de Washington:

“Para esta pergunta não há resposta completamente satisfatória. Não obstante, numerosas respostas parciais podem explicar o motivo da exploração lunar.

Estas incluem as razões oficiais expostas na lei de 1958 que criou o Programa Espacial Civil de Segurança Nacional, a fim de manter os Estados Unidos na liderança dos avanços da tecnologia e da exploração espacial, e a decisão de utilizar “as atividades espaciais com finalidades, pacíficas e científicas, em benefício de toda a humanidade”.

Também há razões de prestígio nacional. E razões filosóficas enraizadas na natureza do homem. A Lua acenou para os poetas, filósofos, amantes e as-



trônomos da antiguidade. É o corpo celeste mais próximo e o primeiro passo necessário para a exploração do sistema solar e, talvez mais tarde, de todo o Universo. Ir à Lua é uma fuga da Terra ancestral, o planeta mãe da humanidade. É, por uma ampliação da liberdade do homem, um passo em favor de sua cultura evolutiva. De modo amplo, a Lua é uma estação de passagem, um ponto de partida para uma penetração maior do Universo. Para os de espírito comercial, poderá ela conter valiosos tesouros minerais, que poderão ser trazidos para a Terra.

Mais difícil de responder é porque gastar bilhões de dólares para chegar à Lua, quando há na Terra tantos problemas à espera de urgente solução.

Em 1961, propôs o Presidente Kennedy que os Estados Unidos tentassem um pouso na Lua, para focalizar o incipiente esforço espacial norte-americano e estabelecer uma meta definitiva.

Naquela ocasião, os Estados Unidos perdiam para a União Soviética a corrida espacial, e a imagem da nação, com razão ou sem ela, era vista através de seus feitos no espaço sideral.

Os objetivos da "Grande Sociedade" não tinham sido definidos. Não havia nos Estados Unidos uma idéia clara e geral sobre a magnitude das regiões pobres. Deixou-se ao governo Johnson a tarefa de proclamar que 28 milhões de norte-americanos, ou seja, 15 por cento da população, eram "pobres", isto é, tinham uma renda anual inferior a 3 300 dólares. Quando o país compreendeu isto, já era demasiadamente tarde, e seria financeiramente desastroso cancelar o Programa Lunar "APOLLO".

O Projeto "APOLLO", como qualquer outro grande programa de desenvolvimento, exigia longo tempo para dar frutos. O vôo da "APOLLO-8" em torno da Lua iniciou-se realmente em 1961, mediante o trabalho de investigação e desenvolvimento que começou a realizar-se então.

Quando o programa contra a pobreza e a guerra no Vietname se tornaram os dois problemas de mais alta prioridade nacional, viram-se os Estados Unidos diante do dilema de perder grande parte dos investimentos feitos em assuntos espaciais ou continuar o projeto. O Congresso decidiu-se pela segunda alternativa.

Carece de veracidade a afirmação de que o dinheiro investido no Programa "APOLLO", uns 24 bilhões de dólares, em 7 anos, esfumou-se no espaço. Este dinheiro serviu, pelo contrá-

rio, para pagar os salários de 350 000 cientistas, engenheiros técnicos e trabalhadores, contribuindo, assim, para a prosperidade nacional. Os impostos sobre esses salários ajudaram a custear programas de caráter social.

O Presidente Richard Nixon declarou que uma das primeiras decisões de seu governo será fixar o orçamento para os assuntos espaciais, dentro do conjunto dos programas prioritários, entre estes os de natureza social e outros.

Ao iniciar-se o ano de 1969 os Estados Unidos não estão inclinados a pôr em prática planos para viagens, ainda mais dispendiosas, à Lua e aos planetas, depois do Projeto "APOLLO".

Em vez disso, o critério da Academia Nacional de Ciências e dos cientistas que assessoram o governo é explorar os planetas com veículos espaciais não-tripulados, que são pouco dispendiosos, substituindo os olhos e ouvidos do homem por aparelhos eletrônicos".

Outro jornalista de Washington, Rufus D. Wells, diz que "milhões de pessoas, em todo o mundo, beneficiar-se-ão, futuramente, do programa espacial dos Estados Unidos."

Os resultados do emprêgo de tempo, energia e dinheiro na investigação espacial norte-americana não são apenas a exploração do Universo, mas também uma crescente lista de subprodutos e técnicas que acabarão por enriquecer a vida na Terra.

O conhecimento adquirido com a tecnologia espacial já produziu tintas para telhados que absorvem o calor, dentes artificiais mais baratos, melhores meios de preservação dos alimentos e outros benefícios.

Tais subprodutos, criação de múltiplas indústrias relacionadas com o programa espacial, são uma adição aos benefícios diretos e mais bem conhecidos da tecnologia do espaço, como os derivados dos satélites de meteorologia, comunicações e navegação.

Quando o Congresso dos Estados Unidos aprovou a Lei da Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço, em 1958 — dando início ao programa norte-americano de exploração espacial —, os legisladores pediram que tal programa fôsse dedicado a finalidades pacíficas, em benefício de toda a humanidade.

A fim de que, no afã de alcançar a Lua e os planetas, não se perdessem os subprodutos da tecnologia espacial, criou a NASA um conselho encarrega-

do de fazer com que as idéias e inovações geradas pelo progresso tecnológico espacial fôsem transferidas às indústrias privadas, para uso não-espacial. Esse grupo de trabalho, que constitui o chamado Escritório de Utilização da Tecnologia, seleciona os itens e idéias com promessas comerciais e mantém uma corrente constante desses novos melhoramentos das atividades espaciais para as atividades não-espaciais.

Tal processo, denominado Transferência de Tecnologia, teve por resultados aplicações comerciais de novas técnicas fotográficas, melhores meios de unir metal com metal e métodos superiores de esterilização de alimentos.

Entre outros novos produtos derivados da investigação espacial estão baterias de acumuladores de maior duração, melhores sistemas óticos e desenhos de antenas mais eficientes.

A exploração espacial produziu numerosos outros benefícios, alguns deles impalpáveis. Por exemplo, o adestramento e técnicas criados pelo programa espacial estão sendo postos à disposição da economia não-espacial.

Além disso, a política norte-americana de compartilhar as suas realizações técnicas e científicas com outros países em todo o mundo significa que, futuramente, tôdas essas novas descobertas estarão beneficiando milhões de pessoas de tôdas as nacionalidades.

Esse desenvolvimento já está dando importantes contribuições à indústria, à medicina, aos transportes, à investigação científica e ao lar. Por exemplo, no poço dos elevadores já estão sendo instalados tubos amortecedores de alumínio, como um meio de segurança. Tais tubos, que foram desenhados para amortecer os pousos na Lua, estão sendo também experimentados em helicópteros e aviões, para evitar ou reduzir os acidentes pessoais em casos de aterrissagens de emergência.

Plásticos leves aperfeiçoados para os foguetes estão sendo usados na construção de vagões ferroviários, com a metade do peso dos carros de aço.

O conceito do passeador lunar, instrumento de exploração mecânica, remotamente controlado, poderá resultar numa cadeira de rodas que subirá escadas, galgará beira de calçadas e atravessará praias arenosas.

Em New York, muitas pessoas têm dentes artificiais feitos de um metal produzido inicialmente para os foguei-



Fig. 12 — Eis o primeiro "close-up" fotográfico das pedras trazidas da Lua pelos astronautas da Apollo-11, em sua viagem ao satélite natural da Terra. A caixa, selada a vácuo, foi aberta no Laboratório de Recepção Lunar, em Houston, Texas. Os cientistas que examinaram essas pedras informaram que as mesmas apresentavam um aspecto "muito sólido", recobertas com uma poeira acinzentada. Disseram ainda que a verdadeira cor das pedras era "difícil descrever".

tes espaciais. Esse metal, ou melhor dizendo, uma liga de ferro, cromo, titânio e outros metais, presta-se muito bem à fabricação de aparelhos dentários, que são mais resistentes, mais finos, mais leves e menos caros do que os atuais.

São ilimitadas as possibilidades de utilizar, na Medicina, os progressos havidos nos programas espaciais. Por exemplo, não está longe o dia em que um médico numa aldeia da Índia poderá consultar um colega num hospital de Nova York, por meio de um satélite de comunicações estacionário no espaço. Ambos os médicos, embora separados por milhares de quilômetros, poderão ouvir, simultaneamente, as batidas do coração do paciente e, então, trocar impressões sobre o melhor tratamento a ser aplicado.

Os satélites de comunicações dos Estados Unidos estão, cada vez mais, tornando possível a consulta aos mais

notáveis especialistas em qualquer ramo da Medicina, em qualquer — parte do mundo.

As experiências de diagnósticos e consultas a longa distância — pelo telefone, rádio, televisão e satélites — demonstram que essas técnicas são exequíveis.

As conseqüências para uma atenção médica melhor são muito amplas. E assim é especialmente nas nações em desenvolvimento, onde a escassez de médicos e pessoal auxiliar é mais notória.

Podemos ainda enumerar as seguintes aplicações práticas da Astronáutica, isto é, algumas conseqüências das atividades espaciais: da Apolo-9 foram tiradas fotos que revelam a fertilidade e o estado das colheitas em terras irrigadas ao longo do rio Colorado. A fotografia, via satélite, também pode ser útil ao estudo das condições do solo, beneficiando a agricultura. Pontos estratégicos de natureza militar, bem como sistemas de comunicação rodoviária são igualmente fotogra-

fados com perfeição. Podem ser antecipadas tempestades, furacões e tufões, por métodos que permitem inclusive auxiliar a extinção de grandes incêndios florestais. Da Gemini-5 foi tirada foto que permite estudos oceanográficos de utilidade imediata. As naves Gemini e Apolo revelaram material, de cujo exame se pôde calcular o grau de umidade do solo, o índice de evaporação dos lagos e reservatórios, e a quantidade de água precipitada das montanhas, após o degelo. E a Gemini-11 revelou uma área vulcânica de 3 300 km de extensão, indo do Líbano à Argélia, e até então desconhecida dos geólogos.

Como se vê, os resultados das atividades espaciais norte-americanas, bem como os da URSS, trouxeram para a Humanidade benefícios incalculáveis, não se restringindo apenas aos domínios filosóficos ou políticos.

Há ainda que fazer menção sobre a análise química de uma pequena porção da poeira lunar, divulgada pelo Laboratório de Recepção Lunar de

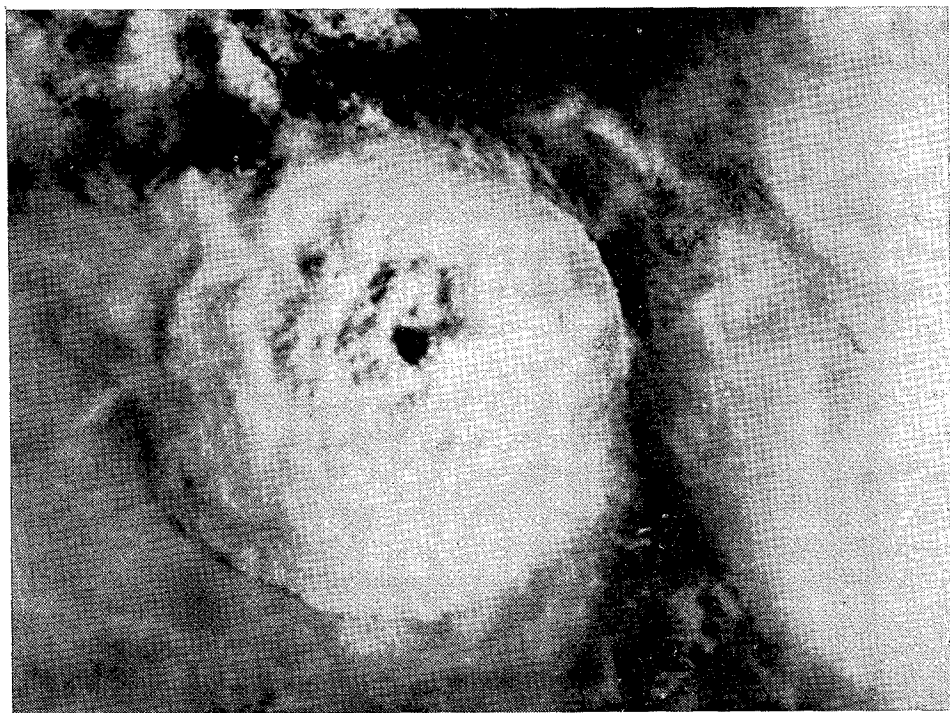


Fig. 13 — Os astronautas norte-americanos que tripularam a nave espacial "APOLLO-9" conseguiram, entre outras coisas, fotografar o núcleo de uma tormenta que se abatia sobre a América do Sul. Esta foto, de características realmente inéditas, liberada pela NASA (Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço) foi batida no exato momento em que a "APOLLO-9", em órbita da Terra, sobrevoava o centro da forte tempestade.

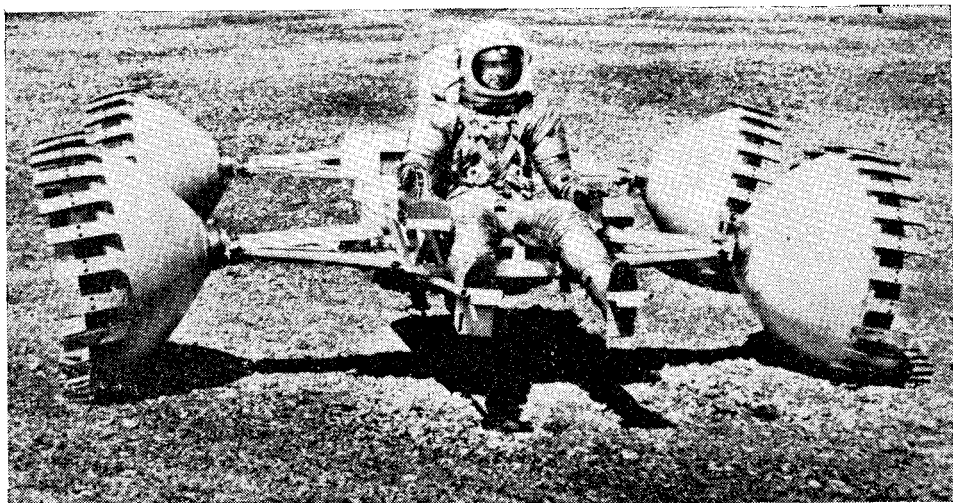


Fig. 14 — O veículo experimental da foto, chamado de lunamóvel, projetado nos Estados Unidos, proporcionaria aos astronautas norte-americanos enviados à Lua a capacidade de explorar 100 vezes a área que poderiam percorrer a pé.

Houston. O primeiro comunicado deu ciência do seguinte:

1 — A composição global do material lunar analisado pelos cientistas norte-americanos se assemelha bastante ao obtido pelo método de Alpha Activation, utilizado pelo Surveyor 5, que se encontra a 32 quilômetros do local onde pousou o Módulo Lunar da Apolo-9. De acôrdo com Turkevich, a composição obtida continha 58 por cento de oxigênio, 18 de silício e 7 de alumínio.

2 — Além desses elementos essenciais, a análise abrangeu mais 33 elementos químicos. Os dados obtidos pelo Laboratório de Recepção Lunar revelam, particularmente, a concentração de elementos básicos, no solo lunar, que não estão misturados de modo perceptível com partículas de meteoritos ferrosos.

3 — A proporção de titânio é bastante elevada, em comparação com as amostras terrestres e as de meteoritos. A porção de poeira lunar analisada é composta de fragmentos de cristal bruto, glóbulos de cristal e fragmentos minerais.

De acôrdo com o documento divulgado em Houston, esta primeira análise química foi realizada da seguinte maneira: depois de uma preparação apropriada, pequenas quantidades de poeira lunar foram colocadas sob um arco de carvão e vaporizadas. A luminosidade assim obtida foi analisada pelo método espectrográfico e o

espectro produzido por cada elemento foi medido em chapas fotográficas.

Esta operação foi repetida quatro vezes, com técnicas diferentes e em análises separadas. Tôda substância, quando elevada a uma temperatura na qual se vaporiza, emite freqüências de onda características dos elementos que a compõem. Comparadas tais freqüências de onda com uma escala preestabelecida nos laboratórios, pode-se estabelecer a composição da substância que está sendo estudada.

Os químicos norte-americanos que analisaram a poeira lunar trazida por Armstrong, Collins e Aldrin, declararam que os seus elementos essenciais correspondem exatamente aos que formam o basalto<sup>7</sup> terrestre.

Há quem defenda a tese de que a poeira lunar é exatamente o basalto transformado por processos que se desenvolvem na superfície da Lua, tais como os bombardeios cósmicos, a ação dos ventos solares etc.

<sup>7</sup> O Professor Antonio Teixeira Guerra, em seu *Dicionário Geológico e Geomorfológico*, 3.<sup>a</sup> edição, 1969, define o basalto como "rocha efusiva de cor escura, pesada, tendo como minerais essenciais o piroxênio augítico, feldspatos calcossódicos (plagioclásio) como a labradorita e a anortita. A decomposição do basalto dá aparecimento a uma argila de coloração vermelha, dando geralmente solos férteis — terras roxas". É interessante atentar para esta definição, tendo em vista as análises químicas do material colhido no solo lunar, bem como as observações do astronauta Edwin Aldrin.

Por outro lado, o geofísico Garry Latham, do Observatório da Universidade de Columbia, afirmou que o sísmógrafo deixado pelos astronautas da Apollo 11 na Lua registrou três movimentos sísmicos no Mar da Tranqüilidade. De acôrdo com os cálculos efetuados, a Lua teria uma crosta de aproximadamente 20 quilômetros de espessura e uma profundidade equivalente à do globo terrestre.

A presença de uma possível prova de extratificação lunar indicaria que a Lua foi produto de uma fusão, processo no qual os materiais mais leves permaneceram na superfície e os mais pesados afundaram. De acôrdo com Latham esta seria a descoberta mais importante feita até agora sobre a natureza da Lua.

Posteriormente, exames mais minuciosos do material colhido no solo lunar, realizados pelo mesmo Laboratório de Recepção Lunar, de Houston, revelaram que as rochas selênicas eram compostas de elementos como o mencionado titânio, o zircônio e o cromo e, em muito menor quantidade, o chumbo, o potássio e o sódio.

A parte superior da superfície das rochas examinadas pelos cientistas da NASA mostrava efeitos de um prová-

vel e intenso bombardeio de meteoritos, aparentando também ter sido continuamente golpeada por enormes quantidades de vento solar, ou seja a radiação emanada do sol.

O material foi ainda posto em contato com vegetais, peixes, aves, mamíferos e seres humanos, revelando ausência de germes patogênicos. As conclusões sob o ponto de vista cronológico foram de que a idade da Lua seria a mesma da Terra, tendo passado pelos mesmos fenômenos de transformação físico-química, apenas com um esfriamento muito mais rápido, não proporcionando condições para o surgimento das "bases geográficas e astronômicas da vida", (Dulcídio Dibo) a que já fizemos referência no início do trabalho.

É de esperar-se que as próximas explorações do solo lunar resultem em muitas revelações a respeito de sua composição química, e modifiquem muitas teorias até aqui aceitas a respeito da idade daquele corpo celeste.

Os cientistas mantêm sua opinião de que não há água próximo da superfície da Lua, apesar da declaração do astronauta Edwin Aldrin de que uma *terra negra* na superfície lunar lhe dera "a impressão de estar úmida".

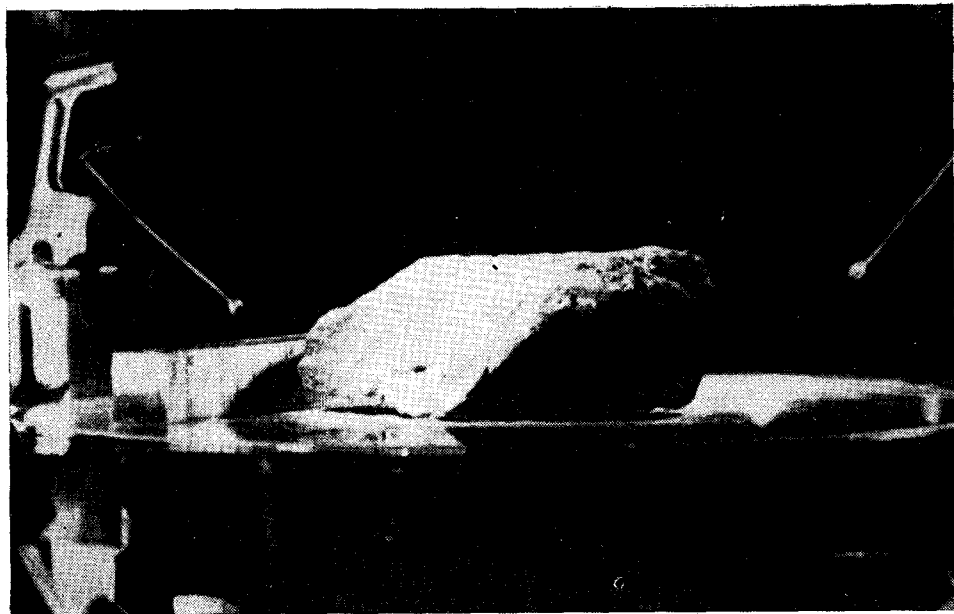


Fig. 15 — *Dentre as amostras da superfície da Lua trazidas pelos astronautas da Apollo-11 está a pedra vista na foto, com quase oito centímetros de comprimento por 3 de largura, que foi submetida a exame.*



Fig. 16 — Na foto, o nôvo selo postal norte-americano, vendo-se o momento em que o astronauta Neil Armstrong pisa, pela primeira vez, o solo lunar. Ao fundo, à distância, aparece a Terra.

Em geral, concordam os cientistas em que não há água na parte externa da Lua. Todavia, as observações de Aldrin abriram novamente o velho debate em torno da possível existência de água nas profundezas da Lua cu dentro das crateras lunares.

A questão é de importância, porque a água é essencial para a existência da vida, e se há água na Lua é bem possível haver ali micro-organismos; a análise de uma pequena porção das rochas de um ponto da superfície não pode ser tomada como conclusão definitiva sobre a configuração e a composição de todo o satélite.

Assim, vemos como os gigantescos empreendimentos de exploração espacial realizados pela URSS e pelos Estados Unidos — principalmente por eles — abriram para os habitantes da Terra os horizontes de uma vida melhor, mais culta e mais confortável.

O mundo há de render eterna homenagem aos pioneiros desta Nova Era: aqueles que desprezaram os perigos e as incertezas e se aventuraram pelo espaço cósmico, bem como aos sábios, cientistas, e homens de estado que coordenaram seus longos e penosos estudos, trabalhos e esforços, para a concretização de tantos fatos surpreendentes e úteis.

E desde o sonho dos nossos antepassados, sob o clarão das fogueiras,

até a glorificação dos astronautas, ao pisarem o solo lunar, tudo o que aconteceu pode ficar como confirmação das palavras de Robert H. Goddard — “É difícil saber o que é impossível, pois o sonho de ontem é a esperança de hoje e a realidade de amanhã”.

## BIBLIOGRAFIA

- Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA)* — Documentário fornecido pela Secção de Imprensa da Embaixada dos Estados Unidos.
- Argentiére, R.* — “Astronáutica”. Editora Fulgor, 1961.
- Asimov, Isaac* — “A Conquista de Novos Mundos” — Tradução de Sérgio e Marisa Barth — Gráfica Record Editora, 1969.
- Dibo, Dulcídio* — “Bases Geográficas e Astronômicas da Vida no Planeta Terra: um Ensaio” — Boletim Geográfico número 179 — Março-Abril de 1964.
- Editôra Fundo de Cultura* — “Panorama da Ciência do Espaço” — Diversos — Primeira edição brasileira — Janeiro de 1964 — Traduzida de Space Science Series. — *Form Lectures in the Voice of America.*
- Fonseca, Eurico* — “História Breve da Astronáutica” — Editorial VERBO — Lisboa — Portugal.

- Gagárin, Yuri e Liébedev, V.* — “Psicologia e Cosmos” — Gráfica Record Editôra — Tradução de Vera Neverovna.
- Lent, Henry B.* — “A Sobrevivência do homem no Espaço Sideral” — Coleção “O Mundo e Nós” — Editôra Fundo de Cultura — Tradução do original “Man Alive in Outer Space” por Mário Salviano. 1963.
- “*Nôvo Dicionário Brasileiro Melhoramentos*” (Ilustrado) Companhia Melhoramentos de São Paulo, 1969.
- Puig, Ignácio, S. J.* — “Atlas de Astro-nomia” — Tradução de Walter da Silva Curvelo — Edição para Livro Ibero-Americano — Ltda., de Barcelona, Espanha.
- Schussler, Raymond e Eileen* — “Rumo às Estrélas” — Coleção “O Mundo e Nós” — Editôra Fundo de Cultura — Rio de Janeiro.
- Teixeira Guerra, Antônio* — “Dicionário Geológico Geomorfológico” — Fundação IBGE — Instituto Brasileiro de Geografia — 3.<sup>a</sup> edição — 1969 .

## Interpretação de Fotografias \*

### Comunicação da União das Repúblicas Socialistas Soviéticas

Em fototopografia aérea, a interpretação influi muito sobre o custo de trabalho; a parte que representa atinge aproximadamente um terço da despesa total, enquanto na revisão das cartas constitui apenas a metade.

Para obter fotografias que permitam a melhor interpretação possível, é necessário sobretudo levar em consideração as condições naturais (poder reflexivo dos objetos, iluminação, assuntos a serem fotografados, grau de luminosidade, etc.) e adotar instrumentos adequados e técnicas apropriadas (tipos de filmes e máquinas para fotografias aéreas, condições nas quais os filmes serão revelados, etc.). A interpretação efetiva das fotografias, isto é destacar as informações que contém, depende do grau de nosso conhecimento do terreno, das características da formação das imagens peculiares aos assuntos fotografados (chave de sua interpretação), das técnicas aplicadas e do equipamento de que se dispõe.

Nas regiões acidentadas, florestadas e urbanas, as máquinas de tomadas de vista, com objetiva fraca-angular, ou com campo normal dão bons resultados. Quanto à interpretação das fotografias de planícies sem árvores e de fraca densidade de população, as máquinas com objetiva grande-angular e de curta distância focal são preferíveis.

A qualidade da imagem depende, em grande parte, do tipo de filme utilizado. Os mais difundidos são os filmes pancromáticos que permitem uma interpretação mais perfeita da maioria dos objetos, em comparação com a dos outros filmes em branco e preto. Em determinados casos, como por exemplo a fotografia das florestas tropicais ou das zonas irrigadas, são utilizados filmes infravermelhos, cujas qualidades completam as dos filmes pancromáticos.

No que se refere aos filmes em cores, alguns foram concebidos para reproduzir as cores de modo natural, e outros para reproduzi-las de modo relativo com a mudança preestabelecida dos contrastes. Os primeiros são filmes de camadas múltiplas negativas e reversíveis, enquanto os segundos compreendem um certo número de filmes sensíveis a determinadas radiações do espectro. Os filmes que reproduzem as cores de modo natural são melhores para interpretar as paisagens de cores variadas, nas regiões de pequenos vales, nas florestas mistas, no outono, nas grandes cidades, com numerosas zonas de verdura, bem como nos bairros industriais. Os filmes que representam as cores de modo relativo, notadamente os filmes de camadas múltiplas, sensíveis a determinadas radiações do espectro (pancro-infravermelho) e os filmes com três camadas (orto-pancro-infravermelho) prestam-se muito à interpretação da vegetação (sobretudo para diferenciar diversas espécies de árvores) e das águas de superfície. Até hoje, os filmes em cores, de camadas

\* Da II Conferência Cartográfica Regional das Nações Unidas para a África — Atas e Documentos Técnicos, Vol. 2, 12/24-set., 1966 — Tunísia.

Tradução de Olga Buarque de Lima.

múltiplas, não podem ser utilizados para as fotografias em altitudes superiores a 4 quilômetros, devido à bruma; pelo contrário, os filmes em cores, sensíveis a determinadas radiações do espectro, dão melhores resultados em altitudes mais elevadas e mostram-se vantajosos quando comparados aos filmes pancromáticos.

Para responder às necessidades da interpretação, a escala da cobertura aérea deveria ser escolhida em função da natureza do terreno e do poder separador dos materiais fotográficos.

Os aparelhos e as escalas de tomada de vista indispensáveis para satisfazer às necessidades de interpretação são, em geral, diferentes daqueles necessários ao encadeamento de fotografias sucessivas e à restituição em aparelhos analógicos. Por este motivo, técnicas diferentes de restituição topográfica são previstas; um método, muitas vezes utilizado, consiste em efetuar sobrevôos suplementares na zona do levantamento (recobrando a totalidade ou partes convenientemente escolhidas da zona) utilizando-se, para isso, aparelhos e escalas de fotografias diferentes.

A época na qual se efetua a cobertura aérea depende, sobretudo, da natureza do terreno. Para decidir sobre os meses da campanha fotográfica, os primeiros fatores que devem ser considerados são as mudanças de aspecto da vegetação e a condição dos solos descobertos, e ainda as variações de nível dos rios e dos reservatórios e as do limite das neves no cume das montanhas. É possível que determinados detalhes importantes do terreno sejam susceptíveis de interpretação, quando registrados durante certos períodos do trabalho fotográfico. Vistas aéreas que mostram particularidades importantes do terreno e que só podem ser tiradas em determinado momento do trabalho fotográfico, evitarão muito esforço de interpretação tanto no atelier quanto no terreno. Quando o terreno compreender grandes reservatórios de água, cujo contorno que se deseja indicar é o que corresponde ao nível normal da superfície, épocas especiais serão selecionadas para efetuar-se a cobertura aérea.

Para escolher-se o momento do dia em que se efetuará a cobertura aérea, deve-se levar em consideração as condições atmosféricas e óticas e a natureza do terreno. Por exemplo, é necessário fotografar as regiões de pla-

nieie destituídas de árvores, em que o microrrelêvo complica ainda mais o trabalho, ou no começo ou no fim do dia, a fim de se obter sombras alongadas do microrrelêvo, facilitando, desse modo, a identificação; a fotografia das montanhas e das cidades, em tais horas, permite ver melhor os detalhes, graças às sombras que são relativamente transparentes; em outros casos as horas próximas do meio-dia parecem ser mais convenientes, etc.

A interpretação topográfica depende muito do emprêgo de instrumentos, não só em gabinete, como também no terreno, pois as imagens de vários objetos nas fotografias aéreas diferem umas das outras unicamente nos detalhes mais finos, enquanto a dimensão de certos objetos é extremamente pequena.

A interpretação no campo é efetuada com a ajuda de estereoscópios de espelhos e lentes e de estereoscópios de prisma ou de binóculos estereoscópios. Os instrumentos estereoscópicos de campo não comportam dispositivo de medida, pois as características quantitativas dos objetos podem ser determinadas no local.

No que se refere aos instrumentos estereoscópicos utilizados para a interpretação em gabinete, os operadores das expedições topográficas utilizam estereoscópios de mesa e estereômetros topográficos; pelo contrário, nas instalações fixas, empregam-se aparelhos universais de restituição estereoscópicos, assim como o instrumento mais recente, conhecido sob o nome de interpretoscópio.

Os métodos utilizados para interpretação topográfica baseiam-se, essencialmente, em uma combinação de operações de gabinete e de campo: interpretação de tôdas as faixas no terreno; interpretação de tôdas as faixas em gabinete; interpretação no terreno de uma seleção de faixas (fotografadas tanto no solo, como de avião) seguida da interpretação em gabinete da zona inteira; interpretação em gabinete completada com dados suplementares no campo, etc.

A interpretação completa no terreno, de tôdas as faixas, é aplicada nos casos de levantamentos, que combinam os métodos aéreos e terrestres e de levantamentos estereotopográficos de terrenos, que comportam grande número de centros de habitação e de estruturas. Num caso destes o fotógrafo observa todos os detalhes da zona e



compara-os com os de sua imagem na fotografia aérea; além disso determina-lhes as características quantitativas e qualitativas e as transporta para as fotografias, utilizando, então, um sistema de sinais convencionais simplificados. Os objetos, que devem figurar na carta topográfica, mas que, por uma razão ou por outra, não podem ser identificados nas fotografias, são reproduzidos por meio de medidas, de interseções, de determinações de posição ou de qualquer outro método e levantamento no terreno.

Quando se elabora uma carta pela combinação dos métodos aéreos e terrestres, a interpretação no terreno se faz sobre um fotoplano, ao mesmo tempo que o levantamento do relevo. Se fôr necessário, uma série de visadas poderá ser realizada em tórno da estação de caminhamento ou das antenas de encaminhamento, tendo em vista uma interpretação mais perfeita. Quando a carta fôr elaborada pelo método estereotopográfico, a interpretação será feita sobre um mosaico, ou um jôgo de fotografias aéreas.

A interpretação completa, em gabinete, de tôdas as faixas, é adotada na elaboração das cartas de países montanhosos, de difícil acesso e de fraca densidade de população, das grandes regiões pantanosas, das regiões desérticas, etc. Para êste gênero de trabalho, convém dispor de fotografias aéreas de alta qualidade, do ponto de vista da interpretação. É necessário também fazer uso de tôda a documentação disponível e dos dados já assinalados no campo, de acôrdo com um programa especial experimentado por ocasião do levantamento no terreno. A interpretação no atelier compreende obrigatoriamente um estudo estereoscópico das fotografias aéreas, uma análise das indicações indiretas dos detalhes e a sua comparação com aquêles encontrados em regiões que apresentam analogias com o terreno que se estuda.

Uma interpretação completa das faixas, em gabinete, necessita de mosaicos na mesma escala que a carta, e jogos de fotografias com recobrimento estereoscópico. Dêsse modo, tem-se a dupla vantagem de uma visão completa do terreno em questão e a possibilidade de estudar os objetos por meio de um modelo estereoscópico de cada zona.

A interpretação no terreno, de faixas selecionadas, seguida da interpre-

tação de gabinete é o método adotado quando se trata de regiões bastante difíceis de interpretar e que, além disso, foram estudadas de modo insuficiente, sob o ponto de vista geográfico. Escolhem-se as faixas que recobrem zonas tipos, cuja interpretação no local facilitará a interpretação no gabinete de todo o resto da região fotografada e que permitem, igualmente, restituir detalhes planimétricos, tais como os edifícios e as ferrovias, ou as linhas de transmissão, das quais não se pode identificar as características com a ajuda dos instrumentos. A interpretação é efetuada em faixas de terreno, com florestas, largas de 250 m e nos de 500 a 1 000m, em espaços abertos, utilizando-se binóculo no último caso.

Escolhe-se o local das estações de observações para interpretação no campo, em pontos típicos da região, ou que são por demais complicados para permitir interpretar a paisagem. Em média, o trapézio coberto por uma carta na escala de 1/25 000 a 1/150 000, comportará seis ou sete estações. Em cada uma delas proceder-se-á a um estudo detalhado de todos os elementos que constituem as imagens das fotografias aéreas. Êste estudo tem por finalidade determinar as relações entre os detalhes topográficos, assim como entre êstes detalhes e sua imagem fotográfica. Nas estações são, igualmente, desenhados croquis e tiram-se fotografias, que serão completadas, algumas vezes, por cortes transversais (de ravinas, de detalhes do microrrelevo, etc.).

