

1. Publicação nº <i>INPE-2318-RPE/402</i>	2. Versão	3. Data <i>Fev., 1982</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DME</i>	Programa <i>MASC</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>DISTRIBUIÇÃO DE PRECIPITAÇÃO SECA NO NORDESTE</i>			
7. C.D.U.: <i>501.509.54 (8=6)</i>			
8. Título <i>VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO NA REGIÃO NORTE-NORDESTE DA AMÉRICA DO SUL</i>		INPE-2318-RPE/402	10. Páginas: <i>31</i>
			11. Última página: <i>B.2</i>
9. Autoria <i>Antonio Divino Moura Mary Toshie Kagano</i>			12. Revisada por  <i>Luiz Carlos B. Molion</i>
Assinatura responsável 			13. Autorizada por  <i>Nelson de Jesus Parada Diretor</i>
14. Resumo/Notas <i>A distribuição espacial dos desvios de precipitação sobre a faixa tropical da América do Sul foi investigada, com todos os dados disponíveis para as estações climatológicas da área, desde o início do século até a década de 70. As escalas espaciais dos desvios de precipitação foram estabelecidas com base nos anos secos e chuvosos para o Nordeste do Brasil. Encontrou-se que, em média, a escala espacial das secas nordestinas não é confinada àquela região, mas estende-se desde 35°W até aproximadamente 65°W de longitude. O estudo confirma resultados anteriores em que a precipitação no Nordeste do Brasil apresenta uma relação inversa com a das Guianas. Além disso, observou-se uma correlação direta da precipitação no Nordeste com a da região da Venezuela e Colômbia.</i>			
15. Observações			

ABSTRACT

The spatial distribution of the deviations from the normal precipitation over tropical South America was investigated using the available data since the beginning of the century. The spatial scale associated with these deviations was established based on dry and wet years for Northeastern Brazil. It was found that, on the average, the NE drought spatial scale is not confined to that region but extends from 35°W up to 65°W of longitude. The results show that there is an inverse relationship between the NE Brazil and Guyanas rainfall, in accordance with previous results. Also, it was found a direct relationship between the NE rainfall and that of Colombia and Venezuela region.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	<i>vii</i>
<u>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</u>	1
<u>CAPÍTULO 2 - DADOS E METODOLOGIA</u>	5
<u>CAPÍTULO 3 - RESULTADOS</u>	9
3.1 - Configuração para os anos secos	9
3.2 - Configuração para os anos chuvosos	12
<u>CAPÍTULO 4 - CONCLUSÕES</u>	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
APÊNDICE A - MAPAS MENSAIS PARA OS ANOS SECOS	
APÊNDICE B - MAPAS MENSAIS PARA OS ANOS CHUVOSOS	

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
3.1 - Mapas dos desvios normalizados da precipitação média (fevereiro a maio): (a) média dos anos secos; (b) 1932; (c) 1942; (d) 1951; (e) 1953; (f) 1958.....	11
3.2 - Mapas dos desvios normalizados da precipitação média (fevereiro a maio): (a) média dos anos chuvosos; (b) 1963; (c) 1964.....	14
A.1 - Mapas dos desvios normalizados da precipitação mensal para cada mês da estação chuvosa (fevereiro a maio), média dos anos secos (1915, 1919, 1932, 1942, 1951, 1953, 1958): (a) fevereiro; (b) março; (c) abril; (d) maio.....	A.2
B.1 - Mapas dos desvios normalizados da precipitação mensal para cada mês da estação chuvosa (fevereiro a maio), média dos anos chuvosos (1912, 1917, 1921, 1963, 1964): (a) fevereiro; (b) março; (c) abril; (d) maio.....	B.2

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus sinceros agradecimentos ao Dr. Jagadish Shukla por inúmeras discussões sobre o problema e ao Dr. Luiz Carlos Baldicero Molion pela minuciosa revisão do texto e sugestões. Agradecem ainda à Sra. Tânia Regina Freire Sanchez pela datilografia do texto. Este trabalho foi parcialmente financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP (Convênio FINEP/CNPq nº B/54/81/042/00/00).

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O clima da região Nordeste do Brasil destaca-se do clima de outras regiões tropicais por apresentar uma grande variabilidade espacial e temporal de precipitação (Kousky and Chu, 1978; Strang, 1972; Namias, 1972; Ratisbona, 1976; Kousky, 1979; Aldaz, 1971). Kousky and Chu (1978), analisando os dados de precipitação do período 1931-1960, mostraram que a pluviosidade anual média na maior parte da região é menor que 800 mm, chegando a ser em algumas áreas no interior da região menor que 600 mm. Strang (1972), utilizando o mesmo período de dados, obteve contribuições percentuais trimestrais das chuvas caídas. Concluiu que, na região Nordeste, atuam três sistemas pluviais, que penetram de direções diferentes e que ocorrem em épocas distintas do ano. Para a classificação desses sistemas, ele baseou-se no fato de que os picos de precipitação ocorrem em meses diferentes nas áreas central e norte, e costeira e sul do Nordeste. Na primeira área observa-se um pico de precipitação em março-abril; na área costeira, em maio-junho; e ao norte de Minas Gerais, em dezembro-janeiro.

As origens desses sistemas têm sido razoalmente especuladas nos estudos que investigam as interligações da precipitação no Nordeste com fenômenos que ocorrem nos Hemisférios Norte e Sul.

A precipitação máxima observada em março-abril coincide com a posição sul extrema da zona de convergência intertropical (ZCIT), encontrada por Ratisbona (1976) nessa época do ano. Hastenrath and Heller (1977) mostraram que o regime de precipitação na parte central do Nordeste é condicionado pelo deslocamento da ZCIT.

Kousky (1979) mostrou que as frentes frias desempenham um papel importante na precipitação mensal máxima de dezembro-janeiro, observada na área sul do Nordeste e norte do Estado da Bahia.

Yamazaki and Rao (1977) sugeriram que a precipitação na área costeira seja afetada por aglomerados de nuvens de origem oceânicas que se propagam para oeste. Além disso, Kousky (1980) sugere que esta área sofre influências da brisa marítima.

Paralelamente a essa variabilidade espacial, a precipitação no Nordeste apresenta uma grande variação temporal, com alguns anos extremamente chuvosos e outros secos. Esse aspecto tem sido bastante investigado.

Aldaz (1971) apresentou uma sequência de 47 mapas consecutivos, de anomalias de precipitação anual, no período de 1941 a 1960, para todo o Brasil. Nota-se nos anos secos deste período (1951, 1919, 1932, 1942, 1953 e 1958), com exceção de 1942, desvios negativos de precipitação que se estendem sobre quase a totalidade da área do Nordeste e parte da região Amazônica. Em 1942, o desvio negativo achase no extremo norte da região Nordeste. Ele sugeriu que as condições de ar superior são as componentes predominantes na variabilidade interanual verificada. Além disso, ele interpretou os desvios de precipitação como influência de sistemas de grande escala.

A hipótese dos sistemas de grande escala afetaram o regime pluviométrico da região Nordeste tem sido levantada em diversos trabalhos.

Walker (1928), na tentativa de estabelecer uma fórmula para prever secas no Nordeste, sugeriu uma relação entre a precipitação no Nordeste e os fenômenos que ocorrem em regiões longínquas. (Honolulu, Santiago, Cabo, Rodésia, Santa Helena).

Namias (1972), por sua vez, sugeriu que os anos de precipitação anômala no Nordeste estão associados com configurações meteorológicas de duração apreciável, observadas na Terra Nova: anos secos relacionados à situação de bloqueio, e anos chuvosos relacionados à intensa atividade ciclônica na Terra Nova.

