

ANÁLISE DA FREQUÊNCIA DE CHUVA NO PANTANAL MATO-GROSSENSE¹

EDUARDO ALFONSO CADAVID GARCÍA² e LUÍS HERNÁN RODRÍGUEZ CASTRO³

RESUMO - Foram analisadas 81 séries de registros diários de chuva da Bacia do Alto Paraguai que compreende o Pantanal, obtidos do DNOS, visando à formação de conglomerados relativamente homogêneos. Dentro de cada conglomerado, e para a mais representativa série, estimaram-se as probabilidades de ocorrência de chuva nos períodos de trinta, quinze e sete dias. Na formação dos grupos foi utilizada a análise dos componentes principais e a análise de conglomerados (Método de Ward), ao passo que a ocorrência esperada de chuva foi dada pela distribuição gama incompleta $f(X) = 1/\beta\alpha\Gamma(\alpha) \cdot x^{\alpha-1} \exp. (-x/\beta)$; $\alpha, \beta > 0$, estimada pelo método dos momentos centrais. O teste de aderência foi de Kolmogorov-Smirnov. Principais resultados: definiram-se cinco conglomerados: o primeiro, de 20 estações, no nordeste da bacia, com chuvas intensas concentradas em novembro/março, e clima úmido mesotérmico; o segundo grupo, de 41 estações, é úmido seco megatérmico (Pantanal); o terceiro é subúmido mesotérmico; os outros grupos são de aparente transição. Os melhores ajustamentos da gama foram registrados nos períodos de 30 dias.

Termos para indexação: probabilidade de chuva, conglomerados.

RAINFALL FREQUENCY ANALYSIS FOR THE "PANTANAL MATO-GROSSENSE", BRAZIL

ABSTRACT - Eighty-one daily rainfall series from the Alto Paraguai hydrographic basin containing the "Pantanal" were analysed. DNOS data were used to obtain natural groups with certain homogeneity and to analyse the probability concerning 7, 15 and 30 day periods of rainfall occurrence. The techniques used were: principal components and cluster analysis, applying the Ward method; the expected rainfall occurrence was given by the gamma distribution $f(X) = 1/(\beta\alpha\Gamma(\alpha)) \cdot x^{\alpha-1} \exp. (-x/\beta)$; $\alpha, \beta > 0$ adjusted by central moments method, followed by the Kolmogorov-Smirnov test for fitting. Main results: five main groups were defined: the first group, with 20 climatic stations located in the north-east of the basin, with intense rainfall concentrated in November/March, and mesothermal humid climate; the second group, with 41 stations (Pantanal) with megathermal humid climate; the third group with mesothermal sub-humid climate. The best fittings for the gamma distribution were observed for the 30-day periods.

Index terms: rainfall probability, clusters.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico do Pantanal deve ser vinculado à utilização racional e eficiente de seus recursos naturais, os quais, por sua vez, encontram-se associados com o regime hidrológico alimentado pelas chuvas da bacia.

A chuva é um dos fatores climáticos mais dominantes na produção agrícola, dada sua fundamental importância biológica e seu alto grau de variabilidade ao longo do ano. Entretanto, a precipitação média, por si só, ou as simples analogias de chuva e temperatura, por exemplo, são insuficientes para estabelecer eficientes zoneamentos do

uso da terra (Mota 1975), uma vez que a probabilidade de repetição das médias em torno de 50% (Medina & Leite 1984) é baixa, o que se traduz em alto risco para o produtor rural que utilize esta informação no planejamento de sua atividade.

Este estudo tem como objetivos: a) identificar conglomerados de estações climáticas, utilizando séries de registros diários de chuva, que apresentem relativa homogeneidade quanto à sua distribuição sazonal; b) dentro de cada conglomerado, e com base na série mais representativa e de maior comprimento, estimar as probabilidades de ocorrência de lâminas pluviais acumuladas nos períodos de 30, 15 e sete dias. Estes objetivos são básicos na pesquisa agroclimática de zoneamento do Pantanal, na qual se interrelacionam três componentes: climático, hidrológico e ecológico. O presente estudo apresenta apenas parte da análise de chuvas do componente climático.

¹ Aceito para publicação em 23 de dezembro de 1985.

² Eng. - Agr., D.Sc., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal (CPAP), Caixa Postal 109, CEP 79300 Corumbá, MS.

³ Estatístico, Ph.D., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado (CPAC), Caixa Postal 70.003, CEP 73300 Planaltina, DF.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização geral da área

O Pantanal é formado por planícies e leques aluviais que fazem parte da Bacia do Alto Paraguai (35% da superfície total). Sua área, de aproximadamente 139 mil km², encontra-se nos Estados de Mato Grosso do Sul (65%) e Mato Grosso (35%), entre os paralelos 16^o e 22^o de latitude Sul e os meridianos de 55^o e 58^o de longitude Oeste, e apresenta inundações variáveis em intensidade e duração, as quais são favorecidas pelo reduzido gradiente de 6 a 12 cm/km no sentido Leste-Oeste e de 1 a 2 cm/km, no sentido Norte-Sul (Adámoli 1981).

Modelos de análise

A estrutura metodológica geral do presente estudo é mostrada na Fig. 1, na qual se interrelacionam cinco esquemas ou partes analíticas. No primeiro esquema, faz-se uma avaliação crítica da informação e preparam-se os dados para as análises da componente sazonal. No segundo, realiza-se a análise de componentes principais, que antecede a formação de conglomerados da terceira parte. Nas duas últimas partes, são realizadas as análises segundo o programa "Univariate" e de probabilidade de chuva, aplicadas às séries mais representativas de cada conglomerado.

