

NOTA PRÉVIA

ANÁLISE DE TENDÊNCIA DAS SÉRIES DE PRECIPITAÇÃO PLUVIAL DO NORDESTE DO BRASIL

Vicente de Paulo Rodrigues da Silva¹, Adelmo Antonio Correia² e Micheline de Sousa Coelho³

RESUMO

O conhecimento da tendência temporal das séries de precipitação pluvial do Nordeste do Brasil constitui uma importante informação para o planejamento agrícola e de recursos hídricos da região. O principal objetivo do presente trabalho foi, através da análise da tendência temporal da precipitação pluvial, delimitar regiões do semi-árido nordestino, vocacionadas para os processos de semidesertificação. Foram analisadas 88 séries históricas de chuva, compreendidas no período de 1911 a 1996, mediante a técnica dos mínimos quadrados. Os resultados mostram núcleos com fortes tendências crescente e decrescente de chuva localizados, respectivamente, nos Estados do Rio Grande do Norte e Alagoas; as demais tendências observadas nas séries decorrem, provavelmente, das flutuações de baixas frequências presentes nas séries pluviométricas do Nordeste brasileiro.

Palavras-chave: semidesertificação, tendência temporal, chuva

TIME TREND ANALYSIS OF THE RAINFALL SERIES IN THE NORTHEAST BRAZIL

ABSTRACT

The knowledge of temporal trend of rainfall series in the Northeast of Brazil is a very important information for agricultural and water resources planning. The main objective of this study was to delimit regions in the northeast semi-arid with environmental predisposition to desertification processes, by means of an analysis of rainfall temporal trends. In all 88 historical rainfall series from 1911 to 1996 period were analyzed using the method of least squares. The results showed regions with strong decreasing and increasing trends of localised rainfall, respectively, for the States of Rio Grande do Norte and Alagoas; the other time trends observed in rainfall series are probably due to fluctuations in the low frequencies presented in the rainfall series of the Northeast Brazil.

Key words: desertification, temporal trend, rainfall

INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, o homem vem provocando grandes alterações nos diversos ambientes naturais terrestres. A destruição da camada de ozônio e o aquecimento global são algumas das conseqüências da ação devastadora do homem

através de queimadas, erosão do solo e emissão de poluentes atmosféricos.

Atualmente, as questões referentes às mudanças climáticas é um dos temas, sobre o meio ambiente, que mais preocupam a humanidade. Segundo a OMM (1992), dirigentes de vários países do mundo estão preocupados com a potencialidade da mudança

¹ Professor, Mestre, Universidade Federal da Paraíba, Av. Aprígio Veloso 882, Bodocongó, Campina Grande, CEP 58109-970, e-mail: vicente@dca.ufpb.br, Fone (083)310 1031, Fax: (083)310 1011

² Aluno do PIBIC, Universidade Federal da Paraíba, e-mail: adelmo@dca.ufpb.br

³ Aluna do PIBIC, Universidade Federal da Paraíba, e-mail: micheline@dca.ufpb.br

do clima através da destruição da camada de ozônio e do desmatamento. A modificação da composição da atmosfera, através do aumento da concentração de gás carbônico, metano, óxido nitroso e vários fluorcarbonetos, poderá provocar um aquecimento global do planeta. Entre outros efeitos, o aquecimento global poderá aumentar o nível médio do mar e a precipitação pluvial em algumas regiões do planeta.

O desflorestamento e a degradação do solo pelo homem são as principais causas de um processo de desertificação em regiões semi-áridas do mundo inteiro. Esse problema é mais grave na região periférica do deserto de Saara, mais precisamente na região de Sahel, na África. A extinção das florestas através do desmatamento é a causa da reduzida quantidade de água que retorna à atmosfera por evapotranspiração e, conseqüentemente, o regime de chuva é afetado com a redução nos níveis pluviais. Por outro lado, o uso inadequado do solo e as queimadas expõem o solo a um processo de erosão que transforma solos, antes produtivos, em solos estéreis.