Eickermann and Flohn (1962) observaram uma defasagem entre a precipitação em Angola e em Fernando de Noronha, 3-4 meses mais tarde, fato que eles associaram ao movimento da corrente de Benguela.

Um outro fenômeno, cuja ocorrência relaciona-se com as secas no Nordeste do Brasil, é o El Niño na costa oeste do Peru (Caviedes, 1973; Covey and Hastenrath, 1978).

Esses resultados indicam que a precipitação no Nordeste está associada às características de grande escala da circulação geral sobre ambos os Hemisférios, Norte e Sul.

Alguns indícios adicionais de que a precipitação do Nordeste está associada a fenômenos de grande escala foram encontrados quando se estudaram as ligações de precipitação com parâmetros que variam lentamente, como é o caso de temperaturas da água da superfície do mar. Hastenrath and Heller (1977) mostraram que as ocorrências simultâneas de águas anormalmente frias no Atlântico Sul e quentes no Atlântico Norte estão bem relacionadas com a ocorrência de secas no Nordeste. E, por outro lado, nos anos chuvosos, tais configurações aparecem invertidas. Em adição, Kagano (1982) encontrou que às regiões de águas anormalmente frias e quentes correspondem divergência e convergência do vento ao nível do mar, respectivamente. Esses resultados sugerem a existência de uma circulação anômala termicamente direta, proposta por Moura e Shukla (1980) como mecanismo responsável pela ocorrência de secas severas no Nordeste do Brasil.

Portanto, é aparente que os fenômenos de grande escala exercem influências significativas no regime pluviométrico no Nordeste.

Assim, com o objetivo de fornecer suporte para a identificação das causas da grande variabilidade interanual que se observa no regime pluviométrico, procedeu-se a um estudo da distribuição espacial dos desvios de precipitação na região tropical da América do Sul,

utilizando todos os dados disponíveis, do início deste século até ã dé
cada de 70, para essa região.

CAPÍTULO 2

DADOS E METODOLOGIA

Os dados utilizados neste trabalho, séries de precipitação mensal da região tropical da América do Sul, foram cedidos por várias fontes.

Os das estações no interior da região Nordeste foram fornecidos pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). Nestas estações, as séries apresentam-se com períodos bastante homogêneos entre si e incluem basicamente as informações de 1912 a 1967.

As séries de precipitação de algumas estações foram adquiridas através de contratos pessoais.

Os demais dados pluviométricos foram extraídos do "Monthly Climatic Data for the World (U.S. Department of Commerce)", disponíveis em fitas magnéticas. Embora esse conjunto de dados se estenda sobre toda a América do Sul, somente algumas estações apresentam séries de precipitação suficientemente longas (mais que 20 anos) e adequadas para o estudo (não mais que 2 meses consecutivos com ausência de dados). Assim, apenas algumas séries foram efetivamente utilizadas nas análises e as restantes usadas somente para apoio nas análises, quando possível.

A seca do Nordeste caracteriza-se pela ausência de precipitação na estação chuvosa (Namias, 1972; Ratisbona, 1976). Assim, o estudo da distribuição espacial dos desvios de precipitação baseou-se essencialmente na pluviosidade do período de fevereiro a maio.

As estações pluviométricas e seus respectivos períodos de registro de dados estão na Tabela 2.1.

TABELA 2.1

ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS E PERÍODOS DE REGISTRO DE DADOS

ESTAÇÃO	LATITUDE	LONGITUDE	PERÍODOS COM DADOS
Fortaleza	03 ^o : 43'S	38 ^o : 33'W	1849-1979
Quixeramobim	05 ^o : 12'S	39 ^o : 16'W	1896-1978
Fernando de Noronha	03 ^o : 51'S	32 ^o : 25'W	1911-1950; 1961-1974
Recife	08 ^o : 04'S	34 ^o : 50'W	1875-1967
Salvador	12 ^o : 54'S	38 ^o : 20'W	1911-1965
Caetite	14 ^o : 03'S	42 ^o : 29'W	1911-1967
Remanso	09 ^o : 41'S	42 ^o : 04'W	1912-1967
Januária	15 ^o : 29'S	44 ^o : 22'W	1912-1965
Montes Claros	16 ^o : 44'S	43 ^o : 52'W	1910-1966
Campos Sales	07 ^o : 04'S	40 ^o : 23'W	1912-1967
Casa Nova	09 ^o : 24'S	41 ^o : 08'W	1912-1967
Araci	11 ^o : 20'S	38 ^o : 57'W	1912-1967
Xique-Xique	05 ^o : 12'S	39 ^o : 18'W	1918-1967
Palmas Monte Alto	14 ^o : 16'S	43 ^o : 10'W	1912-1967
Água Branca	09 ^o : 15'S	37 ^o : 36'W	1913-1967
Rio das Contas	13 ^o : 34'S	41 ^o : 49'W	1912-1967
Queimadas	10 ^o : 58'S	39 ^o : 38'W	1912-1965
Flores	07 ^o : 50'S	37 ^o : 59'W	1911-1960
Manaus	03 ^o : 07'S	60 ^o : 01'W	1910-1975
Santarém	02 ^o : 26'S	54 ^o : 43'W	1914-1974
Turialva	01 ^o : 41'S	45 ^o : 22'W	1911-1963
Cachoeira do Uaupês	00 ^o : 08'S	67 ^o : 05'W	1931-1978
Bogotá	04 ^o : 42'N	74 ^o : 08'W	1866-1960
Caracas	10 ^o : 36'N	66 ^o : 59'W	1891-1960
Georgetown	06 ^o : 48'N	58 ^o : 09'W	1887-1960; 1967-1978
Paramaribo	05 ^o : 45'N	55 ^o : 10'W	1931-1960

Para o Nordeste do Brasil os anos secos são: 1915, 1919, 1932, 1942, 1951, 1953 e 1958, de acordo com Aldaz (1971), e os chuvosos (1912, 1917, 1921, 1963 e 1964) são os considerados por Serra (1981).

Para a confecção dos mapas dos desvios de precipitação procedeu-se da seguinte maneira: para cada estação pluviométrica construiu-se uma série de valores de precipitação média da estação chuvosa (fevereiro-maio). Seja esta série, $\{P_j\}$, com $j = 1, \dots, N$ referindo-se aos anos, \bar{P} a média de $\{P_j\}$ e σ o respectivo desvio padrão. A série dos desvios de precipitação normalizados $\{P'_j\}$ é obtida fazendo-se, para cada $j = 1, \dots, N$,

$$P'_j = \frac{P_j - \bar{P}}{\sigma}$$

Para se construir o mapa de um ano particular (seco ou chuvoso) plotou-se, para cada estação pluviométrica, o desvio normalizado de precipitação correspondente àquele ano. Nos mapas médios dos anos secos (chuvosos) plotou-se a média dos desvios normalizados de precipitação de tais anos.

Os mapas mensais de fevereiro a maio, médias dos anos secos e chuvosos, que constam dos Apêndices A e B, respectivamente, foram obtidos seguindo um procedimento análogo ao descrito acima, exceto que, neste caso, a série $\{P_j\}$ é constituída de precipitação mensal para cada mês da estação chuvosa.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS

3.1 - CONFIGURAÇÃO PARA OS ANOS SECOS

Na Figura 3.1a é mostrada a configuração dos desvios normalizados da precipitação média da estação chuvosa (fevereiro a maio) para os anos secos. Nota-se um desvio negativo pronunciado de precipitação na ilha de Fernando de Noronha que se estende zonalmente desde o Nordeste até a parte leste da Amazônia. É evidente, portanto, que a chamada seca nordestina não é um fenômeno local. Em outras palavras, em média, quando é seco no Nordeste também o é a leste da Amazônia, até aproximadamente 65°W de longitude.