Se fôr verificado que a criação de uma tal rede de interpretação, por meio de estações de observação, não é razoável nem prática, ela poderá ser substituída por uma rede menos densa, que fornecerá locais para o estabelecimento de pontos chaves de interpretação. Pelo fato de que cada ponto chave servirá para vários trapézios, êle se torna mais importante que uma única estação de observação. Para determinar-se o local, é necessário escolher pelo menos um par estereoscópico de fotografias aéreas e confiar a interpretação detalhada e a análise das imagens a engenheiros especializados.

Utilizam-se, cada vez mais, as observações aerovisuais efetuadas por meio de pequenos aviões ou de helicópteros para interpretação de faixas convenientemente escolhidas em regiões de difícil acesso; êste processo

aumenta o rendimento e a qualidade do trabalho de interpretação no terreno. Neste caso, combina-se a interpretação efetuada de um avião em vôo ou de um helicóptero em vôo estacionário, acima dos pontos escolhidos, com a interpretação feita no terreno, nas estações de observação e nos pontos chaves; este método é indispensável para estabelecer certas relações e características tais como a profundidade dos pântanos e dos cursos d'água, o gênero de água dos rios, etc. A altura ideal do sobrevôo é de 150 a 200m e de 300 a 350 m, numa velocidade média de 70 a 80 quilômetros por hora. É preferível que dois operadores trabalhem simultaneamente, de modo a evitar, tanto quanto possível, que hajam lacunas.

Para efetuar-se a interpretação em gabinete, segundo esta técnica, transporta-se, inicialmente, sobre um mosaico ou um fotoplano todos os dados recolhidos no terreno e em avião, nas estações de observação e nos pontos chaves. Utilizando-se estes dados como base e servindo-se das indicações diretas e indiretas dos detalhes, como também de toda a documentação acerca da região, procede-se à interpretação, no atelier do resto do terreno que foi fotografado.

A interpretação de gabinete, seguida de trabalhos complementares no campo, é um método já bastante difundido e que se tornará, sem dúvida, no futuro, o mais corrente. Sua característica principal é a de que as fotografias aéreas são feitas durante os pe-

ríodos mais apropriados, um ano antes ao dos trabalhos topográficos efetuados no terreno. Uma vez terminada a cobertura aérea, o chefe das fotointerpretadoras faz reconhecimentos geográficos, recolhe documentação e dados e prepara, quando seja possível, alguns pontos chaves de interpretação. Durante os meses de outono e de inverno, os topógrafos efetuam a maior parte do trabalho de interpretação nos mosaicos, utilizando, para isso, todos os instrumentos disponíveis e marcando, com seus símbolos todos os detalhes que foram identificados sem erro possível. Fazendo isto, delimitam as seções do terreno, em que observações no local serão necessárias, o que permite estabelecer um programa de operações, com a participação, não apenas das fotointerpretadoras, mas igualmente dos fotogrametristas que ligam as fotografias sucessivas. O trabalho de interpretação complementar no terreno não é apenas útil, mas ainda permite reduzir ao mínimo o tempo necessário para o desenho durante os trabalhos de campo. A interpretação das seções, para as quais uma visita no local foi prevista segue a ordem normal das operações.

O sistema de elaboração das cartas adotado na URSS, que prevê a representação de todos os tipos de terreno, por sinais convencionais, de um modo correto, e, ao mesmo tempo, do ponto de vista geográfico e técnico, é de uma importância primordial na organização precisa do trabalho de interpretação.

## Notas Sobre a Zoogeografia de Mamíferos Gravígrados do Quaternário de Cuba, Hispaniola e Pôrto Rico

ESTANISLAU KOSTKA PINTO DA SILVEIRA \*

### I

#### AS GRANDES ANTILHAS

As Grandes Antilhas são as quatro maiores ilhas do Arquipélago das Antilhas ou das Índias Ocidentais e que são: Cuba, Hispaniola (Haiti), Pôrto

Rico e Jamaica. Os geólogos estão divergentes em suas opiniões sobre a origem destas ilhas; uns afirmam serem estas ilhas *continentais*, isto é, fragmentos de rochas continentais de uma outrora maior América Central. Seriam ilhas originadas por outros quaisquer fatores que não fosse o vulcanismo (Schuchert, 1935). Outros afirmam hoje que se pode dizer, com maiores probabilidades de acerto, que as Grandes Antilhas são ilhas *oceânicas* e vulcânicas! Diz-nos Darlington (1957): "Cer-

\* Do Centro de Conservação da Natureza

Nota do Autor — Errata referente ao Boletim Geográfico 209 — Ano XXVIII, março-abril 1969. Onde se lê "*andersonii*", leia-se *adansonii*

tamente, o zoogeógrafo usaria as provas geológicas com cuidado e estaria, inicialmente, na dependência de provas zoológicas para poder formular uma opinião básica e definitiva sobre a natureza e a história das faunas insulares antilhanas. Se tais evidências, geológica e zoológica, concordam entre si, melhor ainda, pois esta concordância serviria para reforçar qualquer opinião que fosse favorável àquelas evidências. Em caso contrário, se elas não concordam entre si, as razões para tal divergência serão dignas de atenção. Os zoogeógrafos discordam, também, entre si e as provas zoológicas são incompletas, ou duvidosas, em muitos casos."

"As faunas de muitas ilhas são ainda incompletamente conhecidas e, o que é pior, o documentário paleontológico de animais insulares é normalmente pobre e, em muitos casos, não vai além do Pleistoceno."

"Wallace (1880) fez uma nítida distinção entre ilhas continentais e oceânicas. Definiu as ilhas continentais como sendo fragmentos destacados de continentes, consistindo de rochas continentais complexas e sempre habitadas por alguns mamíferos terrestres e por anfíbios,<sup>1</sup> e as ilhas oceânicas como tendo sido originadas no oceano, consistindo de rochas vulcânicas e calcário coralígeno e carecendo de mamíferos terrestres e de anfíbios.<sup>1</sup> Geologicamente falando, esta distinção pode ser verdadeira, embora a geologia de ilhas varie muito mais do que imaginava Wallace, porém, zoológicamente, tal distinção não é correta. Naturalmente, algumas faunas insulares são totalmente continentais, sendo parte óbvia de faunas de continentes recentemente separados pela inundação de terras de ligação e outras são puramente oceânicas, porém, estas duas formas de faunas estão conectadas por uma grande série de mesclas intermediárias e a classificação de faunas, unicamente nestas duas categorias, nos casos duvidosos, é incorreta."

*Relêvo antilhano* — (a) Possuem um arco montanhoso externo, formado mais recentemente.

(b) Possuem uma área central, mais antiga, onde há os principais maciços montanhosos.

(c) Possuem um arco interno representado pelas Pequenas Antilhas, de origem vulcânica e recente.

Em certas Grandes Antilhas há planícies e maciços, de origem vulcânica, que em certas partes ultrapassam os 3.400 metros de altitude (Hispaniola) acima do nível do mar.

*Vegetação atual* — Nas áreas mais quentes e úmidas, com abundante precipitação pluviométrica, ocorre a floresta tropical e, nas regiões menos úmidas, ocorrem savanas. Nas cordilheiras existem as formações botânicas subtropicais e as florestas de coníferas (taigas) e, nas porções ainda mais elevadas, ocorrem as campinas de altitude.

*Fauna atual* — As principais características da fauna de Cuba são: (1) uma grande riqueza e variedade de espécies e raças; (2) uma pobreza em vertebrados; (3) uma profusão de espécies inferiores; (4) existência de espécies de pequeno tamanho; (5) localização de espécies. Algumas espécies estão limitadas ou localizadas num pequeníssimo âmbito. A predominância de morcegos sobre os mamíferos terrestres e arbóreos é um fenômeno oposto àquele que ocorre nos continentes.

Em Hispaniola, as espécies de grandes animais são escassas; antes da chegada dos espanhóis, os mamíferos terrestres já eram raros, com exceção dos roedores e morcegos. Pôrto Rico tem uma fauna muito pequena, no que se refere aos vertebrados.

## II

### CAUSAS PROVÁVEIS DA DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA E HISTÓRIA NATURAL COMPARADA

"Nas Grandes Antilhas o número de espécies animais é pequeno, atualmente; a fauna antilhana lembra mais a sul-americana do que mesmo a centro-americana. Os mamíferos que alcançaram aquelas ilhas, mesmo após sofrer considerável evolução, ali permaneceram. Não se tem registro de que nenhuma espécie tenha se retirado dali, ou retornado pelo caminho percorrido pelos seus antepassados, e que haja se estabelecido por si própria em outra parte."

"Há uma relação bem delineada entre a área e o número de espécies animais e vegetais que tal área pode albergar, sendo essa relação aplicável desde os continentes até as menores ilhas, sendo que o efeito causado pelos limites de áreas é freqüentemente so-

<sup>1</sup> *Amphibia*.

mado a outros fatores, tais como clima, fatores edáficos, etc. ...”

“O clima influi no número de espécies de uma área. Esta pode abrigar muitas espécies, se aquêle fator físico fôr favorável e, inversamente, para uma área similar, apenas poucas espécies serão mantidas, se o clima não fôr tão favorável.”

“Há provas já acumuladas de uma relação entre área e a eficiência da evolução, encontrada na tendência (já observada) de plantas e animais se dispersarem de grandes áreas para pequenas e, também, de climas favoráveis para os menos favoráveis em mais vezes do que o inverso. Darwin verificou a tendência geral para a dispersão ocorrer de norte a sul nos continentes e destes para as ilhas e, assim, ligou esta tendência com área e evolução.”

“O número de espécies é visivelmente correlato com área e clima e, também, com o porte dos indivíduos dessas espécies, pelo menos entre os animais. Maior número de pequenos animais do que de grandes animais ocorrem juntos em muitos lugares e ali, entretanto, há mais oportunidades para competição e seleção de espécies entre as formas pequenas.”

“Partindo da observação daquelas correlações, uma outra correlação ul-

terior é indicada entre o número de espécies e a eficácia evolutiva.” (Darlington, c1965).

Sabemos, também, que o número de gêneros e espécies é proporcional ao número de *habitats* e à diversidade de nichos, numa determinada área, grande ou pequena.

As preguiças terrícolas ou gravi-grados tiveram suas origens na América do Sul com *Hapalops*, um megalonicídeo do Oligoceno Superior e Mioceno da Patagonia, uma forma de pequeno porte para um gravigrado. Evoluíram aquelas neste continente, dispersando-se, com o passar dos tempos, pelas Américas Central e do Norte, sendo que algumas através do mar, entre as terras continentais e as atuais Grandes Antilhas. Esta última emigração de formas terrestres somente poderia ter-se dado por meio de “jangadas” naturais, talvez de mistura ou apoiadas por troncos flutuantes, já que a teoria moderna mais aceita para a origem macroantilhana considera aquelas insulas como ilhas oceânicas, vulcânicas e sem conexão alguma, antiga ou recente, com as massas continentais. Por outro lado, se aceitarmos a hipótese desenvolvida por Schuchert (1935), teremos apenas que admitir a emigração de ancestrais dos gêneros antilhanos através da “ponte” de terras que deveria ter existido, então, até os tempos geológi-

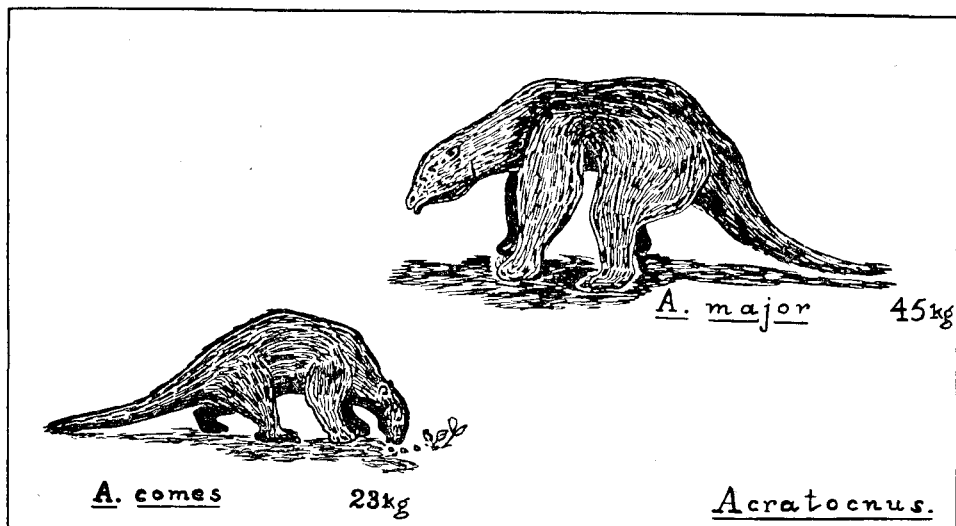
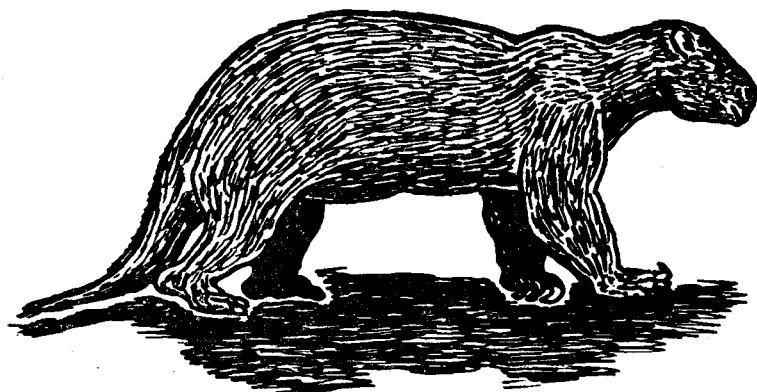


Fig. 1 — Duas espécies maiores das pequenas preguiças terrícolas do gênero *Acratocnus*, em ordem decrescente, *A. major* e *A. comes*. Viveram durante o Quaternário até os tempos históricos contemporâneos. (Desenho do autor. — Mesma escala).



Megalocnus.

70kg

Fig. 2 — O gênero maior que viveu nas Grandes Antilhas durante o Pleistoceno era monotípico, *Megalocnus rodens*.

O animal, do porte de um pequeno urso, pesaria uns 70 kg, sendo exclusivamente terrícola. (Desenho do autor, baseado em esqueleto montado).

camente próximos e que formava uma conexão entre o continente e as Grandes Antilhas atuais. Esta hipótese, para a origem continental das Antilhas, tem certos adeptos hoje, como Beaufort (c1951), o qual nos diz, referindo-se aos pequenos gravígrados, já um tanto pesados para uma trasladação natural sobre "jangadas" ou "ilhas-flutuantes" que: "It is hard to imagine these huge animals arriving in the West Indies on rafts!" Barbour (1914), estudando a herpetofauna antilhana, observou que a sua distribuição mostra que as Antilhas têm estado em conexão, entre si, em várias épocas, bem como com as terras continentais centro e sul-americanas.

Durante o Plioceno Superior foram poucas as formas que alcançaram a América Setentrional, porém, no Pleistoceno, um número maior de gravígrados alcançou este continente. Os megalonicídeos são as preguiças terrícolas mais primitivas. A partir de tipos pequenos, como os ancestrais do grupo, a superfamília *Megalonychoidea*, juntamente com outros grupos de xenartros, cresceu no porte dos seus representantes até ao gigantismo (Lei do Aumento do Tamanho, segundo Deperét, 1907). Deu-se a extinção pleistocênica e várias espécies foram desa-

parecendo, também, nos meados da atual época geológica, há 10.000 anos passados (Holoceno); no que se refere aos gravígrados, poucas formas destes, de pequeno porte, megalonicídeos, parecem haver persistido por todo o Holoceno, até os tempos históricos contemporâneos. Dêsse modo, alcançaram a fauna macroantilhana atual, mas acabaram dizimados artificialmente pelos colonizadores. Foram descobertos seus restos, como subfósseis, em cavernas nas Grandes Antilhas de Cuba, Hispaniola e Pôrto Rico, conforme nos relata Miller (c 1929), ao abordar este assunto de grande importância: "... there seems to be no doubt that a ground sloth was a member of the recently man-exterminated fauna of Hispaniola." Por conseguinte, pelo menos o gênero melhor conhecido, *Acratocnus*, com suas três espécies, todas de porte modesto, deve ser também incluído em Zoologia, além da Paleontologia, pois conseguiu sobreviver ao Pleistoceno e ao Holoceno para fazer parte da fauna neotropical hodierna, embora que recentemente destruído pelo maior inimigo da Criação, o Homem civilizado. Foi dizimado pela ignorância e pela crueldade humanas, que também eliminaram dezenas de outras espécies animais.

Vemos, por conseguinte, que existiam, ou poderiam existir ainda, condições ecológicas suficientemente equilibradas para a sobrevivência e perpetuação de algumas, ou pelo menos, alguma espécie daquele gênero de preguiças terrícolas, modestas, em tempos holocênicos e mesmo atuais. As causas da sua sobrevivência até os tempos recentes são menos difíceis de compreender do que as causas da extinção dos gêneros e famílias inteiras dos outros gravígrados maiores.

Sabemos que, num dado grupo, os representantes menores têm maiores probabilidades de sobrevivência através dos tempos geológicos do que os seus congêneros agigantados, porque aqueles requerem menor espaço vital, menor quantidade de alimento, possuem maior e mais fácil mobilidade e rapidez e, portanto, mais facilmente se ocultam e protegem dos seus inimigos naturais e acidentais; têm ritmos reprodutivos mais rápidos, produzindo prole, às vezes, mais numerosa e com mais de uma parturição anual (em geral, as formas agigantadas de um grupo qualquer tendem a ser uníparas e monoestrals), do que os seus congêneros maiores. No caso presente, se compararmos os pequenos *Acratocnus* e *Megalocnus* (gravígrados) com as preguiças dendricolas (tardigrados) e com os tamanduás (vermilinguas), no que diz respeito à sua reprodução, podemos lançar a hipótese de terem sido aqueles dois gravígrados igualmente uníparas e monoestrals (o tamanduá-mirim, *Tamandua*, aparenta ser poliestral, com duas épocas anuais de procriação (Enders, 1935, Silveira, 1968, um fato que ainda não está definitivamente comprovado).

Desta maneira, tôdas essas características somadas dão aos pequenos representantes de um grupo, maiores chances de sobrevivência através do tempo geológico, em relação aos seus gigantes congêneros. Por esta razão, vemos que êstes últimos, após evoluir e viver durante um lapso de tempo relativamente menor, tendem à extinção.

Sobre o desaparecimento dos gravígrados, no final do Pleistoceno e início do Holoceno, diz-nos Romer (c1945): "Ground sloths flourished greatly in the Pleistocene. But at the close of that period they were utterly wiped out. Why, we cannot say. Unlike the South American ungulates, which seem to have disappeared when faced by progressive competitors, the ground

sloths had not only hold their ground but had successfully invaded North America. The factors causing their extinction are as mysterious as those which destroyed most of the other larger mammals of the Western World."

#### Posição taxinômica

(Modificada de Hall & Kelson (c1959) e Piveteau (1958))

Classe: M A M M A L I A

Subclasse: EUTHERIA (= Placentalia)

Superordem: UNGUICULATA

Ordem: EDENTATA (= Xenarthra)

Subordem: PILOSA

Superfamília: MEGATHERIOIDEA (= MEGALONYCHOIDEA) — Gravi-grada.

Família: Megalonychidae

Subfam. 1: Nothrotherinae. (*Acratocnus*).

Subfam. 2: Megalocninae. (*Megalocnus*).

a) Gênero e espécies: *Acratocnus* Anthony 1916. (Nothrotherinae).

I) *A. odontrigonus* Anthony 1916. Pleistoceno e Holoceno de Cuba e Porto Rico.

II) *A. major* Anthony 1918. Pleistoceno e Holoceno de Cuba e Porto Rico.

III) *A. comes* Miller 1929. Pleistoceno e Holoceno de Hispaniola (Haiti, Santo Domingo, La Gonave).

b) Gênero e espécie: *Megalocnus rodens* Leidy 1868 (= *Parocnus serus* Miller 1929). (Megalocninae).

Pleistoceno e, talvez, Holoceno de Cuba e Hispaniola.

O gênero *Megalocnus* (= *Parocnus*), com uma única espécie, *M. rodens* (= *P. serus*), representa animais de porte mediano, com aparência pesada e grosseira quando em vida, enquanto que o gênero *Microcnus*, da mesma subfamília, cujos restos foram encontrados no Pleistoceno de Cuba, era uma forma pequena e, também, de aparência grosseira. A pelagem dessas preguiças (aliás, dos gravígrados em geral) devia lembrar muito a das preguiças dendricolas (tardigrados).

O peso de *Megalocnus* devia ser, em média, 70 kg e seria, desta manei-



Fig. 3 — Locais onde foram achados restos de pequenos megalonídeos em Hispaniola (Haiti).

ra, um animal do porte de um urso pequeno. Com toda a certeza, seria ainda exclusivamente terrícola. O péso de *Microcnus* seria um pouco mais que o de uma preguiça-unaú (*Choloepus*) e teria, também, o porte aproximado desta última. Não é de todo improvável que esta minúscula forma de megaloníneo fosse capaz de subir em árvores, sendo neste particular também semelhante ao tamanduá-mirim (*Tamandua*).

O gênero *Acratocnus* representa, através de suas três espécies macroantilhanas, animais bem menores do que *Megalocnus*, sendo, a maior espécie, um pouco mais da metade do tamanho deste. O gênero *Mesocnus*, menos conhecido, foi descoberto apenas em Cuba, representando, juntamente com *Acratocnus*, os notroteríneos nas Grandes Antilhas. O gênero *Acratocnus* ocorre em Cuba, Hispaniola e Porto Rico.

A espécie menor do gênero, *A. odontriognus*, ocorre em Cuba e Porto Rico e devia pesar, em vida, uns 20 kg. A segunda espécie em porte, *A. comes*, cujos restos ocorrem em Hispaniola (Haiti, La Gonave e Santo Domingo), apenas pesava viva cerca de 23 kg, em média. Talvez seja esta forma aquela referida por Miller (1929) como tendo sido destruída pelo Homem, nos tempos históricos contemporâneos, naquelas mesmas regiões. A espécie maior, *A. major*, ocorre em Cuba e

Porto Rico; segundo, certos cálculos, o péso provável para este animal, em vida, seria de 45 kg e o seu porte regulava o de uma capivara. Assim, ele deveria caminhar muito mais tempo no solo, apenas subindo nas árvores quando estritamente necessário, sendo mais terrícola do que o tamanduá-mirim.

Pelos seus caracteres osteológicos, Anthony aventou a hipótese de terem sido as três espécies de *Acratocnus* possuidoras de tendências semi-arbóreas. Se isto assim se passou, também estes notroteríneos insulares teriam possuído hábitos dendricolas mais ou menos semelhantes aos do atual *Tamandua*.

Referindo-se aos gêneros *Acratocnus* e *Mesocnus*, assim se expressou Hoffstetter (1958): "Il est probable que ces petites formes antillaises dérivent de types intertropicaux encore inconnus."

**Nichos ecológicos** — Sabe-se que cada espécie tem seu próprio nicho ecológico na comunidade biológica em que vive. Espécies próximas podem ter nichos similares, mas quase que nunca têm um mesmo nicho. Nos casos presentes, *Acratocnus* e *Megalocnus* ocupariam, pelo menos, dois nichos ecológicos diferentes (s. l.) embora mais ou menos semelhantes. Cada espécie de *Acratocnus* ainda ocuparia, também, pelo menos três nichos similares (s. s.)

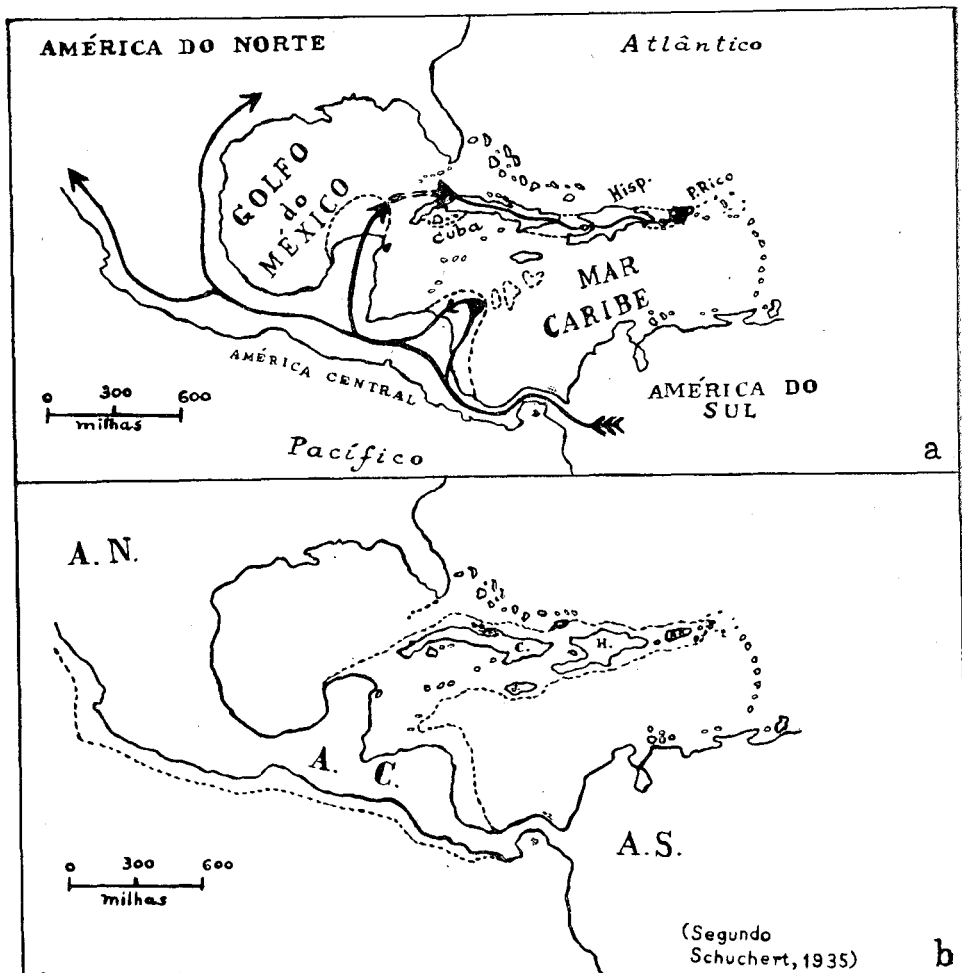


Fig. 4 (A) — Como as Grandes Antilhas são ilhas oceânicas, vulcânicas e nunca tendo contacto, no passado e no presente, com o continente, os ancestrais megalonicídeos das preguiças terrícolas macroantilhanas devem ter passado, por meio de "jangadas" naturais, da Península de Yucatan para o oeste de Cuba. Provavelmente esta ilha se achava em conexão com Hispaniola e esta com Pôrto Rico (Plioceno Superior), quando se formou o Istmo do Panamá mais uma vez e assim as Grandes Antilhas foram colonizadas pelos pequenos gravigrados. Posteriormente, as conexões submergiram e formou-se o arquipélago atual. A corrente do Gulf Stream impediria os ancestrais gravigrados de alcançarem o extremo sul da Flórida, mas impeliaria-os para o oeste de Cuba, a "porta-de-entrada" macroantilhana.

Fig. 4 (B) — Provável área geográfica da América Central, bem maior que hoje, durante o Plioceno Superior, em cujo encerramento elevou-se, mais uma vez, o Istmo do Panamá. As Grandes Antilhas de hoje formavam parte de uma península única de terras baixas (Schuchert, 1935), por onde passariam os ancestrais dos megalonicídeos que viveram em Cuba, Hispaniola e Pôrto Rico.

*ACRATOCNUS* (s. l.)

**Distribuição Geográfica** — Grandes Antilhas de Cuba, Hispaniola e Pôrto Rico, cujos restos foram achados em cavernas e se distribuem por três espécies.

**Distribuição Geológica** — Pleistoceno e Holoceno, alcançando, pelo menos uma espécie, *A. comes*, os tempos históricos modernos e sendo destruída pelo Homem.

**Habitat** — Floresta tropical de planície e montanha, bem como, quiçá,



subtropical por altitude; também nas orlas de floresta e adjacências.

**Locomoção** — Ambulacrária e, também semi-arbórea. Quando caminhavam sobre solo limpo deviam fazê-lo à maneira dos tamanduás maiores e, quando locomovendo-se entre os galhos das árvores, deviam fazê-lo como o tamanduá-mirim, de modo mais rápido ainda e bem mais ligeiro do que os tardígrados.

**Inimigos Naturais** — Pouquíssimos, ou quase nada. Antes da chegada dos espanhóis a fauna de mamíferos já era muito escassa.

**Inimigos Acidentais** — Em tempos históricos contemporâneos, capaz de matar e devorar um exemplar de *A. odontrigonus*, o menor dos três, somente podemos assinalar a jibóia-das-Antilhas, *Constrictor constrictor orophias*, forma florestal das montanhas cobertas por densas matas tropicais e que apresenta coloração bem mais escura que as outras centro-americanas e alcança entre 4 m a 3,5 m, podendo assim, predar sobre a espécie menor de *Acratocnus*, assim mesmo muito raramente. Seria ainda mais lógico supormos que apenas os indivíduos imaturos e sub-adultos das duas espécies menores de *Acratocnus* pudessem ser predados pela referida serpente, isto porque esta raça insular de jibóia é um pouco menor do que as subespécies continentais.

O fato de não haver grandes e médios mamíferos predadores nas Grandes Antilhas fôsse, talvez, um dos maiores, senão o maior, (juntamente com a ausência de competição com os mamíferos imigrantes nórdicos) fatores da sobrevivência daqueles pequenos gravígrados naquelas ilhas.

**Parasitas** — Apenas podemos supor fôsem os mesmos, ou quase os mesmos, que ocorrem nos xenarctos e, particularmente, nas preguiças dendricolas e nos tamanduás. Sabe-se que os hospedeiros filogeneticamente próximos tendem a ser parasitados, também, por parasitos aparentados, ou similares. Supõe-se que alguns Oxyuridae hajam ocorrido também em desdentados extintos.

**Alimentação** — Fitófagos, de subtipo folívoro e, possivelmente, também frugívoro. Poderiam ainda apreciar o mel (?).

**Estrato onde o alimento era encontrado** — Superfície do solo e, também, acima dela; fôlhas e frutos caídos sobre o solo; plantas herbáceas e rastejantes; fôlhas, brotos tenros e frutos pendentes das árvores.

**Local de reprodução** — Provavelmente, nos grandes ocos das árvores gigantescas (megafanerófitos) e nas grandes cavidades sob suas raízes. Também nas cavidades naturais do terreno, grandes locas e pequenas cavernas.

**Ritmo reprodutivo** — Provavelmente monoestrals e uníparos (nos casos normais, certamente), com parturição anual, devido a um possível longo período de gestação. Filhote seria precoce, ou semiprecoce. Em toda a vida reprodutiva de uma fêmea seriam produzidos uns oito filhotes, sendo que, poderiam sobreviver até a idade adulta, talvez uns quatro filhotes.

**Atividade diária** — Provavelmente arrítmicos, sendo mais noturnos que diurnos.

**Atividade sazonal** — Ativos por todo o ano.

#### MEGALOCNUS

**Distribuição Geográfica** — Grandes Antilhas de Cuba e Hispaniola, cujos restos foram achados em cavernas e pertencentes à uma única espécie, *M. rodens* (= *Parocnus serus*).

**Distribuição Geológica** — Pleistoceno e, talvez, Holoceno.

**Habitat** — Floresta tropical de planície, mais que de montanha, ocorrendo, quiçá, também nas baixas elevações florestadas. Ocorriam, também, nas orlas de floresta e adjacências.

**Locomoção** — Ambulacrária, sendo forma exclusivamente terrícola (como o tamanduá-bandeira).

*Inimigos Naturais* — Pouquíssimos, ou nenhum, devido ao confinamento insular, livre de predadores.

*Inimigos Acidentais* — Talvez nenhum.

*Parasitas* — O mesmo que foi dito para o gênero *Acratocnus*.

*Alimentação* — Fitófago (folívoro e, possivelmente, também frugívoro e rizófago).

*Local de Reprodução* — O mesmo que foi dito para o gênero *Acratocnus*; sôbre o chão.

*Ritmo Reprodutivo* — Provavelmente monoestral e uníparo, tal espécie deve ter tido um mais longo período de gestação. Filhote precoce, ou semiprecoce. Vida reprodutiva de cada fêmea, em média de seis filhotes.

*Atividade Diária* — Arritmico, possivelmente.

*Atividade Sazonal* — Ativo por todo o ano.

#### BIBLIOGRAFIA

BARBOUR, Th. (1914) A contribution to the zoogeography of the West Indies. Mem. Harv. Mus. Comp. Zool., 44 (2). (Em Beaufort, 1951).

BEAUFORT, L. F. de (1951) Zoogeography of the land and inland waters. London, Sidgwick & Jackson Ltd.

DARLINGTON, Ph. J., Jr., (1957) Zoogeography: the geographical distribution of animals. New York, London, Sydney, John Willey & Sons.

——— (1965) Biogeography of the southern end of the world. Cambridge, Mass., Harvard Univ. Press.

DEPERÉT, Ch. (1907) Les transformations du monde animal. Paris, Flammarion.

ENDERS, R. K. (1935) Mammalian life histories from Barro Colorado Island, Panama. Bull. Mus. Comp. Zool., 78.

HALL, E. R. and KELSON, K. R. (1959) The mammals of North America. Vol. I. New York, The Ronald Press Co.

HOFFSTETTER, R. (1958) *Xenarthra*. Tome VI: 535-636. (Em Piveteau, (2): 1958).

MILLER, G. S., Jr. (1929) Mammals eaten by Indians, owls, and Spaniards in the coast region of the Dominican Republic. Smiths. Misc. Coll., 82 (5) : 1-16.

PAULA COUTO, C. de (1953) Paleontologia brasileira — Mamíferos. Rio de Janeiro, Inst. Nac. Livro (MEC)

PIVETEAU, J. (éd.) (1958) *Traité de paléontologie*. Tome VI (2), Paris, Masson et Cie.

ROMER, A. S. (1945) *Vertebrate paleontology*, 2nd ed. Chicago Univ. Press.

SILVEIRA, E. K. P. da (1966) Resumo dos fundamentos de evolução orgânica (II). Delfos 6 : 31-41, Rio de Janeiro, Rev. Assoc. Diplom. Fac. Filos. Ciênc. Letr. Univ. Est. Guanabara.

——— (1966) Considerações sôbre a espécie biológica. Delfos 6 : 42-47, *Ibidem*.

——— (1968) Notas sôbre a história natural do tamanduá-mirim (*Tamandua tetradactyla chiriquirensis* J. A. Allen 1904, *Myrmecophagidae*) com referências à fauna do istmo do Panamá. Vellozia 6: 9-31, Rio de Janeiro, Centr. Consv. Nat. (DRN).

SIMPSON, G. G. (1956) Zoogeography of West Indian land mammals. Amer. Mus. Novit. 1.759 : 1-28.