O Nordeste brasileiro abrange uma área de aproximadamente um quinto do território nacional, na qual estão inseridos todos os ambientes semi-áridos do país; a mesma se caracteriza por baixos níveis pluviais, pelas temperaturas elevadas e altas taxas de evaporação, além de uma alta variabilidade espacial e temporal no regime pluvial. Esta é a região do país mais afetada pelas ações devastadoras do homem. Os baixos índices pluviais registrados no Nordeste, particularmente no semi-árido, têm prejudicado sensivelmente a economia local. Apesar de chover tanto quanto em muitas outras regiões do mundo, o semi-árido nordestino é periodicamente afetado pela ocorrência de secas, com perdas parciais ou totais na agropecuária, além de comprometer o abastecimento de água à população, devido principalmente à irregularidade da estação chuvosa na região, com predominância de chuvas intensas e de curta duração durante períodos que vão de 3 a 5 meses.

Sentelhas et al. (1995) correlacionaram dados de média móvel (ordem 10) de precipitação, temperatura média do ar e excedente hídrico anual em Campinas (SP) com a porcentagem da cobertura vegetal do Estado, mas não observaram nenhuma relação entre os totais anuais de precipitação e a diminuição da cobertura vegetal; no entanto, os elementos do balanço hídrico mostraram considerável correlação entre o decréscimo dos excedentes e a elevação das deficiências hídricas com o desmatamento. Berlato et al. (1995) avaliando a tendência temporal da precipitação anual no Estado do Rio Grande do Sul, pela técnica dos mínimos quadrados, encontraram tendência negativa na precipitação pluvial no primeiro período analisado (1913-1951) e tendência positiva no segundo (1952-1990); entretanto, a maioria das estações não apresentou tendência estatisticamente significativa a nível de 5% de probabilidade. Segundo Nimer (1988) o fenômeno da desertificação, embora seja mais intenso na periferia dos desertos, está sendo observado em outras regiões do mundo, inclusive no Brasil. Os eventuais processos de desertificação no território brasileiro, provocados por devastação de florestas, não devem ser associados às possíveis mudanças climáticas regionais, mas tão somente à perda da capacidade de armazenamento de água pelo solo.

O presente trabalho objetiva avaliar a tendência secular das séries temporais de precipitação pluvial do Nordeste do Brasil

possibilitando, desta forma, delimitar regiões do semi-árido nordestino vocacionadas para os processos de semidesertificação.

MATERIAL E MÉTODOS

No desenvolvimento deste trabalho foram utilizados totais mensais de precipitação pluvial de 88 postos localizados no Nordeste brasileiro (Tabela 1) selecionados de acordo com o critério utilizado por Silva (1993). Este critério de seleção consiste apenas em selecionar postos com aproximadamente 82 anos de dados, correspondente ao período de 1911 a 1992. Os postos selecionados representam satisfatoriamente as características pluviométricas da região Nordeste, distribuídos da seguinte forma: Paraíba 8, Pernambuco 11, Alagoas 7, Sergipe 5, Piauí 10, Rio Grande do Norte 9, Bahia 20 e Ceará 18 postos. Não foi possível selecionar nenhum posto no Estado do Maranhão, tendo em vista que as séries históricas são de curto período de tempo. As séries que apresentaram dados faltosos foram completados utilizando-se o método hidrológico de preenchimento de falhas (Pinto et al., 1976) que consiste na utilização da média ponderada da precipitação pluvial dos postos vizinhos daqueles que apresentam dados faltosos.

Através das séries temporais de precipitação pluvial atualizadas até o ano de 1996 e absolutamente sem falhas, foi possível determinar os totais anuais de chuva de todos os postos. As séries assim constituídas foram suavizadas mediante a utilização da média móvel (ordem 3) objetivando-se eliminar as flutuações cíclicas de altas frequências.