Este resultado dá suporte aos estudos sobre as secas nordestinas que procuram estabelecer relações entre o regime pluviométrico e as características de grande escala da circulação geral (Namias, 1972; Caviedes, 1973; Covey and Hastenrath, 1978; Moura e Shukla, 1980; Kagano, 1982).

Além disso, podem-se observar valores relativamente menores de desvios positivos de precipitação sobre a região das Guianas (Georgetown, Paramaribo), confirmando os resultados de Hastenrath and Heller (1977) que encontraram fraca correlação negativa entre a pluviosidade do Nordeste do Brasil e a das Guianas e parte da região Amazônica.

Uma outra característica muito interessante são os desvios negativos encontrados sobre a região da Colômbia (Bogotá e vizinhanças). Este resultado, que deve ser encarado com muita cautela, contradiz as suposições de Caviedes (1973) para explicar a correlação positiva entre as ocorrências das secas nordestinas e El Niño na região costeira do Peru. Ele propôs que esses dois fenômenos estejam condi

cionados essencialmente pela posição da ZCIT estar mais ao norte que o normal no setor Atlântico e mais ao sul na área do Pacífico Leste. Desta forma, esse argumento não justifica os desvios negativos observados na região da Colômbia e Venezuela.

As principais características da Figura 3.1a são também observadas nas configurações dos desvios normalizados da precipitação média mensal, para os meses da estação chuvosa dos anos secos (Figura A1, do Apêndice A). A extensa área de desvios negativos sobre o Nordeste e parte da Amazônia, e os desvios positivos sobre as Guianas são verificados em todos os meses. Apenas em fevereiro, os desvios negativos não são tão aparentes sobre a Venezuela e Colômbia. Essa discrepância pode ser decorrente da baixa densidade de dados daquela área.

A contribuição de cada ano seco para a Figura 3.1a pode ser verificada, examinando-se as configurações dos desvios normalizados da precipitação média de fevereiro a maio para anos individuais (Figuras 3.1b, 3.1c, 3.1d, 3.1e, 3.1f).

Embora as configurações dos anos amostrados (1932, 1942, 1951, 1953, 1958) apresentem características essencialmente semelhantes às descritas acima, duas delas, notoriamente, se distinguem das demais, a de 1958 e a de 1942.

Na configuração de 1958, considerado um ano extremamente seco, nota-se a área negativa estendendo-se desde o Nordeste até a costa oeste da América do Sul (Venezuela, Colômbia e parte do Peru) e desvios positivos (relativamente altos comparados com os da Figura 3.1a) na região das Guianas. Esse resultado é consistente com o de Aldaz (1971) que obteve desvios negativos de precipitação anual, para 1958, em toda a área Norte e Nordeste do Brasil. Evidentemente, a contribuição deste ano anômalo para a configuração média dos anos secos (Figura 3.1a) é significativa.

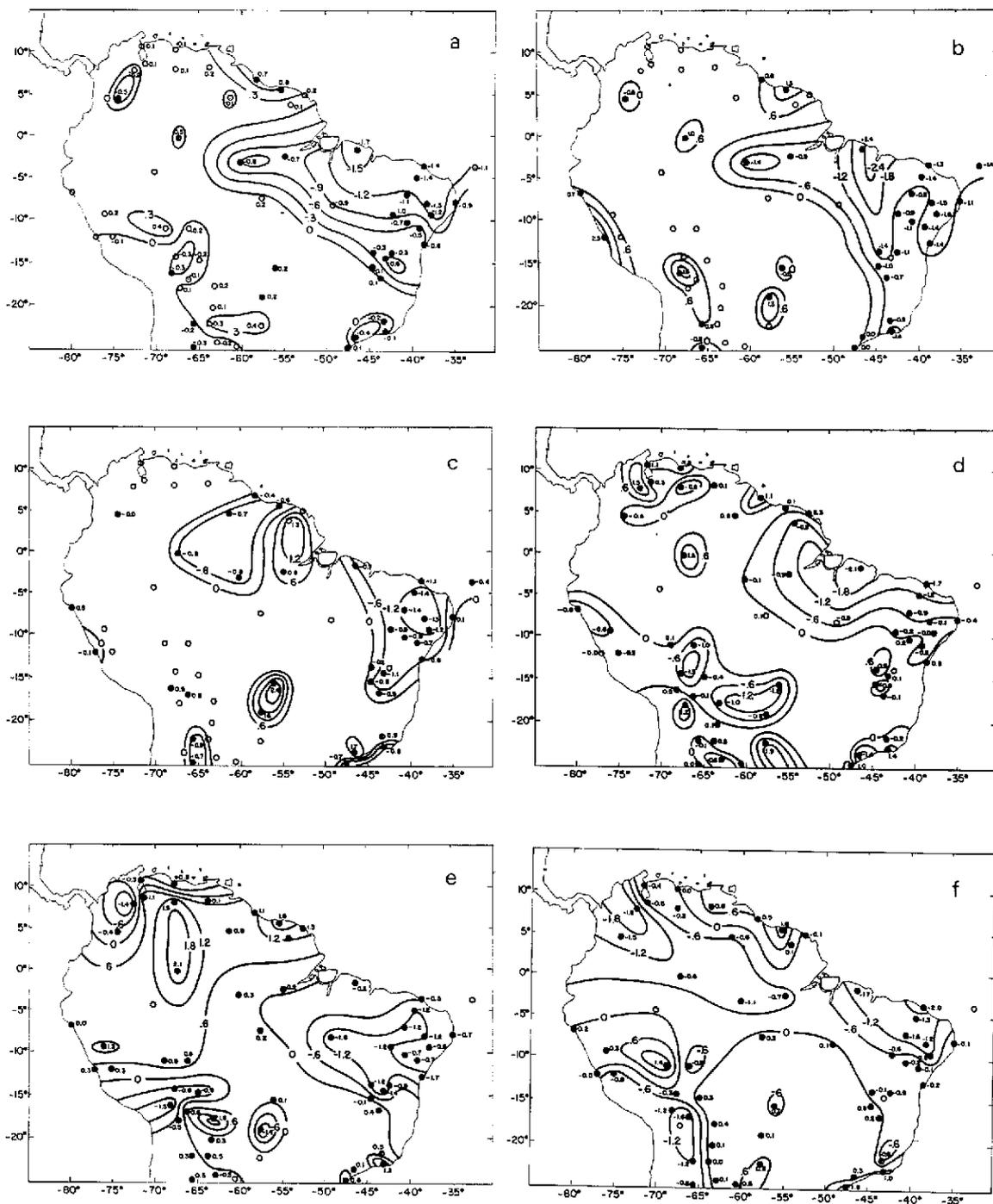


Fig. 3.1 - Mapas dos desvios normalizados da precipitação média (fevereiro a maio): (a) média dos anos secos; (b) 1932; (c) 1942; (d) 1951; (e) 1953; (f) 1958.

- No caso (a), círculos cheios, com um x, com um ponto, e vazios significam, respectivamente, existência de dados para 6 ou 7 anos secos, 5 anos, 3 anos (ou menos). Para os demais casos, significam, existência de 4 meses de dados, 3 meses e 2 meses, respectivamente.

Um outro ano que apresenta uma configuração destacável é 1942. Neste ano, nota-se que os valores mais negativos estão confinados na parte norte do Nordeste, consistente com as observações de Aldaz (1971). Além disso, a área positiva da região das Guianas assume uma forma mais meridional, verificando-se também uma área negativa menos intensa a oeste das Guianas e a leste da Colômbia e Venezuela. A discrepância da configuração de 1942 em relação aos demais anos secos foi também verificada por Aldaz (1971) e não é facilmente explicada com base apenas nos resultados dos cálculos estatísticos de precipitação aqui expostos.