SCHUCHERT, C. (1935) Historical geology of the Antillean — Caribbean region. New York, John Willey & Sons. (Em Darlington, 1957).

WALLACE, A. R. (1880) *Island life*. London, Macmillan. (Em Darlington, 1957).

## Grutas Calcárias \*

JOSÉ EPITÁCIO PASSOS GUIMARÃES

### DEFINIÇÃO

Grutas, também conhecidas por cavernas, furnas, tocas, sumidouros, lapas e abismos, são cavidades em rochas, naturais ou não, que permitem a passagem de um homem. Outras aberturas, existentes nas rochas constituintes da Terra, de dimensões menores conhecidas dos geólogos e engenheiros de minas, tal como diáclases, fraturas e fendas, não apresentam o popular interesse que as grutas despertam, mas sendo motivo para estudos daqueles técnicos e cientistas, em suas investigações sobre a constituição e evolução da crosta terrestre.

### HISTÓRICO

As grutas sempre despertaram, desde o tempo de Heródoto, enorme curiosidade e sempre foram motivo de investigação por parte dos amantes do belo e da Natureza e dos estudiosos de geologia, paleontologia e etnografia, quer:

1) pelos dados e informações que fornecem àqueles que se dedicam a estudos de geologia econômica e paleontologia. Em áreas mineralizadas, como na região do Morro do Chumbo, em Iporanga, Estado de São Paulo, expõem veios como galena, blenda e calcopirita, encaixados por calcários que mostram o comportamento e as possibilidades da mineralização em profundidade. Notável é, também, a abundância de restos fósseis nos solos das grutas, reflexo da intensa vida animal pretérita que existia em seus interiores, particularmente nas proximidades de suas "bôcas";

2) pelo aspecto fantasmagórico, deslumbrante e pitoresco de suas ornamentações, ressaltado pela luz artificial de que se servem aqueles que nelas penetram;

3) pelas lendas e superstições que as cercavam, atribuindo-lhes a qualidade de portadoras de tesouros e de moradas e espíritos e fantasmas. Na velha história de Ali-Babá e os 40 ladrões e na tradição local da região da Lapa do Sumidouro ou Lapinha, no Estado de Minas Gerais, fabulosas riquezas semeiam o chão das grutas. Entre os índios norte-americanos são consideradas como moradia de espíritos maus e na região de Rodna, na Romênia, são tidas como residências de vampiros e fantasmas, com formas humanas; e no sítio denominado Sumidouro, em Capão Bonito, Estado de São Paulo, "visões" que aceitam oferenda de alimentos, são vistas pelos locais, perambulando pelos meandros da sua gruta e afugentando os curiosos mais ousados.

Algumas recebem nomes sugestivos pelas lendas que as envolvem, tal como: Gruta do Inferno (Mato Grosso), Caverna Sinistra (São Paulo), Gruta da Chacina (São Paulo), Caverna do Diabo (São Paulo), Toca Feia (São Paulo), e Lapa Mortuária (Minas Gerais). Em contraposição, outras grutas figuram na tradição dos povos, como locais de adoração e veneração. A gruta de Belém e a de Lourdes são, para o mundo cristão, exemplos magníficos de sítios sagrados e de peregrinação. No Brasil, as grutas do Santuário da Lapa, em Antônio Pereira (Ouro Preto), Minas Gerais e de Bom Jesus da Lapa, Bahia, são centros de peregrinações permanentes e os milagres de seus santos padroeiros são espalhados por todo Brasil, pela tradição local;

4) por ter se prestado, principalmente nas suas partes mais externas, como primeira moradia do homem primitivo, que nelas encontrava proteção aos seus

\* Extraído do *Boletim* n.º 47 do Instituto Geográfico e Geológico da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, 1966.

braseiros permanentes, clima constante, e melhor defesa contra seus inimigos naturais. Assim revela o achado do "Homo Neanderthalensis", em 1856, por Fuhlrott, na gruta de Feldhofer, no Reno na Alemanha; a descoberta do "Pithecanthropus Erectus" por Eugene Dubois, na caverna Capela dos Santos, em Sumatra, na Ilha de Java, em 1891-1892; a coleta de ossos do "Homo Rhodesiensis", em 1921, em Broken Hill ao norte da Rhodésia, África que, segundo Broom, já marchava em posição erecta; o achado do "Sinanthropus Pekinenses", em 1928, em cavernas desabadas nas localidades de Chou-Kou-Tien, próximas a Pequim, na China; e, por fim, os restos do "Homo Sapiens", da raça de Grimaldi, na Grotte dos Enfants, na comuna de Grimaldi, na Itália.

Mesmo para a história da arte as grutas encerram enormes subsídios com suas manifestações rupestres, notadas pela primeira vez em 1879, na gruta de Altamira, situada próxima à Santander, nos montes Cantábricos ao norte da Espanha, por Don Marcelino de Sautuola e seu filho. Em 1895, Emile Rivière achou, na gruta da La Mouth, no distrito de Dordogne, França, desenhos grosseiros feitos com riscos de ponta de sílex. Em 1912 Henri Bigouen e seus 3 filhos iniciaram a pesquisa sistemática dos meandros das grutas dessa região, tendo descoberto na de Tuc d'Audoubert pinturas de bisões, com setas e dardos voando sobre eles; na de Trois Frères expressivas gravuras de mamutes, rinocerontes e bisões. Em 1940, em Lascaux, França, um grupo de meninos e seu cachorro descobriram a chamada "Versailles da Pré-história", com afrescos de até 5 metros de comprimento, ao lado de figuras de rinocerontes, antílopes, touros, cavalos e de um bisão ferido por uma lança ao matar seu caçador. Em 1960 o historiador, italiano, de arte, Paolo Graziosi, revendo os conhecimentos sobre arte paleolítica arrolou 97 locais com "arte estacionária" e 110 locais com "arte móvel" (peças pintadas modeladas ou gravadas que podiam ser levadas ou retiradas do local). Tais achados espalhavam-se desde a Espanha até o lago Baikal (Sibéria). Os pesquisadores têm notado que a maioria das pinturas se acham em cavernas que não contém nenhum traço de ocupação humana, tais como ossos, ferramentas e utensílios. Tudo leva a acreditar que certas cavernas eram reservadas para ritos sagrados, nos quais as pinturas tinham importante papel. Parece que o homem primitivo convencia-se, ao criar as imagens de animais na caça, que ficaria possuído de um poder místico sobre os espíritos desses animais podendo, então, controlá-los e ter sucesso em suas caçadas.

Faziam os homens antigos suas pinturas, nas superfícies mais lisas das rochas, com tintas líquidas ou pastas, espalhadas com os dedos ou pincéis rudimentares, com póses realísticas e algumas coloridas. Mais raramente, pintavam soprando o pigmento, através de tubos de ossos, sobre as paredes ou, ainda, com riscos de "lápiz" moldados coloridos. A escuridão e o grau de umidade constante, existente nas grutas, conservaram, através dos séculos, as manifestações de arte do homem pré-histórico. Os pigmentos eram obtidos com misturas de óxidos de ferro (amarela e vermelha) e de manganês (prêta) com gordura animal. As pinturas antigas, que demonstram um alto grau de percepção artística e poder de imaginação, em geral, retratam figuras humanas e animais; plantas são raras, talvez, porque pouco delas se utilizou o homem.

As obras de arte, porém, não se limitam exclusivamente à pintura e ao gravado. Descobriram-se, também, notáveis baixo-relevos, assim como modelagens em argila, dos quais as mais célebres são, provavelmente, o friso chamado dos bisões, descoberto nos Pirineus, em Tuc d'Audoubert, e o mamute gravado num fragmento de presa desse animal, descoberto por Lartet.

No Brasil as grutas do Tanque, em Jequitaiá; de São Tomé das Letras, em Baependi; da Serra da Tábua, do Fabião e Guarda-Mor, em Janaúria, todas no Estado de Minas Gerais; bem como as grutas do Letreiro (Epitácio Pessoa, Rio Grande do Norte) e Pedra Lavrada (Paraíba); exibem inscrições rupestres, primitivas e toscas, modelando animais, objetos de uso humano, peixes e bonecos de aspecto humano. Em geral são desenhadas nas entradas das grutas. Suas cores variam da "terra de sombra" até tons esverdeados, predominando o "vermelho-ocre", baseadas na mistura de três cores simples. A intensidade de observação, a perfeição e a extensão das pictografias revelam o grau de adiantamento das tribos que povoavam o território nacional. Raros são os "baixo-relevos", que, quando existentes, são grosseiros, primitivos e modelados pelo processo "inciso", de gravação em sulcos, e não de baixo relevo. Longe estão do aprimoramento dos encontrados nas cavernas da Europa e África, o que, certamente, reflete uma diferença de nível intelectual entre as várias clãs antigas.

É, portanto, uma parte da crosta terrestre, nova e sobrenatural, que se apresenta àqueles que penetram nas suas entranhas pelas suas cavidades naturais. Os que estudam os aspectos científicos e de relêvo das cavernas, recebem a denominação de espeleólogos (de origem grega, spelaion-caverna, logos-estudo). Informações preciosas sobre os processos de erosão, de gênese de depósitos minerais, de formação de solos, de movimentação de águas subterrâneas e sobre a vida animal e vegetal primitiva, são fornecidas pelas grutas aos que investigam tais problemas.

## CLASSIFICAÇÃO E ORIGEM

Emmanuel Kant classifica as grutas, de acordo com a sua origem, em:

- 1) Natural: a) Formação contemporânea e a encaixante.  
b) Formação posterior e a encaixante.
- 2) Artificial.

As incluídas na segunda divisão, isto é, as artificiais, são aquelas em que a ação do homem é a responsável pela sua formação e são representadas pelos túneis e galerias abandonadas, vestígios de uma antiga atividade humana, geralmente mineira, no local. As naturais, de formação contemporânea, são cavidades que se formaram na mesma época das rochas que as encaixam. Geralmente são resultantes do resfriamento diferencial de magmas, particularmente de lavas viscosas, basálticas, expelidas pelos vulcões em suas erupções. A consolidação mais rápida da parte superficial dos derrames pôde permitir a permanência, no interior do lençol efusivo, de lava fluida que se escoou, lentamente, formando cavidades tubulares, como aquelas existentes no Hawaii. Mas raramente a cavidade corresponde a "bolsas" gasosas, ocluídas em lençóis efusivos, esvaziadas de seus fluidos por favor do escape através de outras fendas ou diaclases. São belos exemplos de grutas de formação contemporânea e encaixante a Fingal's Cave, na Staffs Island, nas Hébridas, na costa oeste da Inglaterra, em um leito de derrame basáltico, com notável disjunção colunar e a Cueva de Hielo, no cone vulcânico de Teide, na Espanha.

São, portanto, as grutas naturais de formação posterior a encaixante, quer pelo número, quer pelas suas dimensões, as que têm maior importância, para os que estudam ou apreciam as cavidades da crosta terrestre. Podem ser subdivididas, ainda segundo Kant, conforme seu processo de origem, em:

Grutas naturais de formação posterior a encaixante:

- 1) Fendas resultantes de movimentos bruscos da crosta.
- 2) Cavidades resultantes da erosão da crosta.
- 3) Cavidades resultantes da superposição de movimentos ou fenômenos erosivos.

As primeiras fendas, resultantes de movimentos bruscos da crosta, são geralmente relacionadas a fenômenos sísmicos ou explosões vulcânicas e as últimas cavidades resultantes da superposição de movimentos ou fenômenos erosivos, são fendas alargadas como, por exemplo, por desabamentos. Ambas não mostram interesse maior que aquele despertado pelas anteriores, já mencionadas. A maioria das cavidades existentes na crosta, bem como a maior parte das que constituem ponto de atração turística e de estudos, são resultantes de fenômenos de ataques à crosta denominados erosão-corrosão. Dúvida nenhuma paira e todos aceitam a água como o veículo ou agente dos fenômenos que processam o alargamento e a ornamentação das cavidades essenciais à construção dos mais formosos monumentos arquitetônicos da Natureza.

Da água que cai sobre a superfície terrestre, pequena proporção, não mais de 20%, é que se encaminha para as regiões mais profundas da crosta. A maioria se escoia pela superfície, através de seus caminhos de drenagem, ou se evapora, quase que imediatamente, refazendo as nuvens causadoras de chuvas. As águas superficiais desempenham papel secundário como agente formador de gruta. As poucas cavidades produzidas por águas superficiais, de dimensões apreciáveis, são relacionadas aos mares, como as de Cascais (Portugal) a de Punta

Ballena (no Uruguai) e as de Finistère (França). Às vezes quando localizados na borda litorânea e bem emersas, provam a alteração positiva do nível do mar. Mais raras, ainda, são as "marmitas de dissolução" com dimensões apreciáveis. Em geral, as cavidades produzidas pela dissolução, na superfície dos calcários, pelas águas que os lavam e impregnam, apesar de numerosas, são pequenas e não se destacam no relevo.

É a água que vai embeber as camadas rochosas, particularmente nas regiões calcárias, que efetua a ação de dissolução, do carbonato de cálcio, ou carbonato de cálcio e magnésio, através de aberturas preexistentes, resultantes de movimentos da crosta e da consolidação das magmas e sedimentos. Absorve ela, antes de penetrar na crosta, o ar e das camadas únicas da superfície da terra, o anidrido carbônico, formando o respectivo ácido, o qual ataca o carbonato, levando-o em solução na forma de bicarbonato.



Essa ação química destrutiva é acentuada quando rochas piritosas, atravessadas pelas águas, permitem a formação do ácido sulfúrico, de ação mais enérgica e destruidora. Os fatores que controlam, a razão com a qual um solvente dissolve um material, são numerosos; e a relação dos mais importantes é expressa pela equação seguinte:

$$d(pS) = f(t, T, P_B, P_{\text{CO}_2}, A, C, I, H, M \dots)$$

onde pS = concentração

t = tempo

T = temperatura

P<sub>B</sub> = pressão barométrica

P<sub>CO<sub>2</sub></sub> = pressão de CO<sub>2</sub>

A = área de contacto entre soluto e solvente

C = tamanho de cristal (soluto)

I = n.º de ions em solução

H = hidratação do soluto

M = polaridade do solvente

Do exame dessa expressão matemática, com múltiplas variáveis, verifica-se quão difícil é precisar e datar a evolução do desenvolvimento das grutas, principalmente quando se lembra que a fonte de abastecimento do solvente das rochas carbonatadas, isto é, a água, depende das variações climáticas através da história geológica da região, que é desconhecida. Uma idéia, simples e grosseira, do crescimento das formas encontradas nas grutas pode ser obtida observando-se o crescimento dos obólitos e písólitos. Alguns deles crescem a razão de 0,12 cm por ano. Mackinstry encontrou písólitos em Iron Mountain, com diâmetro até 5 cm, em galerias abandonadas há 40 anos. Davidson, em "drifts" abertas há 25 anos, em São Dimas, Durando, México, colheu "pérolas de cavernas" com 3 cm de diâmetro.

Outro ponto de controvérsia, que torna ainda mais nebuloso o assunto referente à origem das grutas, é aquele relativo ao ambiente físico onde se processou a dissolução dos carbonatos. O pequeno número de investigadores que se dedicam a tais estudos e o difícil acesso aos pontos de observação, são as principais causas que reduzem o número de tais estudos e de hipóteses resultantes deles, as quais estão intimamente ligadas com a idéia sobre a circulação de águas subterrâneas, pressão ambiente e natureza química-mineralógica das fendas.

A quantidade de água que se infiltra no solo é determinada por muitos fatores, os principais são: quantidade e espécie de precipitação, velocidade da queda da precipitação, relevo da superfície, porosidade e permeabilidade do solo, estrutura geológica das formações rochosas, quantidade e espécie de vegetação presente na superfície e quantidade de umidade existente no ar. Em profundidade ela se dispõe, na rocha de textura uniforme, em camadas que podem ser alinhadas da maneira constante na Fig. 1.

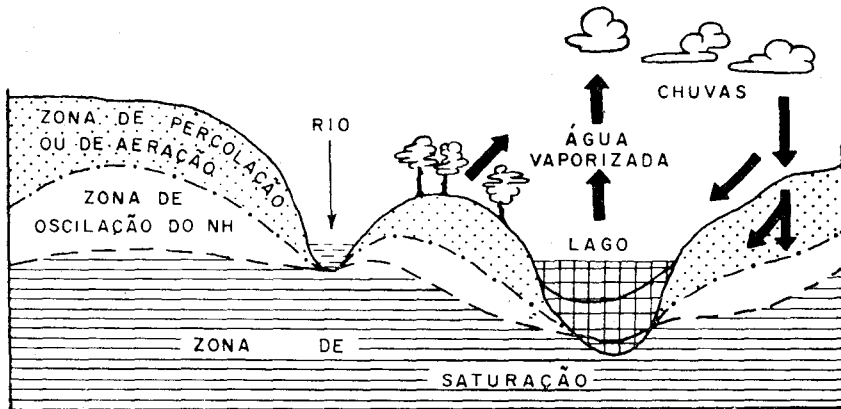


Fig. 1 — Ciclo hidrológico e camadas aquíferas.

J. W. Finch, também, distingue 3 zonas para dispor as águas infiltradas no solo: zona de percolação, zona de descarga e zona estática. Designa por zona de descargas a parte da zona de saturação que tem um meio horizontal de escape de água. A zona de descarga se inclui na zona de oscilação do nível hidroestático da divisão anterior. É o nível hidroestático o limite superior da camada de saturação, onde massas de águas permanecem constantemente preenchendo os poros, com movimento muito lento, da ordem de 3 metros por ano. Ele é influenciado pelo relevo da região e pelo número, tamanho, espaçamento e continuidade das aberturas nas rochas. Sua posição varia com as precipitações pluviométricas locais e com a porosidade, que nos calcários está entre 0,5 e 13,36%. Na zona de percolação, acima de nível hidroestático, a água e o ar estão presentes nas aberturas intersticiais das rochas e os líquidos são dirigidos para a camada inferior de saturação, em movimento vertical descendente, por ação de gravidade. Secundariamente, pequenos movimentos laterais podem acontecer nessa região, quando estão presentes laterais ou fendas inclinadas que influenciam a trajetória dos líquidos. O nível hidroestático, isto é, a zona superior da camada de saturação, acompanha, grosseiramente, o nível topográfico da região por água. Possui um meio de escape, próximo às menores cotas da superfície, denominado zona de descarga ou de surgência, que imprime a essa massa de água movimento lateral contínuo em direção a esses pontos de surgência. São causas que influenciam a velocidade de escoamento da água na "zona de descarga": as alterações do nível hidroestático, devidas às variações pluviométricas; o relevo topográfico; as evaporações rápidas; a carga hidrostática da massa de água infiltrada pela superfície e a diferença de resistência oposta ao escoamento pelos tipos rochosos atravessados, função das dimensões das aberturas existentes nas rochas. Essas aberturas se colocam em 3 ordens de grandeza:

- supercapilares
- capilares
- subcapilares

Nas primeiras, que são falhas, juntas e aberturas de sedimentos grosseiros, o movimento da água se processa segundo as leis normais da hidrostática. Nas segundas, de diâmetros superiores a 0,0002 mm e inferiores a 0,508 mm, como nos poros dos sedimentos finos, o movimento é lento, e fenômenos de capilaridade se introduzem entre as principais causas dessa movimentação. Finalmente nas subcapilares, de diâmetros menores que 0,0002 mm, a água é retida firmemente por fenômeno de atração molecular, como uma lâmina líquida ocluída pelas paredes da abertura, e o movimento é, praticamente, nulo, tal como na zona de saturação de Finch. A quantidade e os tipos de aberturas numa rocha variam com a sua profundidade, sendo maiores e mais abundantes nas proximidades da superfície e tende a desaparecer em profundidade, apesar das ex-

periências de F.A. Adams provarem a existência de pequenas cavidades em granito, à profundidade de 17 600 m. É, pois, a dimensão dos poros de uma rocha, fator condicionante da posição da superfície limite das zonas de descarga e estática ou de saturação.

## TEORIAS SÔBRE A FORMAÇÃO

As dúvidas relativas à origem das grutas podem ser enfileiradas em dois capítulos, assim definidos: a) foram abertas pela ação mecânica e química de massas aquosas sobre os pisos de cavidades naturais em ambiente arejado, tal como acontece com as correntes superficiais de água, quando alargam seus vales b) as cavidades formaram-se em ambiente totalmente embebido por água, por favor de ações químicas.

As teorias, mais plausíveis, que tentam explicar a formação de grutas, em número de 3, podem ser referidas à posição do nível hidrostático, e assim sintetizadas.

### 1) Hipótese de Matson

(De formação acima do nível hidrostático)

Matson atribui às águas provenientes da superfície que carregam consigo uma quantidade de ácido carbônico, o ataque aos calcários situados nas vizinhanças de seu ponto de infiltração e circulação. Afirma, também, que quanto mais longe do ponto de infiltração, tanto menor é o seu poder de dissolução, pois gradualmente ela vai dissolvendo todo o carbonato permitido pela sua capacidade de ataque e, conseqüentemente, reduzindo seu poder de dissolução. Assim sendo, diz Matson, a camada de rápida dissolução é restrita à zona de circulação ativa das águas, isto é, a zona de percolação, e, portanto, a formação de grutas e cavernas tem lugar, intensamente, logo abaixo do nível das correntes superficiais. O preenchimento das cavidades, assim abertas, com ornamentações e colunas, se daria numa época geológica diversa da de abertura e alargamento das pequenas fendas da crosta. Não exclui ele, entretanto, a possibilidade de haver dissolução à grande profundidade e a circulação de águas ativas, em nível ligeiramente abaixo do nível de drenagem superficial.

### 2) Hipótese dos dois ciclos ou de Davis

(De formação abaixo do nível hidrostático).

Davis expõe suas idéias afirmando que as grandes cavernas são geralmente excavadas por favor da ação de dissolução de águas subterrâneas, durante uma época na qual o corpo de calcário, onde elas ocorrem, jazia abaixo do nível hidrostático da região; e que a mudança dessa época de excavações, por dissolução, para a seguinte, de deposição substitutiva e ornamentação, teve lugar quando o nível hidrostático desceu abaixo dos níveis ocupados pelas grutas, em conseqüência de elevação regional dos terrenos ou de outras causas efetivas. É, pois, idéias de Davis que a fase de dissolução, ou o primeiro ciclo, ocorre durante a época em que o corpo de calcário achava-se embebido pelas águas da zona de saturação e que a fase de deposição, representando o segundo ciclo, inicia-se quando, na história erosional da região, a camada de calcário foi elevada por favor do abaixamento do nível hidrostático e conseqüentemente o rebaixamento da superfície de drenagem.

São, assim, soerguidas as cavernas tornando-se cheias de ar e percorridas por águas de infiltração, algumas vêzes com formas de pequenos cursos d'água.

### 3) Hipótese Swinnerton (formação no mesmo nível que o hidrostático).

Como resultado de suas observações, em Kentucky e nas Bermudas, Swinnerton formulou a hipótese de que as águas, caídas sobre a superfície terrestre, passam, mais ou menos imediatamente, para as camadas mais profundas da crosta, através de aberturas das rochas, até o nível hidrostático. Depois, então, movem-se lateralmente, no tópo oscilante da zona de saturação, em direção aos canais superficiais de drenagem, levando consigo grandes massas de



calcários por dissolução. Não exclui êle, entretanto, com caráter subordinado, a existência de cavernas, de proporções reduzidas, na região acima do nível hidrostático, resultantes de fases temporárias de ajustamento do escoamento subterrâneo e do nível das correntes superficiais. Pôsto que êste conceito de formação de cavernas não constitua uma hipótese muito diferente da anterior, a ênfase dada ao comportamento do nível hidrostático é de tal modo importante que merece o seu destaque, quando se distingue as diversas teorias sôbre formação de cavernas ou grutas (Figuras 2, 3 e 4).

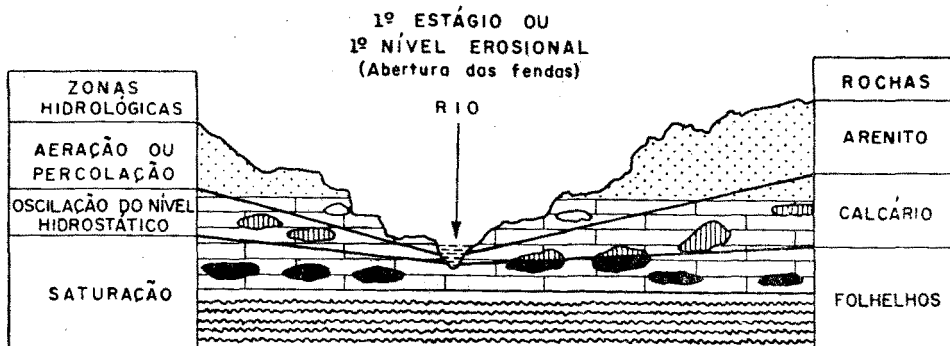


Fig. 2 — Águas subterrâneas aciduladas, movendo-se através das fraturas e juntas da camada calcária, dão início à formação de pequenas cavidades, por favor de dissolução, no tópo da zona de saturação.

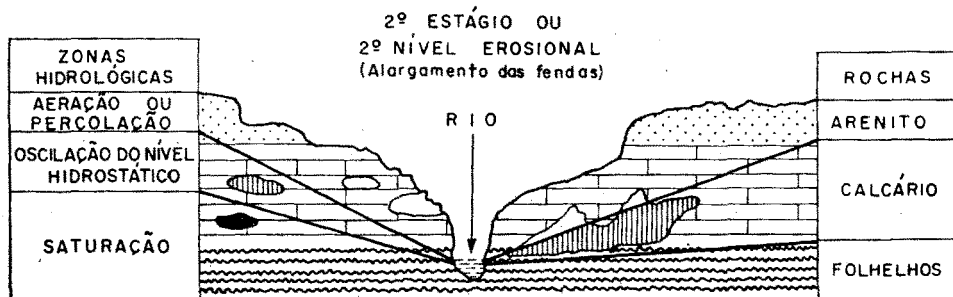


Fig. 3 — As cavidades são alargadas quando a camada calcária é elevada para a zona de oscilação do nível hidrostático, onde há maior movimentação das águas que embebem as camadas calcárias.

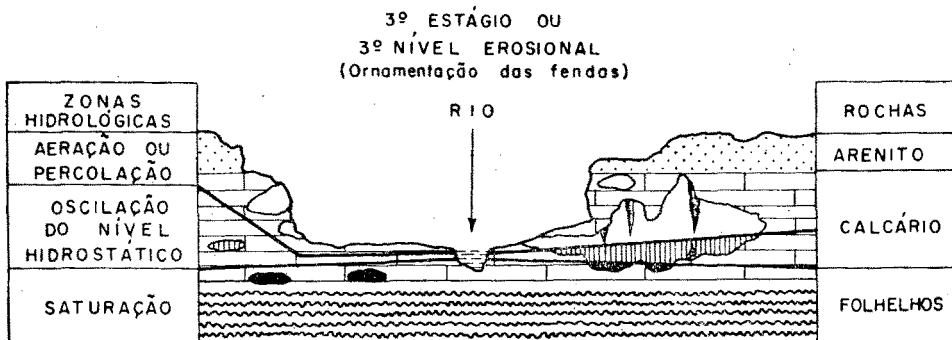


Fig. 4 — Quando atingem a zona de percolação, as cavidades são preenchidas por ornamentações e, eventualmente, alargadas por erosão, principalmente mecânica.

A Caverna dos Cristais, em Joplin, USA, onde pequenas cavernas, alcançando até dimensões de 3 x 7, 5 x 12 metros, localizadas na zona de oscilação do nível hidrostático, foram expostas com o abaixamento desse nível, provocado pela retirada de água subterrânea por bombeamento intenso, exemplifica muito bem, a possibilidade da ação de água profunda, na construção de grandes cavernas. Belíssimos cristais de calcita, ornamentando as paredes das cavidades, foram aí encontrados, mostrando, assim, que até mesmo o preenchimento pode ocorrer na área superior da zona de saturação. A ausência de rugosidades arredondadas e salientes, próprias da circulação de águas velozes em leitos de calcários, é uma evidência de que as águas circulantes responsáveis pelas cavernas, tinham pequenas velocidades, como aquelas presentes à altura do nível hidrostático. Também, a horizontalidade da linha diretriz da maioria das cavernas, mesmo das escavadas em rochas empinadas ou dobradas, sugere um escoamento lateral para as águas formadoras, tal como acontece nas zonas mais profundas da crosta. Outras provas que podem ser apresentadas a favor da hipótese de formação das grutas no topo da zona de saturação são: a) o encontro de "bólsões", preenchidos totalmente por água, nas sondagens profundas, em camadas calcárias; b) a disposição do reticulado formado pelos meandros das cavernas não se compara com aquela dos cursos d'água; c) as formas de dissolução, sobre as paredes das grutas, são semelhantes às encontradas em calcários que se comportam como condutos forçados; e d) o teto e as paredes de muitas cavernas são lisas e planas.

Entretanto, não se exclui a validade da coexistência de mais uma dessas hipóteses para explicar a existência de tão estranhas configurações da crosta terrestre, como no caso dos "domepits". Os "domepits" assemelham-se a um cachimbo com boquilha vertical para cima. Sua pipa foi ligada à superfície pela ação descendente de águas superficiais fortemente ativas. A gruta do Matão, próxima ao Braço da Pescaria, município de Iporanga, Estado de São Paulo, possui tal configuração e origem.

Pessoalmente acreditamos que, no caso de líquidos com baixa capacidade de dissolução, somente a ação contínua de volume considerável, como o presente na zona de oscilação do nível hidrostático, é que poderá ser responsabilizada pela dissolução das grandes massas de calcários ou dolomitos, responsável pela formação de grutas de proporções gigantescas, por vezes com alguns quilômetros de extensão e vários metros de altura. Esta hipótese é, ainda, mais atraente e satisfatória, quando se tenta explicar a origem das grutas escavadas em dolomitos ou calcários magnesianos, onde predomina a dolomita, mineral de muito mais difícil dissolução que a calcita. Assim, dentro do campo das idéias de Davis, seria nas proximidades da superfície do peneplano, que modelava o território paulista na época cambriana, onde maior seria a concentração dos ácidos dissolvidos pelas águas de infiltração, que deveria ter-se iniciado a formação das maiores grutas paulistas. Hoje são elas grandiosas, em face do tempo decorrido e estão situadas, após vários ciclos erosionais intensos, nos pontos do relevo relacionados com a superfície passada e não com os da drenagem atual. Caso subsistisse a teoria de Davis, a maioria das grutas deveria se situar nos pontos altos do terreno, em relação à drenagem atual.

Entretanto, as grandes grutas de São Paulo — Tapagem, Areias, Sant'Ana, Pescaria e outras — acham-se situadas nos vales e raras são as grutas de dimensões apreciáveis localizadas nos pontos altos da região sul paulista. Nada impede, porém, que grutas menores possam ter origens diversas da prevista pela teoria de Swinnerton, em zona acima do nível hidrostático, por favor de fraturas ou juntas preexistentes.

Deve-se, também, ressaltar a contribuição inegável da ação mecânica erosiva das águas, no alargamento das fendas abertas por dissolução. Alçados acima do nível hidrostático, os pisos das cavidades são submetidos, periódica ou permanentemente à ação de águas com elevada percentagem de sólidos, geralmente abrasivos, como são todos os minerais mais resistentes ao intemperismo, como o quartzo, o corindon, as granadas, a apatita e outros. Algumas vezes até seixos, de alguns decímetros de diâmetro, rolam, sobre a superfície rugosa dos pisos das grutas, ocasionando seu desgaste. Rebaixamento, pela erosão, ou enchimento, pela deposição dos minerais mais pesados e dos seixos mais volumosos, de determinadas áreas das grutas, resultam dos aspectos envolvidos no mecanismo da erosão das cavidades das grutas, por córregos permanentes ou águas eventuais.

Tendo ocorrido o alargamento das aberturas existentes nas camadas calcárias, atingindo, por vezes, áreas da ordem de 50 000 metros quadrados, como nas grutas da Tapagem e Carlsbad, por um outro processo genético, e expostas a observação humana, por favor de fenômenos geológicos diversos, como falhamento, epirogênese, erosão, ou outros, o que de mais notável se vê são as suas maravilhosas ornamentações. Pôsto que, como já Swinnerton observava, seja possível o início do revestimento das paredes durante o próprio período de alargamento de fendas, a maioria das ornamentações que emolduram as paredes das cavernas é devida à precipitação posterior à construção dessas cavidades. Dêste modo, a abundância ou não de ornamentação é função do tempo e da altura a que as grutas se acham soerguidas acima do nível hidrostático. As que estão há pouco tempo elevadas ou as que estão na zona de variação do nível hidrostático têm as paredes lisas. As mais antigas e em maiores altitudes têm quase que tôdas as suas cavidades ornadas por variadas e caprichosas formas. Em grutas de diversos níveis, como a gruta da Pescaria, em Iporanga, Estado de São Paulo, geralmente os superiores, secos, estão sendo ornamentados ou preenchidos e os inferiores, úmidos, mais erodidos que preenchidos. Só excepcionalmente acontece o inverso.

### IDADE DAS ORNAMENTAÇÕES

São essas ornamentações constituídas, principalmente, por carbonato de cálcio, cuja fórmula química é  $\text{CO}_2\text{Ca}$ . Secundariamente, como é citado no capítulo seguinte, outros compostos químicos podem dar origem às decorações das grutas. Em geral são trazidos em soluções aquosas, na forma de bicarbonato. Por favor do escape do anidrido carbônico nelas dissolvido, ao gotejar das paredes das aberturas, os bicarbonatos se decompõem, redepositando o primitivo carbonato de cálcio, nas formas mais bizarras possíveis. Influem, na intensidade e extensão dessas precipitações, diversos fatores, entre os quais se incluem:

- a) a velocidade de escoamento, função do líquido;
- b) a temperatura e grau de umidade da cavidade;
- c) o volume das águas circulantes,
- d) a circulação do ar.

A gota que cai dos orifícios das paredes das grutas, ou das formas ornamentais incipientes, necessita de um certo tempo de permanência nas bordas dêsses orifícios, para permitir a deposição ou precipitação do carbonato de cálcio da solução saturada que o contém. Esse tempo é função da velocidade de escoamento. Os outros fatores enumerados favorecem a evaporação do solvente aquoso, aumentando o grau de saturação, em bicarbonato, das soluções representadas pelas gotas e contribuindo, sensivelmente, para a deposição. A variação de algum dêsses fatores influencia nas formas, no volume e na velocidade de formação das ornamentações resultantes.

Medidas feitas por Krys, Dawkins, Coleman e Johnston, citadas por Moore e Nicholas, dão idéia da variação da velocidade de crescimento do comprimento de estalactites e da altura de estalagmites, em várias cavernas da Europa e da América. Confirmam a influência das condições locais na formação dos depósitos que ornamentam as grutas. O quadro seguinte mostra os valores encontrados pelos autores citados e por Davidson:

LOCALIZAÇÃO CAVERNA	ESTALACTITE	ESTALAGMITE
Slouper Cave Checoslováquia.....	0,36 cm/ano	0,03 cm/ano
Ingleborough Cave Inglaterra.....	0,02 cm/ano	0,63 cm/ano
New Cave Irlanda.....	0,21 cm/ano	—
Grand Caverns USA.....	—	0,10 cm/ano
Caverna São Dimas México.....	Para Pisólitos 0,12 cm/ano	—

Entretanto, pode-se afirmar, com segurança, que a velocidade de deposição pode variar, entre largos limites, até num mesmo salão de uma gruta. Podendo, mesmo, o crescimento de uma forma ser interrompido, por um largo espaço de tempo e depois reiniciado. Mas, numa primeira aproximação, pode-se sugerir que os depósitos, numa caverna, crescem com a velocidade de 0,03 cm/ano, no seu comprimento e 0,16 centímetros cúbicos por ano, no seu volume.