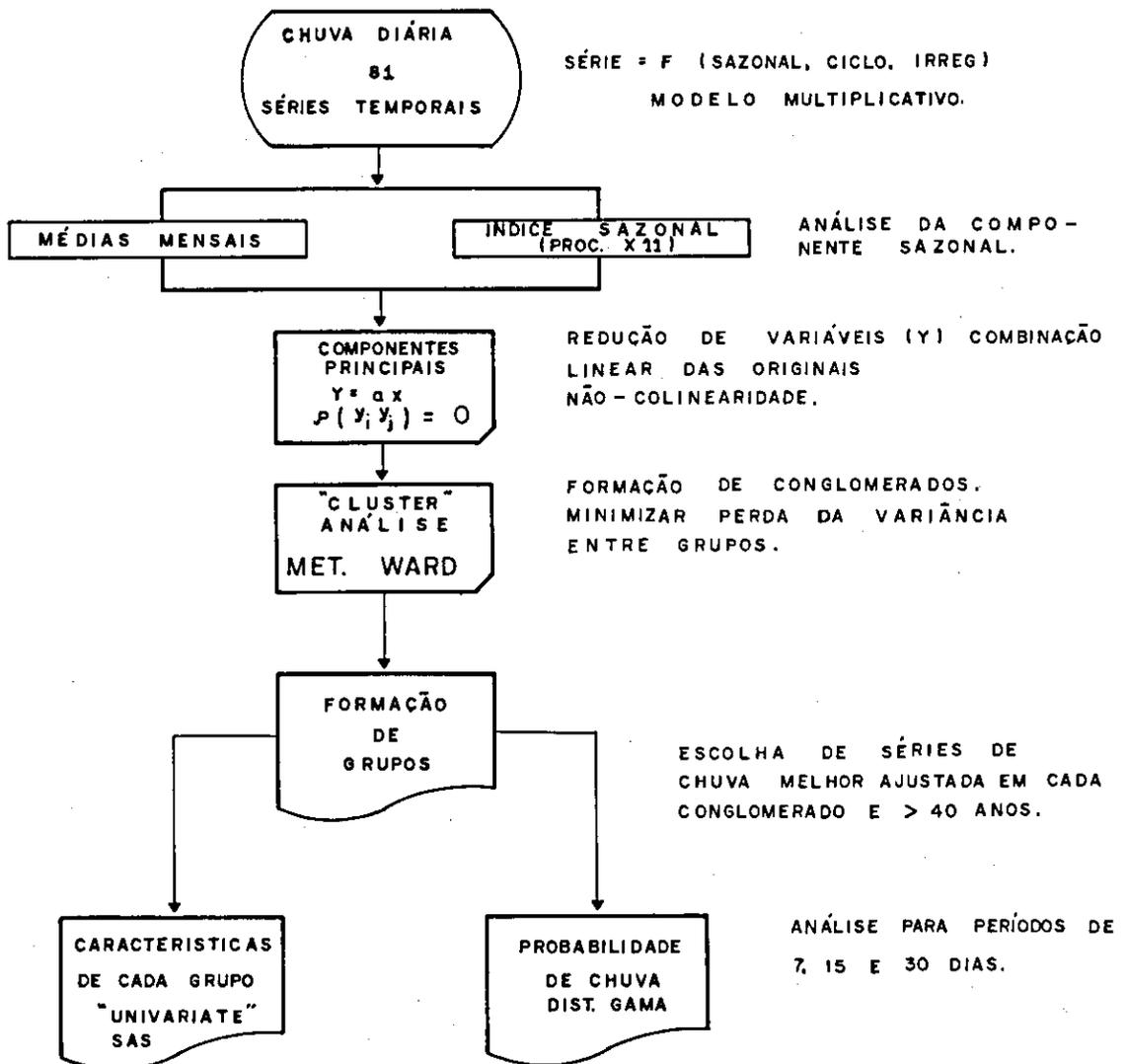


FIG. 1. Esquema geral do inter-relacionamento dos modelos de análise de freqüência de chuva no Pantanal Mato-grossense, 1985.

Análise fatorial em componentes principais

Após a avaliação da consistência da informação, pela qual se obtiveram 81 séries temporais de registros diários de chuva com 12 anos ou mais, aplicou-se análise em componentes principais. O objetivo desta análise é transformar uma matriz de variáveis originais $x_1, x_2, x_3, \dots, x_p$, com matriz de variância-covariância:

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \text{var}(x_1) & \text{cov}(x_1, x_2) & \dots & \text{cov}(x_1, x_p) \\ \text{cov}(x_1, x_2) & \text{var}(x_2) & \dots & \text{cov}(x_2, x_p) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \text{cov}(x_1, x_n) & \text{cov}(x_2, x_n) & \dots & \text{var}(x_p) \end{bmatrix}$$

em outra de variáveis $y_1, y_2, y_3, \dots, y_p$, funções lineares das primeiras, tais que sejam independentes entre si (menor número de variáveis não correlacionadas), para facilitar o estudo das relações existentes entre elas e determinar os fatores responsáveis pelas variações entre os conglomerados.

As variáveis originais são normalizadas, isto é:

$$Z_{k_j} = \frac{(x_{ij} - \bar{x}_j)}{\sigma_{x_j}}; x_{ij} \supset X_{(n \cdot p)}; Z_{k_j} \cong N(0,1); \quad (1)$$

em que x_j é a média da j -ésima variável, e x_{ij} é o valor da j -ésima variável na i -ésima observação.

O conjunto de pontos-observação I, no espaço Euclidiano R, pode ser representado por:

$$Z_{(n \cdot p)} = Z^1, Z^2, Z^3, \dots, Z^p \quad (2)$$

onde

$$Z^j = \begin{bmatrix} Z_{1j} \\ Z_{2j} \\ Z_{3j} \\ \vdots \\ Z_{nj} \end{bmatrix} \quad \text{para } j = 1, 2, 3, \dots, p.$$

Pode-se considerar

$$\begin{aligned} y_1 &= g_{11}Z_1 + g_{12}Z_2 + g_{13}Z_3 + \dots + g_{1p}Z_p \\ y_2 &= g_{21}Z_1 + g_{22}Z_2 + g_{23}Z_3 + \dots + g_{2p}Z_p \\ &\vdots \\ y &= g_{n1}Z_1 + g_{n2}Z_2 + g_{n3}Z_3 + \dots + g_{np}Z_p, \end{aligned}$$

que na notação matricial é $Y = [G][Z]$. O problema está em encontrar os elementos da matriz G, mediante as raízes próprias da matriz Σ , matriz de correlação.