3.2 - CONFIGURAÇÃO PARA OS ANOS CHUVOSOS

Os anos chuvosos apresentam basicamente configurações inversas daquelas observadas nos anos secos. Na Figura 3.2a estão mapeados os desvios normalizados da precipitação média sazonal (fevereiro-maio) para os anos chuvosos. Nota-se uma extensa área de desvios positivos sobre a ilha de Fernando de Noronha, a região das secas nordestinas e a parte leste da Amazônia; uma outra área positiva é encontrada sobre a Venezuela e Colômbia; e finalmente, separando-se essas duas áreas positivas verifica-se uma área de desvios negativos sobre as Guianas.

Uma característica a ser destacada é que a área abrangida pelos desvios positivos coincide com aquela dos desvios negativos para os anos secos (Figura 3.1a); porém, na média dos anos secos, os valores máximos encontram-se na costa do Pará, enquanto nos anos chuvosos os máximos se deslocam para a ponta do Nordeste. Este fato confirma que a escala da variabilidade da precipitação transpassa o Nordeste brasileiro, ou seja, em média, um ano mais chuvoso sobre o Nordeste brasileiro também o é sobre o leste da Amazônia.

Os desvios positivos sobre a Venezuela e Colômbia para os anos chuvosos são maiores, em módulo, do que os correspondentes para os anos secos e abrangem uma área maior que a área negativa dos anos secos.

Com respeito às características encontradas nos mapas médios mensais dos anos chuvosos (fevereiro a maio), dos desvios normalizados de precipitação (Figura B1 do Apêndice B), apenas em abril nota-se uma configuração diferente daquela observada na Figura 3.2a. Neste mês, a área negativa sobre as Guianas estende-se sobre a parte leste da região Amazônica e parte do centro-oeste do Nordeste do Brasil. Isso pode ser devido à escassez de dados dessas regiões. Contudo, os valores ali encontrados são em módulo menores que 0,5, fazendo com que a contribuição de abril torne-se menos significativa que a dos demais meses.

É interessante notar que os anos chuvosos, quando examinados individualmente, apresentam configurações dos desvios normalizados de precipitação média de fevereiro a maio semelhantes ao mapa médio dos anos chuvosos (Figura 3.2).

Desta forma, pode-se constatar que as configurações dos anos secos e chuvosos são aproximadamente inversas. Além disso, pode-se sugerir que o regime pluviométrico da faixa tropical da América do Sul está relacionado a características de grande escala da circulação geral como proposto por diversos estudos (eg. Namias, 1972; Covey and Hastenrath, 1978; Moura e Shukla, 1980).

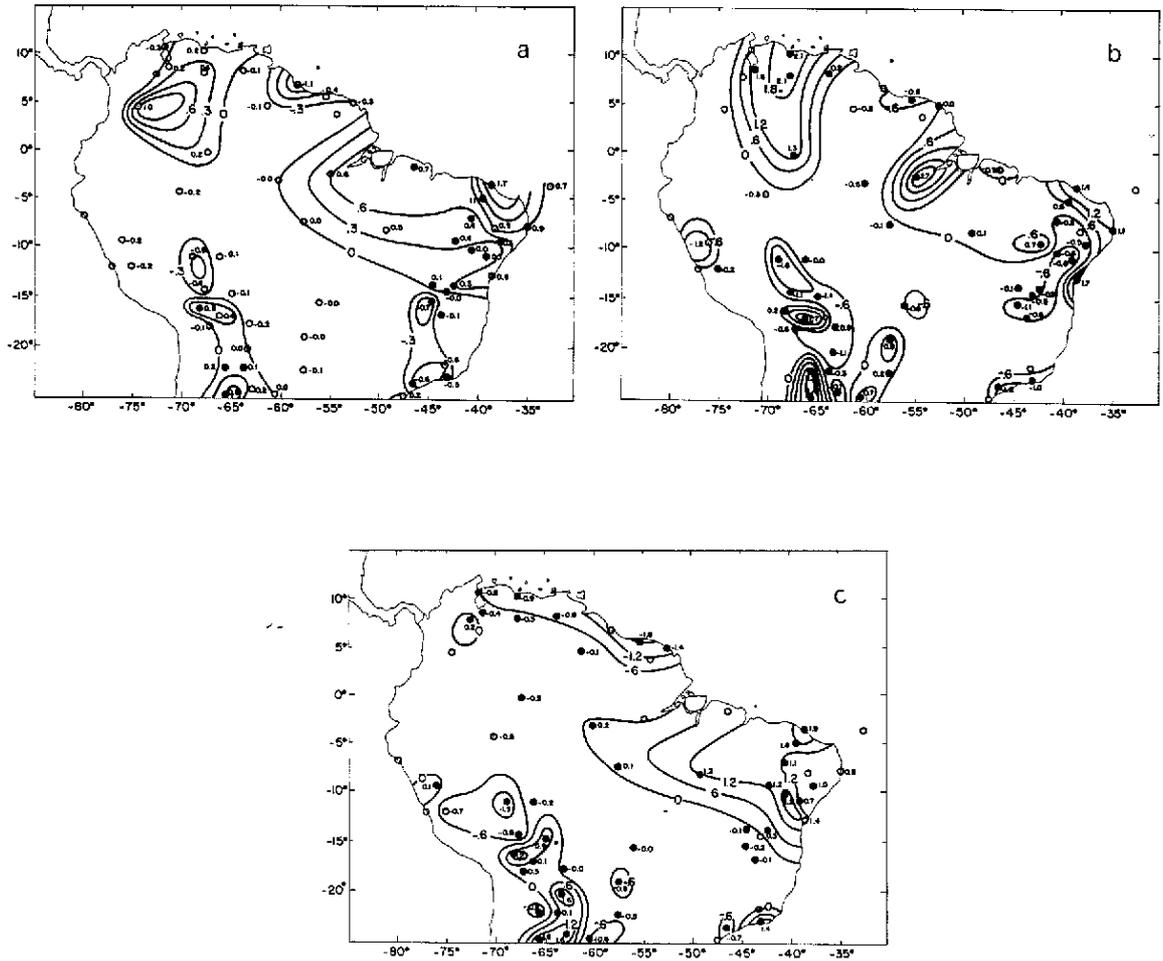


Fig. 3.2 - Mapas dos desvios normalizados da precipitação média (fevereiro a maio): (a) média dos anos chuvosos; (b) 1963; (c) 1964.

- Para o caso (a) os símbolos usados nas estações: círculos cheios, um x, um ponto e círculos em branco significam, respectivamente, a seguinte existência de dados: 5-4 anos, 3 anos, 2 anos e 1 ano. Os símbolos dos casos (b) e (c) são os mesmos que os das Figuras 3.1b a 3.1f.

CAPÍTULO 4

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos contradizem algumas hipóteses levantadas por estudos anteriores e confirmam outras sobre as causas das secas nordestinas.

A posição da zona de convergência intertropical (ZCIT), associada à intensidade das altas subtropicais no Pacífico e no Atlântico, foi sugerida como fato condicionante ao regime pluviométrico do Nordeste; nos anos secos, a ZCIT está a uma posição mais ao norte sobre o Atlântico e mais ao sul sobre o Pacífico (costas do Peru), comparada com a dos anos chuvosos (Hastenrath and Heller, 1977; Caviedes, 1973; Chung, 1981).