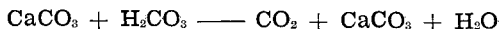
## TIPOS DE ORNAMENTAÇÕES

São diversas as composições químicas e mineralógicas com as quais se apresentam os minerais, precipitados e cristalizados, oriundos dos sais existentes nas soluções aquosas presentes nas grutas. Predominam nas ornamentações a calcita ( $\text{CO}_3\text{Ca}$ ); seguida pela aragonita ( $\text{CO}_3\text{Ca}$ ); gipsita ( $\text{SO}_4\text{Ca}$ ); goethita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ); birnessita ( $\text{Ca, Mg, K}$ )  $\text{Mn}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; a psilomelana ( $\text{BaMn}_6\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ); o salitre ( $\text{KNO}_3$ ), a hidromagnesita ( $\text{Mg}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ); a mirabilita ( $\text{NaSO}_4 + 10\text{H}_2\text{O}$ ); a nitrocalcita ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + n\text{H}_2\text{O}$ ). Excepcionalmente encontram-se grutas com ornamentações constituídas de outros minerais como limonita ( $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ), hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), xanthosiderita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), turgita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), malaquita  $\text{CuCO}_3$ ,  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ , hidrozincita ( $\text{ZnCO}_3 \cdot 2\text{Zn}(\text{OH})_2$ ), marcasita ( $\text{FeS}_2$ ), calcedônia ( $\text{SiO}_2$ ), opala ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), arsenolita ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ), gelo ( $\text{H}_2\text{O}$ ), gipsita ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ), calcofanita ( $\text{Mn, Zn}$ )  $0.2\text{MnO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , smithsonita ( $\text{ZnCO}_3$ ), cerussita ( $\text{PbCO}_3$ ), barita ( $\text{BaSO}_4$ ) e anglesita ( $\text{PbSO}_4$ ). Aparecem, em geral, em áreas mineralizadas, em grutas e formas de dimensões restritas. O mais belo exemplo, no Estado de São Paulo, de tais ocorrências é a caverna encontrada durante a exploração da mina de cobre de Santa Blandina, no município de Itapeva. Ela é, em grande parte, revestida de crisocola, azurita e malaquita e ornamentada com estalactites desse último mineral.

Atinge a casa dos 60 o número de minerais encontrados nas grutas, porém a calcita e a aragonita são os mais comuns. Geralmente possuem cor branca ou creme. Impureza de cobre, ferro e outros metais podem colorirlos com várias tonalidades. Assim, o cobre dá tom azulado e o ferro tom amarelado nas formas constituídas pelo carbonato de cálcio (calcita e aragonita). A calcita (do latim-calx) é um mineral transparente ou opaco, que se cristaliza no sistema romboédrico, com formas romboédricas, escalenoédricas e prismáticas tabulares. Tem clivagem perfeita, dureza igual a 3, densidade 2.713, brilho vítreo a terroso, índices de refração 1,65 e 1,49 e apresenta a propriedade de dupla refração. Efervesce fortemente quando atacada com ácido clorídrico. A aragonita, da mesma composição química que a calcita, é um mineral ortorrômbico, cujos hábitos de cristalização é do prisma acicular piramidal, tabular e pseudo-hexagonal. Não tem clivagem perfeita. É, geralmente, incolor ou branco. Tem brilho vítreo, tendendo para resinoso nas superfícies de fratura. Seus índices de refração são: 1,530; 1,681; 1,685. Sua dureza varia de 3,5 a 4, e sua densidade de 2,93 a 2,99. Também produz forte efervescência quando atacada pelo ácido clorídrico. Distingue-se da calcita pela sua maior densidade e por ter clivagem imperfeita. Seu nome deriva de Aragon, cidade espanhola, onde seus cristais pseudo-hexagonais foram reconhecidos pela primeira vez.

Usa-se o termo espeleotema — do grego spelation (cavernas) e thema (depósito) — para designar os depósitos formados, em uma caverna, provenientes de uma solução química ou da solidificação de um fluido, após a construção da cavidade. Assim evita-se confusão com o vocábulo "formação" usado pelos geólogos para nomear camada ou conjunto de camadas rochosas de uma mesma idade.

Em geral os sais são trazidos por soluções aquosas, na forma de bicarbonatos. Quando as águas atingem as extremidades de suas cavidades de escape, por força do alívio de pressão e de outros fatores, liberam o anidrido carbônico, reprecipitando o carbonato original, num processo inverso daquele que o gerou. Os espeleotemas, de carbonato de cálcio, trazidos como bicarbonatos, se depositam segundo a reação química seguinte:



Quanto à origem e à forma, os espeleotemas recebem, dos visitantes das grutas, as mais variadas denominações e filiações, ao sabor da imaginação ins-

pirada pela extravagância de seus aspectos. Entretanto, a literatura técnico-científica, que sobre elas versa, lhes atribui e consagra as seguintes origens e designações.

### 1) Depósitos de águas circulantes

São os espeleotemas oriundos da deposição do carbonato de cálcio por águas que se movem nas cavernas, principalmente, pela ação da força da gravidade, ao longo das suas paredes, de seu solo e dos condutos naturais existentes nas rochas encaixantes.

1a) estalactites — São as ornamentações mais comuns em grutas. Crescem verticalmente, de cima para baixo, a partir do teto, com a deposição contínua de carbonato de cálcio, por soluções alimentadas por um canal central. Formam-se, somente, em cavernas bem ventiladas, onde é permitida a rápida remoção de anidrido carbônico. A gota de água ao surgir, da fenda do calcário, aí permanece alguns minutos parada, até atingir um volume com peso suficiente para romper as forças de tensão superficial e cair. Nesse período solta o anidrido carbônico e deposita o carbonato de cálcio, formando um anel em torno do orifício da fenda. O processo se repete e dá formação a um cilindro, com um canal central com diâmetro da ordem de 6 mm, que cresce continuamente. Horizontalmente tem seu diâmetro aumentado por favor de águas ricas em bicarbonatos, que escorrem pela sua superfície externa, depositando o carbonato de cálcio em leitos paralelos, com estrutura cristalina radiada, diversa do tubo central. Na maioria das vezes, as águas e, portanto, as precipitações, não chegam a atingir os pontos inferiores do espeleotema, o que lhe comunica o aspecto cônico. Por vezes, duas ou mais estalactites, em crescimento, soldam-se formando estruturas mais volumosas e suntuosas. Dão origem às mais belas ornamentações das grutas. Quando não recebe em suas paredes laterais nenhum depósito, isto é, quando a precipitação só se dá à custa da água que circula no conduto central, apresenta-se com a delicada e frágil forma de “canudo de fresco” (soda straw).

1b) cortinas — Quando a abertura da fenda condutora se encontra numa parte inclinada do teto, a gota da solução (água-carbonato de cálcio) em vez de cair diretamente para o solo, desliza pela superfície, deixando atrás de si um rasto de carbonato de cálcio, que cresce, verticalmente, formando chapas translúcidas de calcita. Alternância de soluções puras e impuras (coloridas) comunica-lhes o aspecto original de “bacon”. Interessante, também, são os sons, com várias tonalidades, que emitem quando percutidas por madeira. No “Escritório” da gruta do Monjolinho, município de Iporanga — São Paulo, com habilidade, consegue-se tirar, das suas cortinas, conjunto de sons que lembra os carrilhões das catedrais. Em Luray, USA, o engenheiro eletrônico Leland Sprinkle, aproveitando o efeito sonoro das estalactites e cortinas, à custa do afinamento das formas e de osciladores ultrasensíveis, montou um extraordinário órgão que envolve o ambiente com músicas celestiais. Notícias recentes informam que, no Santuário da Gruta do Bom Jesus da Lapa, Bahia, aproveitaram as formações, como sinos, para obterem cinco sons diferentes.

1c) estalagmites — São formas verticais, cilíndricas ou cônicas, que partindo do piso se alongam para cima, oriundas do gotejar do leito de águas ricas em bicarbonatos. Conforme a velocidade do gotejamento do teto ou das estalactites, as águas retêm, mais ou menos, um excesso de anidrido carbônico dissolvido e, portanto, de carbonato de cálcio, que se liberta por ocasião do seu choque e borrifamento no solo. A transformação de uma gota em muitas outras, aumentando sensivelmente a superfície exposta ao ar, reduz a sua capacidade de dissolução e, conseqüentemente, ocasiona a precipitação do carbonato. Muitas vezes uma estalagmite pode ter, após a sua formação, a verticalidade alterada, originando curiosas tôrres inclinadas, pelo deslocamento do piso (solo incoerente) onde se formou.

1d) colunas — São formas verticais, cilíndricas, resultantes da união de estalactites e estalagmites, com crescimentos atingindo enormes proporções.

1e) reposteiros — Em muitas cavernas as águas que correm sobre as paredes podem formar extensos depósitos laminados, ou recobrimdo-as ou dependurando-se a partir de um ponto. As formas dependuradas são provenientes da remoção de sedimentos incoerentes, que existiam anteriormente, de permeio com as placas, por favor da ação de enxurradas. As vezes, conforme a orientação to-

mada pelos cristais, que aí se depositam, sem obedecerem quaisquer regras, mostram um formoso efeito cintilante, quando iluminados.

1f) marquises — São depósitos semelhantes aos reposteiros, só que formados nos solos das grutas, dão origem às curiosas galerias que se abrem, inopinadamente, aos pés dos visitantes. São placas de calcita suspensas, resultantes da deposição de carbonato de cálcio, pelas águas circulantes sobre o solo da gruta, seguida da posterior remoção deste, por fortes correntes de água que invadem as grutas nas ocasiões de inundações. Desabamentos as põem à mostra e servem de acesso aos seus meandros. A gruta da Tapagem, Eldorado, São Paulo, mostra belíssimos exemplos desses espeleotemas.

1g) tufos e evaporitos — São camadas porosas, geralmente de pouca consistência, que revestem as superfícies inferiores das cavidades. Na Gruta da Arataca, Iporanga, São Paulo, todo o acesso à saída de sua boca mais elevada é revestida de depósitos tufosos de carbonato de cálcio, de superfície rugosa e porosa.

1h) oólitos e pisólitos — São estruturas minerais concêntricas e lamina-das, de formas esferoidais ou elipsoidais, geradas pela deposição do carbonato de cálcio em torno de núcleos de cristalização preexistentes, estranho ou não ao precipitado, que se acha, no momento oportuno, em condições para servir de suporte ao seu desenvolvimento. A natureza mineralógica dos núcleos ou germens de cristalização depende, em geral, da constituição geológica das áreas abastecedoras de material detritico. Pode ser um simples mineral, como o quartzo, a granada, a calcita e o epidoto, ou um aglomerado cristalino, tal como fragmentos de rochas ou blocos de calcita preformados. São formadas em locais de águas tranqüilas, de pouca movimentação, tendo crescimento em leitos concêntricos, por favor da deposição uniforme de substâncias minerais. Inferiormente a constância dos leitos é mantida pela força de cristalização que ergue as formações e as mantém separadas. As bandas concêntricas são diversamente coloridas, pela variação do teor de impurezas das águas, o que comunica os exemplares cortados e polidos um bellissimo aspecto ornamental. Algumas apresentam-se polidas ou “porcelanizadas”, devido ao gotejamento do teto, que lhes imprime, com a agitação das águas, um lento e contínuo movimento de rotação. Nas grutas do Chapéu e da Pescaria, no Estado de São Paulo, são elas encontradas nas pequenas “lagoas” do solo e dos seus nichos.

1i) concreções — São agregados de origem inorgânica, sedimentar, de calcita, freqüentemente radiada, com formas esferoidais, de discos ou cilíndricas. São epigenéticas ou penecontemporâneas com o solo das grutas, isto é, formadas depois ou pouco depois desses sedimentos. As águas depositam o carbonato em torno de determinados centros, em determinadas condições. Os pisólitos e oólitos são concreções com estrutura peculiar. Nas grutas do Chapéu e Monjolinho, em Iporanga, São Paulo, encontram-se interessantes “bastonetes”. Na gruta da Pescaria, também em Iporanga, São Paulo, encontram-se concreções crescendo ao redor de carapaças de megalobulimus (caramujos), conservando-os e ornamentando-os.

1j) terraços ou reprêas em arco — São paredes sinuosas, lamelares, de calcita, que atravessam o solo da gruta, formando degraus, que barram pequenos volumes de água, como que uma escada alagada. Os bordos dos degraus crescem por favor do transbordamento das águas carregadas de bicarbonatos, aí represadas que, ao atravessarem os lábios da reprêa, descarregam os sais nelas dissolvidos, graças a fenômenos de capilaridade, evaporação e ligeira agitação, que favorecem o desprendimento do anidrido carbônico. A gruta do Arataca, em Iporanga, São Paulo, na sua entrada, é assoalhada por terraços de dimensões notáveis.

1k) ônix — São resultantes de deposição de calcita, compactos, bandeados, com faixas diversas e irregularmente coloridas, de acordo com as impurezas presentes na ocasião da precipitação, em represamentos antigos. Podem formar depósitos, economicamente interessantes, de “mármore”, com belo aspecto pela sinuosidade e cor de suas faixas. O ônix de caverna é mais grosseiramente cristalino e menos transparente que o formado por fontes de águas termais. No Estado de São Paulo o ônix da Barra do Braço, município de Eldorado, tem aceitação especial no mercado de pedra ornamental.

1l) travertino — São, como o ônix de caverna, depósitos de calcita que podem fornecer placas ou blocos utilizáveis em construção civil, em revestimen-

tos internos e externos de edifícios, monumentos e mausoléus. São, a grosso modo, uniformemente coloridos, em geral com cores claras. É característico o seu aspecto vesicular, com inúmeras cavidades irregulares na forma e na dimensão, relacionado à sua formação, isto é, depósitos de fontes termais, gasosas, ou de águas de percolação, contendo em dissolução carbonato de cálcio e anidrido carbônico. Os grandes depósitos de travertino, como os de Roma, Itália, são oriundos de fontes termais. Os de gruta são, geralmente, de ocorrência restrita, como os da região de Ribeira, São Paulo.

1m) salitre — Bactérias (Nitrosomonas e Nitrobacter), animais (morcegos e ratos) e minerais, que vivem e jazem no solo de grutas secas, podem produzir depósitos que, em certas épocas do passado, tiveram grande notoriedade como fonte de salitre. Durante a Guerra dos Estados, em 1812, nos USA, grandes massas de salitre, para a fabricação de pólvora, foram obtidas nas grutas de Kentucky, principalmente na Cave Salpetre. A existência de "salitre", no Brasil, foi noticiada por Gabriel Soares, em 1587, em seu *Tratado Descritivo do Brasil*. Em 1757, junto as grutas do vale do Rio das Velhas, estabeleceram-se várias usinas para a extração e refino do "salitre". A maior parte da produção nacional de pólvora, na época do Império, baseou-se na exploração das "nitreiras" existentes nas grutas espalhadas pelo vale dos rio das Velhas, São Francisco e de Contas.

O salitre, que consta principalmente de nitrocalcita  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  —, é retirado do solo argiloso pela água, que o dissolve. A solução fervida, com cinzas de madeira ou outro produto que contenha potassa disponível, até quase a secura, produz o nitrato de potássio. Na maioria das grutas do Estado de São Paulo, como nas grutas da Chacina (Barreiro), Ribeirão Fundo (Itapeva) e Vieiras (Apiáí), os nitratos são relacionados à presença de bactérias e, principalmente, de guanos de morcegos. Moore e Nicholas referem-se aos depósitos de Kentucky como provenientes de gotas de urina de rato (*Neotoma magister*), deixadas no solo das grutas secas para guiá-los na escuridão, no retorno das suas incursões ao interior, em busca de alimentos para si e para sua prole.

1n) conglomerados — As fortes enxurradas que, ciclicamente, atingem as grutas por ocasião das estações chuvosas, e a erosão das rochas que as modelam, provocam o aparecimento, no solo delas, de blocos de calcários e de rochas circunvizinhas, de tamanho variável. O recuo do nível das águas e o ambiente rico em águas saturadas de bicarbonato de cálcio podem provocar a cimentação desses seixos, juntamente com a areia e a argila que os acompanham, pelo carbonato de cálcio precipitado, dando origem a camadas conglomeráticas. Em algumas grutas de Iporanga, São Paulo, encontram-se camadas conglomeráticas dependuradas a meia altura de suas paredes, por favor da erosão e destruição do solo que as suportavam e recuo do nível hidrostático regional.

1o) blocos de desabamento — São formas resultantes do desabamento de ornamentações, das paredes ou do teto, jacentes no solo das grutas e nele soldadas ou cimentadas pelo carbonato de cálcio precipitado pelas águas circulantes. Esses espeleotemas caem, geralmente, devido ao engrossamento de suas partes inferiores. Atingem, assim, um peso além do limite de resistência a tração das bases que as fixam no teto ou nas paredes da gruta e, então, desabam. Mais raramente o desabamento ou tombamento pode ocorrer pela remoção do solo que suporta formas estalagmíticas, não havendo, então, um grande deslocamento do espeleotema. Na gruta da Tapagem, São Paulo, ocorrem monumentais blocos de desabamentos ou tombamentos, alguns dos quais com formas pitorescas, como é o caso da "Torre de Pisa".

2) Depósitos de águas de exsudação.

A água existente nos poros das rochas formadoras de grutas, quando alçadas acima do nível hidrostático, possui lento e descontínuo movimento, através dos vazios intercrystalinos, em direção à superfície. É esse deslocamento regido por outros fatores, principalmente por capilaridade, que não os responsáveis pela movimentação das águas circulantes. Diferenças de temperatura e pressão, entre o exterior e interior das cavernas e, sobretudo, a pressão hidrostática e a capilaridade, são os responsáveis pela exsudação das águas ao longo das paredes e do teto das cavernas. Tão lento é o movimento das águas que nenhuma gôta é formada nas emergências e, portanto, a gravidade não encontra oportunidade de afetá-las e de influir na conformação e apresentação do carbonato de cálcio recém-depositado. Podem, assim, os espeleotemas resultantes adquirirem as mais caprichosas formas, que se destacam, dentre as

demais, pelas suas características de beleza e delicadeza. Em geral não atingem apreciável tamanho. Numa pequena gruta encontrada durante a exploração do depósito de dolomito da Fazenda Santa Leonor, no município de Taubaté, São Paulo, foram encontradas belíssimas peças dessa natureza, de cor leitosa e aspectos de cogumelos e espinhos.

Possuem, como as estalactites e suas semelhantes, um canal central, porém, com muito menor diâmetro (centésimo de polegada). A formação se inicia com a deposição de um cone de calcita sobre o poro da rocha, de onde emerge a água com sais dissolvidos e prossegue com a formação de novos leitões cônicos, ao redor do canal, na extremidade do espeleotema nascente. Cada novo leito, que obedece a forma cônica do primeiro depósito, corresponde a um cristal de calcita. Entre os tipos mais conhecidos de espeleotemas formados pelas exsudação das águas intercrystalinas, destacam-se as:

2a) helictitas — Pequenas estruturas de calcita, encaracoladas, geralmente brancas e transparentes, por serem formadas por soluções sem impurezas. Na sua constituição, cada cristal que se depositava, na extremidade de seu delgado conduto, era sistematicamente inclinado, daí a sua forma encaracolada ou espiralada, a mais bela de todas as presentes nas cavernas. A aragonita, posto que raramente, pode dar origem a helictitas e, por vezes, adquire a forma de “rosários”, com várias contas por centímetro.

2b) escudo — Lâminas semicirculares, de 2 a 3 centímetros de espessura e alguns metros de diâmetro, que se formam a partir de arestas retilíneas existentes nas rochas das cavidades das grutas e se projetam para o exterior com direções variadas. Em geral, as suas bordas são ornamentadas por formações posteriores e de origem diversa. Na sua parte superior é comum o aparecimento de helictitas. Consistem, na sua maioria, de duas placas paralelas separadas por uma fratura plana, que é sempre um prolongamento do plano de uma das juntas do calcário encaixante. Segundo J. Kunsy, a água movimenta-se para a borda da rocha por força da pressão hidrostática e aí deposita o carbonato de cálcio nela contido, aumentando, lentamente, o seu diâmetro.

2c) corais — Formações nodosas, com aspecto de cachos, que ocorrem ao longo de aberturas, nas paredes ou sobre o solo argiloso das grutas, onde não existem gotejamento ou borrifamento de águas circulantes. Suas peças componentes, de 0,5 a 1 centímetro de diâmetro, crescem com estrutura bandeada e cristalização radiada, por favor das águas nascentes entre os cristais, sem existência de qualquer conduto central.

2d) esferas — São variedades de “corais”, onde a forma cônica nodosa é substituída pela de esferas ou grupos de esferas. Elas são porosas e, possivelmente, têm origem em estalactites que tiveram seu canal central obstruído. As águas que circulavam pelo canal central da estalactite, tendo sido represadas pela obstrução, deram início a redissolução do carbonato de cálcio formador do interior do antigo edifício cristalino de espeleotema, levando-o, por exsudação, para o exterior e aí redepositando-o. O crescimento, decorrente de tais fenômenos, se faz com bandas concêntricas e estrutura radial dos cristais formados, o que comunica, à forma, um aspecto arredondado. Daí, também, o nome de “estalactite esférica” que alguns autores dão a esses espeleotemas.

2e) flôres — Originais, delicados e formosos são os depósitos, geralmente de gipsita (sulfato de cálcio), que se formam nas paredes dos salões de grutas secas. Têm formas chapeadas, curvadas ou retilíneas, muito semelhantes às das helictitas. Formam-se a partir dos diminutos poros existentes na rocha, sem auxílio de conduto, como as helictitas, espalhando-se pelo interior da caverna, como as flôres ao desabrocharem-se. Têm a superfície estriada e, geralmente, não possuem grande desenvolvimento. Na Caverna 22, à margem esquerda do rio Betari, em Iporanga, e na gruta do Ribeirão Fundo, em Itapeva, ambas no Estado de São Paulo, formas de gipsita são encontradas ornamentando as paredes e o solo de suas cavidades.

2f) cabos — Alguns espeleotemas constituídos de gipsita possuem desenvolvimento exagerado, segundo uma de suas dimensões, dando origem a um dos mais estranhos depósitos de gruta. São formas alongadas, que lembram cabos de aço estirados, com diâmetro variável, que pode atingir até uma polegada. Algumas vezes, quando em grande número, assemelham-se a teias de aranha, que, em alguns casos, chegam a ondular-se com a agitação do ar da caverna. Moore e Nicholas citam a ocorrência, na Gruta do Silent River, no



Arizona, USA, de uma cortina de “cabos” que obstrui a maior parte de um de seus salões.

2g) cavidades hemisféricas ou “blisters” — Depósitos de gipsita, incluindo uma mistura de finos de calcita e outros minerais, formados nas paredes das grutas, apresentam-se, muitas vezes, com uma forma próxima a de hemisférios. Seus diâmetros podem atingir 0,5 metros e as conchas de suas cavidades possuem pequena espessura. Atribui-se às “cavidades hemisféricas” a mesma origem que a das “flôres”, só que os seus cristais crescem a partir de diversos poros, colocados em círculos.

2h) leite da lua ou leite dos gnomos — Depósitos de calcita inconsistente, moles, brancos, de aspecto argiloso, ocorrem nas paredes de certas grutas. Seu nome provém da crença européia de que as cavernas eram habitadas por pequeninos sêres, à semelhança de anões, denominados gnomos, governados pelo rei Oberon, com poderes sobrenaturais. A eles são atribuídas propriedades medicamentosas. Mineralogicamente, ao lado da calcita, podem conter vários compostos de magnésio, principalmente a hidromagnesita (hidrocarbonato de magnésio hidratado), a nesquehonita (carbonato de magnésio hidratado), e a huntita (carbonato de cálcio e magnésio). Geralmente, são habitados por numerosa microflora que, talvez, tenha contribuído para a decomposição dos minerais das paredes da gruta e conseqüente formação dos seus constituintes.

### 3) Depósitos de águas estagnadas

Os espeleotemas mais notáveis e numerosos têm origem nas águas em movimento pelas superfícies, juntas e poros das rochas, onde se localizam as cavernas. Porém, alguns existem de interesse científico e ornamental, que são relacionados às águas estagnadas nas reentrâncias do solo das grutas, as quais mostram sua atividade química, precipitando e dissolvendo os minerais aí presentes. São formas, em geral, delicadas, de dimensões reduzidas e raras nas grutas do sul do Brasil.

3a) Moore e Nicholas descrevem que, na caverna de Goshute, em Nevada, USA, existem pequenas chapas de calcita de um centésimo de polegada, de espessura, que sobrenadam nas águas de pequenas poças, por favor da tensão superficial. Essas formas, denominadas *Jangadas*, afundam quando, por qualquer motivo, há agitação nas águas que as suportam e, então, formam depósitos que, por vezes, atingem alguns pés de espessura, nas áreas alagadas daquela gruta.

3b) G.T. Warwick encontrou, pela primeira vez, em mina de calcário, na Inglaterra, formas semelhantes às “JANGADAS”, mas de conformação esférica. As “BÓLHAS” são relacionadas às fontes de águas quentes emergentes no piso de áreas inundadas de grutas calcárias. Bólgas de vapor, ao se desprenderem, lentamente, dos grifões das fontes para a superfície, através das águas que recobrem essas superfícies, podem ficar, por certo tempo, paradas ao nível superior da superfície líquida e, nessa ocasião, servirem de suporte para delgados precipitados de carbonatos, originando espeleotemas de formas esféricas, ovóides e hemisféricas.

3c) “GEODOS” de calcita, com cristalização na original forma “dente de cão”, são encontrados, com freqüência, nas áreas inundadas das grutas ou de pequenas cavidades das lentes calcárias. Os cristais alongados de calcita crescem das paredes, dentro d’água, podendo atingir comprimento da ordem de 15 cm.

## O CAVERNÍCOLA E SUA ECOLOGIA

1) O AMBIENTE — As condições do microclima das grutas são as mais estáveis possíveis. A vasta capa rochosa que as cobre resguarda o ambiente das mutações climáticas bruscas que ocorrem na superfícies. Daí ser um local privilegiado e preferido por muitas espécies animais, tais como os morcegos e os ursos, para hibernação ou, mesmo, para proteção temporária contra os rigores do macroclima. A variação diária de temperatura, em um dado ponto do interior de uma gruta, em geral, nunca ultrapassa a 1°C. A variação de temperatura, de um ponto para outro de uma gruta, numa mesma ocasião, desde que não existam “abismos” notáveis, isto é, grande variação de altitudes, não excede a três graus centígrados. Em geral, no Estado de São Paulo, a temperatura

média das cavernas oscila em torno de 18°C. Interessante é notar a semelhança do valor da temperatura média das grutas com o representativo da temperatura média das águas minerais, de origem profunda. O efeito da altitude é bem ilustrado pelos dados obtidos por Donald G. Davis, em 10 cavernas, aproximadamente, da mesma latitude, no Colorado, USA. Para variação de cotas de 2.500 metros, ele constatou variação de 10 graus centígrados ou 0,4°C por cem metros. Em geral a temperatura média do interior de uma caverna é, aproximadamente, igual à temperatura média da superfície que a envolve. Na "boca" da gruta a temperatura acompanha a temperatura momentânea da superfície e não a média da caverna.

Salvo em várias exceções, quando as grutas são "secas", o grau de umidade das grutas é bastante elevado (acima de 95%), isto é, o ar que circula nas grutas está próximo do ponto de saturação do vapor d'água. A lenta circulação do ar através das cortinas líquidas, formadas pelo contínuo gotejamento das águas do teto das cavernas, produz esse alto grau de umidade, o qual se mantém constante, por favor da temperatura do ambiente ser relativamente baixa. Esse fato causa aos visitantes, que vencem os obstáculos dos relevos ásperos das cavernas, uma transpiração aparentemente excessiva, em relação à baixa temperatura do ambiente, visto que o alto grau de umidade impede a evaporação rápida do suor. As pequenas variações de temperatura, entre o verão e o inverno, ocasionam variações na umidade relativa média do ar das grutas. No verão ela diminui e no inverno ela aumenta.

Na maioria das cavernas o ar está constantemente em movimento, porém, de uma maneira muito lenta, por favor das variações barométricas, periódicas e não periódicas, da superfície. As variações periódicas são resultantes da diferença de temperatura do ar, entre o dia e a noite. Durante o dia a temperatura é maior, portanto o ar é menos denso e a pressão menor, à noite a temperatura é menor, portanto, o ar é mais denso e a pressão maior. As variações não periódicas são aquelas resultantes da aproximação ou não de frentes de mau ou bom tempo, e se superpõem às periódicas. A variação de pressão na "boca" da caverna, em relação àquela do interior, ocasiona o deslocamento das massas de ar do interior para o exterior e vice-versa. Quando a caverna tem mais de uma "boca" a circulação do ar se faz de uma "boca" para outra. Aí a direção do movimento se alterna de acordo com as épocas do ano. No verão a massa de ar existente na caverna, tendo temperatura menor que a do exterior, se escoia pela "boca" inferior, dando um escoamento de ar de cima para baixo. No inverno se dá o inverso, e o movimento do ar é de baixo para cima, como numa chaminé. Em cavernas, como na Breathing Cave, Virginia, USA, o ar se escoia, por um certo tempo, numa direção e depois inverte o seu sentido de movimento. O curioso fenômeno de "respiração" dessa caverna se processa em um ciclo, aproximadamente constante, de um minuto. Muitas têm sido as hipóteses aventadas para explicar o fenômeno, tais como a variação na pressão barométrica e temperatura, correntes aéreas e efeito de chaminé em passagens interiores. V.A. Schlicht atribui o efeito da "respiração das cavernas" a fenômenos de ressonância das massas que penetram pela "boca", em condições especiais, e refletem-se nas suas paredes terminais.

2) FLORA — Devido a ausência de luz solar e, portanto, da clorofila, as principais manifestações de vida vegetal nas grutas consistem de seres inferiores, microscópicos, entre os quais se destacam as bactérias, os fungos e os actinomicetos. Com relação ao modo de vida esses microorganismos exibem um alto grau de versatilidade. Alguns conseguem retirar o carbono necessário à sua nutrição, diretamente, outros de substâncias que já tenham sido digeridas e o carbono transformado em composto orgânico. Os primeiros são chamados de "autotróficos" e os segundos de "heterotróficos". O mais importante desses vegetais inferiores, para a vida dos cavernícolas, são as bactérias ferruginosas autotróficas denominadas cheniotróficos, das quais a principal é a *Perabacterium spelei*, que servem de alimento para pequenos animais, como protozoários, vermes e isópodos, os quais, por sua vez, alimentam as espécies de maior porte, como os peixes e a salamandra. Essas bactérias ferruginosas oxidam os compostos ferrosos, óxidos e carbonatos existentes nos sedimentos depositados no solo das cavernas, transformando-os nos sais correspondentes férricos e empregando a energia livre na decomposição do anidrido carbônico e na formação dos compostos orgânicos.

O odor peculiar da terra mofada, comum nas cavernas, é produzido pelos actinomicetos, que são microorganismos semelhantes às bactérias filamentosas. Moore e Nicholas, comentam a possibilidade dos actinomicetos tornarem-se fonte de antibióticos. Desde o século XVI é noticiado o uso do "moendmilch", dos alemães, ou o "moonmilk", dos ingleses, seco, no tratamento de feridas. No "leite da lua" ou "leite dos gnomos" proliferam, ao lado de outras bactérias e algas, actinomicetos que podem possuir qualidades medicamentosas. Em contraposição, os esporos de um cogumelo encontrado no ar e na terra, chamado *Histoplasma capsulatum*, são responsáveis pela infecção pulmonar denominada histoplasmose pulmonar que podem afetar aqueles que perambulam pelas grutas, posto que também em outros locais. Felizmente parece não habitarem as grutas de São Paulo, pois nos longos anos que, com outros funcionários do IGG, executamos trabalhos de fiscalização das grutas paulistas, não constatamos nenhum caso dessa enfermidade. Essa doença foi descoberta pelo Prof. Samuel Darting, no Panamá, e tem período de incubação de 8 a 16 dias. Seus sintomas mais comuns são a cefaléia e a astenia. Febre, tosse seca, ligeiro aumento do volume do baço e dores musculares acompanham, geralmente, esses sintomas. As fezes dos morcegos constituem o material que favorece a proliferação do *Histoplasma capsulatum*. As condições ideais para a vida desses fungos são os existentes em solos protegidos do sol, ácidos, de baixa permeabilidade e de pobre conteúdo de matéria orgânica.

3) FAUNA — As espécies faunísticas que habitam as grutas podem ser enquadradas em 3 categorias, conforme o modo de vida, com relação ao ambiente. É comum a caverna servir de abrigo acidental e temporário para animais que a buscam, apesar de viverem perfeitamente integrados no meio exterior, para se protegerem de seus inimigos naturais ou de condições rigorosas do clima regional. Morcegos e ursos usam as grutas para hibernarem-se nos invernos mais rigorosos. Os morcegos, mesmo no verão, nelas se refugiam. Nas zonas mais escuras eles se locomovem, usando a sua voz e os seus aguçados ouvidos para a localização dos obstáculos que se antepõem nas suas trajetórias. Como se alimentam muito, metade do seu peso por dia, dão origem a grandes depósitos de guano. Pacas, porcos do mato, ratos, mosquitos, vespas, serpentes, pássaros e, mesmo, o homem e outros mamíferos de grande porte, também utilizam-nas, temporariamente, para gozarem das saudáveis condições de um clima constante e protegerem-se das intempéries. Desses animais é o rato da caverna que possui a adaptação ao meio mais curiosa. Nas suas incursões ao interior das grutas é guiado pelos seus longos "bigodes", que funcionam como antenas, e por gotas de urina que esparge por toda a sua trilha, cujo odor orienta-o na sua volta aos ninhos. Todos os seres que somente passam parte de suas vidas no interior das cavernas e, geralmente, não ultrapassam as proximidades das "bôcas", são denominados TROGLOXENOS, do grego troglos (caverna) e xenos (hóspede).

Outras espécies de animais, posto que possam sobreviver em meios úmidos e sombrios do exterior, vivem com regularidade nas cavernas, geralmente nas suas partes sombrias. Minhocas e certas variedades de salamandra, besouro e crustáceos podem passar todas as suas vidas no interior das cavernas. São denominados TROGLÓFILOS, do grego troglos (caverna) e phileo (gostar).