Segundo a notação de Judez (1979/80) e Judez et al. (1984), a "inércia" de pontos I(Σ) com relação à origem poderá ser definida por:

$$H(I,0) = \sum_{i=1}^n m_i d^2(i,0) = \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^n (Z_{ij}^2), \quad (3)$$

em que m_i é a participação relativa (peso) de cada ponto-observação e $d^2(i,0)$ é a distância Euclidiana $\sum_{j=1}^p (Z_{ij} - 0)^2$ do i -ésimo indivíduo em relação ao ponto-origem.

O termo "inércia" refere-se à dispersão da nuvem de pontos em relação ao ponto-origem, podendo ser definida para qualquer eixo. No caso de um eixo unitário, a "inércia" das projeções dos pontos-observações estarão definindo o primeiro dos componentes principais.

Do traço (tr) da matriz de "inércia", que é simétrica e não-negativa, obtém-se a soma das raízes dos valores próprios (λ) que definirão os primeiros componentes da nuvem de pontos I.

Análise de conglomerado ("cluster analysis")

É o primeiro passo para a aplicação de modelos estocásticos de previsão da chuva. Segundo Gadgil & Iyengar (1980), a aplicação da análise de conglomerados é de grande importância para analisar registros pluviométricos de extensas áreas com muitas séries de dados, visando estabelecer grupos naturais relativamente homogêneos.

Existem vários métodos, para a formação de grupos, cuja escolha e aplicação, em cada caso, depende da natureza das variáveis e dos objetivos do estudo. O método de agrupamento, utilizado neste estudo, foi proposto por Ward (Anderberg 1973, Everitt 1977). Está baseado na partição e composição relativa da soma de quadrados do resíduo de uma função objetiva típica do problema. Para o k -ésimo conglomerado, por exemplo, a variância é:

$$\pi_k = \sum_{i=j}^n \sum_{j=1}^{m_k} (y_{ijk} - \bar{y}_{jk})^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_k} \bar{y}_{ijk}^2 - m_k \sum_{i=1}^n \bar{y}_{jk}^2$$

Ao selecionar r e s conglomerados, a partir de determinado nível de agregação t, o incremento da variância é:

$$\Delta ID_{rs} = \pi_t - ID_r - ID_s = m_r \sum_{i=j}^n \bar{y}_{ir}^2 + m_s \sum_{i=1}^n \bar{y}_{it}^2 - m_t \sum_{i=1}^n \bar{y}_{it}^2,$$

ou:

$$\Delta ID_{rs} = \frac{m_r m_s}{m_r + m_s} \sum_{i=1}^n (\bar{y}_{ir} - \bar{y}_{is})^2, \quad (5)$$

indicando que a mudança da variância, dentro de cada grupo ($ID = \sum_{i=1}^h ID_i$), é proporcional ao quadrado da distância Euclidiana entre esses dois pontos (r e s). Na notação matricial, a formação de r grupos é dada por:

$$\pi_r = \text{ID}_r + \text{E}_r \text{ ou } \text{ID}_r/\pi_r + \text{E}_r/\pi_r = 1, \quad (6)$$

da qual se obtém:

$$\text{R}_r^2 = 1 - \text{ID}_r/\pi_r = \text{E}_r/\pi_r, \quad (7)$$

em que π é a variância total fixa para um dado conjunto de informações; ID_r é a variância dentro de r grupos; E_r é a variância entre os r grupos, e R_r^2 é a proporção da variância total explicada pela variância entre os r grupos.

Da partição da variância indicada na expressão 6, poderão obter-se os valores próprios;

$$\text{tr}(\text{E D}^{-1}) = \sum_{i=1}^h \lambda_i, \quad (8)$$

cujas raízes próprias são determinadas pela resolução da equação:

$$\pi - \lambda \text{ID} = 0.$$

Entre os vários métodos de especificação do nível de agregação, tem-se o R^2 semiparcial (R^2S) definido como a diminuição da variância entre grupos quando ocorre a união de dois grupos. Esta medida é expressa como proporção da variância total, pela seguinte relação:

$$\text{R}^2\text{S} = \frac{\text{E}_r + 1 - \text{E}_r}{\pi}, \quad (10)$$

A escolha do número ótimo de grupos foi feita com base no dendrograma e das estimativas das correlações implícitas no "PROC CLUSTER", método de Ward (SAS Institute 1982). Para cada grupo, composto por estações pluviométricas com similaridades quanto aos índices sazonais de chuva, calcularam-se, através do "PROC MEANS" (SAS Institute 1982), as chuvas médias mensais e seus respectivos intervalos, de 95% de confiança. Em seguida, foram comparadas as estimativas de chuvas, utilizando-se o teste de Duncan para o nível de significância de 5%.

Análise de ocorrência de chuva

Dentro dos grupos de estações meteorológicas especificados pela análise de conglomerados, foram selecionadas as séries de registros diários de chuva mais representativas, e com 40 anos ou mais para análise mais detalhada, sendo considerado, no presente estudo, apenas um grupo.

Em geral, tem-se verificado que, se as séries de observações pluviométricas forem agregadas por anos e tiverem 40 anos ou mais, por exemplo, a repetição das frequências de chuva se adapta bem à Lei de Gauss, desde que os elementos da série sejam considerados sem ordem de sucessão. Estimativas neste sentido permitiram definir períodos de recorrência em três pontos do Pantanal. Maiores detalhes são apresentados por Cadavid García (1984).

Parte da estatística descritiva com alguns aspectos da distribuição observada da variável chuva foi obtida do programa "Univariate", do SAS (SAS Institute 1982); nela poderão ser observadas as especificações metodológicas da análise estatística aplicada no presente trabalho.

A análise probabilística da chuva poderá ser feita de várias formas e com diferentes modelos, de acordo com o problema, os objetivos do estudo e a natureza dos dados. Para o caso de dados anuais, poderão utilizar-se médias, uma vez que a distribuição observada dos registros de chuva anual aproxima-se da distribuição normal. Entretanto, quando se especificam curtos períodos, a distribuição de frequência observada geralmente é assimétrica e truncada. Nestes casos, os dados deverão ser analisados com ajustamentos de outras funções.