O deslocamento da ZCIT parece ser a causa da variabilidade pluviométrica do norte do Nordeste brasileiro e Guianas. Este fato, porém, não explica a variabilidade da precipitação na região leste da Amazônia, Venezuela e Colômbia. Segundo Caviedes (1973), nos anos de ocorrência de El Niño - secas, existiria uma suposta ZCIT continental como continuidade da ZCIT atlântica, localizada mais ao norte de sua posição média, e da ZCIT pacífica, mais ao sul. Os resultados encontrados indicam que existe uma relação direta entre a variabilidade da precipitação entre o Nordeste e essas regiões, o que contradiz a existência de uma ZCIT continental.

Um outro fenômeno relacionado à variabilidade interanual da precipitação no Nordeste brasileiro é a penetração de sistemas frontais (Kousky, 1979). Isso porém não explicaria a variabilidade da precipitação sobre a Venezuela e Colômbia. Segundo Oliveira (1981), para que esses sistemas possam atingir uma região mais ao norte seria necessário um enfraquecimento da alta pressão (ao nível de 200 mb) sobre a Bolívia. Porém, um deslocamento dessa alta mais para norte não só per

mitiria a penetração dos sistemas frontais como também organizaria mais eficientemente a convecção nos baixos níveis, sobre a Venezuela e Co
lômbia.

Recentemente, Moura e Shukla (1980) sugeriram que o mecanismo responsável pelas secas nordestinas é a intensificação e o deslocamento da ZCIT ao norte do equador (associada com uma anomalia quente de temperatura da superfície do mar) e o aparecimento de movimento meridional subsidente sobre o Nordeste do Brasil e regiões oceânicas adjacentes (associado com uma anomalia fria de temperatura da superfície do mar), o qual reduz a convecção úmida e a precipitação. Tal mecanismo é intensificado pela ocorrência simultânea de anomalias quente de TSM no Atlântico Norte e fria no Atlântico Sul. Essa hipótese é evidenciada pela correlação negativa de precipitação encontrada entre a região das Guianas e o Nordeste. O trabalho de Oliveira (1981) parece confirmar observacionalmente este mecanismo.

Em resumo, o estudo da distribuição da variabilidade da precipitação sobre a faixa tropical da América do Sul revela configurações aproximadamente inversas para os anos secos e chuvosos do Nordeste do Brasil.

Uma das principais características notadas em tais configurações é que nos anos secos (chuvosos) os desvios negativos (positivos) estendem-se desde 35°W até as proximidades de 65°W de longitude. Portanto, pode-se concluir que as secas não são confinadas à região Nordeste do Brasil, e, além disso, dada a extensa área coberta pelos desvios, é evidente que o regime pluviométrico dessas regiões está relacionado com características de grande escala da circulação geral para cada ano.

A precipitação no Nordeste do Brasil relaciona-se diretamente com a região da Venezuela e Colômbia e inversamente com a das Guianas, indicando que um ano seco para o Nordeste é também relativamente seco para parte da Amazônia e vice-versa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDAZ, L. Caracterização parcial do regime de chuvas do Brasil. Departamento Nacional de Meteorologia, Ministério do Interior, SUDENE/OMM, Publicação Técnica, 4, Rio de Janeiro, Agosto 1971.
- CAVIEDES, C.N. Secas and El Niño: Two simultaneous climatological hazards in South America. *Proceedings of the Association American Geography*, 5, 44-49, 1973.
- CHUNG, J.C.M. The tropical Atlantic trade winds as related to drought in northeastern Brazil. Master's Thesis presented at the Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, 1981.
- COVEY, D.L.; HASTENRATH, S. The Pacific El Niño phenomenon and the Atlantic circulation, *Monthly Weather Review*, 106 (9), 1280-1287, September 1978.
- EICKERMANN, W.; FLOHN, H. Weather teleconnections at the equatorial Southern Atlantic. *Bonner Meteor Abhandl* (abridged) 1, 1962.
- HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. *Quarterly Journal Royal Meteorological Society*, 103 (435), 77-92, January, 1977.
- KAGANO, M.T. Relações entre anomalias de temperatura da água do mar e divergência ao nível do mar no Atlântico tropical e precipitação nas regiões Nordeste e Amazônica do Brasil. São José dos Campos, INPE, 1982, (no prelo).
- KOUSKY, V.E. Frontal influences on northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, 107 (9), 1140-1153, September, 1979.

- _____. Diurnal rainfall variation in northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, 108 (4), 488-498, April 1980.
- _____; CHU, P.S. Fluctuation in annual rainfall for northeast Brazil. *Journal Meteorological Society of Japan*, 56 (5), 457-465, October, 1978.
- MOURA, A.D.; SHUKLA, J. Um estudo sobre a dinâmica das secas do nordeste do Brasil: observações, teoria e experimentos numéricos com um modelo global de circulação atmosférica. São José dos Campos. INPE-1930-RPE/255, 58p. Outubro, 1980.
- NAMIAS, J. Influence of northern hemisphere general circulation on drought in northeast Brazil. *Tellus*, 24 (4), 336-342, 1972.
- OLIVEIRA, L.L. Zonas de convergência no Atlântico Sul e suas influências no regime de precipitação no Nordeste do Brasil, Tese de Mestrado, INPE, São José dos Campos, 77 pp, 1981.
- RATISBONA, C.R. The climatic of Brazil. In: *Climates of Central and South America* (Schwerdtfeger, W. and H.E. Landsberg, Editors). World Survey of Climatology. Elsevier, vol. 12, 219-293, 1976.
- SERRA, A.B. Novo método de previsão a longo prazo. Rio de Janeiro. Instituto Nacional de Meteorologia, 297 p., 1981.
- STRANG, D.M.G. Análise climatológica das normais pluviométricas do Nordeste brasileiro. Centro Técnico Aeroespacial, Relatório Técnico, IAE-M-02/72, 70 p., 1972.
- WALKER, G.T. Ceará (Brazil) famines and the general air movement. *Bertragexur Physik der Freien Atmosphere*, 14, 88-93, 1928.
- YAMAZAKI, Y.; RAO V.B. Tropical cloudiness over the south Atlantic ocean. *Journal Meteorological Society of Japan*, 55 (2), 205-207, April, 1977.