Para determinação da tendência, conforme o caso, crescente, decrescente ou nenhuma, foi utilizado o modelo clássico de análise de série temporal (Moretin & Tolo, 1987) dado por:

$$Z_t = T_t + S_t + a_t \quad (1)$$

em que Z_t representa a série temporal, T_t a tendência, S_t a componente cíclica, a_t a parte aleatória da série e t o número de observações, variando de 1 a 82 anos. Para a eliminação da componente cíclica foi utilizada a média móvel de ordem 3. As oscilações de altas frequências presentes nas séries temporais de chuva do Nordeste são decorrentes do fenômeno El Niño, que tem frequência média de incidência na região de aproximadamente 3 anos (Aragão, 1986); assim, a equação (1) reduz-se à seguinte expressão:

$$Z_t = T_t + a_t \quad (2)$$

A tendência temporal das séries foram determinadas através de um polinômio de primeiro grau, dada pela seguinte expressão:

$$T_t = \beta_0 + \beta_1 t \quad (3)$$

Os parâmetros β_0 e β_1 foram determinados através do método dos mínimos quadrados (Spiegel, 1977). O coeficiente β_1 indica a tendência da série temporal representada pela declividade da reta de regressão. A significância estatística das séries foi verificada mediante a aplicação do teste de hipótese para o

coeficiente de regressão linear (β_1) dado por:

$H_0: \beta_1 = 0$, não existe tendência;

$H_1: \beta_1 \neq 0$, existe tendência em dado nível de significância.

Foi analisada a significância estatística da tendência, a níveis de 1 e 5% de probabilidade, mediante a utilização da distribuição de "Student" t.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constata-se, na Figura 1, que mostra a distribuição espacial dos coeficientes das retas de regressão linear (b_1) dos totais anuais de precipitação pluvial do Nordeste do Brasil, um núcleo de tendência crescente de chuva na parte norte do Rio Grande do Norte e tendência menos acentuada nas demais regiões do litoral norte do Nordeste do Brasil e na região central do Estado da Bahia. Observam-se, ainda, núcleos com tendência decrescente no sul dos Estados do Ceará e da Bahia e uma outra região com forte tendência para diminuição dos totais anuais de chuva, localizada nos Estados de Alagoas e Sergipe.

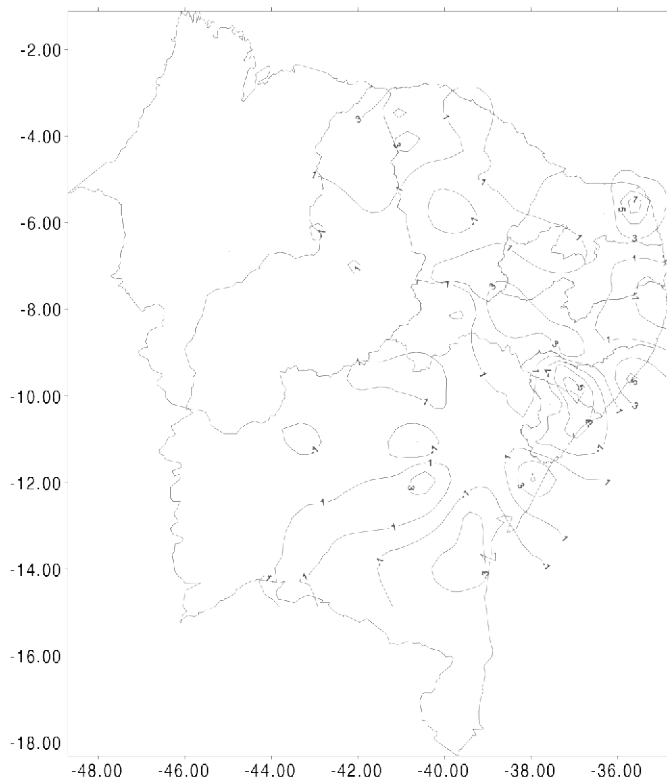


Figura 1. Distribuição espacial dos coeficientes das retas de regressão linear dos totais anuais de precipitação pluvial do Nordeste do Brasil.

A Figura 2 mostra o comportamento da tendência correspondente aos totais anuais dos postos pluviométricos de São Benedito, CE, Mombaça, CE, Campina Grande, PB, São Bento do Una, PE, Taipu, RN e Traipu, AL. Observa-se que o posto de São Benedito, CE (Figura 2a) apresenta tendência crescente e o de Mombaça, CE (Figura 2b) tendência decrescente, muito embora significantes a nível de 1% de probabilidade, conforme Tabela 1. Os postos de Taipu, RN (Figura 2e) e Traipu, AL (Figura 2f) apresentam forte tendência

crescente e decrescente, respectivamente. Por outro lado, os postos de Campina Grande, PB (Figura 2c) e São Bento do Una, PE (Figura 2d) não apresentam nenhuma tendência.