Thom (1958), entre outros, tem utilizado a distribuição gama para análise de chuva. Arruda & Pinto (1980) consideraram a distribuição gama como uma das mais apropriadas para interpretar dados de precipitação para diferentes períodos.

Um variável aleatória X tem distribuição gama se sua função de densidade de probabilidade (f.d.p.) tem a forma:

$$f(X) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} \exp. (-x/\beta); \alpha > 0, \beta > 0, x > 0, \quad (11)$$

em que α e β correspondem aos parâmetros da forma e escala da f.d.p.; $\Gamma(\alpha)$ é a função gama; nesta especificação, considera-se o parâmetro de escala igual a zero. Os valores assumidos pelos parâmetros definem casos especiais da f.d.p.

Para um conjunto de dados, as estimativas dos momentos poderão ser obtidos por:

$$\bar{\alpha} = \bar{x}^2/s^2 \text{ e } \hat{\beta} = s^2/\bar{x}, \quad (12)$$

em que \bar{x} e s^2 são média e variância amostrais, respectivamente.

Maiores detalhes da f.d.p. gama poderão ser encontrados em Johnson & Kotz (1970), entre outros.

Para testar a aderência da distribuição de chuva à função gama utiliza-se o teste de Kolmogorov-Smirnov. A hipótese básica especifica que uma amostra $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ é retirada de certa população com distribuição $F_0(X)$, estabelecendo-se o confronto com outra distribuição conhecida $F_n(X)$, para verificar se é razoável estudar os dados através desta, admitida como a verdadeira f.d.p. O teste é dado pela expressão:

$$D_n = \text{MAX}_x |F_n(X) - F_0(X)|, \quad (13)$$

em que D_n é a estatística de Kolmogorov-Smirnov; $F_n(X)$ e $F_0(X)$ são as proporções dos valores esperados e observados, e n é o número de observações.

Maiores detalhes do teste poderão ser encontrados em Campos (1976) e Bowker & Lieberman (1972), entre ou-

tros. As estimativas do teste foram realizadas pelo programa da International Mathematical and Statistical Libraries (1980).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Pantanal é possível observar variações climáticas orientadas em mais de um sentido, em decorrência de complexas interações de fenômenos que atuam na planície, entre os quais destacam-se as baixas pressões, as altas intensidades de radiações solares e as incidências variáveis de massas de ar (tropicais do Atlântico, equatoriais continentais), responsáveis pelas chuvas, e as massas polares da Antártica, responsáveis pelas baixas temperaturas de junho/agosto. Estes fenômenos são perturbados por acidentes topográficos e hidrológicos dos vários sistemas que convergem na região. Uma idéia geral da variabilidade climática poderá observar-se na distribuição de frequência dos registros diários de chuva de três sub-regiões que, presumivelmente, caracterizam o Norte, Centro e Sul do Pantanal. Da série de 69 anos de Cáceres (MT), ao Norte da região, estimou-se que 82,4% da intensidade média da chuva 1.226 ± 46 mm ($p < 0,10$) concentravam-se no período de outubro a março. Das séries de Guaicurus (MS), de 1921/81 e Porto Murtinho (MS), de 1939/81, com precipitações médias anuais de 1.345 ± 57 mm ($p < 0,10$) e 1.102

± 89 mm ($p < 0,10$) estimaram-se, para o mesmo período, nas sub-regiões do Centro e Sul, índices de concentração de 75,9% e 67,8%, respectivamente (Cadavid García 1984). Na importância relativa de cada mês também registraram-se diferenças. Para o caso de janeiro, por exemplo, estimou-se, em Cáceres, chuva média de 230 ± 18 mm, correspondente a 18% da chuva anual, enquanto em Guaicurus e Porto Murtinho os valores de chuva mensal foram de 214 ± 23 mm e 122 ± 37 mm, correspondentes a 16% e 11%, respectivamente, da chuva média anual. Para as mesmas três sub-regiões estimaram-se os períodos de recorrência. Em termos gerais, cada série de chuva terá um período de recorrência, que será período de recorrência da enchente. Esta parte de analogias hidro-climáticas não será analisada neste estudo.

As estimativas de probabilidade obtidas da expressão gráfica da distribuição anual de chuva em papel de Gauss foram consideradas satisfatórias, pois permitiram estimar o tempo médio em que determinados níveis de precipitação anual poderão ocorrer. Este tempo de recorrência, associado com determinados níveis de probabilidade, para cada sub-região, é apresentado na Tabela 1. Neste sentido, conclui-se que a cada cinco anos, 80% das vezes esperam-se chuvas anuais máximas de 1.462 mm (Cáceres), ou 1.542 mm e 1.253 mm em Guaicurus e Porto Murtinho, respectivamente.

TABELA 1. Estimativas das probabilidades esperadas de alturas pluviométricas anuais associadas com diferentes períodos de retornos nas estações meteorológicas de Cáceres (Lat. $16^{\circ}04'S$; Long. $57^{\circ}41'W$), Guaicurus (Lat. $20^{\circ}05'S$; Long. $56^{\circ}42'W$) e Porto Murtinho (Lat. $21^{\circ}42'S$; Long. $57^{\circ}52'W$). Pantanal Mato-grossense. 1985.

Período de retorno	Probabilidade (%)		Lâmina de chuva anual esperada (mm)					
			Cáceres		Guaicurus		Porto Murtinho	
			Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
5	80,0	20,0	1.462	1.062	1.542	1.133	1.253	972
10	90,0	10,0	1.562	956	1.650	1.025	1.330	929
15	93,3	6,7	1.618	905	1.697	975	1.369	873
20	95,0	5,0	1.650	861	1.737	939	1.387	846
25	96,0	4,0	1.675	840	1.765	915	1.405	830
50	98,0	2,0	1.733	775	1.833	845	1.497	776

Fonte: Cadavid García (1984), modificada.