Porém, para os estudiosos e espeleólogos, os animais que maior interesse mostram são os TROGLOBÍTICOS, do grego troglos (caverna) e bios (vida), por serem peculiares às cavernas. O troglobítico habita as profundezas das grutas e aí se desenrola toda a sua vida. A maioria deles é cega e têm cor semelhante a dos albinos, de tonalidade branca-rosada ou cinza claro, e desenvolvimento especializado e avançado dos órgãos necessários ao olfato e locomoção nas trevas, adquirido através dos milhares de anos de vivência nas grutas.

As idéias simplistas, de adaptação ao meio, dos naturalistas do século passado, para explicarem as transformações orgânicas das espécies cavernícolas, foram, há muito, abandonadas pela genética. O problema da evolução pode, hoje, ser explicado em termos de "mutações", "seleção natural" e "mecanismo de isolamento". As "mutações" ou "combinações gênicas" são, geralmente, degenerativas nas suas manifestações. A "seleção natural" cabe o importante papel de permitir ou não a perpetuação de uma dada combinação genotípica geradora de uma nova espécie. O "mecanismo de isolamento" é o responsável pela proliferação da espécie recém-aparecida. Assim, a espécie troglobítica pode aparecer bruscamente sem o apoio de espécies intermediárias, como no

caso de "adaptação ao meio". Dêste modo, a falta de visão dos animais das cavernas corresponderia à perpetuação de certas mutações, num dado meio, em uma população faunística ilhada. Essas mutações seriam fatais no meio exterior. A despigmentação é um caráter decorrente da cor do substrato e da vida animal subterrânea, ou melhor, da ausência de luz solar. É comum às espécies lucífugas e não às lucifílas, e têm, também, como no caso dos peixes adultos, relação com a visão, isto é, o animal tornado cego, perde a capacidade de mudar de cor. Em compensação, com a perda da visão e dos pigmentos, certas funções sensoriais podem desenvolver-se. Pavan cita as hipóteses de Ray Lankester e a de Eigenmann sobre a maneira pela qual os animais se tornam cavernícolas. Lankester acha que os animais são levados acidentalmente para as grutas. As mutações produzem espécies que não mais têm condições para viverem no exterior e, portanto, aí permanecem. Assim, depois de muitos anos, como os animais com visão abandonam as cavernas, há a formação de uma linhagem cavernícola cega. Eigenmann e outros consideram a opinião de Herbert Spencer como a mais exata: "A existência desses animais cavernícolas pode ser admitida somente se considerarmos que seus ancestrais faziam passeios dentro das cavernas, e achando-as aproveitáveis ficavam nelas e a elas se acostumavam, adaptando-se aos poucos". Essa teoria de pré-adaptação, de animais capazes de agir no exterior com pouco ou nenhum auxílio dos olhos, teve seus seguidores em S. Garman e Hubbs. Pavan, apesar de achar mais fácil a perpetuação de um caráter favorável à vida cavernícola num animal que já viva em condições semelhantes, do que em outro, lembra que no caso dos peixes, o fato desses animais subirem os rios para desovarem, pode permitir que uma espécie não pré-adaptada dê origem a uma outra cavernícola, desde que, dentre os indivíduos que nascem haja algum de olhos atrofiados, com condições de melhor viver nas cavernas que no exterior.

Exemplos do desenvolvimento especializado e avançado dos órgãos necessários ao olfato e locomoção nas trevas, são encontrados nas aranhas muito abundantes nas grutas das Aranhas (Caboclos — Iporanga, SP) que tiveram seu corpo reduzido e suas pernas alongadas, para proteção contra os animais rasteiros do solo das grutas; no besouro e no grilo que desenvolveram suas garras e antenas, para perceberem melhor os obstáculos e lutarem contra seus inimigos; no morcego e no guacho, que se adaptaram à vida nas trevas, graças ao aperfeiçoamento dos seus aparelhos de emissão e recepção de som (guacho emite som audível ao ouvido humano); e no peixe cego, como naqueles norte-americanos (*Typhlichthys subterraneus*, *Ambliopsis spelgea*) onde um nervo nas proximidades da boca ou espalhado pelo corpo, que captam as mínimas ondulações da água e vibrações, lhes permitem desviar dos obstáculos e os orientam no ataque às suas presas. Todos esses animais são oriundos da proliferação de uma espécie correspondente à uma dada combinação, dentre todas as possíveis com as mutações cromossômicas, que melhor se adaptou a um meio isolado (cavernas). Uns vivem na água, outros na terra. Nas águas predominam os crustáceos e os ostracoides, cujas espécies principais são os camarões e mariscos de água doce. Também vertebrados, peixes e salamandras povoam as lagoas e cursos subterrâneos de água doce das cavernas. Na terra, isto é, no solo e nas paredes, vivem artrópodos, moluscos e vertebrados. Os primeiros são espécies de miriápodes (milípodos e centípodos), aracnídeos (aranhas) e insetos (mosquitos, vagalumes, vespas, besouros e grilos). Entre os moluscos aparecem as lesmas e entre os vertebrados se destacam as espécies do grupo dos mamíferos (ratos e morcegos), répteis (serpentes) e dos pássaros (guachos).

A vida na gruta não se dispõe e nem se processa de maneira desordenada. Ao contrário, foi ela modelada com incrível perfeição e com características de auto-suficiência. Há uma zonação e uma estratificação na sua disposição. Vários animais só vivem nas proximidades da entrada, outros só na zona da penumbra ou de trevas. Em cada uma dessas zonas os organismos se especializam numa determinada região, isto é, uns se localizam no teto, outros no solo e alguns nas paredes. Experiências recentes procedidas no Mammoth Cave National Park, com animais marcados, mostraram que mesmo aqueles que se aventuram a longas incursões, em busca de alimentos, voltam ao mesmo local onde costumeiramente habitam e localizam seus ninhos. O ciclo alimentar da vida dos cavernícolas, também se processa de maneira fechada e disciplinada. As bactérias e fungos, oriundos de depósitos minerais e orgânicos (excrementos e restos orgânicos de morcegos, salamandras, ratos e porcos), servem de alimento para os milípodos,

isópodes e lesmas; os quais, por sua vez, são caçados pelas aranhas, caranguejos e peixes, que são comidos pela salamandra, ratos e outros animais de maior porte. Há, assim, nas grutas um mundo curioso e complexo que fornece um vasto campo de estudos e pesquisas para os biólogos e naturalistas.

C. Pavan, professor de Biologia Geral, da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de São Paulo, provou a correlação entre formas troglóbicas e superficiais de peixes, para isso fez o estudo comparativo da morfologia, fisiologia, comportamento e *habitat* de duas espécies pimelodidae, pertencentes a dois gêneros que habitam certas grutas e rios do Vale do Ribeira. A ausência de olhos e o diferente grau de pigmentação distinguem as duas espécies dos gêneros *Pimelodella* e *Typhlobagrus*. Alguns tipos apresentam vestígios de 1 ou 2 olhos embutidos sob a epiderme, só visíveis por transparência. As espécies estudadas pelo Professor Pavan, foram a *Pimelodella* transitória descrita por R. Ribeiro (1905) e a espécie cavernícola denominada *Typhlobagrus* kronei, descrita, também, por M. Ribeiro (1907). A primeira com cores variando entre o amarelo cinzento e o cinza escuro, povoa rios abertos, particularmente os rios Betari, Alambari, Areias e Ribeira é conhecida vulgarmente, pelo nome de "mandi-chorão". A segunda, de cor rosa ou cinza claro, habita as cavernas das Areias e Bombas, no município de Iporanga, Estado de São Paulo, e é conhecida como "bagre cego". Pavan distingue duas populações entre os *T. kronei*, a das Areias e a das Bombas, pela diferença de seus hábitos, tamanho dos barbilhões e da cabeça, pigmentação e presença de estrias. A população Bombas é mais uniforme, vive entocada, e sai comumente para o exterior, à noite, à procura de alimentos, possivelmente porque o rio que percorre a gruta das Bombas não se comunica, como o Areias, a montante, com o exterior e é, portanto, pobre em alimentos. A população das Areias, apesar de hábitos essencialmente cavernícola, se aproxima mais em sua morfologia da *P. transitória*, e com ela deve ter tido cruzamentos. Quando em aquários as espécies de ambas populações se pigmentam. A espécie *P. transitória* vive no exterior e no interior das grutas, nas proximidades de suas "bocas". Têm hábitos noturnos, gosta de águas turvas, vive entocada e, provavelmente, não utiliza os olhos na busca direta do alimento. O fato da *P. transitória* ser um animal lucífugo explica o hábito desse peixe ir ter às grutas. C. Pavan conclui que: 1.º) *T. kronei* derivou-se do *P. transitória* pelo mecanismo seguinte: a) mutações para ausência de olhos teriam permitido o aparecimento de animais com olhos rudimentares ou sem eles; b) a seleção favorecendo, dentro da gruta, a animais sem olhos, determinaria, a diminuição do número de animais com olhos; 2.º) a população *T. kronei* de Bombas deve ter-se originado do *P. transitória* ou do *T. kronei* de Areias, si possível fosse a comunicação através das grutas ou a fecundação por ovos levados nos pelos de alguns mamíferos ou nas penas de aves; 3.º) além do *T. kronei*, que é cego e parcialmente despigmentado, existe nas grutas das Areias o *P. transitória*, *Rhamdia* sp. e *Rhamdioglandis* sp. n; 4.º) o *T. kronei*, ao contrário do que sua origem implica, possui barbilhões menores e maior porte que o *P. transitória*.

C. Pavan não encontrou espécies intermediárias, de uma gradação biológica, entre o *T. kronei* e o *P. transitória*, como as que existem entre os peixes achados na caverna da China e no rio Tampoan, no México. Entre a espécie de rio aberto *Astijanax mexicanus*, de visão e pigmentação normal, e a cavernícola *Anoptichthys jordani*, cego e não pigmentado, se colocam espécies não totalmente cegas, resultantes do cruzamento das primeiras espécies. Porém a presença de intermediários nada mais indica que a quantidade de gens envolvida na conformação das espécies é muito grande e pode originar várias combinações válidas para o mesmo meio.

Recentemente Francisco A. Matos e colaboradores, da Sociedade Excursionista e Espeleológica, de Ouro Preto, M. G., realizaram, pela primeira vez, no Estado de São Paulo, estudos sistemáticos gerais de bioespeleologia de uma de suas grutas — a da Tapagem. Constataram a presença de elevado número de espécies, tanto zoológicas como botânicas, sobrepujados por poucas outras, e atribuíram essa peculiaridade ao fato do Ribeirão das Ostras, que a atravessa, servir como veículo de povoamento para muitas das espécies estudadas. Na fauna troglóbica determinaram espécies de:

## I — Invertebrados:

A — Artrópoda: 1) insetos das ordens coleóptera (carabudae), hemíptera (reduvidae), ortótera (blattariidae e raphidophoridae) e neoróptera (coridalus sp. n.);

- 2) aracnida;
- 3) miriapoda (lulus terrestres);
- 4) crustácea — camarões;

B) — vermes (platelminta)

## II — vertebrado:

A) — anfíbia (larvas de anura).

Na fauna troglófila assinalaram a presença de quirópteros e gasterópodos (trophocheillidae e pupidae). Entre os troglóxenos, hóspedes acidentais das grutas, destacaram a presença de:

I) — invertebrados: artrópoda — inseto das ordens ortóptera (battarii-dae), aracnida e quilópoda (scolopendridae);

## II — vertebrados:

- A) reptila (micrus cerallinus)
- B) ave;
- C) mamífera — carnívora (felidae).

A flora também forneceu, aos pesquisadores, algumas espécies. Nas variedades troglóxénicas das Hipogeeas, dominam as angiospermas — dicotyledoneae — de aspecto de uma leguminosa; e as thallophyta-Jung). Entre as Egigeeas destacam-se algumas pteridófitas, das famílias davalliaceae, plamae e myr-taceae.

## O SOLO E SEUS JAZIGOS FOSSILÍFEROS

O solo das grutas, geralmente, é argiloso, inconsistente e com origem relacionada ao resíduo insolúvel do calcário encaixante, no qual, ao lado de quartzo detrítico, aparecem a muscovita, a sericita, o diopsídio, a piritita, a hematita e outros silicatos argilosos. Antigamente era denominado "barro cavernoso" (*hoehlenlehm*). Só as grutas com regatos permanentes, durante parte ou toda a sua existência, e as sujeitas a enxurradas temporárias, apresentam solo arenoso silicoso. Por vezes o solo adquire o caráter conglomerático, com forte contribuição de seixos de calcários, quartzito e quartzo. Suas cores mais comuns são a vermelha, a amarela e a cinza, conforme a percentagem de óxido de ferro e matéria orgânica que os colorem. Quando secos mostram as figuras clássicas de contração, com suas fendas preenchidas, em alguns casos, com calcita secundária. É muito comum a sua consolidação por favor da sua mistura com o carbonato resultante do gotejamento de águas do teto. Entretanto, a característica do solo que maior importância apresenta aos estudiosos é a de ser depositário de achados paleontológicos e etnográficos, testemunho da vida pretérita, de alto valor científico para o estudo da evolução das espécies animais e da arte pré-histórica.

Constituindo as grutas um abrigo natural contra as intempéries, sempre foi um ponto preferido para a morada ou refúgio dos antigos homens e animais, particularmente quando se sentiam doentes e necessitados de repouso ou proteção. A chegada inesperada da morte e o soterramento dos corpos por sedimentos clásticos finos, muitas vezes protegidos ou substituídos por crostas de calcita, permitiram a conservação dos seus despojos, algumas vezes com perfeição ideal, para que hoje, milênios depois, os cientistas possam estudá-los. O soterramento de grutas, por ocasião das grandes inundações, também contribuiu para a formação de jazigos fossilíferos. Ossos de animais mortos no exterior puderam, assim, ser levados pelas enxurradas, para o interior das grutas. Repre-

sentam, pois, as grutas um papel preponderante nos estudos científicos relacionados com a pré-história brasileira.

Em Minas Gerais, a obra de Peter W. Lund, Pedro Claussen, Anibal Mattos e Harold V. Walter, e, em São Paulo, a de Ricardo Krone, não teve continuador à altura, permanecendo os depósitos paleontológicos das grutas brasileiras a espera de novos estudos e pesquisas. A maior contribuição para o conhecimento da fauna que habitava, temporária ou permanentemente, as cavernas do centro sul do Brasil, deve-se ao notável e renomado pesquisador dinamarquês Peter Wilhelm Lund, que no fim do século passado (1880) faleceu no, então, modesto lugarejo de Lagoa Santa, em Minas Gerais, centro de suas atividades científicas, após ter dedicado os melhores anos de sua vida a estudos de paleontologia nas grutas mineiras. Lund explorou quase 200 cavernas calcárias do vale do rio das Velhas, tendo coletado, além de 240 espécies animais, despojos de mais de 30 indivíduos, por ele caracterizados como pertencente à raça do "Homem da Lagoa Santa", de, aproximadamente, 3 000 anos, mais ou menos, de idade. A idade do "Homem da Lagoa Santa" tem sido motivo de controvérsia pela falta de observações rigorosas sobre a estratigrafia dos achados. Não se sabe se os restos humanos foram ou não achados no mesmo nível dos animais. Padberg, em seu trabalho, deixou claro que, na Lapa dos Confins, os restos animais só eram encontrados nas camadas argilosas inferiores. A maioria dos antropólogos correlacionam essa raça laciana, dolicocefala, com as populações pré-históricas da Califórnia, (U.S.A.), da Patagônia e de Puin (na Argentina), e da do Equador. Posteriormente, aos estudos de Lund, pesquisadores do Museu Nacional e da Academia de Ciências de Minas Gerais, entre os quais Anibal Mattos, na Lapa Mortuária ou Lapa dos Confins, em Minas Gerais, descobriram restos humanos de cerca de 200 indivíduos, e de animais, que os levaram à conceituação do "Homem de Confins", da mesma raça que os de Lagoa Santa. Em muitas dessas explorações os pesquisadores tiveram seus estudos prejudicados pelas antigas extrações de nitratos que revolveram o solo das grutas, misturando e depredando os restos fósseis.

O material paleontológico colhido por Lund, do Pleistoceno e recente, foi estudado, na Dinamarca, por H. Winge e J. Reinhardt e se distribui pelas ordens dos marsupiais, quirópteras, rodentias, carnívoras, notoungulatas, li-topternas, artiodáctilas, perissodáctilas, proboscídeas, edentatas e primatas. Dominavam na vida, recente e pleistocênica, do centro de Minas Gerais em primeiro lugar os roedores (20 espécies fósseis e 58 vivas), depois os morcegos (27 espécies fósseis e 26 vivas), seguidos dos carnívoros (gêneros canídeos e felís, com 23 espécies fósseis e 18 vivas), desdentados (gênero *megatherium*, *nothotherium*, *glyptodon* e tamanduá, com 17 espécies fósseis e 11 vivas) e marsupiais (12 espécies fósseis e 11 vivas). Também no pleistocênico de Minas Gerais se inclui um cavalo zebrado, cujos restos foram descritos por J. E. V. Boas (1881) sob o nome *Equus Lundii*. Os achados paleontológicos de H. C. Walter e J. A. Padberg-Drenkpol, nas lapas da Lagoa Funda, Borges e dos Confins, em 1937, acrescentaram algumas novas espécies àquelas descobertas por Lund. Recentemente F. L. Souza Cunha fez uma revisão dos estudos anteriores, sobre pesquisas paleontológicas em Minas Gerais, pondo em relevo o trabalho de Padberg-Drenkpol na lapa dos Confins. Descreveu, também, um novo equídio — *Hippidion principalis* — de maior porte e diferente do *H. neogaeus* de Lund.

O tipo faunístico dominante em Minas Gerais também se estendia pelas restantes terras pleistocênicas brasileiras. Na Bahia, numa caverna próxima a Jacobina, o naturalista C. Schreiner, em 1889, coletou um esqueleto quase que completo de *megatherium*. Em São Paulo, Ricardo Krone, pioneiro da espeleologia neste Estado, no fim do século passado, explorou um grande número de grutas da região de Apiai-Iporanga, tendo conseguido obter várias peças paleontológicas, que foram estudadas pelo cientista argentino Florentino Ameghino. Sergio Mezzalana arrola, em sua sùmula sobre achados paleontológicos, no Estado de São Paulo, os seguintes fósseis estudados por Ameghino e outros coletados nos depósitos de cavernas do sul do Estado, principalmente na gruta do Monjolinho, em Iporanga:

pulmonados — conchas de caramujos das espécies: *Megalobulimus ovatus* Müller var. *Iguapensis* (Maury); e *Thaumastus magnificus othoni* (Maury); didelfídeos — espécies do gênero *Chironectes* Illiger, pequenos marsupiais anfíbios, do tamanho de uma ratazana, que se nutria de peixes, sapos e outros animais aquáticos: *Chironectes minimus* (Zimm.);

filostomídeos — espécies de morcegos de grande tamanho, com apêndice nasal bem desenvolvido em forma triangular: *Chrotopterus auritus* Peters, estudado por Ameghino;

megalonicóideos — espécies de preguiças terrícolas: *Nothrotherium maquinico* (Lund), estudado por Paula Couto;

dasipodídeos — espécies de tatu de grande porte, providos de dedos assimétricos em cada pata e armados com unhas largas e fortes: *Cabassous antiquius* (Lund), identificado por Ameghino;

gliptodontídeos — espécies de tatu, maiores que anteriores, podendo atingir até 1,2 metros de altura por 2 metros de comprimento e tendo 4 dedos: *Sclerocalytus*, sp. n., identificado por Ameghino;

cricetídeos — espécies de ratos herbívoros: *Acodon angustidens* (Winge), descrito por Ameghino e *Orizomys eliura* Wagn, também identificado por Ameghino;

octodontídeos — espécie de roedores subfossadores de cauda reduzida, do tamanho de um rato — *Dicolpomys fossor* Winge, descrito por Ameghino;

equimídeos — espécies de ratos espinhosos *Prochimys fuliginosus* (Wagner) e o *Echimys spinoza* (Desm.), ambos descritos por Ameghino;

leporídeos — espécies de lebres: *Sylvilagus minensis* (Thomaz), descrito por Ameghino;

felídeos — espécies de onças: *Felis aff. onssa* Linneus, descrito por Ameghino e *Panthera (jaguarium) onça* (Linneus) descrito por Paula Couto;

talessídeos — espécies de porco do mato; *Tagassus albirostris* (Illiger), descrito por Ameghino;

cervídeos — espécies de veado: *Mazama* sp. n., descrito por Ameghino.

São, portanto, predominantes na paleofauna cavernícola brasileira, que muito se diferencia das suas congêneres norte-americanas e da Europa, as espécies datadas como recentes e pleistocênicas. Entretanto, em 1951, Djalma Guimarães já havia sugerido a existência de depósitos cenozóicos nas grutas de Minas Gerais, abaixo das camadas fossilíferas mais novas, considerando que o *Hippidion* poderia ter subsistido desde o fim do cenozóico. Logo depois, no mesmo ano, Paula Couto confirmou tal hipótese descrevendo uma espécie da família *Heptaxodontidae*, o *Tetrastylus* (Ameghino), de idade pliocênica. Esse fóssil foi encontrado em mistura com restos de mastodontes mais modernos. Considerando-se que os *tetrastylus* sul-americanos extinguíram-se durante a época geológica *chadmalalense* (pliocênica), não é, pois, fora de propósito supor que as cavernas brasileiras já estavam alçadas acima do nível hidrostático, em fase de franca ornamentação e povoação no fim da era Cenozóica.

## HISTÓRIA GEOLÓGICA

A história geológica das cavernas do médio vale do rio Ribeira, região de Eldorado, Iporanga, Apiaí e Capão Bonito, iniciou-se há mais de 510 milhões de anos, quando os minerais constituintes dos calcários, nos quais cavidades foram abertas posteriormente, depositaram-se em mares rasos tropicais, na forma de lamas carbonatadas, por processos, principalmente inorgânicos. A deposição das rochas calcárias foi acompanhada de grande desenvolvimento da flora litorânea e marinha, como revelam as suas cores escuras, oriundas da pigmentação por carbono grafitico e orgânico, e vestígios de hidrocarbonetos. Também a colônia de algas — *Collenia Itapevensis* sp. n. — descrita por Fernando F. M. de Almeida, encontrada nos calcários e dolomitos da região de Itapeva-Itararé, fortalece essas idéias. Esses fatores, refletindo a alta temperatura das águas, a grande salinidade dos mares e a presença de flora abundante, concorreram para a precipitação dos carbonatos existentes nas águas marinhas, quer por reduzirem a solubilidade dos bicarbonatos, quer por favorecerem a absorção do anidrido carbônico. Os dolomitos são, em sua maioria, resultantes de processos de dolomitização posteriores à deposição, porém antes da litificação dos sedimentos. Soluções quimicamente ativas substituíram o CaO pelo MgO utilizando, em parte, o carbono corante desses sedimentos, como mostram as cores claras que exibem os dolomitos. Assim, rochas ricas em magnésio, que tem como mineral dominante a dolomita — carbonato duplo de



cálcio e magnésio — se formaram em substituição aos calcários, ainda em estado inconsistente. Mais tarde os sedimentos frouxos tornaram-se duros, por diagênese e, posteriormente, metamorfixaram-se, recristalizaram-se, dobraram-se e sofreram a intrusão de magmas ácidos e básicos. Foi, principalmente por ocasião dos dobramentos e das intrusões de magmas estranhos, entre o fim da era proterozóica e o início da paleozóica, que apareceram as juntas responsáveis pela formação das grutas. Movimentos epirogenéticos, de elevação e abaixamento de porções da crosta terrestre, a corrosão, a erosão e o intemperismo completam o quadro de fenômenos geológicos que contribuíram para o alargamento das dimensões dessas fendas. Tudo indica que as grutas paulistas, bem como a maioria das existentes no Brasil, foram alçadas acima do nível hidrostático, somente no Pliocênio (Cenozóico) ou o princípio do Pleistocênio (início do Quaternário). A análise geomorfológica e o estudo dos depósitos terciários e quaternários, fluviais e litorâneos, indicam a existência de movimentos de conjunto (epirogênese) e movimentos de fundo oceânico (eustático) que provocam, até nossos dias, o alteamento da costa sul do Brasil. Também a fauna presente no solo das cavernas, descrita por Lund, Ameghino, Paula Couto

— ERA	PERÍODO	INÍCIO DA FORMAÇÃO GRUTAS DE:	IDADE	EVENTOS NAS GRUTAS DA RIBEIRA SP.
Cenozóico.....	Quaternário		1	Ornamentação e povoação
	Terciário		60	
Mesozóico.....	Cretáceo	Uberaba	125	Alargamento das fendas nas camadas calcárias situadas à altura do nível hidrostático
	Jurássico		150	
	Triássico	Ribeirão Bonito	180	
Paleozóico.....	Permiano	Itaí	205	
	Carbonífero		255	
	Devoniano	Itapeva Itararé	315	
	Siluriano	Maquiné Confins	350	
	Ordoviciano	Itararé	430	
	Cambriano		510	
Proterozóico....	Pré-Cambriano Superior	Iporanga Eldorado Apiaí	2 500	Dobramentos e intrusão de magmas
	Pré-Cambriano Inferior	Bananal Taubaté Barreiro	Até 4 5000	Deposição e consolidação dos sedimentos

e outros, denota uma idade, no máximo, pliocênica ou pleistocênica. Não se encontram nas grutas sedimentos com litologia ou espécies fósseis mais antigas. O cálculo da idade das ornamentações, usando os índices de crescimento fornecidos pelos pesquisadores, confirma, grosseiramente, a idade proposta para a fase de preenchimento. As maiores colunas da gruta da Tapagem, em Eldorado, São Paulo, com 20 metros de altura, aproximadamente, devem ter 700 000 a 1 milhão de anos. Entretanto, na gruta do Chapéu, em Iporanga, São Paulo, existe uma coluna que, caso não seja a reunião de duas ou mais outras, têm, aproximadamente, 25 metros cúbicos. Tal volume, para o crescimento médio de 0,16 centímetros cúbicos por ano, dá uma idade 150 milhões de anos, o qual corresponderia ao princípio da era Mesozóica. Porém não é de se rejeitar a idéia de existirem formas que tenham sido iniciadas, ainda, quando a cavidade se encontrava à altura do nível hidrostático. O quadro anexo situa e data os fatos mais importantes da história geológica das grutas calcárias do médio vale do rio Ribeira, no sul do Estado de São Paulo (as idades mencionadas são em milhões de anos e o tempo geológico está datado segundo W. Bascom — 1961):

Geologicamente as mais célebres grutas paulistas estão localizadas no sul do Estado, em sedimentos carbonatados bem antigos, de idade pré-cambriana superior que são, geralmente, metamorfizados e de cores escuras. A calcita predomina entre os seus minerais constituintes. Os dolomitos, rochas carbonatadas com teores elevados de dolomita (carbonato de cálcio e magnésio), mostram-se pouco competentes para a construção de grutas e quando as exibem, como em Itararé, no bairro da Cruz da Penha, ou em Itapeva, nas pedreiras dos bairros Caviúnas e Campina do Veado, não mostram nem dimensões, nem ornamentações apreciáveis. Em sua maioria foram elas construídas em calcários, situados na encosta mais abrupta (ocidental) do vale do rio Ribeira, e a partir das juntas predominantes na região. Talvez tenha sido o grande rebaixamento do leito do rio Ribeira (altitude 90 metros), adentrando profundamente na antiga zona de saturação da região, que tenha permitido a exposição de um grande número de cavernas, anteriormente escavadas pela movimentação das águas subterrâneas, nas proximidades do nível hidrostático de então. Outros rios da região, como o Paranapanema, Taquari e Almas, de vales menos profundos e modelados em termos litológicos semelhantes, porém superiores, do grupo São Roque, não mostram em suas encostas tão profuso número de grutas como o Ribeira. Os estudos geológicos realizados na região de Iporanga—Apiá, pelos engenheiros Otávio Barbosa, Alceu F. Barbosa, Teodoro Knecht e outros, mostram a predominância, nas rochas da região, de dois sistemas de juntas, um constituído pela junta 40-60° NE e seu conjugado, e outro pela junta NS e seu conjugado. Nêles estão contidos os principais corpos mineralizados de chumbo, zinco e cobre das minas de Furnas (Iporanga), Panelas (Adrianópolis) e Santa Blandina (Itapeva). São êles os que foram alargados, em maior escala, pela ação de dissolução das águas subterrâneas para a construção das cavernas calcárias da região da Ribeira. Os levantamentos topográficos, efetuados pelos espeleólogos do Clube Alpino Paulista e Espéleo Clube de Londrina, mostram que as diretrizes dêsses dois sistemas de juntas, por vêzes, se superpõem. Assim é que se incluem no sistema (NE-SW e seu conjugado NW-SE), as grutas da Pescaria, Chapéu, Casa de Pedra, Monjolinho, Córrego Grande, Onça Parda e Furninhas; e no sistema (NS e seu conjunto EW) as grutas do Lajeado ou Vragem, Morro Prêto e Furnas. É evidente que o primeiro sistema é o mais importante para a condução das águas subterrâneas e, portanto, responsável pelas grutas de maiores proporções. Os calcários e dolomitos do sul do Estado, englobados pela formação denominada Grupo São Roque, formam extensos depósitos rochosos, numa região extremamente acidentada, compreendida pelos municípios de Capão Bonito, Itapeva, Itararé, Ribeirão Branco, Ribeira, Guapiara, Apiá, Iporanga e Eldorado. Em geral, são encaixados por quartzitos e micaxistos e cortados ou intrometidos por eruptivas ácidas, principalmente granitos e básicas (gabros), que, por vêzes, barram o desenvolvimento das suas cavidades, dada a insolubilidade de seus minerais constituintes. A gruta do Chapéu, Iporanga, termina bruscamente ao atingir o granito, que é intrusivo nos calcários locais.

Outras formações geológicas permitem a abertura de grutas, porém de desenvolvimento restrito e pouco ornamentadas. Assim é que em Itapeva e Itararé, no Estado de São Paulo, nas vales dos rios Itararé, Pirituba e do Ribeirão Fundo, existem grutas escavadas no arenito da formação Furnas, do grupo Paraná, de idade devoniana. Em Barreiro e Paraibuna ocorrem cavernas nos gnaisses do pré-cambriano inferior, dentre as quais se destaca a gruta da Chacina, no Vale do Mambucana, cujas dimensões atingem cerca de 250 metros de profundidade e 10 metros de largura. Dessa mesma idade geológica são os dolomitos e calcários magnesianos que encaixam as grutas da Fazenda Santa Leonor (Taubaté) e Fazenda São Luís (Arapeí), a primeira de dimensões restritas e a segunda (Gruta Isabel), com uma centena de metros de comprimento e ornada com vários espeleotemas. Em Itai, a Toca Feia foi modelada nos siltes do grupo Tubarão, do Permiano superior. Na região de Rio Claro, Ribeirão Bonito e Piraju aparecem grutas nos arenitos da formação Botucatu, do grupo São Bento. Todas essas grutas possuem dimensões reduzidas e não têm as ornamentações que despertam o interesse dos curiosos.

## RELÊVO CÁRSTICO

Na erosão provocada pelas precipitações pluviométricas, em regiões constituídas por calcários, o ataque químico é tão ou mais importante que o mecânico. As chuvas ao caírem são enriquecidas com o anidrido carbônico existente no ar e no solo, este último resultante da decomposição da matéria orgânica. Tornam-se, então, quimicamente ativas e com alta eficiência no ataque às rochas por onde circulam. Daí o aspecto peculiar que possuem nas regiões calcárias, principalmente nos climas úmidos e quentes onde o intemperismo e a erosão são acentuados pelos fatores climáticos. O conjunto de formas topográficas resultantes da predominância de processos de dissolução química, na superfície e nas profundezas das rochas regionais, geralmente calcários e dolomitos, é denominado "relêvo carstico". O termo deriva do vocábulo iugoslavo "kras" (pedra) que é raiz do nome italiano "Carso" aplicado a uma região da costa do Mar Adriático, onde o relêvo cárstico é típico. Algumas dessas formas, tomam nomes especiais que hoje são consagrados pela geomorfologia, ciência oriunda da geologia e geografia, que estuda e analisa as formas do relêvo terrestre. As mais destacadas pelo seu pitoresco e frequência são:

a) sink holes — resultante da subsidência (afundamento) de terras cujas camadas inferiores, de constituição calcária, foram dissolvidas e arrastadas pelas águas circulantes não conectadas com a drenagem superficial. É comum nas áreas onde calcários são sobrepostos por arenitos ou outra rocha bastante permeável. Formam pequenos pântanos ou lagoas, de margens arenosas, e de forma afunilada. Os ingleses dão o nome de *swallow holes* a buracos cilíndricos secos existentes no relêvo calcário.

b) dolinas — as depressões denominadas dolinas, das quais *sink holes* e *swallow holes* são variantes, formam-se pelo alargamento lateral, no topo, de dois ou mais planos interceptantes de juntas condutoras de águas subterrâneas. As dolinas variam no tamanho e na forma, desde simples chaminés denominadas "jamas" ou "sumidouros" de seção reduzida, mas de grande profundidade, até funis, de grande seção (9 a 120 m de diâmetro) e pequena profundidade (2 a 25 m). A ocorrência, num mesmo sítio, de várias dolinas, geralmente, está correlacionada aos lineamentos estruturais.

c) uvalas — com a evolução do processo erosivo, por alargamento lateral das bordas, pode haver a junção de duas ou mais dolinas existentes no relêvo, formando uma bacia maior de contorno irregular e encostas de pequeno declive. A drenagem subterrânea continua a alastrar pelo ponto mais baixo. Algumas uvalas podem resultar de desabamento em massa do teto de uma caverna.

d) pontes — o alargamento subterrâneo de duas uvalas vizinhas dá origem a curiosa estrutura em arco denominada "ponte". Muitas vezes, também, podem ser relíquias de um túnel, leito de antigas correntes líquidas subterrâneas.

e) *pocket valleys* — a corrida de água em escarpas calcárias produz, por dissolução diferencial, a formação de profundos regos verticais na frente da rocha, com as paredes em forma de *u* e o fundo plano.

f) *pepino hills* — muitas vezes no interior de rochas calcárias, em particular, os corais, aparecem pontos ou juntas que permitem a circulação fácil de águas solventes, destruindo-as. Esse ataque desigual dá origem a cones pontegudos residuais, semelhantes a montes de feno no campo.

g) caneluras ou lapiás — em calcários maciços, não recobertos e protegidos por solo, expostos ao ataque das águas de chuvas, há a tendência de se formarem sulcos, em baixo relêvo, entre as juntas, separados por arestas arredondadas ou cortantes.

O ciclo do relêvo cárstico inicia-se com o aparecimento de lapiás e dolinas. A sua juventude termina quando toda a drenagem se torna subterrânea e surgem as uvalas e os "poljés", isto é, vastas depressões correlacionadas a "grabens". Na maturidade toda a região é coberta por dolinas e uvalas. As formas "poljés" permanecem inalteradas por falta de elementos de erosão permanentes nas suas encostas. A ação de dissolução expõe, nas menores cotas, as camadas sobrejacentes. Finalmente, na senilidade, quase todo o calcário é consumido. A superfície do relêvo é, geralmente, rebaixada ao nível das camadas insolúveis e a superfície de drenagem começa a ser, novamente, modelada com novas características de relêvo.