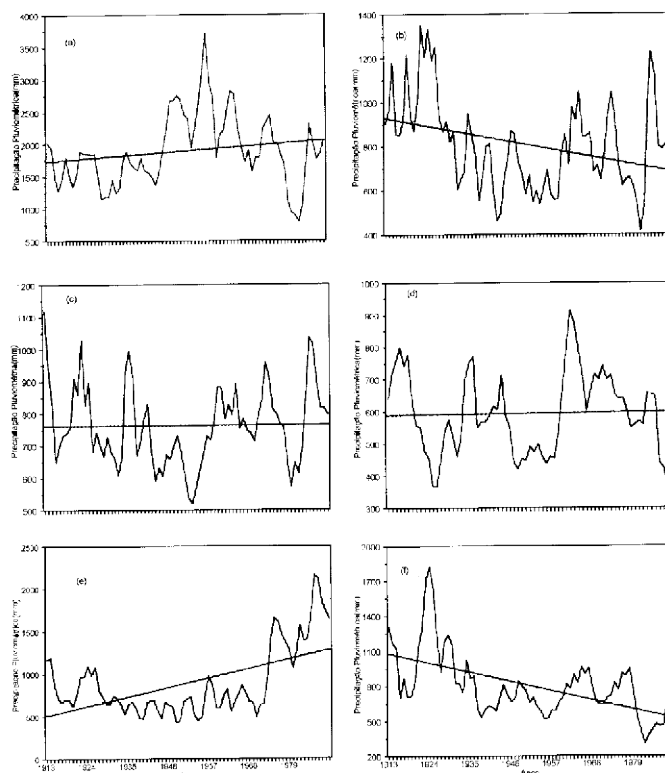


Figura 2. Variação temporal dos totais anuais de precipitação pluvial; a) São Benedito, CE; b) Mombaça, CE; c) Campina Grande, PB; d) São Bento do Una, PE; e) Taipu, RN; f) Traipu, AL.

A Tabela 1 exhibe os coeficientes de declividade das retas de regressão linear, correspondentes à análise de tendência dos 88 postos analisados dos totais anuais de precipitação pluvial; através desta tabela observa-se que Taipu, RN, foi o posto que apresentou a maior tendência crescente, e Traipu, AL, foi o que apresentou a menor tendência decrescente; este resultado também é observado nas Figuras 2e e 2f. Esses postos se configuram, respectivamente, como núcleos de tendência crescente e decrescente de chuva. Observa-se, ainda, através da mesma tabela, que os postos de Luiz Correia, Touros, Taipu, Natal, Princesa Isabel, São José do Belmonte, Floresta, Águas Belas, Traipu, Esplanada, Mundo Novo e Lençóis, apresentam tendência crescente, e os postos de Mombaça, Recife, Santana do Impanema, Traipu, Aracajú, Jacobina, Castro Alves e Jequié, apresentam tendência decrescente, todas a nível de significância de 1% de probabilidade. Os postos de Santa Quitéria, Pedro II, Areia Branca, Açu, Caraúbas, Sertania e Petrolina, apresentaram tendência positiva, enquanto os postos de Junqueiro e Mocambo apresentaram tendência negativa, todas significativas a nível de 5% de probabilidade. As Figuras 1 e 2 e a Tabela 1 evidenciam que a precipitação pluvial é um parâmetro insuficiente para delimitar regiões inseridas no semi-árido nordestino com predisposição ambiental aos processos de semidesertificação. Segundo o teste utilizado aproximadamente 90% dos postos, no período total analisado, não apresentaram qualquer tendência; enquanto que no período de 1911 a 1950 apresentam tendência decrescente e de 1950 a 1992 tendência crescente.