Principais resultados da análise de componentes principais e da análise de conglomerados

Na Tabela 2 apresentam-se os vetores próprios modificados (multiplicados por $\sqrt{\lambda}$) da matriz de "inércia" (matriz de correlação) a partir das quais foram estimados os componentes principais e os valores próprios correspondentes (λ). O vetor do primeiro fator (a_1^+) exprime a seqüência natural de período de chuva e seca, registrando-se o subconjunto: $S_1 F_1 =$ (jan., fev., mar., abr., out., nov., dez.), que representa o período de chuva, e o subconjunto: $S_2 F_1 =$ (maio, jun., jul., ago., set.), que representa o período de chuvas menos intensas.

Portanto, este primeiro vetor determina a primeira componente como sendo uma comparação entre $S_1 F_1$ e $S_2 F_1$. Ainda dentro deste fator, é possível observar pesos relativos variáveis para cada mês, verificando-se (Tabela 2) que o primeiro valor próprio, $\lambda_1 = 5,2$, contribui com 43,5% da variação total. O vetor próprio do segundo fator (a_2^+), cujo valor próprio contribui com 26,2% da variação total, coloca em destaque, dados os valores, três meses, os quais, possivelmente, relevam duas características da distribuição mensal pluviométrica: o início da época de chuvas mais intensas (set/out), e início de época de chuvas de menor intensidade (maio). Os dois fatores conjuntamente explicam em torno de 70% da variação total. O vetor próprio do terceiro fator coloca em evidência dois subconjuntos que parecem identificar fases de transição entre os períodos de chuva e seca, e vice-versa. Junto com os dois primeiros fatores, observa-se aproximadamente 77% da variação total é explicada.

Em termos gerais, cada fator identifica determinada característica da distribuição de chuva; e para cada mês, dentro dessa característica, atribui certa importância relativa variável (Tabela 2).

A cada nível de partição da variância, associada com determinado número de conglomerados, verificam-se diminuições proporcionais da variância entre grupos, no valor que aparece na terceira coluna da Tabela 3. Por sua vez, as mudanças no valor da variância ocorrem em sentido oposto às experimentadas dentro do grupo. A escolha do número de conglomerados é realizada no nível em que essa perda seja mínima e estável, conforme especificações metodológicas.

TABELA 2. Vetores próprios da matriz de "inércia" dos quais se obtêm os componentes principais para a formação de grupos de estações meteorológicas do Pantanal Mato-grossense, 1985.

Mês	Vetores próprios modificados ($a_h^+ \cdot \sqrt{\lambda_h} = a_h^+$)										Valor próprio				
	a_1^+	a_2^+	a_3^+	a_4^+	a_5^+	a_6^+	a_7^+	a_8^+	a_9^+	a_{10}^+	a_{11}^+	a_{12}^+	λ	Percentagem	
													Simp.	Acum.	
Janeiro	0,84	0,24	-0,15	0,19	0,07	-0,14	-0,22	0,08	0,00	-0,28	0,12	0,03	5,2	43,5	
Fevereiro	0,89	0,22	-0,08	-0,01	-0,09	-0,04	-0,13	0,04	0,20	0,26	0,14	-0,06	3,1	26,2	69,7
Março	0,90	0,24	-0,06	-0,11	0,12	-0,12	0,14	0,10	0,02	0,08	-0,10	0,23	0,9	7,2	76,9
Abril	0,62	0,42	-0,40	-0,42	0,04	0,21	0,00	0,14	-0,09	-0,05	-0,08	-0,10	0,7	5,4	82,3
Maió	-0,46	0,73	-0,22	0,05	-0,15	0,22	-0,24	-0,24	-0,04	0,05	-0,01	0,12	0,5	4,2	86,5
Junho	-0,78	0,41	0,00	-0,06	0,24	-0,16	-0,12	0,19	-0,24	0,13	0,10	0,00	0,4	3,3	89,8
Julho	-0,72	0,56	-0,04	0,07	0,12	-0,17	-0,16	0,11	-0,04	-0,02	-0,20	-0,05	0,3	2,7	92,5
Agosto	-0,69	0,54	-0,02	-0,15	0,22	0,20	0,21	0,04	0,19	-0,09	0,16	0,04	0,3	2,3	94,8
Setembro	-0,23	0,76	-0,10	0,25	-0,45	-0,15	0,24	0,11	-0,04	-0,01	0,03	-0,01	0,2	1,6	96,4
Outubro	0,37	0,71	0,28	-0,32	0,07	-0,27	0,06	-0,29	-0,03	-0,04	0,01	-0,06	0,2	1,5	97,9
Novembro	0,39	0,47	0,73	0,02	-0,09	0,24	-0,10	0,16	-0,02	-0,02	-0,03	0,01	0,1	1,1	99,0
Dezembro	0,61	0,45	-0,08	0,48	0,34	0,15	0,14	-0,09	-0,07	0,06	0,05	-0,08	0,1	0,8	99,8

TABELA 3. Mudanças na composição da variância na formação de oito conglomerados de estações meteorológicas do Pantanal Mato-grossense. 1985.

Número de conglomerados	R^2	$R^2 S_r$	Frequência de novos conglomerados
1	0	0,0595	81
2	0,0599	0,0521	12
3	0,1117	0,0506	69
4	0,1623	0,0475	61
5	0,2098	0,0436	41
6	0,2534	0,0424	34
7	0,2958	0,0399	20
8	0,3357	0,0362	29