## LOCALIZAÇÃO DAS PRINCIPAIS CAVERNAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

São conhecidas no Estado de São Paulo mais de meia centena de grutas, sendo que a sua maioria se localiza no vale do Rio Ribeira. (Fig. 5). É possível entretanto, que bem maior seja o número de cavernas no sul do Estado, visto que:

- a) uma boa parte da área dos seus extensos depósitos de calcários permanece, ainda, geograficamente desconhecida;
- b) a região tem baixa densidade de população e é pouco percorrida por espeleólogos, cientistas da terra e pesquisadores de minérios;
- c) as "bôcas" das grutas, mesmo as de dimensões interiores grandiosas, podem ter dimensões reduzidas de difícil distinção exterior.

Para fins turísticos podemos agrupá-las em regiões, cada uma com seu meio peculiar de acesso da maneira seguinte:

1) Região de Barreiro — com acesso pela Via Dutra até Queluz e depois pela antiga estrada Rio — São Paulo:

1a) Gruta da Chacina — no vale do rio Mambucana, no local denominado Sertão da Onça, no município de Barreiro, na encosta oriental da Serra do Mar. A viagem é feita por automóvel até a localidade de Veados, daí por diante a cavalo;

1b) Grutas de Arapeí — nas proximidades da vila de Arapeí, às margens da rodovia. Estrada de fácil trânsito, que dá acesso até a gruta.

2) Região do Eldorado — com acesso pela rodovia São Paulo — Registro — Curitiba BR-2) até Jacupiranga (km 216), daí por rodovia estadual de 1.<sup>a</sup> classe até Eldorado (km 243), depois por estrada estadual de 2.<sup>a</sup> classe até a Gruta da Tapagem e das Ostras (km 293). A estrada Eldorado — Gruta da Tapagem acompanha o rio Ribeira, pela margem direita e passa pelas localidades de Itapeúna e Barra do Batatal. O Instituto Geográfico e Geológico possui aí funcionários para o atendimento dos visitantes.

3) Região dos Caboclos (Iporanga) — com acesso pela rodovia Raposo Tavares, São Paulo — Cotia — São Roque — Sorocaba — Itapetininga — Capão Bonito — Guapiara, até o km 295, daí por estrada estadual de 2.<sup>a</sup> classe até a localidade denominada Caboclos (km 310). Este ponto é base para irradiação das visitas às várias cavernas, as mais importantes, desapropriadas pelo Estado, juntamente com a de Eldorado, que são conservadas pelo Instituto Geográfico e Geológico, que possui funcionários no local para acompanhar os visitantes em suas excursões, através das matas virgens, às seguintes cavernas:

3a) Gruta do Monjolinho — distante 5 km, por trilha cavaleira, dos Caboclos. Situada nas encostas do Morro do Chumbo, no vale do córrego Sebastião;

3b) Gruta da Pescaria — distante 7 km, por trilha cavaleira, dos Caboclos. Situada na serra do Timimina, no vale do córrego Pescaria;

3c) Gruta do Arataca — distante 6 km, por trilha cavaleira, dos Caboclos. Situada nas encostas do morro do Arataca, no vale do córrego Sebastião;

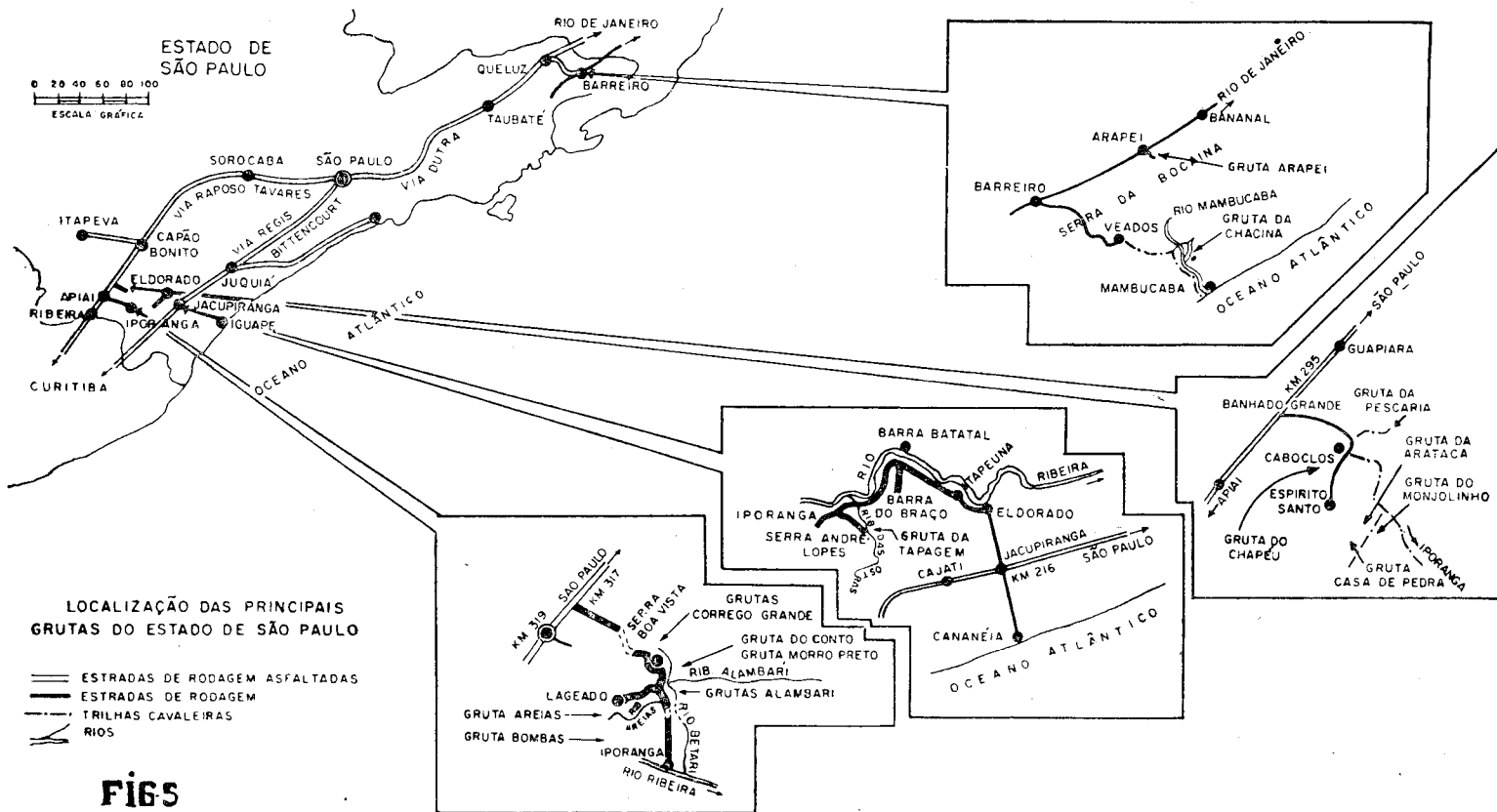
3d) Gruta da Igreja ou Casa de Pedra — distante 8 km, por trilha cavaleira, dos Caboclos. Situada no vale do rio Iporanga, no ribeirão Maximiano.

3e) Grutas do Chapéu, Aranhas e Chapéu-Mirim — situadas nas imediações dos Caboclos.

4) Região das Furnas (Iporanga) — com acesso pela rodovia Raposo Tavares, São Paulo — Cotia — São Roque — Sorocaba — Itapetininga — Capão Bonito — Apiaí (km 322). Daí pela estrada estadual de 1.<sup>a</sup> classe Apiaí — Iporanga até o lugarejo denominado Furnas (km 342). Este ponto é base para irradiação das visitas às seguintes cavernas.

4a) Gruta das Areias — situada no bairro do Lajeado a 500 m do km 349 da estrada São Paulo — Apiaí — Lajeado. A maior parte do percurso, entre Furnas e Areias, pode ser feita por automóvel, na referida estrada;

4b) Gruta das Bombas — distante 5 km da estrada de rodagem que liga Apiaí a Iporanga (proximidades do km 355), tendo em seu interior a nascente do ribeirão Taquaruvira, que é afluente do rio Ribeira.



ESTADO DE SÃO PAULO

0 20 40 60 80 100  
ESCALA GRÁFICA

LOCALIZAÇÃO DAS PRINCIPAIS GRUTAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

- ESTRADAS DE RODAGEM ASFALTADAS
- ESTRADAS DE RODAGEM
- - - TRILHAS CAVALEIRAS
- RIOS

FIGS

- 4c) Gruta do Couto — no vale do Betari em frente ao rio Figueira, no Morro Prêto, a montante da gruta do Morro Prêto.
- 4d) Gruta da Voragem — às margens da estrada para o Lajeado.
- 4e) Gruta do Morro Prêto.
- 4f) Gruta da Marreca, no vale do Betari.
- 4g) Gruta do Alambari, nas proximidades da confluência do ribeirão Alambari e rio Betari.
- 4h) Grutas do Córrego Grande — em frente à confluência do Córrego Grande e Rio Betari, nas fraldas da Serra da Boa Vista.

## GRUTAS FAMOSAS DO MUNDO

A fama das grutas provém, na maioria das vezes, da grandiosidade de suas dimensões ou do aspecto espetacular de suas ornamentações. São êsses os predicados que maior número de visitantes atrai. Só aos cientistas e técnicos é que interessam os aspectos geológicos, botânicos, zoológicos, etnográficos e artísticos das grutas. Devido a serem “leigos” os que expressam a preferência popular, uma gruta só é eleita ao posto de movimento turístico, quando possui condições de fácil acesso e de confortável estada. Muitas grutas, como aquelas do Vale do Ribeira, Estado de São Paulo, com beleza de formas e aspectos extraordinários, não possuem a fama de outras menos bem dotadas de ornamentações, mas situadas em países de turismo desenvolvido. São as facilidades para a viagem e a propaganda, que despertam a curiosidade e impele o cidadão comum a procurar um espetáculo diferente e bonito para alegrar suas vilegiaturas. Nesse aspecto a atenção que os Estados Unidos dedicam às suas grutas deve ser tomada como padrão. Em geral, as áreas em redor das suas grutas como as de Carlsbad (Nôvo México). Timpagnogos (Utah), Mammoth (Kentucky), Wind (South Dakota), Jewel (South Dakota) e Lehman (Nevada), são erigidas como parques ou monumentos nacionais, com administração subordinada ao National Park Service, do United States Department of the Interior. Folhetos ilustrados, muitas vezes coloridos, focalizando a geologia, a localização, os meios de acesso, as acomodações, a história, as ornamentações e os vários roteiros de viagens, são editados pelos departamentos responsáveis pela administração das cavernas. Daí o motivo das grutas americanas serem citadas em tôdas as referências bibliográficas sôbre grutas famosas.

As mais célebres cavernas do mundo são, provavelmente, as situadas nos Estados de Kentucky, Missouri, Virginia e Nôvo México dos Estados Unidos, país onde são conhecidas mais de 11 000 cavernas e “sink-holes”. São afamadas, também, as grutas localizadas nas formações calcárias dos Alpes da Europa, que se estende da França a Iugoslávia, através da Suíça e Áustria. As que se destacam, no âmbito internacional, são as seguintes:

### a) PELAS DIMENSÕES

A revista Spelunca, da Sociéte Speleologique de France, enumera como grutas, de maior desenvolvimento as seguintes:

Holloch	— Cantão de Schwyz	— Suíça	— 74 km;
Carlsbad	— Nôvo México	— U.S.A.	— 53 km;
Mammoth	— Kentucky	— U.S.A.	— 45 km;
Eisriesenwelt	— Tennengebirge	— Áustria	— 42 km;
Tantelhohle	—	— Áustria	— 37 km;
Aggtelek	—	— Hungria	— 22 km;
Cristal	— Ucrânia	— Rússia	— 18 km;
Reseau de la Dent de Crolles	— Isere	— França	— 18 km;
Cameron	— Missouri	— U.S.A.	— 16 km;
Golouble	— Ucrânia	— Rússia	— 15 km;

No Estado de São Paulo a gruta conhecida mais profunda é a da Tapagem, em Eldorado, com 3 160 metros de desenvolvimento. A seguir aparece a gruta Casa de Pedra — Santo Antônio, em Iporanga, com 1 200 m de desenvolvimento e 240 m de desnível.

Como abismos, mais profundos do mundo, a revista Spelunca cita os seguintes:

Gouffre Berger	— Isere	— França	— 1 122 m
Gouffre Pierre-Saint Martin	— Pirineus	— França	— 1 110 m
Reseau Trombe	— Haute Garonne	— França	— 911 m
Spluga della Preta	— Verona	— Itália	— 875 m
Antro di Corchia	— Toscana	— Itália	— 805 m
Roseau Caracas	— Cuneo	— Itália	— 689 m
Abisso di Bifurto	— Cosenza	— Itália	— 683 m
Gouffre Faour Dara	— Zaarour	— Líbano	— 622 m
Caverne Sniezna	— Tratas Ocidental	— Polônia	— 620 m
Reseau Dent de Crolles	— Isere	— França	— 603 m
Voragine Raymond Gaché	— Cuneo	— Itália	— 558 m

#### b) PELAS ORNAMENTAÇÕES

Monjolinho, Iporanga, E.S.P., Brasil; Tapagem, Eldorado, E.S.P., Brasil; Maquiné, Cordisburgo, E.M.G., Brasil; Luray, Virginia, U.S.A., Carlsbad, Nôvo México, U.S.A.; Marble, Missouri, U.S.A.; Wyandotte, Crawford, Indiana, U.S.A.; Marengo, Indiana, U.S.A.; Weyer, Augusta, Virginia, U.S.A.; Collossal, Kentucky, U.S.A.; Mammoth, Edmondson, Kentucky, U.S.A.; Nickojack, Paccon Moutain, Georgia, U.S.A.; Onondaga, Osark, Missouri, U.S.A.; Madison, Rockingham, Virginia, U.S.A.; Matanzas, Cuba; Windsor, Jamaica; Perak, Derbyshire, Inglaterra; Fingal, Staffs Island, Hébridas, Inglaterra; Cave del Drach, Malorca, Espanha; Casteret, Monte Perdido, Espanha; S'Aigua, Menorca, Espanha; St. Michael, Gibraltar; Pardirac, Ardeche, França; Orgnac, Ardeche, França; Hans sur Lesse, Bélgica; Postumia, Trieste, Itália; Gruta Gigante, Trieste, Itália; Dachstein, Halbslatt, Austria; Skocjanske, Slovena, Iugoslávia; São Cassiano, Istria, Iugoslávia; Antiparos, Ilha de Antiparos, Grécia; Orient, Austrália.

#### c) PELOS ACHADOS ETNOGRÁFICOS E PALEONTOLÓGICOS

Lagoa Santa, E.M.G., Brasil; Confins, E.M.G.; Brasil; Monjolinho, E.S.P., Brasil; Kirkdale, Inglaterra; Lascaux, França; Tuc d'Audoubert, França; Altamira, Espanha; Grimaldi, Itália; Gailenreuth, Alemanha; Capela dos Santos, Sumatra.

#### d) PELA FAUNA, FLORA E ASPECTOS CURIOSOS

Areias e Bombas, E.S.P., Brasil, com peixes; Vieiras, E.S.P., Brasil, com morcegos; Aranhas, E.S.P., Brasil, com aranhas; Bracken, Texas, U.S.A., com morcegos; Carter, Kentucky, U.S.A., com morcegos; Ney, Texas, U.S.A., com morcegos; Gainesville, Florida, U.S.A., com seus camarões transparentes; Criptal Ice., Idaho, U.S.A., com seus maravilhosos espeleotemas de gelo; Grotto del Cane, Nápoles, Itália, com suas exalações de gases; Capri, na ilha de Capri, Itália, com seu lago azul; St. Michael, Gibraltar, com bellissimo lago.

Também, são noticiadas a existência de notáveis grutas ou cavernas, em várias outras partes do mundo, onde ocorrem calcários e dolomitos entre os termos litológicos de suas formações geológicas. Na literatura especializada, referências são encontradas sobre grutas no Himalaia, na Malaia, na Indochina, no Líbano, em Malta e na África do Sul.

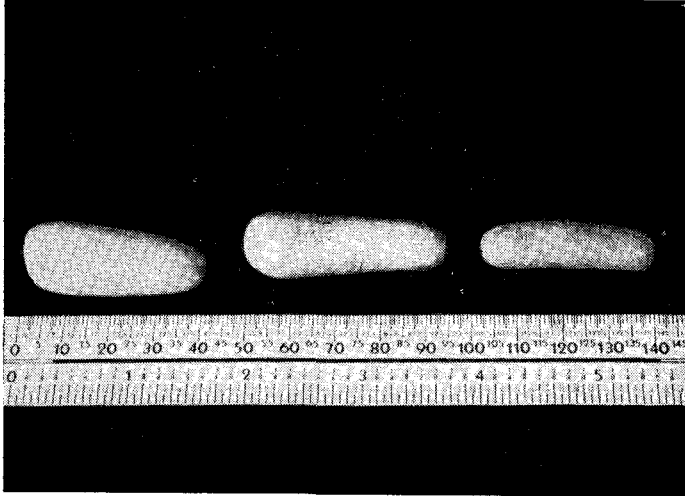


Fig. 6 — “Concreções” na forma de bastões — Gruta do Chapéu — Iporanga — E.S.P. (Foto Pedro P. Comércio).

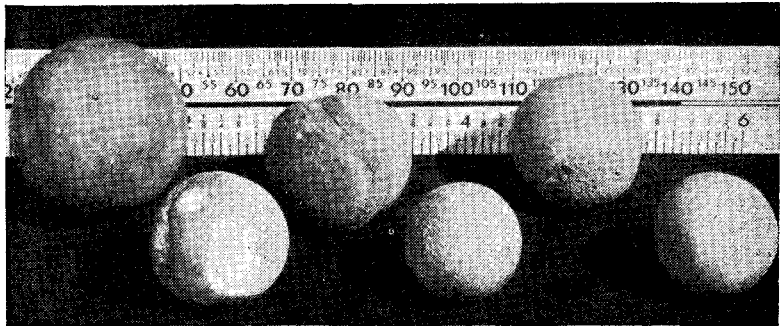


Fig. 7 — Pisólitos — Gruta do Chapéu — Iporanga — E.S.P. (Foto Pedro P. Comércio).

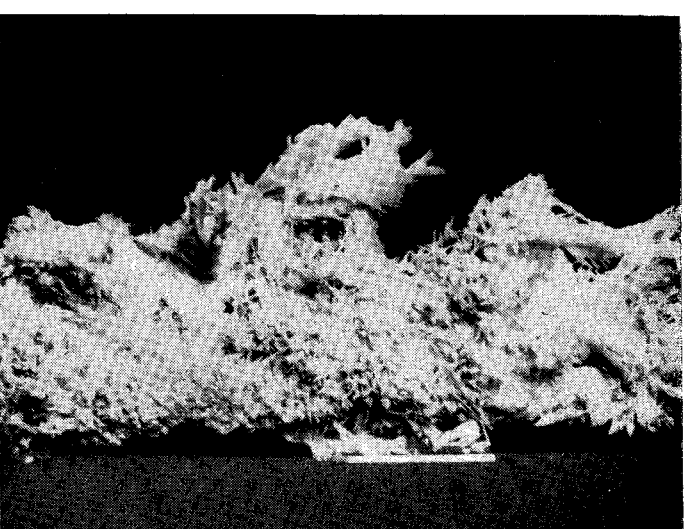
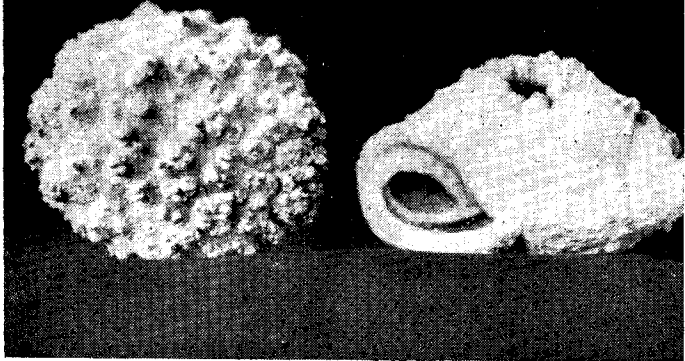


Fig. 8 — Espeleotemas da Gruta do Monjolinho, município Iporanga, E.S.P. (Foto P. Comércio).

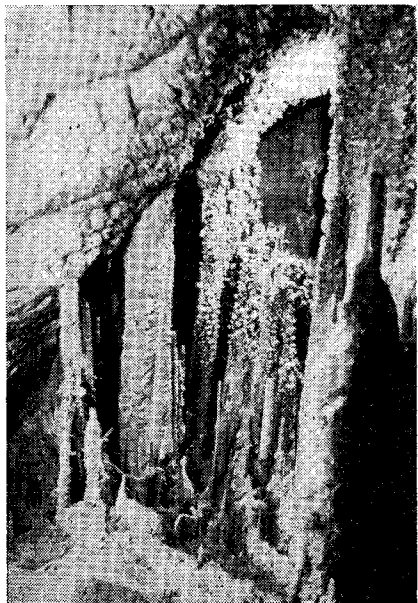


**Fig. 9 —** *Pisólito gigantesco e megabulimos fossilizados, ornamentados exteriormente com concreções calcárias — Gruta da pescaria, município de Iporanga, E.S.P. (Foto P. Comércio).*



**Fig. 10 —** *Espeleotemas formados por exsudação, da caverna aberta em dolomito, bairro das Almas, município de Taubaté, E.S.P. (Foto P. Comércio).*

**Fig. 11 —** *Estalactites ornamentadas lateralmente — Gruta do Monjolinho, município de Iporanga, E.S.P. (Foto Z. Zolli).*



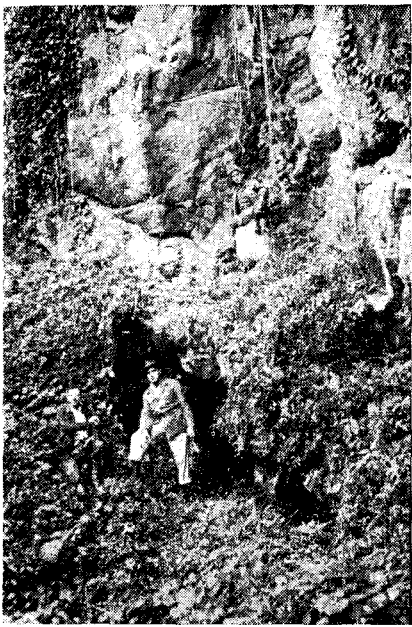


Fig. 12 — “Bôca” da Gruta do Chapéu, Município de Iporanga, E.S.P. (Foto Z. Zolli).

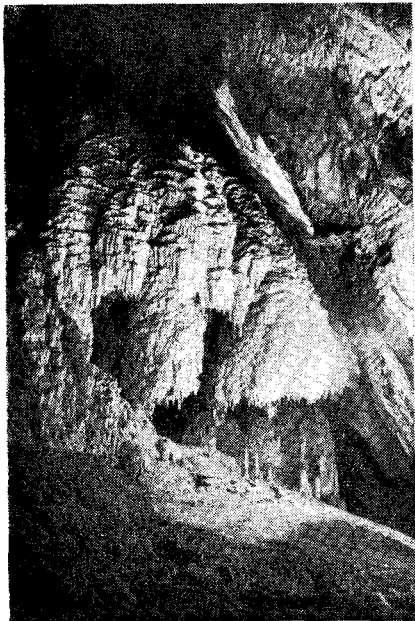


Fig. 14 — “Reposteiro”, gruta do Chapéu, município de Iporanga, E.S.P. (Foto Z. Zolli).

Fig. 13 — Pisólito gigantesco com núcleo formado por concreção calcítica, gruta da Pescaria, município de Iporanga, E.S.P. (Foto Pedro P. Comércio).

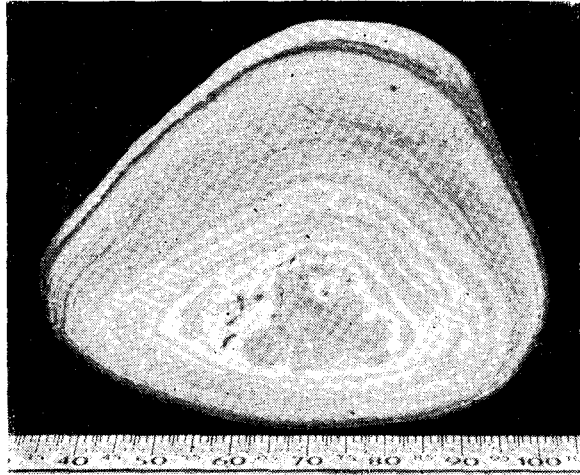


Fig. 15 — Regato da gruta do Chapéu, município de Iporanga, E.S.P. (Foto Z. Zolli).

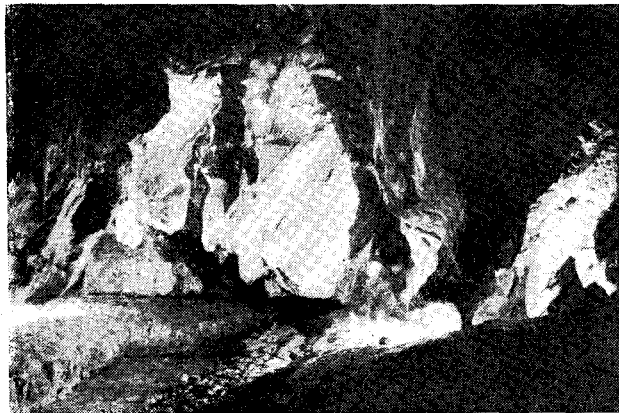




Fig. 16 — “Marquise” — Gruta da Tapagem, Eldorado, E.S.P.  
(Foto Evaristo P. Carvalho).

Fig. 17 — “Colunas” e estalactites sôbre solo recoberto de calcita — Gruta do Chapéu, Iporanga, E.S.P. (Foto Mário Civelii)

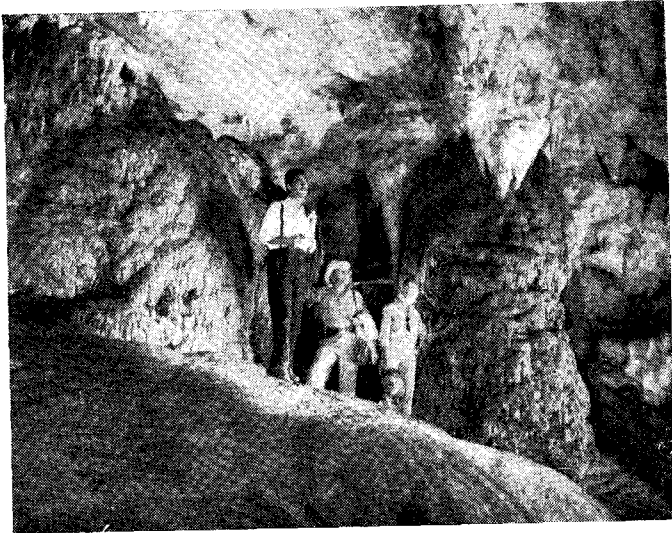




Fig. 18 — Estalactites — Gruta da Tapagem, Eldorado, E.S.P. (Foto Evaristo P. Carvalho).

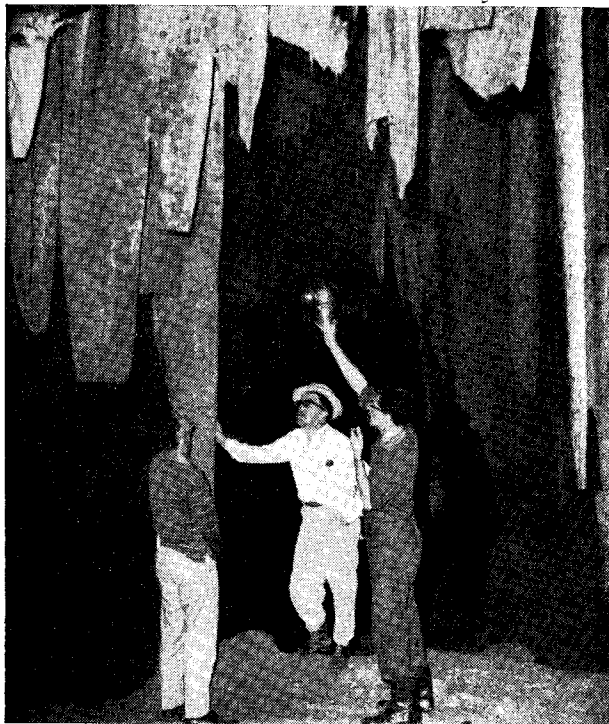


Fig. 19 — Estalactites lamelares — Gruta da Tapagem, Eldorado, E.S.P. (Foto Evaristo P. Carvalho).

Fig. 20 — Espeleotema "Cabeça da Ema" — Gruta da Tapagem, Eldorado, E.S.P. (Foto Evaristo P. Carvalho).

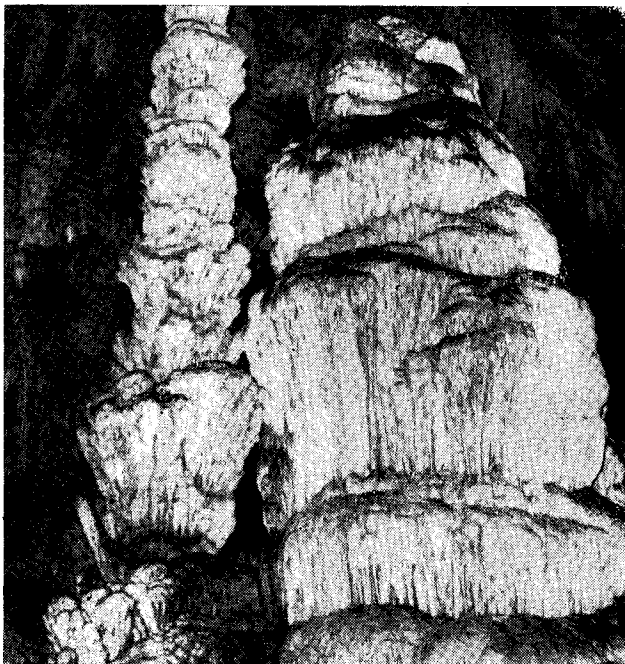
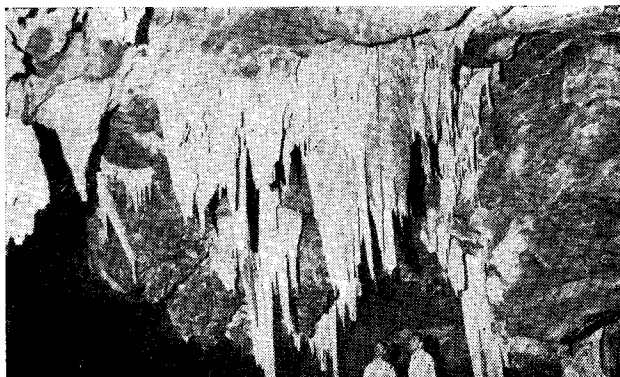


Fig. 21 — — Espeleotema "O Buda" com, aproximadamente, 5 metros de altura — Gruta da Tapagem, Eldorado, E.S.P. (Foto Evaristo P. Carvalho).

Fig. 22 — Estalactites da Gruta da Pescaria, município Iporanga, E.S.P. (Foto J.E.P. Guimarães).



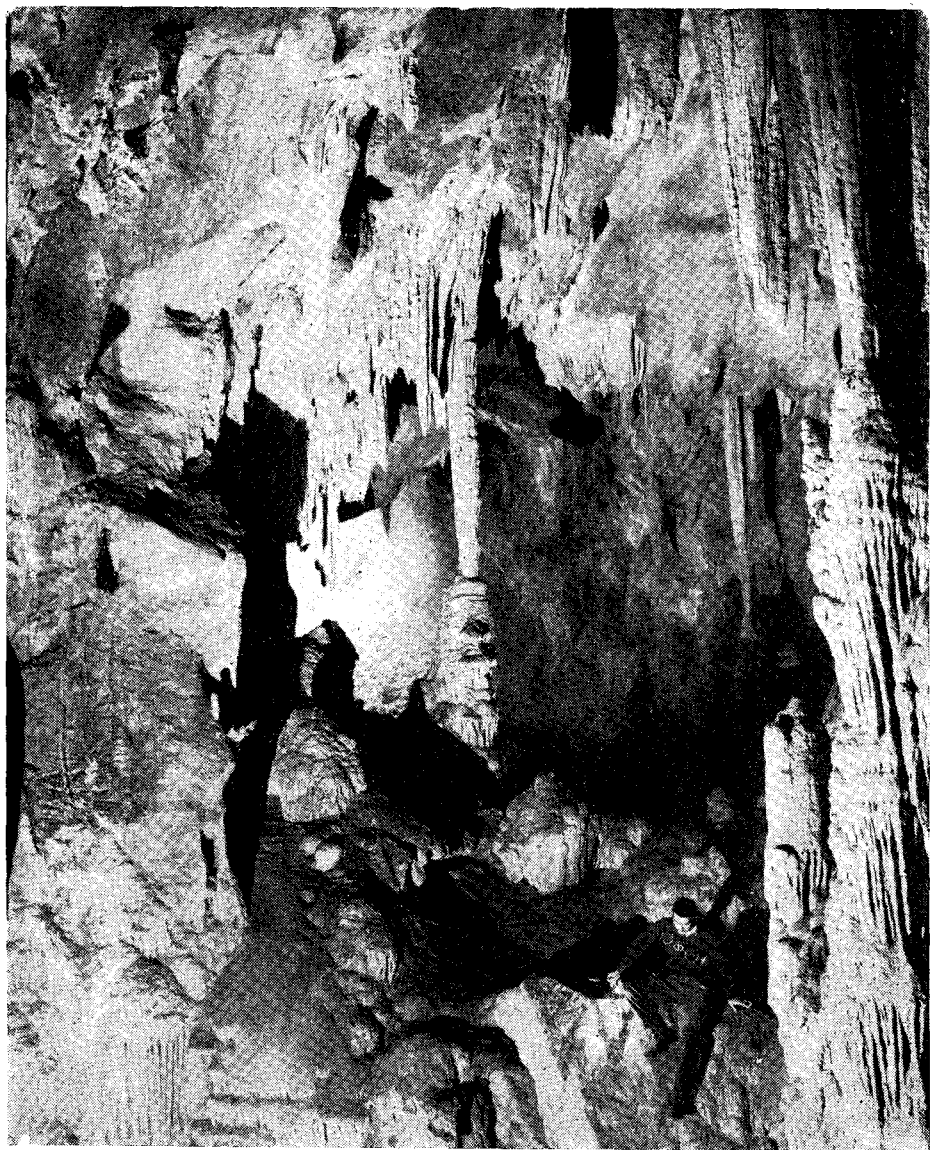


Fig. 23 — Ornamentações na entrada da gruta do Monjolinho., Iporanga, E.S.P. (Foto Z. Zolli).