APÊNDICE A

MAPAS MENSAIS PARA OS ANOS SECOS

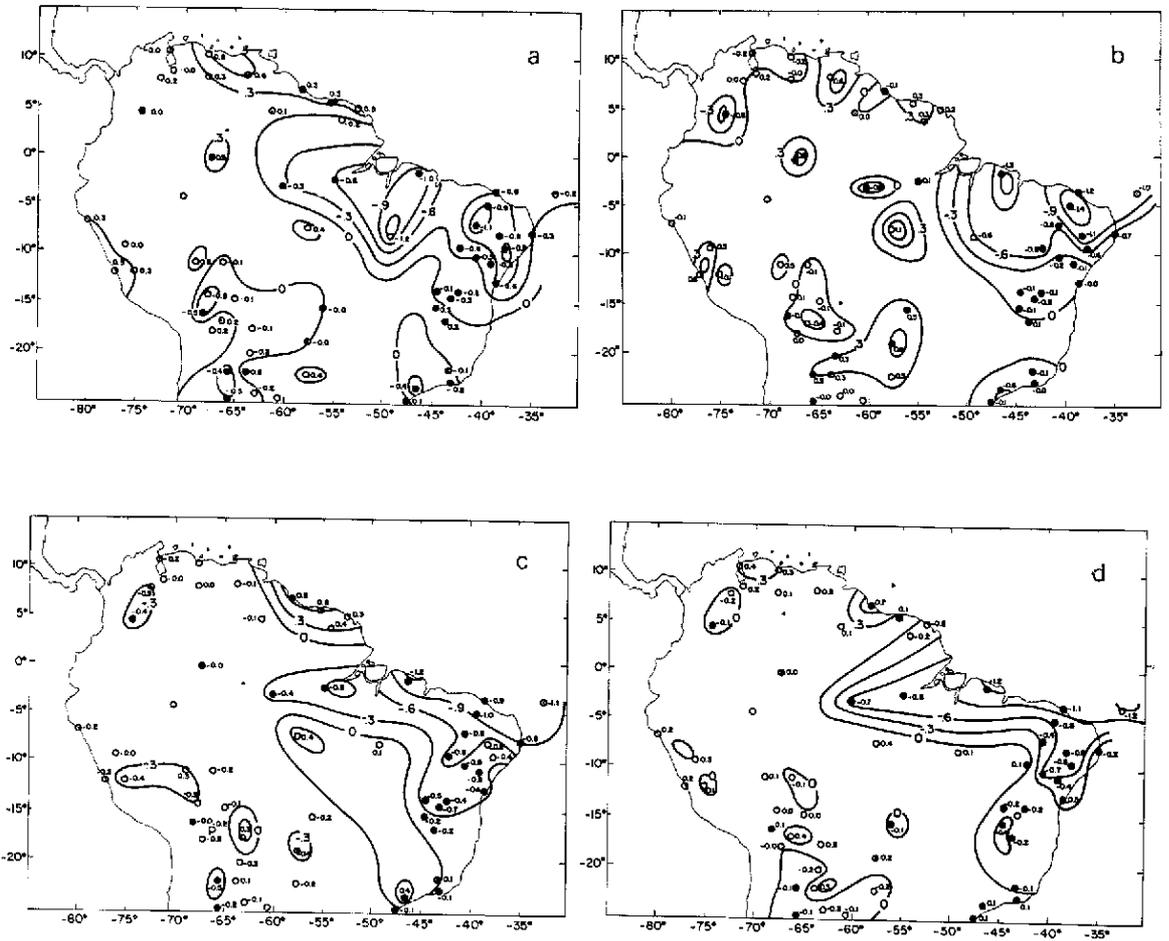


Fig. A.1 - Mapas dos desvios normalizados da precipitação mensal para cada mês do período chuvoso (fevereiro a maio), média dos anos secos (1915, 1919, 1932, 1942, 1951, 1953, 1958): (a) fevereiro; (b) março; (c) abril; (d) maio.

- Os símbolos usados nas estações: os círculos cheios, um x, um ponto e círculos em branco representam, respectivamente, a seguinte ocorrência de dados: 6-7 anos, 5 anos, 4 anos e 3 anos ou menos.

APÊNDICE B

MAPAS MENSAIS PARA OS ANOS CHUVOSOS

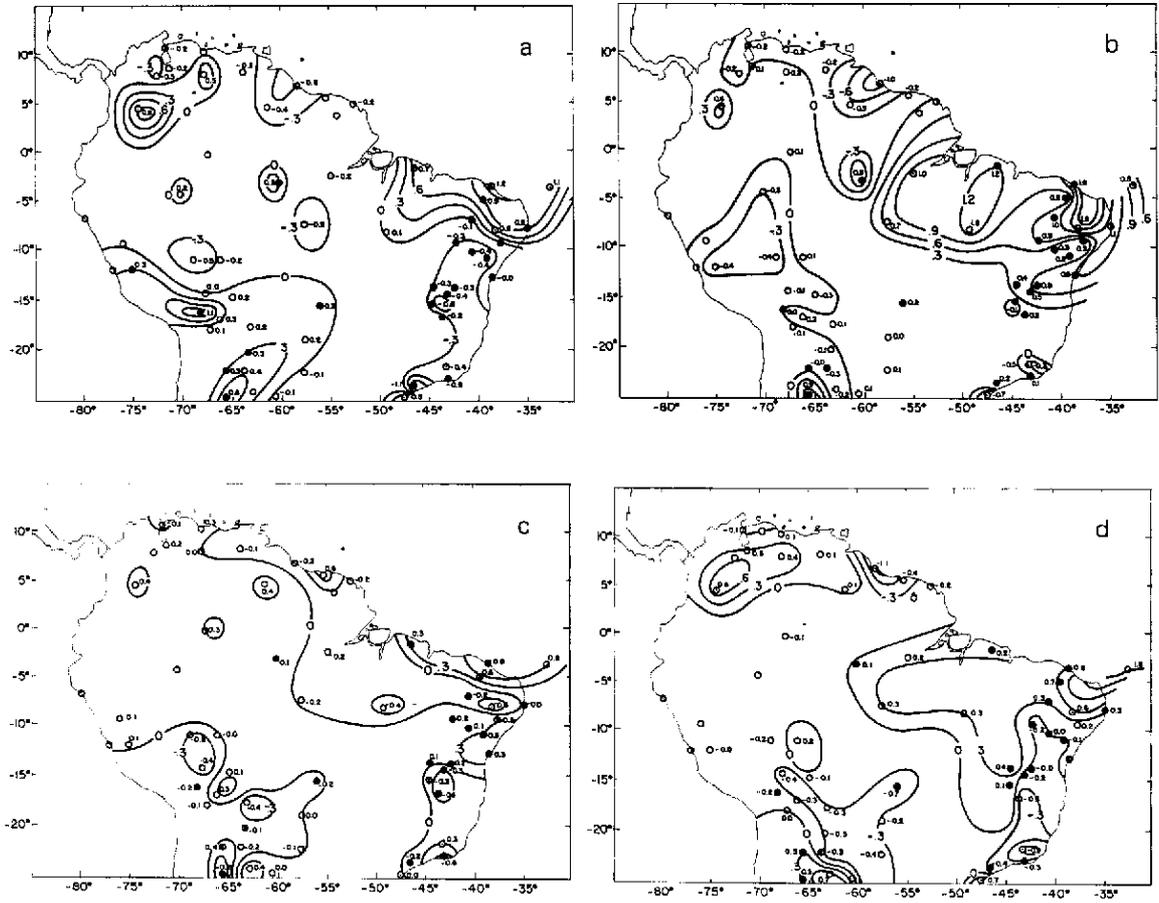


Fig. B.1 - Mapas dos desvios normalizados da precipitação mensal para cada mês da estação chuvosa (fevereiro a maio), média dos anos chuvosos (1912, 1917, 1921, 1963, 1964): (a) fevereiro; (b) março; (c) abril; (d) maio.

- Os símbolos usados nas estações: os círculos cheios, um x, um ponto e círculos em branco representam, respectivamente, as seguintes ocorrências de dados; 5-4 anos, 3 anos, 2 anos e 1 ano.