Tabela 1. Coeficientes de declividade das retas de regressão linear das séries pluviométricas dos totais anuais

Nº	Posto/estado	Latitude (graus.min)	Longitude (graus.min)	Altitude (m)	β_1
01	Luiz Correia - PI	02 53	41 40	10	4,81*
02	Tucunduba - CE	03 10	40 26	800	1,35
03	Itapipoca - CE	03 30	39 35	98	0,11
04	Viçosa do Ceará - CE	03 34	41 05	685	0,18
05	Fortaleza - CE	03 42	38 30	26	1,42
06	São Benedito - CE	04 03	40 52	903	4,18*
07	Acarapé - CE	04 13	38 43	76	1,34
08	Santa Quitéria - CE	04 20	40 10	190	2,20**
09	Pedro II - PI	04 25	41 28	580	2,50**
10	Caio Prado - CE	04 39	38 58	111	0,90
11	Tamboril - CE	04 50	40 20	360	0,57
12	Russas - CE	04 50	38 10	40	1,69
13	Araci Branca - RN	04 57	37 08	5	2,30**
14	Teresina - PI	05 50	42 49	72	-0,73
15	Touros - RN	05 12	35 28	4	3,38*
16	Quixeramobim - CE	05 12	39 18	187	1,09
17	Castelo do Piauí - PI	05 20	41 34	250	1,91
18	Governador Rosado - RN	05 28	37 31	36	1,75
19	Açu - RN	05 35	36 54	68	2,10**
20	Taipu - RN	05 37	35 36	50	1,10*
21	Lages - RN	05 42	36 15	198	0,48
22	Mombaça - CE	05 45	39 38	223	-3,06*
23	Carúbas - RN	05 47	37 34	146	2,10**
24	Natal - RN	05 48	35 13	8	3,71*
25	Jaguaribe - CE	05 53	38 37	120	0,78
26	Santana dos Matos - RN	05 58	36 39	140	1,69
27	Tauá - CE	06 01	40 25	356	-0,83
28	Arumante - PI	06 15	42 51	72	-0,31
29	Catolé do Rocha - PB	06 21	37 45	250	-0,82
30	Itô - CE	06 25	38 51	160	0,88
31	Cajazeiras - PB	06 53	38 34	291	1,67
32	Patos - PB	07 01	37 17	250	-0,06
33	Oeiras - PI	07 01	42 08	170	1,31
34	Santa Rita - PB	07 08	34 59	16	0,67
35	Campina Grande - PB	07 13	35 52	508	0,04
36	Crato - CE	07 13	39 23	421	2,61
37	Araipe - CE	07 13	40 08	605	1,60
38	Itabaiana - PB	07 20	35 20	45	-1,55
39	Jacós - PI	07 22	41 08	255	-0,42
40	São José do Egito - PE	07 28	31 17	575	2,73
41	Caboceiras - PB	07 30	36 17	390	1,72
42	Jardim - CE	07 35	39 17	630	1,42
43	Princesa Isabel - PB	07 44	38 01	660	2,78**
44	São José do Belmonte - PE	07 52	38 47	460	4,83*
45	Recife - PE	08 02	34 53	004	-2,74*
46	Panamirim - PE	08 05	39 34	379	-1,58
47	Sertania - PE	08 05	37 16	605	2,35**
48	Paulistana - PI	08 08	41 09	350	-0,66
49	São João do Piauí - PI	08 22	42 15	244	0,47
50	Cabrobó - PE	08 30	39 19	350	1,53
51	São Bento do Una - PE	08 31	36 22	645	0,13
52	Floresta - PE	08 36	38 35	317	3,06*
53	Boa Vista - PE	08 48	39 50	452	-0,39
54	Raimundo Nonato - PI	09 01	42 41	386	0,47
55	Aguaí - PE	09 07	37 07	376	5,50**
56	Mata Grande - AL	09 08	37 44	633	1,07
57	Ipanema - AL	09 22	37 15	250	-6,83*
58	Petrolina - PE	09 23	40 30	376	2,24**
59	Palhoca dos Índios - AL	09 24	36 39	342	0,16
60	Paranhos - AL	09 37	37 46	110	0,76
61	Maceió - AL	09 39	35 43	30	5,93*
62	Remanso - BA	09 41	42 04	378	1,30
63	Unaí - BA	09 50	39 29	439	0,17
64	Junqueiro - AL	09 56	36 29	120	-2,02**
65	Taipu - AL	09 58	36 59	40	-7,26**
66	Senhora da Glória - SE	10 13	37 25	290	1,79
67	Monte Santo - BA	10 26	39 20	489	0,46
68	Senhor do Bonfim - SE	10 27	40 11	544	1,11
69	Mocimbo - SE	10 33	37 38	204	-2,07**
70	Simão Dias - SE	10 44	37 48	283	1,47
71	Aracaju - SE	10 54	37 03	3	-3,83*
72	Jaguaraci - BA	10 54	41 35	450	-0,25
73	Quixadá - BA	10 58	39 38	273	0,57
74	Bonfim - BA	11 03	37 51	230	-1,99
75	Barra - BA	11 05	43 09	410	-1,54
76	Jacobina - BA	11 10	40 31	460	-3,88*
77	Araci - BA	11 20	38 57	212	-0,11
78	Monte do Chapéu - BA	11 32	41 08	1012	-0,94
79	Esplanada - BA	11 47	37 57	181	-6,46*
80	Mundo Novo - BA	11 51	40 28	480	4,91*
81	Irará - BA	12 02	38 45	283	-0,48
82	Barreiras - BA	12 09	44 59	435	-0,02
83	Panatinga - BA	12 42	43 10	420	1,26
84	Castro Alves - BA	12 46	39 25	265	-3,68*
85	João Amaro - BA	12 47	40 21	249	0,44
86	Itaçu - BA	13 49	41 18	527	-1,77
87	Jequié - BA	13 52	40 05	199	-3,44*
88	Condôta - BA	14 52	41 59	695	0,75