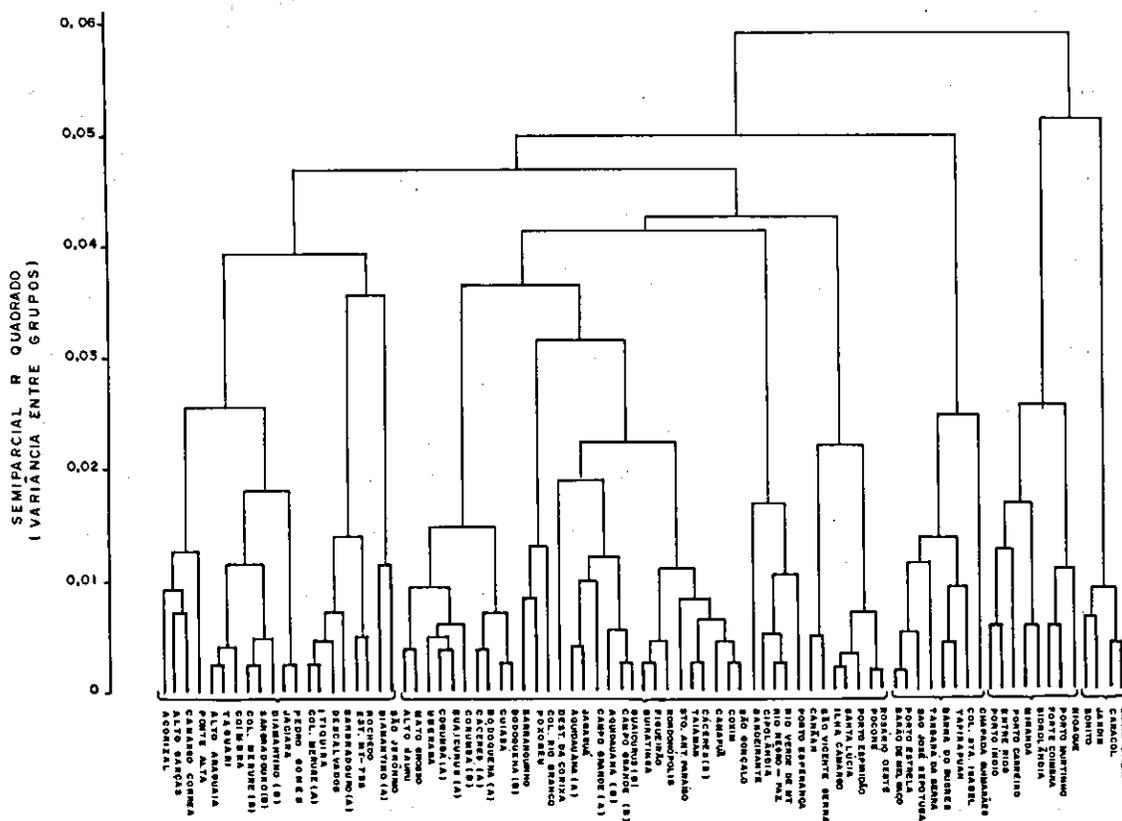


FIG. 2. Dendrograma mostrando vários grupos de estações meteorológicas do Pantanal Mato-grossense em função da partição da variância entre grupo, 1985.

No dendrograma das observações (Fig. 2) observam-se possíveis grupos de estações meteorológicas que poderiam ser consideradas em função dos níveis de $R^2 S_r$. Para $R^2 S_r = 0,0436$, verifica-se a formação de cinco conglomerados, os quais são estu-

dados através de uma série.

Algumas das características da distribuição de chuva são apresentadas na Tabela 4. No primeiro conglomerado foram consideradas 20 estações meteorológicas; para o mês de janeiro, por exemplo,

foi estimada a chuva média de 266 mm com desvio-padrão de 10 mm, e um intervalo de confiança de 21 mm para o nível de significância de 5%.

Comparando-se as estimativas de chuva média de janeiro, entre os diferentes conglomerados, conclui-se, com base no teste de Duncan, que as chu-

TABELA 4. Precipitação média mensal e teste de Duncan aplicado entre conglomerados. Pantanal Mato-grossense, 1985.

Mês	Coeficiente de variação (%)	Conglomerados				
		I	II	III	IV	V
Janeiro	16,9	265,8(10,1) ±21,2 B	235,3(6,1) ±12,4 B	313,7(17,3) ±40,9 A	178,8(12,9) ±30,6 C	179,4(6,6) ±18,4 C
Fevereiro	21,2	241,0(10,2) ±21,4 AB	208,6(7,9) ±16,0 B	263,5(11,2) ±26,5 A	134,3(6,8) ±16,0 C	143,6(9,3) ±25,7 C
Março	24,8	207,6(11,9) ±25,0 A	167,1(6,4) ±13,0 A	197,6(15,7) ±37,1 A	117,7(7,4) ±17,5 B	123,9(11,0) ±30,6 B
Abril	28,0	118,8(8,1) ±16,9 B	96,3(4,3) ± 8,6 B	153,0(13,4) ±31,8 A	90,7(6,7) ±15,9 B	98,9(8,2) ±22,9 B
Mai	27,5	51,6(3,4) ± 7,1 C	62,8(3,0) ± 6,1 BC	57,1(5,0) ±11,8 BC	69,5(4,5) ±10,7 B	101,8(3,3) ± 9,2 A
Junho	65,7	8,3(2,0) ± 4,1 C	21,3(2,3) ± 4,7 B	7,5(1,4) ± 3,4 C	41,0(6,1) ±14,3 A	43,0(3,4) ± 9,5 A
Julho	73,0	4,8(1,2) ± 2,5 C	13,6(1,6) ± 3,2 B	4,7(1,4) ± 3,4 C	11,5(2,5) ± 5,9 CB	35,9(3,0) ± 8,2 A
Agosto	58,8	5,7(1,1) ± 2,3 C	10,8(1,2) ± 2,4 C	7,8(1,8) ± 4,2 C	23,0(3,6) ± 8,8 B	52,1(3,5) ± 9,8 A
Setembro	32,0	65,8(4,3) ± 9,0 B	58,9(3,1) ± 6,3 B	55,6(7,0) ±16,5 B	60,7(7,8) ±18,5 B	91,0(7,4) ±20,5 A
Outubro	22,9	150,0(7,4) ±15,6 A	118,7(4,0) ± 8,2 B	119,0(15,9) ±37,5 B	119,5(5,9) ±14,0 B	150,1(11,1) ±30,8 A
Novembro	24,6	233,4(13,0) ±27,2 A	181,1(7,1) ±14,3 B	200,8(15,7) ±37,0 AB	164,8(15,6) ±37,0 B	202,9(9,7) ±26,9 AB
Dezembro	20,4	254,2(13,0) ±27,1 A	22,5(6,8) ±13,7 A	243,9(16,0) ±37,9 A	186,8(13,5) ±31,9 B	217,8(12,1) ±33,7 AB