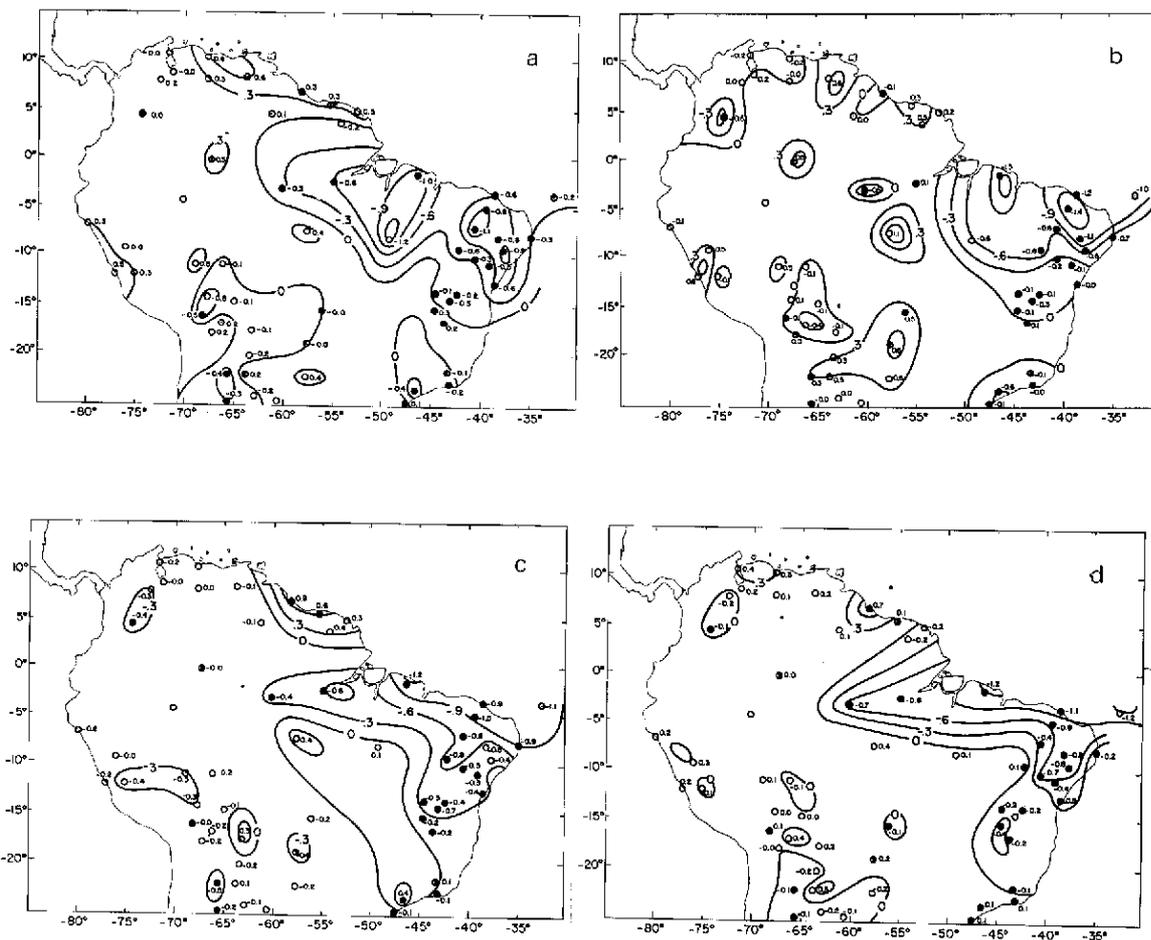


Fig. A.1 - Mapas dos desvios normalizados da precipitação mensal para cada mês do período chuvoso (fevereiro a maio), média dos anos secos (1915, 1919, 1932, 1942, 1951, 1953, 1958): (a) fevereiro; (b) março; (c) abril; (d) maio.

- Os símbolos usados nas estações: os círculos cheios, um x, um ponto e círculos em branco representam, respectivamente, a seguinte ocorrência de dados: 6-7 anos, 5 anos, 4 anos e 3 anos ou menos.

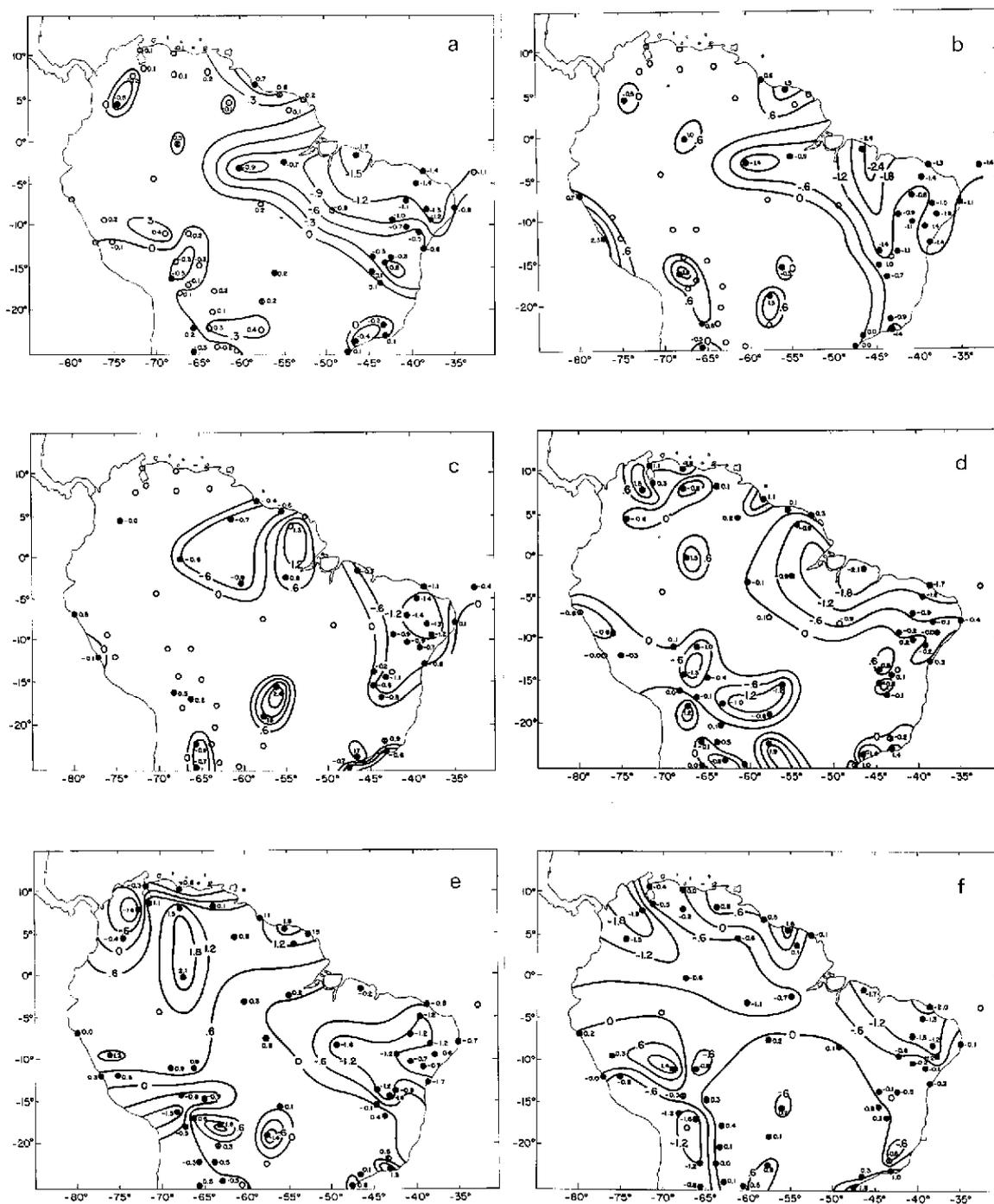


Fig. 3.1 - Mapas dos desvios normalizados da precipitação média (fevereiro a maio): (a) média dos anos secos; (b) 1932; (c) 1942; (d) 1951; (e) 1953; (f) 1958.

- No caso (a), círculos cheios, com um x, com um ponto, e vazios significam, respectivamente, existência de dados para 6 ou 7 anos secos, 5 anos, 3 anos (ou menos). Para os demais casos, significam, existência de 4 meses de dados, 3 meses e 2 meses, respectivamente.