** Nível de significância de 5% de probabilidade

* Nível de significância de 1% de probabilidade

CONCLUSÕES

Os resultados do presente trabalho permitem as seguintes conclusões:

1. A precipitação pluvial é um parâmetro insuficiente para delimitar regiões passivas aos processos de semidesertificação na região Nordeste do Brasil.

2. Cerca de 90% das séries, no período total analisado, não apresentam qualquer tendência; mantendo-se decrescente no período de 1911 a 1950 e crescente no período de 1950 a 1992.

3. Os postos de Traipu, Al, e Taipu, RN, apresentam forte tendência caracterizando, respectivamente, núcleos decrescente e crescente de chuva.

AGRADECIMENTOS

O autor principal agradece ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) pela concessão de bolsas aos alunos do Curso de Graduação em Meteorologia da Universidade Federal da Paraíba, que participaram do Projeto de Pesquisa pertinente ao presente trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAGÃO, J.O.R. **A general circulation model investigation of the atmospheric response to El Niño**. Flórida/USA: Miami Coral Gables, 1986. 115p. (Tese de Doutorado).
- ARAGÃO, J.O.R. Fatos sobre o fenômeno El-Niño e sua relação com às secas no Nordeste do Brasil. **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 14, p. 1-12, 1990.
- BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C.; BONO, L. Tendência temporal da precipitação pluvial anual no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v. 3, p. 111-113. 1995.
- MORETIN, P.A.; TOLOI, C.M. **Séries Temporais: Métodos quantitativos**. 2ª ed. São Paulo: Atual, 1987. 136p.
- NIMER, E. Desertificação: Realidade ou Mito. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v.50, n. 1, p. 1-39, 1988.
- ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL. **Cambios climaticos. medio ambiente y desarrollo**. Opiniones de Dirigentes del Mundo. Ginebra: Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial, (OMM, 772).1992. 171p.
- PINTO, N.L.S.; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J.A GOMIDE, F.L.S. **Hidrologia básica**. 1.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1976. 278p.
- SENTELHAS, P.C.; CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Um século de desmatamento: Efeitos no regime térmico, pluvial e no balanço hídrico em Campinas, SP. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 2, p. 99 - 103. 1995.
- SILVA, V.P.R. Comportamento estatístico de séries temporais de precipitação pluviométrica no Nordeste do Brasil. Campina Grande: UFPB, 1993. 81p. (Dissertação).
- SPIEGEL, M.R. **Estatística: resumo da teoria**. 2.ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, LTDA, 1977. 580 p. (Coleção Schäum).