Número entre parênteses é estimativa do desvio-padrão. Número abaixo é estimativa do intervalo de confiança ao nível de significância de 5%. As letras A, B e C correspondem ao teste de Duncan; sempre que houver uma mesma letra identificando duas ou mais médias, elas não diferem significativamente. O teste de Duncan pode aplicar-se horizontal (chuva média para um mesmo mês entre grupos) ou verticalmente (detectar diferenças da chuva média em cada conglomerado).

vas médias do I e II grupo não foram estatisticamente significativas ao nível de 5%; entre os grupos IV e V também não foi registrada diferença; neste sentido, poderão considerar-se três "blocos" quanto à chuva média de janeiro, formados pelos conglomerados: (I e II), (III) e (IV e V).

Grande parte da Bacia do Alto Paraguai, na qual se concentram 81 estações meteorológicas analisadas no presente estudo, é mostrada na Fig. 3, contendo os cinco conglomerados determinados pela análise de componentes principais e a análise de conglomerados.

O conglomerado I, formado por 20 estações, corre mais ou menos paralelo ao bordo nordeste peripantaneiro, identificando parcialmente a região úmido-mesotérmica. Algumas estações não alinhadas na classificação climática (Descalvados, São Jerônimo e Rochedo) apresentam pontos comuns, quanto à distribuição da chuva, com os observados na média do conglomerado.

Subjacente ao primeiro conglomerado, e numa área de transição, encontram-se 8 estações formando o conglomerado III da classe subúmido-mesotérmica, com dois subconglomerados de chapadas, ao Norte. Neste conglomerado são frequentes as falhas na continuidade geográfica, causadas, provavelmente, pela falta de registros de chuva que permitissem definir os contornos da área, ou a fenômenos meteorológicos (ventos, temperatura etc.) que provocam a intrusão de outros tipos de clima.

A região propriamente pantaneira, formada por 41 estações meteorológicas, corresponde ao conglomerado II de clima subúmido megatérmico. Neste grupo, observam-se algumas estações do conglomerado IV (Porto Índio e Entre-Rios) mas com características muito próximas às registradas no conglomerado II.

Ao sul do Pantanal foram registradas quatro estações meteorológicas com características semelhantes, formando o conglomerado V. Neste grupo, os acidentes orográficos e as massas polares da Antártica talvez tenham significativos efeitos na distribuição sazonal da chuva (Tabela 5); ali, o período de estiagem é bastante reduzido, se comparado com os registros de chuva mensal da região.

O conglomerado IV, formado por 8 estações, também coloca em relevo a redução da estiagem

para o período de maio a julho, mas de maneira ligeiramente amortecida. Neste sentido, e à semelhança do conglomerado III, parece que este grupo identifica uma área climática de transição de fenômenos variáveis.

A Tabela 5 apresenta, de maneira sucinta, informações da distribuição mensal de chuva nos cinco conglomerados. Para todas as estações meteorológicas estimou-se a chuva média de janeiro, por exemplo, em 242 mm, com desvio-padrão de 53 mm (observe-se a diferença na estimativa dos coeficientes de variação de 22%, para 3,8% (grupo I) ou 2,6% (grupo II). No grupo I, 70% das estações apresentaram chuva média, em janeiro, acima da média regional. Para os meses de maio, junho, julho e agosto, os registros de chuva foram inferiores aos verificados, em média, na região. Nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro, registraram-se valores de chuva média acima dos verificados na região. Este primeiro conglomerado, de altas intensidades de chuva, coloca em destaque o período de chuva.

No conglomerado II, que compreende a região pantaneira, colocam-se em evidência os meses de chuvas menos intensas, com registros médios superiores aos verificados na região com a terceira (maio e junho) e a segunda (julho) médias maiores.

Quando a análise se orienta transversalmente entre os conglomerados, observa-se para o caso do mês de janeiro, por exemplo (Tabela 5), que a maior intensidade de chuva ocorre em 100% das estações do grupo III, seguidas por 70% das estações do grupo I.

Principais resultados da análise de probabilidade de chuva nos conglomerados

Esta parte do estudo foi baseada em dois modelos aplicados às séries de registros de chuva pertencente ao conglomerado II. As informações foram agregadas a três níveis, correspondentes aos períodos de 30, 15 e sete dias.

O primeiro modelo de análise é descritivo, com alguns aspectos da distribuição empírica da variável, realizado pelo "Univariate" do SAS (SAS Institute 1982). Desta caracterização geral somente apresentam-se, em tabelas, estimativas da média aritmética, desvio-padrão, medida de enviesamento e curtose da distribuição discreta observada, e tabelas de frequência acumulada.

TABELA 5. Chuvas médias mensais dos grupos de estações meteorológicas do Pantanal Mato-grossense 1985.

Grupo	Mês											
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
I (20)	255,8 70%	245,0 75%	207,6 80%	118,8 65%	51,6	8,3	4,8	5,7	65,8 55%	150,0 75%	233,2 70%	254,2 55%
II (41)	235,3	208,6	167,1	96,3	62,8	21,3	13,6	10,8	58,9	118,7	181,1	225,5
III (8)	313,2 100%	263,3 100%	197,6 50%	153,0 87%	57,1	7,6	4,7	7,8	55,3	119,8	200,8 50%	243,9 50%
IV (8)	178,8	134,4	117,7	90,7	69,5 62%	41,0 87%	11,5 62%	23,0 75%	60,7	119,5	164,8	186,8
V (4)	179,4	143,6	123,9	98,9	101,8 100%	43,0 100%	35,9 100%	32,1 100%	91,0 100%	150,1 75%	203,9 75%	217,8
Média	242,2	211,5	173,1	107,0	62,1	19,8	11,4	12,5	62,1	128,2	195,4	228,7
desvio-padrão (81)	53,3	56,5	50,2	34,3	19,7	16,7	10,6	12,3	20,6	31,8	52,2	49,2

Número entre parênteses = número de estações meteorológicas dentro do conglomerado.