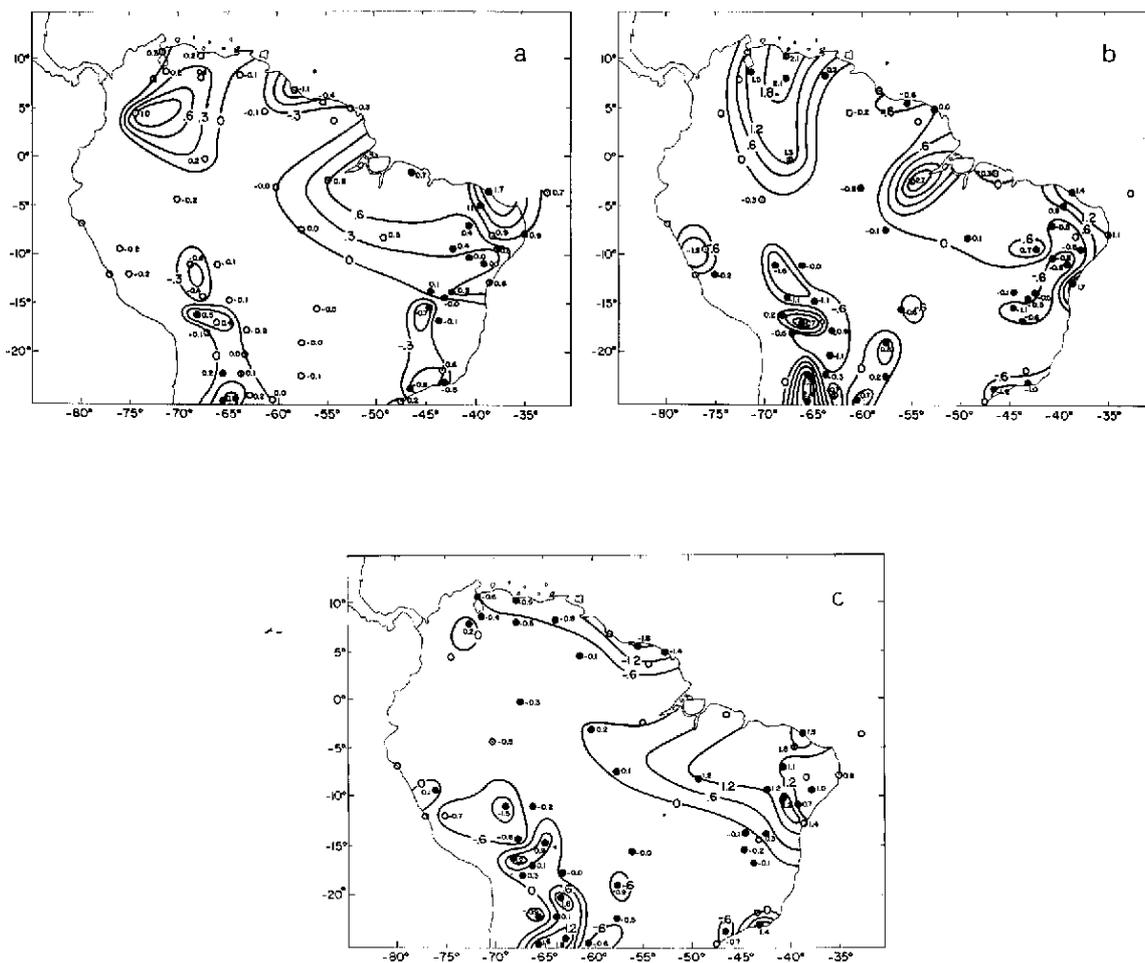


Fig. 3.2 - Mapas dos desvios normalizados da precipitação média (fevereiro a maio): (a) média dos anos chuvosos; (b) 1963; (c) 1964.

- Para o caso (a) os símbolos usados nas estações: círculos cheios, um x, um ponto e círculos em branco significam, respectivamente, a seguinte existência de dados: 5-4 anos, 3 anos, 2 anos e 1 ano. Os símbolos dos casos (b) e (c) são os mesmos que os das Figuras 3.1b a 3.1f.

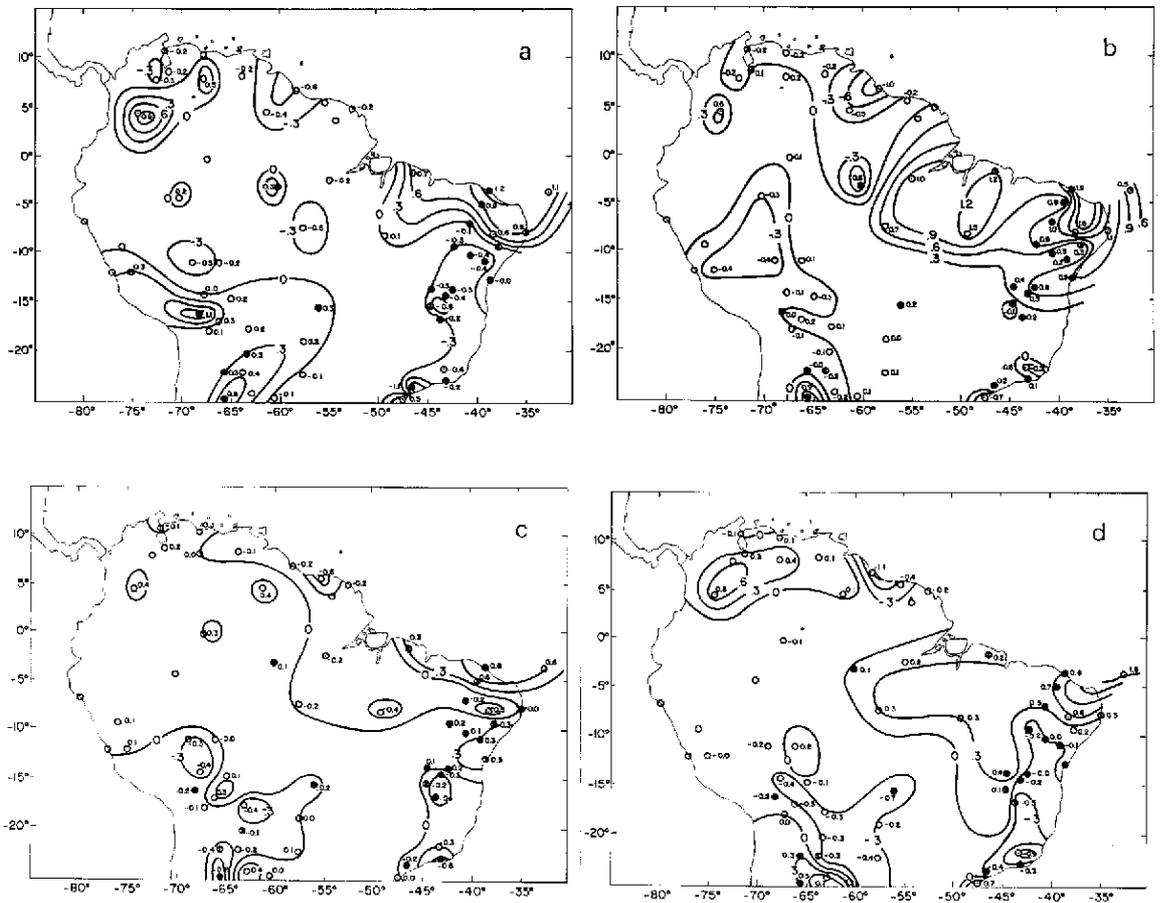


Fig. B.1 - Mapas dos desvios normalizados da precipitação mensal para cada mês da estação chuvosa (fevereiro a maio), média dos anos chuvosos (1912, 1917, 1921, 1963, 1964): (a) fevereiro; (b) março; (c) abril; (d) maio.

- Os símbolos usados nas estações: os círculos cheios, um x, um ponto e círculos em branco representam, respectivamente, as seguintes ocorrências de dados; 5-4 anos, 3 anos, 2 anos e 1 ano.