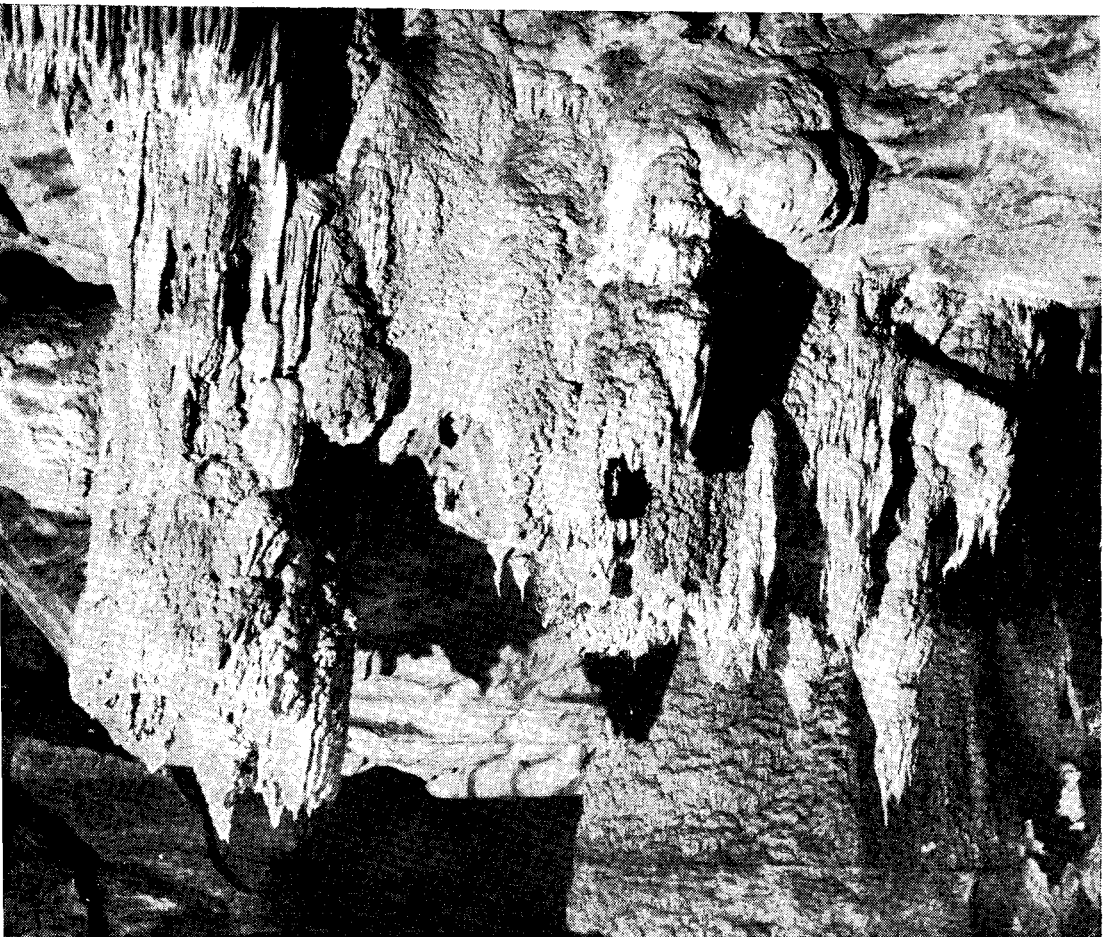


Fig. 24 — “Coluna” monumental na Gruta do Chapéu, Iporanga, E.S.P. (Foto Z. Zolli)

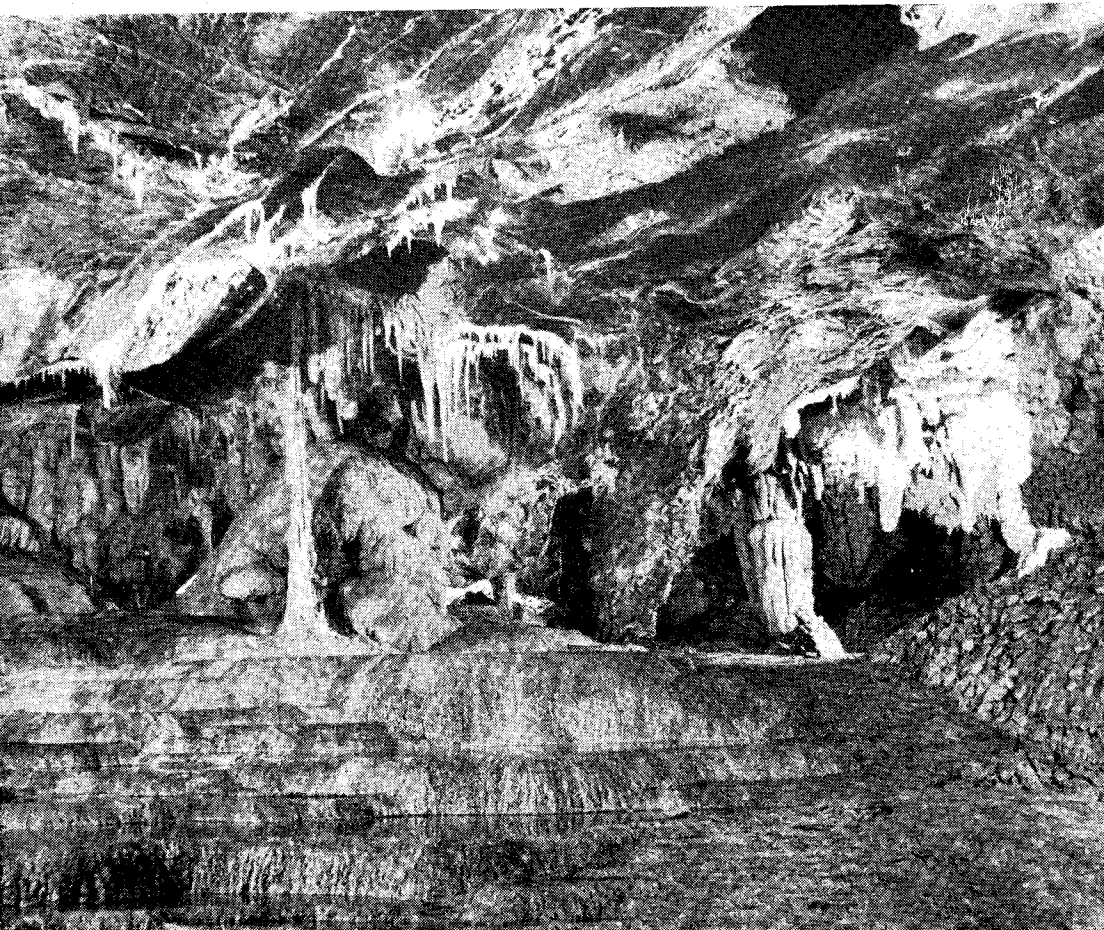


Fig. 25 — "Terraços", gruta do Arataca, Iporanga, E.S.P. (Foto Z. Zolli).



## BIBLIOGRAFIA

- 1) AMEGHINO, Florentino — Notas sôbre pequena coleção de mamíferos procedentes de las grutas calcarias de Iporanga, en el Estado de São Paulo, Brasil — *Revista do Museu Paulista* — vol. (1907) — 1908.
- 2) CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE — *Annaes de Speleologia* — Diversos — 1965.
- 3) COSTA VASCONCELOS, A. — A Gruta de Maquiné — *Bol. Geogr.* — Ano VI, n.º 70, p. 1212-1213 — Rio de Janeiro — 1949.
- 4) COUTO, Carlos de Paula — *Paleontologia Brasileira* — Mamíferos — Biblioteca Científica Brasileira — Série A — n.º 1 — Instituto Nacional do Livro — 1953.
- 5) DAVIS, W. M. — Origin of limestone caverns — *Bulletin the Geological Society of America* — vol. 14 — n.º 3 — 1930.
- 6) DEPARTAMENTO GERAL DE ESTATÍSTICA DO ESTADO DE MINAS GERAIS — *As grutas em Minas Gerais* — 1939.
- 7) ENGELN, O.D. von — *Geomorphology* — The Macmillan Company — New York — 1948.
- 8) FOLSON, Franklin — *Exploring American Caves* — Collier Books New York — 1962.
- 9) GEZE, Bernard — *La Speleologie Scientifique* — Editions du Seuil Paris — 1965.
- 10) GUIMARÃES, J. Epitácio P. — Ocorrências de “Pérolas de Cavernas nas grutas de Iporanga, Estado de São Paulo” — *Revista “o I.G.G.”* — vol. XVI — n.º único — 1963.
- 11) GUIMARÃES, Djalma — Geologia do Brasil — *Memória* n.º 1 — Departamento Nacional da Produção Mineral — 1964.
- 12) KRONE, Ricardo — As grutas calcárias do Vale do rio Ribeira de Iguape — *Arquivos do Museu Nacional* — vol. XV — 1909.
- 13) LACAZ, Carlos Silva — Doença das grutas — *Fôlhas de São Paulo* — 3 de janeiro — 1961.
- 14) LIVERSAY, Ann — Geology of the Mammoth Cave National Park Area — *Special Bulletin* n.º 2 — Kentucky Geological Survey — 1953.
- 15) MATTOS, Anibal — *Pré-história brasileira* — *Brasiliana* vol. 137 — Série 5.ª — Cia. Editora Nacional de São Paulo — 1939.
- 16) MATTOS, Anibal — *Peter Wilhelm Lund no Brasil* — *Brasiliana* — vol. 143 — Série 5.ª — Cia. Editora Nacional de São Paulo — 1966.
- 17) MATTOS, Francisco A. — A gruta da Tapagem (“Caverna do Diabo”) — *Revista da Escola de Minas* — vol. XXIV — n.º 3 — 1965.
- 18) MEZZALIRA, Sérgio — Os fósseis do Estado de São Paulo — *Boletim* n.º 45 — Instituto Geográfico e Geológico de São Paulo — 1966.
- 19) McGRAIN, Preston — Geology of Carter and Cascade Caves Area — *Special Publication* n.º 5 — Kentucky Geological Survey — 1961.
- 20) McGRAIN, Preston — The geologic story of Diamond Caverns — *Special Publications* n.º 6 — Kentucky Geological Survey 1961.
- 21) MOHR, CHARLES E. — Exploring America underground — *National Geographic* — vol. 125 — n.º 6 — 1964.
- 22) MOORE, George W. e Nicholas, Brother G. — *Speleology, The study of caves* — Science Resource Series — D.C. Heath Co. — Boston — 1964.

- 23) OLIVEIRA, A.I. e Leonardos, O.H. — *Geologia do Brasil* — 2.<sup>a</sup> edição — Serviço de Informação Agrícola do Ministério da Agricultura — Série Didática n.º 2 — 1943.
- 24) PARADA, Joffre Mozart — Relatório da excursão à Gruta de Antônio Pereira — *Rev. Escola de Minas* — Ano II, n.º 3, p. 29-30 — 1947.
- 25) PARADA, Joffre Mozart — Gruta do Morro Redondo — *Rev. Escola de Minas* — Ano XIV, n.º 3, p. 17-29 ilustr. — 1949.
- 26) PARADA, Joffre, Mozart — Grutas dos Poções, da Lavoura e das Cacimbas — *Rev. Escola de Minas* — Ano XIV, n.º 1, p. 29-35, 1 map. 1 planta — 1949.
- 27) PAVAN, Crodowaldo — Os peixes cegos das cavernas de Iporanga e a evolução — *Boletim "Biologia Geral"* — N.º 6 — Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de São Paulo — 1945.
- 28) PIRES, Antônio O. dos Santos — Speleologia — Geografia do Brasil — Sociedade Geográfica do Rio de Janeiro — 1923.
- 29) SPELUNCA — *Bulletin da Federation Française de Speleologie* (Paris) — n.º 4 (1962) e n.º 3 e 4 (1964).
- 30) SWINNERTON, A.C. — Origin of limestone caverns — *Bulletin of Geological Society of America* — vol. 43 — n.º 3 — 1932.

## Exóticas e Nativas na Problemática Florestal Brasileira

Prof. BENEVAL DE OLIVEIRA

Presentemente o panorama florestal brasileiro relacionado com o gradual exaurimento de nossas matas começa a apresentar algumas alterações que justificam, de certo modo, de nossa parte, impressões menos sombrias acêrca de uma problemática verdadeiramente alarmante, que envolvia o país cêrca de dez anos atrás.

Essa mudança de perspectiva se deve à pressão imposta pela iminência de uma gravíssima crise prestes a incidir no parque madeireiro nacional, com tôdas as suas mais sérias implicações, não só nas estruturas sociais das zonas afetadas, como também na esfera da economia pròpriamente dita, tendo em vista a importância da madeira como fonte geradora de cambiais, pois êsse produto (pinho serrado) ocupa o quinto lugar na pauta de nossas exportações. Assim, a iminência da crise levou a classe madeireira a um estado de alerta, e até mesmo de angústia, aumentando, cada vez mais, o temor do exaurimento da matéria-prima e a conseqüente paralisação de indústrias já tradicionais de produtos florestais.

A realização de inventários florestais baseada em trabalhos de campo e em documentação aerofotogramétrica, na região Sul, por técnicos da FAO e pela Companhia Desenvolvimento Paraná (CODEPAR, 1966) no Paraná, confirmou a procedência da crise em face da previsão do exaurimento dos derradeiros maços de pinho brasileiro (*Araucária Angustifólia*, OK), em idade de corte, dentro de um prazo aproximado de 6-8 anos, no caso de manutenção do ritmo de produção da madeira serrada na região.

A falta, até então (1966), de um órgão nacional que supervisionasse a política e a economia do país nesse campo, favorecia, de outro lado, a devastação florestal no Brasil Leste e a utilização irracional das madeiras da Amazônia, já que o Código Florestal, embora reformulado pela Lei 4771 de 15 de setembro de 1965, continuava a ser um diploma observado apenas parcialmente, isto é, nas áreas mais policiadas pelas autoridades federais.

A solução era a tomada de uma posição heróica, imediata, objetiva, não só em prol do reflorestamento (regeneração artificial), como também em favor da preservação das matas nativas expostas secularmente à dilapidação irracional, ora para a produção de lenha, ora para o carvão, ora para ceder espaços à agricultura itinerante e à pecuária extensiva.

## A SOLUÇÃO PELA SILVICULTURA

Invocando-se a regeneração artificial, entretanto, essa prática continuava carente de conhecimentos científicos especializados, de adoção de técnicas especiais aplicada à botânica, à ecologia, à fitossociologia, à produção e ao manejo de espécies mais econômicas (crescimento rápido) e mais adequado a cada região. O país não possuía uma mentalidade orientada para a pesquisa indispensável à realização de tarefas dessa natureza.



Fig. 1 — Toros de coníferas que se destinam à produção de tábuas. A serraria que se vê ao lado funciona nas imediações do povoado de Serra Alta, município de São Bento do Sul, SC.

Impunha-se, preliminarmente, tomar como ponto de partida a experiência adquirida de plantios anteriores, sobretudo com exóticas (eucaliptos) estudadas em São Paulo por Navarro de Andrade, com coníferas nativas pinho brasileiro (*Araucaria Angustifolia*, OK) e exóticas como o *Pinus Elliottii*, o *Pinus Patula*, o *Pinus Caribae*, o *Radiata* e muitos outros como o *Cupressus*, a *Cunninghamia lanceolata*, etc.

O reflorestamento no Brasil tomando como base o ano de 1966 feito pela iniciativa privada e pelos governos federais e estaduais, relativamente, em pequena escala, apresentava o seguinte panorama:

*Área reflorestada* — 500 mil hectares dos quais 400 mil hectares em São Paulo, na sua maioria com eucaliptos. Fazendo-se uma comparação entre a área re-

florestada e a área destruída nos últimos anos (1 451 137 km<sup>2</sup> de florestas destruídas em 42 anos), verifica-se que ela representava quase nada, apenas 0,001% daquele total.

O plantio anual no país não ia além de 20 mil hectares, incluídas nesse total as plantações das empresas siderúrgicas e da indústria de papel, calculadas em cerca de 13 mil hectares anualmente. Os restantes 7 mil hectares plantaram-nos as pequenas indústrias particulares e órgãos do governo federal e dos Estados.

O antigo Serviço Florestal produziu, até aquela data, através de seus 17 hortos e 250 postos, em média, de 18 a 20 milhões de mudas, anualmente. Dêsses totais, cerca de 20% da produção deixou de ser distribuída por falta de procura.

O extinto Instituto Nacional do Pinho, que era um órgão que tinha entre suas atribuições a do florestamento e a do reflorestamento, pelo emprêgo de 40% de sua arrecadação, instalou 10 parques florestais e 8 viveiros, onde foram plantados 18 548 hectares de coníferas, conforme o quadro abaixo.

## ANTIGOS PARQUES E VIVEIROS FLORESTAIS DO INP

Unidades em hectares — Ano 1968

FLORESTAS NACIONAIS E VIV. FLORESTAIS	ÁREAS REFLORESTADAS				Matas e capoeiras	Áreas disponíveis e outras utilizações	PERCENTAGEM EM ÁREAS		
	Area total em hectares	Pinho Brasileiro	Pinus Elliottii	Outras essências			Reflorestadas (%)	Em regeneração (%)	Disponível e outras utilizações (%)
Passa Quatro — MG...	348,48	102,35	108,35	6,80	56,48	74,50	62,15	16,72	21,13
Capão Bonito — SP...	4 344,33	1 516,04	2 250,60	64,10	68,24	436,35	88,38	1,58	10,04
Agungui — PR.....	590,91	396,00	8,00	2,00	40,30	54,61	81,05	8,05	10,90
Irati — PR.....	3 554,00	589,82	608,08	13,50	1 952,10	399,50	33,83	54,92	11,24
V. Clevelândia — PR..	5,00	0,58	0,30	0,70	—	3,42	31,60	—	68,40
V. Campo Mourão — PR	24,20	0,87	2,38	2,02	—	18,93	21,78	—	78,22
Três Barras — SC.....	4 458,50	620,00	543,00	15,50	2 680,00	600,00	26,42	60,15	13,43
Caçador — SC.....	715,30	352,90	224,83	28,40	20,00	89,17	84,75	2,80	12,45
Chapecó — SC.....	1 580,60	140,78	228,51	—	767,35	443,96	23,94	48,61	28,05
Araquari — SC.....	15,00	—	11,47	—	—	3,53	76,47	—	23,53
V. Pôrto União — SC..	6,94	—	5,40	—	—	1,54	77,83	—	22,17
V. Curitibaos — SC...	20,00	0,50	0,50	—	4,00	15,00	5,00	20,00	75,00
Passo Fundo — RS...	1 260,00	513,48	358,92	33,70	272,14	81,76	71,91	21,60	6,49
Canela — RS.....	555,00	260,75	132,55	11,00	11,45	139,25	72,85	2,06	25,09
S. Feo. Paula — RS...	1 141,00	588,10	148,55	8,00	262,58	133,77	65,26	23,02	11,72
V. Veranópolis — RS..	5,00	—	0,06	—	—	4,94	1,20	—	98,80
V. Sto. Angelo...RS..	14,00	—	—	—	—	14,00	—	—	100,00
TOTAL.....	18 548,26	5 073,17	4 640,50	185,72	6 134,64	2 514,23	53,37	33,07	13,56

OBSERVAÇÕES: Os dados referentes às matas e capoeiras e das áreas disponíveis ou com outras utilizações, estão sujeitos a alterações por eventuais aproveitamentos com novos plantios. Foram incorporados em 1967 o Hórto Florestal de IBIRAMA — SC (182,69 ha.) e a Estação Florestal de LAGUNA (45 ha.).

Até dezembro de 1959 várias empresas particulares que já se dedicavam ao reflorestamento para atendimento de suas necessidades imediatas haviam plantado em hectares, segundo o quadro a seguir:

EMPRESAS	HA. PLANTADOS	ESPÉCIE PRINCIPAL
Cia. Paulista de Estrada de Ferro.....	17 400	Eucaliptos
Indústria Klabin de Celulose Paraná.....	27 870	Coníferas
Cia. Siderúrgica Belgo Mineira.....	16 000	Eucaliptos
Cia. Melhoramentos de São Paulo.....	4 480	»
Cia. Aços Itabira (Acesita).....	12 400	»

Não se encontram aqui computados os plantios de outras empresas menores existentes na região sul.

Como se vê, de proporções limitadíssimas, em relação ao abate aproximado de 3 milhões de hectares anuais de árvores, as tarefas de reflorestamento, nada mais representavam senão uma ínfima contribuição, um pálido esforço para repovoar as glebas devastadas.

Basta dizer que, segundo Krug, citado por Damis Heinsdijk, (1) só em São Paulo, "o consumo da madeira, em 1963, foi da seguinte ordem: 870 mil metros cúbicos de pinho serrado e 330 mil metros cúbicos de madeiras duras serradas, somando 1 200 000 m<sup>3</sup>. Salienta, ainda, aquele técnico, atualmente falecido, que uma estimativa pessimista para o ano 2 000 pode ser de 1 200 000 m<sup>3</sup> de coníferas serradas e 500 000 m<sup>3</sup> de madeira de folhosas serradas, ao todo 1 700 000 m<sup>3</sup>. Ora, para 1 200 000 m<sup>3</sup> de coníferas para serraria, correspondem 4 800 000 m<sup>3</sup> de fuste em pé, ou, ..... 5 000 000 m<sup>3</sup>, aproximadamente. Com uma rotação de 30 anos, para este tipo de floresta e estimando um corte razoável final de 400 m<sup>3</sup> por hectare, o corte anual precisa ser de 12 500 hectares numa área de aproximadamente 400 000 hectares de plantação".

E mais adiante: "500 000 m<sup>3</sup> de madeiras de outras folhosas, vêm equivaler a, respectivamente, 1 600 000 m<sup>3</sup> e 400 000 m<sup>3</sup> em pé. Considerando uma rotação de 15 anos para o eucalipto e estimado o corte final em 400 m<sup>3</sup> por hectare, o corte anual precisa ser de 4 mil hectares numa área de 60 mil hectares plantados".

Como se vê, tudo previsão para, apenas, São Paulo.



Fig. 2 -- Plantação de *Araucaria angustifolia*  
Espaçamento 2 x 2 Madeireira Rio Vermelho  
S. A. Bom crescimento.

## MEDIDAS GOVERNAMENTAIS

Para minimizar os efeitos da destruição das nossas reservas florestais o governo brasileiro tomando posição mais agressiva resolveu fundar o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (Decreto-Lei n.º 289 de 28 de fevereiro de 1967, como resultante da extinção do Departamento de Recursos Naturais Renováveis, do Ministério da Agricultura e do Instituto Nacional do Pinho, tendo o cuidado de, meses antes, decretar, pela Lei 5 106 de 2 de setembro de 1966, a instituição de incentivos fiscais, com base na redução de 50%, das importâncias declaradas ao Imposto de Renda e destinadas a projetos de investimentos florestais, nas mais variadas áreas principalmente no sul do país.

A resposta a essa magnífica providência governamental foi a mais encorajadora, sobretudo na região Sul e na região Leste, pela massa de projetos apresentados ao IBDF.

Até julho do ano corrente (1969) aquele órgão já havia aprovado 783 projetos numa área de 245 635 hectares, árvores para serem plantadas 569 343 964 e investimento no valor de NCr\$ 231 414 620.

De outro lado, a perspectiva cada vez mais ampla da indústria papeleira e de outros produtos florestais encorajou empresas nacionais e estrangeiras a realizarem altos investimentos, visando à utilização de espécies de rápido crescimento, salientando-se, entre outras, a Klabin Celulose, a Eucatex, a Olincraft e a Rigesa em Santa Catarina, sendo que esta última já cobriu, principalmente

com *Pinus Elliottii* e *Pinus Taeda*, tôda a área limítrofe à margem esquerda do rio Negro, abrangendo os municípios de Três Barras, Canoinhas e Mafra. Essas áreas, há bem pouco tempo, empobrecidas e devastadas, praticamente transformadas em taperas, refloriram em prazo curto, pois suas populações viram suas glebas valorizadas, reanimando-se, também, com a valorização da mão-de-obra, ante o espectro da estagnação e da miséria.

E, assim, o Planalto Meridional Brasileiro assiste a um surto de renovação florestal, como resultante de medidas acertadas e eficazes, tomadas pelas autoridades governamentais brasileiras, já se entrevedendo, para muito breve, uma pujante produtividade industrial de produtos florestais no país.

## EXÓTICAS

Dentro do curto espaço de que dispomos para a elaboração de trabalho dêste tipo, daremos informe sumário das principais essências exóticas e nativas de apreciável valor econômico e de rápido crescimento, que estão sendo plantadas na região Sul, no Brasil Leste e na Amazônia, bem recentemente.

### a) *Eucalipto*

Como se sabe, êsse gênero de mirtáceas, originário da Austrália, foi estudado pela primeira vez, no Estado de São Paulo, por Navarro de Andrade (1903/1909) e tinha como objetivo imediato o repovoamento das áreas parcialmente devastadas da Cia. Paulista de Estradas de Ferro (2).

As experiências lograram êxito e o eucalipto, assevera G. M. Prado de Albuquerque em "Reflorestamento com Eucalipto Pragas e Doenças" (Anuário Brasileiro de Economia Florestal, n.º 15, de 1963), começou a disseminar-se pelo país inteiro, atendendo ao fato de possuir grande variedade de espécies, como o *E. Saligna*, o *E. Citriodora*, o *E. alba* e tantos outros, sendo que o *Citriodora* comporta-se melhor em sementeira direta, em embalagens individuais, eliminando a repicagem. Utilizada como matéria-prima para fabricação de celulose, na manufatura de tecidos sintéticos, na indústria farmacêutica, para dormentes de estradas de ferro, para postes, em construção civis, marcenaria, siderurgia, como combustível, esta espécie mereceu a maior atenção do silvicultor brasileiro. Para sermos atualizados, a procura de eucaliptos para plantio foi de tal monta que hoje o Brasil figura como o país que possuía a maior superfície cultivada com espécies dêsse gênero para fins de consumo de madeira (3).

Quanto à escolha do local, informa Albuquerque, (4) em trabalho já citado, os eucaliptos devem ser localizados preferencialmente próximos dos campos de plantio definitivos, de maneira a se evitar que as mudas sofram com o transporte, para longas distâncias. O local a ser escolhido deve ser plano ou pouco inclinado, de fácil acesso, com abundância de água, abrigado de ventos e não infestado de ervas daninhas. Ampla literatura sôbre os eucaliptos pode ser estudada nos volumes I e II da Segunda Conferência Mundial do Eucalipto (23) realizada sob os auspícios da FAO, na capital paulista, no período de 13 a 28 de agosto de 1961.

### b) *Gmelina arborea*, Roxb

A gmelina é uma verbenácea que tem *habitat* na Índia e em Burma. Segundo van Meer (5) a gmelina ocorre entre 8º a 28º de latitude norte e 72º a 108º de longitude E, exatamente no centro territorial indiano e na região do Irawaddy, estendendo-se, ainda, pelo Ceilão e pelas ilhas Andaman. Aparece, freqüentemente, associada com as naturais florestas decíduas de *Tectona Grandis* (têca) e nas áreas mais úmidas com as florestas de *Shorea robusta*. Também tem sido encontrada em associação com a árvore do sândalo (*Santalum album*). Além de algumas calamidades imprevistas devidas ao clima, tais como granizos, ventos secos quentes e inundações, esta espécie é muito sensível a influências biológicas adversas, como as que decorrem de pragas e doenças provocadas pelo *Loranthus*, pelo fungo *Gnominia cf. venata* e por outros microorganismos.

Trata-se de uma espécie de crescimento rápido, tendo a melhor aplicação para lenha, estacas, postes, matéria-prima para a indústria de fósforos e fabricação de pasta para papel.

Por causa de seu crescimento e pela facilidade que tem de vencer o meio ecológico, podendo ainda ser plantado pelo sistema "taungya", a gmelina tem sido introduzida com sucesso em alguns países da África (Nigéria, Costa do Marfim, Camerun), não tendo tido êxito em Gana e Libéria, nem para combustível. Na Ásia, mais próximo de seu habitat natural, cresceu bem na Malaia e no Vietname. No Pacífico tem sido introduzido em êxito nas ilhas Fidji.

Em nosso país, a gmelina arbórea foi introduzida recentemente pela Jari Florestal na área limitrofe do Território do Amapá com o Estado do Pará, numa área aproximada de 50 mil hectares, tendo sido iniciado o plantio numa área de 800 ha, com espaçamento de 2 x 2.

Segundo observações feitas essas plantações não foram bem sucedidas, inicialmente em virtude da mecanização em solo relativamente raso, tanto assim que nas áreas não gradeadas a gmelina reagiu bem e está tendo o melhor desenvolvimento.

Aliás, diga-se de passagem, a gmelina gosta de solos fofos, quentes e úmidos, não sendo recomendável seu plantio em regiões com precipitações anuais inferiores a 700 mm e, sobretudo, em regiões que mantêm estação demasiadamente seca (até 7 meses sem chuvas).

Segundo experimentos na Ásia e na África o espaçamento mais usado, tanto em vaso como em plantação comum é o de 2 x 2 (6 x 6 ft). Os espaçamentos menores (1,50 x 1,50, 1,20 x 1,20) são raramente usados, resultando em grandes perdas, em face de competição muito ativa. De outro lado, o espaçamento reduzido detém, dentro de seus limites, excessiva derrama de galhos, exigindo desbastes prematuros, isto é, antes de 3 anos, quando devem normalmente ser efetuados dentro de 4 — 6 anos.

### c) *Tectona grandis* (Teca)

Esta espécie tem também seu *habitat* natural na Índia, encontrando-se associada às formações de gmelina arborea, Roxb.

Vem encontrando fácil ambientação no Brasil (Jardim Botânico) e notadamente no Estado de São Paulo, nos experimentos realizados na Escola Superior de Agricultura "Luís de Queirós", de Piracicaba.

O prof. Helladio do Amaral Mello (6), estribado em Chalmers (Observations on some Caribbean Forests Car. For. 19: 30 — 42), salienta que o desenvolvimento de teca em Trinidad é notável, mostrando que "o aproveitamento da madeira obtida nos desbastes de povoamentos jovens encontra mercado amplo e satisfatório". E mais adiante, citando Ross, 1958, informa que o primeiro desbaste executado em 5 anos, naquela ilha das Caraíbas, já fornece madeira para certos usos, sendo que os desbastes posteriores se sucedem a cada 5 anos nas condições de cultura da região.

A teca, observa Helladio, produz madeira de qualidade excepcional. Na indústria de construção naval essa madeira não pôde, até o momento, ser substituída com vantagens por outra. Submetida à ação do sal, do calor, do frio, da água das chuvas e do mar, nas pontes de comando, no convés dos navios, não deve empenhar, nem retrair, nem tornar-se escorregadia. Mesmo sob tais condições, apresenta notável durabilidade em serviço, não obstante a finalidade com que é trabalhada.

Após recomendar o emprêgo dessa madeira nos estaleiros nacionais para a produção de navios mercantes, aquele mestre da silvicultura brasileira assevera que a teca, originária de regiões tropicais úmidas, segundo a classificação de Houdridge, poderá constituir-se em excelente material para o reflorestamento no grupo ecológico subtropical úmido, onde poderão ser incluídas as condições reinantes no Estado de São Paulo.

Os principais dados relacionados com os experimentos realizados pelo Prof. Helladio com a *Tectona grandis* são os seguintes: Semeadura executada em canteiros bem preparados em solo vegetal rico. Sementes originárias de árvores existentes na Usina Tamoio no município de Araraquara, semeadas em 20 de agosto de 1958, germinadas 19 dias após. Decorridos cerca de 60 dias da sementeira as mudas apresentavam-se bem desenvolvidas com raízes secundárias e terciárias já formadas. Foram então transplantadas para embalagens individuais de barro poroso, conhecidas por "torrão paulista", com pleno sucesso no pegamento, o que não foi possível com mudas novas com apenas 2 pares de folhas formadas". Salienta, ainda, que o terreno destinado a receber as plantas foi arado e gradeado, solo silico-argiloso, declividade média de 10%. Outros de-

talhes referentes ao crescimento assinalam que o plantio foi executado em fevereiro de 1959, em linhas de nível, num total de 17 linhas, comportando 552 plantas, altura de 30 cm. Informa, ainda, aquele técnico que o pegamento no campo foi muito bom, ocorrendo apenas 21 falhas, portanto, pegamento da ordem de 96,27%, sendo adotado o espaçamento de 3,00 x 1,50 m, mantido o terreno limpo durante o primeiro ano, por meio de 3 capinas. Medições posteriores (área basal e taxa de incremento) feitas em 1962 revelaram magnífico comportamento dessa espécie, altura média de 4 m e DAP (diâmetro) 5,22 cm.



Fig. 3 — *Plantio de Pinus Elliottii, Eng., no viveiro de Araquari, SC, pertencente ao IBDF, com 5 anos, espaçamento de 2 x 2, altura 4,5 — DAP — 0,20 m considerado bom.*

No momento é de se esperar nova comunicação do Prof. Helladio a respeito do desenvolvimento daquele experimento no referido estabelecimento.

Outros ensaios com a teca estão sendo realizados em Curuá-Una, no Centro Experimental criado pela SUDAM, com recomendação para plantio, inclusive, a gmelina arbórea (7).

Deixando de lado as folhosas exóticas, passaremos, agora, ao problema da introdução de coníferas, de rápido crescimento.

#### d) *Pinus Elliottii*, Engelm

Originário do sudeste dos Estados Unidos (Flórida, Carolina do Sul, etc.), o *Pinus Elliottii* é uma conífera de crescimento precoce e, em ambiente natural, se acha associado ao *Pinus Taeda* e ao *Pinus Echinata*. Possuem duas ou três acículas por grupo, os cones têm 15 a 18 cm de comprimento. Os troncos são retos de derrama fácil, quando plantados em formação florestal. Contém bastante resina.

#### e) *Pinus Taeda*, L.

Da mesma origem que o *Elliottii*, ao qual se associa, o *Pinus Taeda* gosta, entretanto, de temperaturas mais frias. Possui acículas, em grupo de 3, mais curtas e mais finas do que as do *P.E.* Os cones são menores, atingindo mais ou



menos 5 a 8 cm. Forma troncos retos, mas os galhos são mais persistentes com desvantagem para a boa aparência da madeira.

Tanto o *Pinus Elliottii* como o *Taeda* constituem fato novo em matéria de reflorestamento no Brasil. Após hesitações e desinteresse de particulares pelo plantio, coube ao governo do Estado de São Paulo, em trabalho pioneiro, através do Serviço Florestal da Secretaria de Agricultura, experimentá-los em seus estabelecimentos florestais, com os melhores resultados, ambos venceram bem o meio ecológico, tornando-se alvo de atenções de todos os que vivem da indústria florestal (8), levando em conta o êxito das experiências do governo paulista o extinto Instituto Nacional do Pinho introduziu o *Elliottii* na Floresta Nacional de Capão Bonito e dali a outras unidades do sul do país, sempre com êxito crescente.

Estava aberto novo horizonte para o reflorestamento de pináceas no Brasil, pois às iniciativas oficiais seguiram-se as particulares que, bem impressionadas, começaram a fomentar os pinus em suas áreas de plantio, objetivando a indústria papeleira e a outros tipos de indústria de produtos florestais.

Segundo Krug, em trabalho já citado, a maioria das espécies de pinus inicia produção de sementes somente depois de 10/12 anos. Em São Paulo o *Elliottii* produz frutos (pinhas) já no 5º ou no 6º ano. Quando caem das árvores, embora não sendo facilmente aproveitadas por serem aladas, não devem ser colhidas do chão. Exigem unidade especial. Mantidas por longo tempo sob a temperatura ambiente e expostas à umidade deterioram-se rapidamente. Após o 3.º mês, as sementes de *P.e* e *P.t* perdem o poder germinativo. Experiências numerosas feitas nessas condições demonstraram que se conservam melhor quando bem secas, fechadas hermêticamente e conservadas a temperaturas próximas de 0°C.

Sobre a técnica dos viveiros, Krug informa que, dadas as condições de clima, existem três possibilidades de formação de mudas: a) mudas de raiz nua, b) formação de mudas em torrão paulista, c) formação de mudas em laminados, salientando, ainda, que recentemente está sendo introduzida nos Estados Unidos a formação de mudas por sementeira direta no campo, sendo que as épocas mais favoráveis à execução desta modalidade de sementeira são as do inverno e da primavera.

Quanto à irrigação a germinação regular nos canteiros depende de boa distribuição de água durante o período pré-germinativo. As irrigações devem ser feitas de preferência durante a parte da manhã para controlar as doenças tipi-

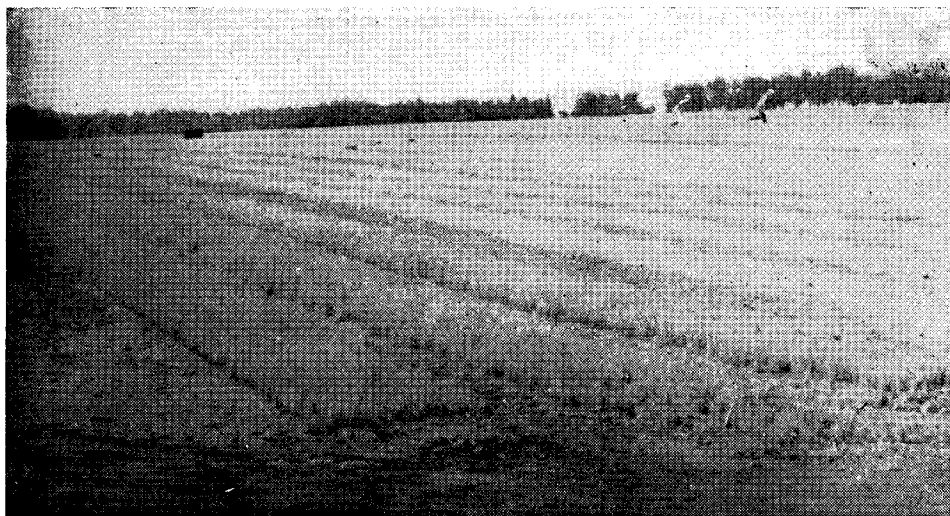


Fig. 4 — Viveiro de coníferas da Cia. Rigesa, em Três Barras, SC. O *P. Elliottii* é semeado diretamente (raiz nua), de abril a agosto.

cas das sementeiras e já à noite os canteiros devem estar mais ou menos enxutos. A quantidade de água a ser aplicada pode variar de 4 a 8 mm de chuva artificial, dependendo da natureza do solo, e de outros fatores, como insolação, temperaturas e ventos. A aplicação será feita de 2/2 dias ou mesmo diariamente se assim exigir a situação do viveiro”.

Como os demais *pinus*, o *Elliottii* e o *Taeda* vivem em simbiose com uma espécie de fungo chamado fungo micorrízico. Esse fungo, cuja vida depende da planta, penetra superficialmente na raiz desta, formando uma capa sobre as raízes. A relação planta-fungo ou fungo-planta é primordial, pois ao passo que os fungos micorrízicos se alimentam dos açúcares fornecidos pela planta, de outro lado esta absorve daqueles nitrogênio, fósforo e potássio, o que lhes concede maior resistência contra o ataque dos parasitas.

No que concerne ao tamanho das mudas Krug explica que, para o transplante, “existe grande vantagem em se aproveitar mudas bem desenvolvidas e vigorosas. Inúmeras observações demonstraram que mudas de 25 a 30 cm apresentam os melhores resultados

Entre os variados fatores limitantes aos *pinus* podem ser citados os nematóides, tombamento (*damping-off*), grilos, lagartas, pássaros, roedores e ervas daninhas, doenças e pragas que são combatidas com preparados especiais, conforme os casos, desde o brometo de metila ao aldrin.

No que concerne às técnicas de plantio definitivo, Krug salienta que “sempre que possível as mudas devem ser deixadas próximas às áreas de plantação, não havendo necessidade de alinhamento perfeito. Dependendo do número de mudas que se queira plantar por ha, a distância entre as covas será de 2 x 2 m. Este último espaçamento é mais indicado, pois os espaçamentos maiores consomem maior quantidade de mudas. Nas plantações com espaçamento muito estreito, os primeiros desbastes removerão grande número de plantas tão finas que não servirão nem mesmo para fabricação de celulose. Quando se adota espaçamento de 2 x 2 m, um hectare comporta 2 500 mudas (6050 mudas por alqueire). No espaçamento mais estreito de 1,5 x 1,5 m, um ha comporta cerca de 4 450 mudas (um alqueire, mais ou menos 10 700 mudas). Para garantir o pegamento das mudas no local definitivo é indispensável que elas sejam plantadas em dias de chuva ou com a terra ainda molhada.

Tendo em vista que algumas espécies de *pinus* são susceptíveis à ocorrência de ervas daninhas impõe-se a capina, sobretudo nos dois primeiros anos de plantio.

Fazendo estudos tendentes ao estabelecimento de regiões bioclimáticas, Lambertto Golfari, técnico florestal da FAO, estabeleceu para o *Pinus Elliottii*, *Pinus Taeda* e outras coníferas, ambientes ideais de plantio, não só no Estado de São Paulo, como em todo o Sul do Brasil (9).

Dammis Heinsdijk, técnico da FAO, e outros, em trabalho valioso de silvometria de *Pinus Elliottii*, *Araucaria Angustifolia* e outras essências (10), estabeleceu 3 classes, correspondendo aos limites de crescimento anual do *Elliottii*:

1. <sup>a</sup> Classe (bom)	1,30 m
2. <sup>a</sup> Classe (regular)	0,90 cm
3. <sup>a</sup> Classe (ruim)	0,60 cm

#### f) Outras Exóticas

##### 1) *Pinus Patula*

O *Pinus Patula* tem seu *habitat* natural no México, onde se encontra em altitudes elevadas (de 1 800 a 2 400 m, segundo Krug), gostando de alta pluviosidade e cerração. As árvores quando adultas atingem mais de 30 m de altura. Evidencia-se pelo colorido avermelhado da casca e da inserção dos galhos, o tronco é, via de regra, pouco saliente. Bem características são as acículas pendentes, comumente em grupo de três.

Segundo observações próprias, numa visita que realizamos, em janeiro de 1969, às plantações da Cia. Rigesa em Três Barras, SC, o *Patula* se desenvolve bem, perdendo, entretanto, para o *Elliottii* e o *Taeda*, tanto assim que os diretores daquela Cia. não o incluíram mais em seus programas de reflorestamento.



Fig. 5 — Plantio de *Pinus patula* pertencente à Cia. Rigesa, Três Barras, SC. Espaçamento 1,5 x 1,5, que não é de boa técnica.

Golfari, em seu trabalho já citado, adverte que “seu crescimento inicial, mui rápido, entusiasma os silvicultores, sem embargo, em alguns sítios, com o decorrer dos anos, aparecem indícios que fazem duvidar sobre suas possibilidades de êxito: pouca uniformidade de diâmetro e altura, galhos abundantes e grossos, especialmente os basais, fuste cônico e nodulosos depois da poda, exemplares inclinados ou com ponta sêca”.

#### 2) *Pinus Caribaea* (Cuba)

Assinala Krug em trabalho já citado que o *Pinus Caribaea* se apresenta como árvore de ótimo crescimento, atingindo em 10 anos alturas de aproximadamente 20 metros. O volume de madeira, segundo aquele autor, produzida em diversos lugares do Estado de São Paulo tem sido maior que o do *Pinus Elliottii*.

#### 3) *Pinus Hondurensis* (América Central)

Considerada por alguns botânicos como espécie idêntica a anterior — igual desenvolvimento. Em seus países de origem (América Central) êsse *Pinus* alcança até 30 metros de altura. Trata-se de uma espécie tropical e por sua adaptabilidade às baixas latitudes vem sendo introduzida na Amazônia, com bastante êxito.

#### 4) *Pinus Oocarpa*

Espécie também disseminada na América Central, onde ocorre desde o Norte do México até a Guatemala. É considerada como boa produtora de madeira. Em São Paulo seu crescimento vem sendo dado como satisfatório.

#### 5) *Pinus merkusii*

Tem seu *habitat* natural na Ásia, notadamente nas Filipinas, Indochina e Indonésia, sendo que suas árvores, geralmente de bom desenvolvimento em suas áreas nativas, não se desenvolveram bem no Estado de São Paulo.

## 6) *Pinus pinaster*

Espécie de clima tipicamente mediterrâneo e introduzido em várias áreas do país, principalmente no litoral, para fixação de dunas, não deu bons resultados. No município de Rio Negrinho, SC, altitude de 800 metros, nas plantações de coníferas de Martin Zipperer (Móveis Cimo S.A.), tivemos ocasião de observar alguns exemplares desse *pinus* com crescimento regular, em altura e em diâmetro.

## 7) *Cunninghamia lanceolata*, Lamb.

Originária do Sul da China, a *Cunninghamia lanceolata* tem encontrado boa ambientação no sul do país. Em Caieiras, SP, (altitude 800/900 m) serra de Cantareira (1100 metros) e em Camanducaia (sul de MG, 1400 metros) se desenvolve satisfatoriamente. Naquela primeira localidade esta espécie supera em crescimento aos outros ali plantados, sendo que, segundo Golfari, em alguns lotes, seus incrementos ultrapassam de 35 metros cúbicos por hectare ano.

Experimentos com *Cunninghamia lanceolata* também vêm sendo feitos com bons resultados, em várias florestas nacionais do IBDF.

## 8) *Cupressus Lusitanica*, Mill

Tipo de cipreste, segundo Golfari, derivado do *C. lendleyi* ou do *C. leinathamii* originários do México e da Guatemala. Seu *habitat* natural em áreas de altiplano tropical com chuvas estivais e inverno seco, mas sem *deficit* hídrico. Em Caieiras sua média de produtividade é de 30 metros cúbicos por hectare/ano. Em Campos do Jordão, em altitude acima de 1500 m sobre o nível do mar, os rendimentos são satisfatórios, superando, por vezes, os de *Pinus Elliotii* e *Pinus Taeda*.

## 9) *Criptomeria Japonica* D. Don

Originária do Japão, com invernos frios e estios brandos, essa espécie vem sendo cultivada, também, com sucesso, na serra da Mantiqueira.

## NATIVAS

### a) *Araucaria Angustifolia*, OK

A *Araucaria Angustifolia* OK, também conhecida como "pinheiro brasileiro", "pinho brasileiro" ou "pinheiro do paraná"   considerada espécie nobre da flora brasileira, em face da excelência de sua madeira, mundialmente afamada.

Seu *habitat* natural é o Planalto Meridional Brasileiro, clima CFB de K ppen, ocorrendo, também, em pequenos maciços na serra da Mantiqueira e na serra da Bocaina. Estudos ecológicos (clima, solos) do pinho brasileiro têm sido feitos pelo autor dêste trabalho (11), por Reinhardt Maak (12), Kurt Hueck (13), Gastão Nascimento Cecatto (14), I. Kissin (15), e mais recentemente por C. P. Van Goor (16), sem que deixemos de referir aos estudos de A. Aubreville (17), de Roberto M. Klein (18) e B. Rambo (19).

Estudos de dendrometria e outros trabalhos técnicos, inclusive de produtividade industrial, etc., têm sido apresentados, existindo, atualmente, uma razoável literatura a respeito desta espécie, para a qual remetemos o leitor. (Vide Bibliografia).

De sorte que a respeito da araucária já se conseguiu obter uma soma de conhecimentos razoáveis, não são em t rno de sua ecologia, como também com rela o às suas técnicas de plantio e outras formas práticas de manejo e industrializa o. Deixamos, por isso, de nos externar sobre esta essência, que se costuma plantar em semeadura direta, em covas de 0,5 cm, ao compasso de 2 x 2 ou 2 x 3. Trata-se de espécie exigente quanto aos tratos culturais, exigindo capinas até 3/5 anos, conforme a espécie da vegeta o circundante. Desbastes dependem, naturalmente, do espaçamento, crescimento e, sobretudo, dos objetivos para os quais o material lenhoso é destinado. Necessitando de bastante N no solo e bastante umidade, em face de sua simbiose com o fungo mi-

corrizico, não consegue desenvolver-se em climas de invernos secos, do tipo CWB de Köeppen, razão por que a araucária não medra satisfatoriamente na região de Passa Quatro (sul de MG), conforme já salientei, em trabalho apresentado ao Congresso Florestal Brasileiro realizado em Curitiba, PR, de 20/26 outubro (1968) intitulado "Escassês de azôto no solo como fator negativo do crescimento da *Araucaria Angustifolia* em clima CWB, de Köeppen". Para plantações dessa espécie os solos devem apresentar o valor "V" acima de 20%..

Entretanto, a adoção de novas técnicas de plantio com relação à *Araucaria Angustifolia* deverá constituir uma das preocupações de quantos se têm lançado a tarefas de reflorestamento com essa conífera nativa, tendo em vista que os esforços feitos até agora com o seu incremento nas áreas de ocorrência normal não têm correspondido plenamente; a despeito de dados já conhecidos há, ainda, muita coisa para ser investigada dentro do campo ecológico, como no campo da silvicultura. Raras as áreas plantadas onde os valores dendrométricos acusam resultados satisfatórios. Persistem os problemas climáticos que interferem no seu crescimento como as geadas, as estiagens, os solos, as doenças fúngicas e assim por diante.

Dificuldades, também, vêm sendo observadas quanto ao plantio de meliáceas, como as *Cedrellas*, em face de sua sensibilidade ao ataque da lagarta *Hipsipila grandella*, fato que levou entidade como a Escola de Florestas a apresentar projeto na Reunião de Pesquisadores Florestais, realizada em Curitiba, em setembro do ano corrente, sob o patrocínio do IBDF, visando ao combate sistemático daquela praga.

#### b) *Swietenia macrophylla*, King

A *Swietenia macrophylla*, King, uma meliácea que tem sua distribuição natural na região do Tocantins (Tucuruí, Marabá) BA, norte de Goiás, cabeceiras do Xingu, Tapajós, Madeira, faz parte, ao que nos parece, de formações mesófilas situadas em latitudes logo abaixo da "rain forest", com tipo de clima "Am de Köeppen". O naturalista A. Miranda Bastos, num estudo "O Mogno Brasileiro" (20) publicado no Anuário Brasileiro de Economia Florestal (1951), assevera que a *Swietenia macrophylla* espalhada desde a península do Iucatan, atravessando a América Central e entrando pela Colômbia e Venezuela, ocorre, também, no Peru e Brasil.

Na monografia de Van Meer sôbre a *Gmelina arborea*, Roxb, há também referência sôbre *Swietenia* na Índia e no Sudeste da Ásia, bem como na África, em associação com outras espécies. Bastos alude, também, a quatro outras espécies do gênero *Swietenia*: a *S. Mahogani*, L. Jacy (Índia e África), a *S. humiles*, Zuca, a *S. cirrhata*, Blake e a *S. Candolei*, Pittier descritas em 1920. Das três espécies, segundo Bastos, a *Mahogani* é a mais afamada e a *macrophylla* a mais espalhada.

Tomando como base o trabalho incluso no volume 10, n.º 3, do "The Caribbean Forest", revista da "Tropical Experiment Station", do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, em Pôrto Rico, salienta Bastos, que as sementes de *Swietenia macrophylla*, semeados em canteiros, a 5 cm de profundi-



Fig. 6 — Plantação de *Araucaria angustifolia*. Espaçamento 2 x 2, já sofreu primeiro debaste. Altura 15 m — DAP — 0,25 m. Crescimento considerado bom. Plantio de 1956, da Indústria de Madeira Rio Vermelho SA. — Rio Vermelho, SC.



Fig. 7 — *Toros de Swietenia macrophylla*, (mogno), aguardando embarque nas proximidades de Santarém, PA.

dade, com a asa emergindo do solo, à distância de 10 x 10 cm ou 10 x 15 germinam a partir do 15.º dia. Com seis meses as mudas atingem 60 e 75 cm e podem ser levadas para terreno definitivo. O melhor será, aliás, esperar pelos 9 meses, quando as plantas alcançam 1/1,20 m. O plantio pode ser feito em terreno descoberto, em capoeira ou na mata. No primeiro caso, o espaçamento 3 x 3 metros é ótimo. Depois de marcar os lugares das mudas, limpa-se cada um na superfície de um metro quadrado, dando à cova a profundidade de 30 cm. Cada plantinha deve ser protegida por um tutor. Em terreno de capoeira abrem-se, de 3 em 3 metros, linhas de 1,50, perpendiculares à direção dos ventos dominantes. No mais procede-se como foi mencionado acima. Tratando-se de terrenos de mata, faz-se a derrubada completa, com arrancamento das raízes e procede-se ao plantio no compasso de 4 x 4 metros, introduzindo culturas agrícolas nos intervalos, durante dois anos. Findo este prazo, intercala-se uma nova linha de mognos, entre as iniciais, o que diminui o espaçamento. O desenvolvimento da plantação depende, em muito, dos cuidados que lhe forem prodigalizados nos primeiros anos. É indispensável intervir, o mais amiúde possível, para eliminar os cipós e arbustos, até que a copa da plantação, sombreando o terreno, impeça a vegetação nociva. O crescimento de árvores nativas, nos intervalos, deve ser favorecido, embora devam ser eliminadas mais tarde, quando se tornarem importunas. Se o espaçamento for de 3 ou 4 metros, o desbaste deve começar aos 5 ou 6 anos. Se de 2 ou 3 metros, dever-se-á favorecer a formação de capoeira para provocar a competição. Se a intervenção se tornar indispensável pelo desenvolvimento de vários fustes, é mister eliminar os mal conformados. Até a idade de cerca de 20 anos o mogno emite brotação no tronco. A árvore madura, não. Desde os 25 anos, a que cresceu sob condições favoráveis pode ser aproveitada, já que suas dimensões permitem fornecer bons produtos comerciais. Todavia, aos 40 anos é que a árvore apresenta a plenitude do seu desenvolvimento e o máximo de suas qualidades. Uma plantação em zona seca não terá as mesmas medidas que a efetuada em terreno úmido, mas a madeira da primeira origem será de melhor qualidade. Uma única doença grave foi até o presente observada no mogno, a broca produzida pelo "Corer", e que se manifesta, via de regra, a partir do segundo ano de idade



Fig. 8 — Plantaio de *Araucaria angustifolia*, OK, na Floresta Nacional de Três Barras, SC e pertencente ao IBDF. Realizado em 1956, considerado bom. Espaçamento 1,5 x 1,5 já tendo sofrido o primeiro desbaste.

da planta. Para combater a praga, deu ótimo resultado deixar a plantação crescer sem limpeza, salvo dos cipós, a fim de ser forçada a vencer a competição e desenvolver-se depressa.

### c) Madeiras da Amazônia

São evidentemente amplas as possibilidades florestais da Amazônia, em face de seus recursos naturais. O que se impõe é o seu aproveitamento racional, através de várias medidas técnicas que já vêm sendo tomadas para desafogo da região.

A respeito dêste assunto acabamos de enviar para a *Revista Brasileira de Geografia* um trabalho do que nos foi dado estudar ali, em abril dêste ano.

Tendo-se em vista a necessidade de fazer o melhor emprêgo da ciência florestal na Amazônia e seu conseqüente imperativo de se proceder a plantio com essências de rápido crescimento, a SUDAM, nos seus centros de treinamento e pesquisas de Santarém e Curuá-Una, vem fazendo notáveis experimentos com nativas folhosas e coníferas exóticas como o *Pinu caribaea*, o *Hondurensis* etc.

Segundo o que nos informa Jean Dubois (21) em "A Amazônia Brasileira como fonte de produtos madeireiros" na terra firme, quer nos solos arenosos de Flanco, quer nos solos argilosos de Planalto, noventa (90) espécies arboreascentes (56 indígenas e 34 exóticas) foram testadas em canteiros experimentais (ensaios a curto prazo). Até agora, apenas, 30 destas espécies (21 indígenas, 9 exóticas) provaram ser satisfatórias em maior escala. Estas espécies, segundo o referido estudo, estão enumeradas no quadro anexo e estão agrupadas provisoriamente sob as seguintes classes de crescimento:

- 1 — crescimento excepcionalmente rápido em altura e diâmetro;
- 2 — crescimento rápido em altura e diâmetro;
- 3 — crescimento rápido em altura e incremento diamétrico médio a lento;
- 4 — crescimento médio ou lento em altura e em diâmetro.

É a seguinte a lista atual de espécies de base para fomento de povoamentos artificiais na terra firme no Centro de Curuá:

ESPÉCIES' (os nomes vernaculares são)	CLAS. DE CRESCI- MENTO	FATORES LIMITANTES	TIPOS DE SOLOS
<i>Plantios em plena abertura:</i>			
<i>Espécies exóticas</i>			
Pinus caribaea var. hondurensis	—	1 saúvas	F, (P)
Eucalyptus deglupta.....	1		P
Eucalyptus citriodora.....	1	gomose	F, P
Eucalyptus saligna.....	1	às vezes gomose	P
Terminalia ivorensis.....	1		F
Gmelina arborea.....	1	poda natural deficiente	P, (F)
Tectona grandis.....	2		P
Nauclaea diderrichi.....	2	saúvas	P
Maesopsis eminii.....	1	saúvas	P, F
<i>Espécies nativas</i>			
(avaliação baseada em canteiros de 6-7 anos de idade).			
Jacaranda copaia.....	1	Broca do broto terminal	P
° — <i>Vochysia maxima</i> .....	1	às vezes saúva	P
Goupia glabra.....	2	tendência a bifurcar	P, (F)
Caryocar villosum.....	2		P
° — <i>Dipteryx odorata</i> .....	3		P, (F)
° — <i>Simaruba amara</i> .....	1	poda natural deficiente	P
Vatairea guianensis.....	2		V, P
<i>Espécies nativas</i>			
(avaliação a partir de canteiros mais jovens)			
Ochroma lagopus.....	1		P
Didymopanax morototoni.....	1	às vezes broca do broto	P
Ceiba pentandra.....	1		P
° — <i>Cedrela cf. fissilis</i> .....	1	relativa resistência à broca	P, (F)
° — <i>Aspidosperma alba</i> .....	3		P
° — <i>Qualea homosepala</i> .....	3		P
Bertholettia excelsa.....	2		P
Buchenavia grandis.....	3-4		P
<i>Plantios sob abrigo parcial ou associados a rebortação natural (p. e. em capoeira jovem)</i>			
as spp. acima mencionadas com °, +:			
Bagassa guianensis.....	2	às vezes broca do broto	P
Dinizzia excelsa.....	3		P, (F)
Cedrela odorata.....	1	( <i>Hypsipyla grandella</i> )	P, F
Swietenia macrophylla.....	2		P, (F)
Carapa guianensis.....	1		P, V
Glycydendron amazonicum....	3		P

F = Flanco (terras arenosas); P = Planalto (terras argilosas); V = Várzea.

FONTE: A Amazônia Brasileira como fonte de produtos madeireiros; SUDAM — Departamento de Recursos Naturais — Série Recursos Naturais, de autoria de Jean Dubois, Hallewas e Koowles.



## FOLHOSAS NATIVAS NO ESPIRITO SANTO

A despeito do crescimento demorado de algumas nativas consideradas de alto valor, que estão em vias de desaparecimento, várias entidades de economia mista, como a Cia. Vale do Rio Doce e particulares estão realizando pequenos plantios, em caráter experimental, de *Paratecoma peroba* (peroba do campo), de *Centrolobium tomentosum* (araribá vermelho), de *Dalbergia nigra* (Jacarandá), da *Cariana estrellensis* (Jequitibá) e de outras espécies menos conhecidas. Todas essas nativas estão sendo plantadas no compasso de 2 x 2 ou de 2,50 x 2,50, após repicagem. Não temos, ainda, conhecimento dos índices de crescimento dessas folhosas, cujos plantios são recentes.

### PROBLEMAS BÁSICOS DA POLÍTICA FLORESTAL

Uma filosofia da problemática florestal em nossos dias, em termos de regeneração artificial, abstração feita dos aspectos de conservação, adquire, intrinsecamente, fundo pragmático e caráter eminentemente dinâmico.

Isto pôsto, os problemas essenciais a considerar em torno dessa mesma problemática, objetivando a seletividade das espécies (de crescimento mais rápido e de maior rendimento), podem ser catalogados dentro da seguinte disposição: a) pesquisa ecológica e determinação das áreas de plantio; b) sementes, e viveiragem; c) técnicas de plantio e tratos culturais; d) fatores limitantes; e) manejo: silvimetria, desbastes e outros tipos de utilização florestal; f) períodos de rotação; g) localização dos plantios perto dos complexos industriais que deverão contribuir, também, para o desenvolvimento da pesquisa da parte anatômica do produto.

A ciência florestal não tem ficado à margem do progresso tecnológico atual, ela procura desenvolver-se, sugerindo novas áreas de pesquisa; a técnica do plantio não esmorece, e cada dia, através de experimentos ou ensaios, vê-se que se aprimora, isto que nós chamaremos de pediatria da planta; com

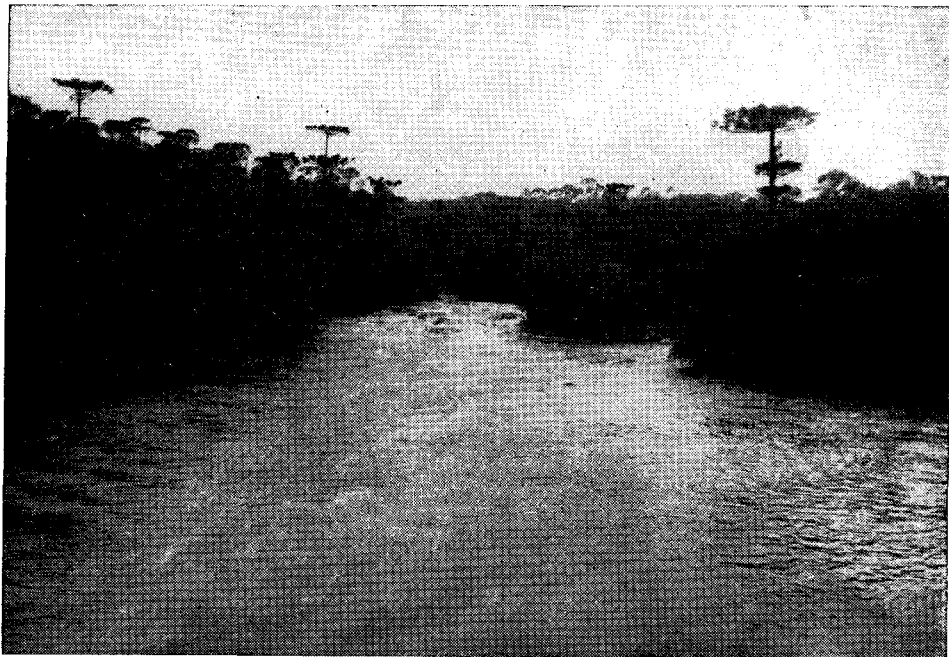


Fig. 9 — Regeneração natural da *Araucaria angustifolia*, OK, nas proximidades do rio Preto, afluente do rio Negro, município de Rio Negrinho, SC.

efeito, cada plantinha no viveiro, ou fora dêle, merece uma atenção especial do silvicultor, como o pediatra cuida de uma criança; mesmo, quando adulta, os cuidados não esmorecem e vão desde os desbastes ao combate aos insetos, aos microorganismos, às doenças e pragas, e ainda no último estágio, às boas técnicas de utilização racional.

Parece-nos evidente que o povo, em geral, começa a despertar para o problema florestal; já se está formando no país, sob bons augúrios, uma mentalidade florestal, sem o que nada de duradouro poderá ser construído em favor da perenidade das matas do Brasil.

Não padece dúvida de que em termos de produtividade florestal, atendendo à especificidade ou à particularidade de cada região geográfica, muita luz ainda haverá de ser projetada em torno da preferência a ser dada no reflorestamento de coníferas e folhosas.

Nas condições atuais, na Região Sul, por exemplo, que arca com o pêso da maior produtividade florestal no país, tudo indica o triunfo das plantações de coníferas sôbre as folhosas, pois os *pinus* como o *Elliottii*, o *Taeda* e outros vêm adquirindo condições ideais para o desenvolvimento da indústria florestal particular.

Pelo menos nossas afirmações vêm sendo amplamente confirmadas através de projetos de reflorestamento de grandes empresas particulares, que estão plantando coníferas numa proporção de cerca de 75% sôbre folhosas.

No Brasil Leste, em São Paulo e parcialmente no Brasil Centro-Oeste é indubitável a primazia dos eucaliptos, sendo que a região do Cerrado oferece condições muito amplas para a experimentação de folhosas de crescimento mais rápido. As experiências já feitas com o *Enterolobium* sp. (guapiruvu) em MG, estão merecendo destaque; não menos animadoras são as perspectivas em torno do *Caryocar brasilienses* (pequizeiro), do angico e de certas *Vochisias*, bem como de outras espécies que demonstram boa conduta nos cerrados.

Na Amazônia a despeito da introdução do *Pinus caribbae*, as experiências de Curuá-Una são inequívocas no sentido de se dar proeminência aos plantios de folhosas nativas de rápido crescimento como a *Virola surinamensis* (ucuuba), a *Virola sebifera* (terra firme) a *Didymopanax morotoni* (morototó), a *Simaruba amara*, a *Vochisia maxima* (quaruba) e outras essências típicas da região já anotadas acima.

Parece-nos que, em face da atual conjuntura brasileira, levando-se em conta a presente situação florestal, tudo indica que a iniciativa privada deverá arcar com a tarefa de desenvolver o reflorestamento de rendimento econômico, com essências de crescimento rápido, ficando os órgãos governamentais com o ônus de promover, não só a pesquisa florestal em tôda a sua amplitude, como também de preservar o patrimônio florestal nativo e altamente precioso, que está desaparecendo vertiginosamente, promovendo, ainda, o reflorestamento com folhosas de crescimento lento. Ainda que esteja em vigor o decreto n.º 59.615 de 30-11-1966, que regulamenta a Lei dos Incentivos Fiscais, salientando que "nenhum projeto de florestamento ou reflorestamento será aprovado pelo DRNR se não prever um programa de plantio, mínimo de 1% de essências típicas da região", isto pouco representa para a solução dêsse tão importante problema.

Muitas dessas espécies nativas poderiam também ser *induzidas* na base da regeneração natural, ao passo que outras, de igual modo, poderiam ter seus compartimentos valorizados com a regeneração artificial das chamadas "espécies de luxo", como a *Cedrella odorata*, a *Cedrella fissilis*, o freijó, o mogno e outras espécies de crescimento mais lento.

De outro lado, uma política integrada do IBDF com o IBRA-INDA em tôdas as áreas florestais do Brasil, poderia mobilizar a regeneração artificial pelo sistema silvo agrícola "taungya".

Finalizando, pedimos desculpas ao leitor por não têmos juntado a êste trabalho, com minúcias, dados mais extensos sôbre medições (dendrometria). Essas informações poderão ser encontradas nos trabalhos que citamos ao longo dêste artigo.

Aliás, diga-se de passagem, trata-se de matéria ainda em experimentação, muitas delas bastante recentes.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) Dammis Heinsdijk e João C. Campos — Programa de Manejo das Florestas de Produção Estaduais — Separata da *Revista do Serviço Florestal* do E. de São Paulo, Vol. 6 — Ano 1967.
- (2) Armando Navarro Sampaio — Aplicações de Madeira de Eucalipto — *Anuário Brasileiro de Economia Florestal* — INP — n.º 5 — 1951.
- (3) Ernesto Góis — *Os eucaliptos em Portugal* — 1962 — Secretaria de Agricultura — Lisboa.
- (4) G. M. Prado de Albuquerque — Reflorestamento com Eucaliptos — Pragas e Doenças — *Anuário Brasileiro de Economia Florestal*, N. 15 — 1963 — Rio.
- (5) P. H. Van Meer — *Gmelina arborea*, Roxb, (A Summary of the available literature — Forest Service — 1968 — Holanda.
- (6) Helladio do Amaral Mello — Alguns aspectos da introdução da Teca no Brasil — *Anuário Brasileiro de Economia Florestal* — Ano 15 — n.º 15 — 1963.
- (7) Jean Dubois — *Considerações sobre o reflorestamento na Amazônia* — SUDAM — Departamento de Recursos Naturais — Belém — 1969.
- (8) Helmut Paulo Krug — O plantio dos *pinus* em São Paulo — Separata do *Anuário Brasileiro de Economia Florestal* — INP — n.º 16 — 1964.
- (9) Lamberto Golfari — Coníferas aptas para repoblaciones forestales en el Estado de São Paulo — Separata da *Revista Técnica Florestal* do E. São Paulo — Vol. 6 — 1967.
- (10) Dammis Heinsdijk e Roberto Onety Soares — Plantações de Coníferas no Brasil — *Boletim* n.º 5 do Serviço Florestal do DRNR — Ministério da Agricultura.
- (11) Beneval de Oliveira — a) As Regiões de Ocorrência normal de Araucária — *Anuário Brasileiro de Economia Florestal* — N.º 1 — Ano 1 — 1947. b) Estudo Agrogeológico dos Parques Florestais do INP — *Anuário Brasileiro de Economia Florestal* — N.º 15 — Ano 15 — 1963. c) Escassês de azoto no solo como fator negativo de crescimento da *Araucaria Angustifolia*, OK, em clima CWB de Köppen. — Tese apresentada ao Congresso Florestal Brasileiro, Curitiba, PR — 1968.
- (12) Reinhardt Maack — Notas Preliminares sobre Clima, Solos e Vegetação do Estado do Paraná — Separata dos Arquivos de Biologia e Tecnologia — Vol. III — Ano 1948 — Curitiba.
- (13) Kurt Hueck — Distribuição e *habitat* do Pinheiro — *Boletim Geográfico*, CNG — n.º 165 — Nov.-Dez. — 1961.
- (14) Gastão Nascimento Cecatto — *O Pinho Brasileiro* M. A. Rio de Janeiro — 1943.
- (15) Isaac Kissin — Crescimento e Produção do Pinheiro Brasileiro — *Anuário Brasileiro de Economia Florestal* — N.º 3 — Ano/1950.
- (16) C. P. Van Goor — *Boletim* n.º 9 — Reflorestamento com coníferas no Brasil — DNRN — Serviço Florestal — 1965.
- (17) A. Aubreville — A floresta de Pinho no Brasil, *Boletim Geográfico*, CNG n.º 12 — 164/173, ano de 1954.