 = Primeira média maior

 = Segunda média maior

 = Terceira média maior

TABELA 6. Análise descritiva da distribuição de chuva no período de 30 dias de Corumbá (MS) (Lat. 19°00'S; Long. 57°39'W), pertencente ao grupo de estações meteorológicas do segundo conglomerado, Pantanal Mato-grossense, 1925/82.

Mês	Chuva desvio-padrão	Assimet. curtose	Amplit. interv.	Tabela de frequência acumulada											
				Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Janeiro	176,4	1,0018	25 mm	< 75(12)	< 125(28)	< 175(58)	< 225(78)	< 275(90)	< 325(94)	< 375(98)	< 425(98)	< 475(100)			
Fevereiro	145,5	0,8250	22 mm	< 36(4)	< 80(28)	< 124(50)	< 168(64)	< 212(78)	< 256(84)	< 300(94)	< 344(98)	< 386(100)			
Março	117,2	0,6160	18 mm	< 20(2)	< 56(14)	< 92(38)	< 128(62)	< 164(82)	< 200(94)	< 236(98)	< 272(98)	< 302(100)			
Abril	72,7	0,7071	12 mm	< 15(2)	< 39(26)	< 63(48)	< 87(70)	< 111(78)	< 135(86)	< 159(96)	< 183(98)	< 195(100)			
Mai	53,3	1,3336	12 mm	= 0(10)	< 22(34)	< 46(58)	< 70(66)	< 94(82)	< 118(90)	< 142(94)	< 166(98)	< 186(100)			
Junho	36,4	1,9221	12 mm	= 0(4)	< 20(42)	< 44(68)	< 68(86)	< 92(92)	< 116(94)	< 140(94)	< 164(94)	< 186(98)			

TABELA 6. Continuação.

	39,2	3,9807	< 8(24)	< 32(58)	< 56(82)	< 80(92)	< 104(92)	< 128(94)	< 152(96)	< 176(100)
Julho	25,6	1,7155	= 0(18)	< 16(58)	< 36(76)	< 56(78)	< 76(90)	< 96(96)	< 116(98)	< 136(98)
	33,0	3,0255	< 6(34)	< 26(70)	< 46(78)	< 66(84)	< 86(96)	< 106(98)	< 126(98)	< 150(100)
Agosto	21,9	1,8779	= 0(18)	< 12(58)	< 28(70)	< 44(84)	< 60(90)	< 76(92)	< 92(96)	< 108(96)
	29,4	3,6346	< 4(40)	< 20(60)	< 36(74)	< 52(86)	< 68(90)	< 84(96)	< 100(96)	< 116(98)
Setembro	51,0	1,4443	= 0(4)	< 28(40)	< 56(62)	< 84(84)	< 112(90)	< 140(96)	< 168(98)	< 196(98)
	45,2	2,5517	< 14(20)	< 42(54)	< 70(72)	< 98(84)	< 126(94)	< 154(96)	< 182(98)	< 210(98)
Outubro	86,9	0,7930	< 20(2)	< 52(28)	< 84(50)	< 116(72)	< 148(90)	< 180(96)	< 212(98)	< 244(100)
	50,1	0,6055	< 36(14)	< 68(38)	< 100(70)	< 132(84)	< 164(94)	< 196(96)	< 228(98)	-
Novembro	118,8	0,5599	< 20(2)	< 56(18)	< 92(34)	< 128(62)	< 164(76)	< 200(88)	< 236(94)	< 272(100)
	62,1	-0,4069	< 38(6)	< 74(30)	< 110(58)	< 146(66)	< 182(84)	< 218(90)	< 254(98)	< -
Dezembro	152,6	0,6832	< 50(2)	< 94(24)	< 138(48)	< 182(68)	< 226(88)	< 270(94)	< 314(98)	-
	67,5	0,0015	< 72(8)	< 116(38)	< 160(52)	< 204(82)	< 248(90)	< 292(96)	< 336(100)	-

Número entre parênteses é frequência acumulada (%).

O enviesamento é o grau de assimetria da distribuição de frequência observada, geralmente com maior adensamento dos dados à direita (assimetria positiva) ou à esquerda (assimetria negativa) do valor central. Tendo-se duas ou mais distribuições, a assimetria menor será da que tiver o menor índice considerado em valor absoluto; para o caso específico e de pouca frequência de uma distribuição simétrica, o coeficiente de assimetria é zero.

O grau de achatamento da curva de frequência de registros de chuva, considerado geralmente em relação à distribuição normal, é dado pelo momento de curtose, centrado na média, cujo valor e sinal determinam a intensidade e forma da curva, podendo ser leptocúrtica, platicúrtica ou mesocúrtica (normal), segundo o coeficiente seja positivo, negativo ou zero, respectivamente.

A Tabela 6 mostra parte da análise descrita da distribuição de chuva da estação meteorológica de Corumbá (MS), pertencente ao segundo conglomerado, que identifica componentes do clima do Pantanal; corresponde a uma série de 57 anos, cuja distribuição é influenciada por diversas massas de ar e por acidentes orográficos que convergem na planície. Para esta série, foi observada uma chuva de 176 mm, em janeiro, com desvio-padrão de 86 mm. Pelas estimativas dos coeficientes de assimetria e curtose, conclui-se que a distribuição de chuva nesse mês é ligeiramente enviesada à direita e leptocúrtica. Na tabela de frequência acumulada, observa-se que 12% da chuva mensal de janeiro atingiu como máximo a lâmina de 75 mm. Para 58% das vezes, verificaram-se chuvas da intensidade máxima de 175 mm, enquanto em 96% a chuva atingiu o nível de 350 mm. Outros valores de chuva e seus respectivos níveis de ocorrência (número entre parênteses, %) para janeiro e os outros meses do ano, poderão ser observados na Tabela 6.

As Tabelas 7 e 8 apresentam as análises descritivas da distribuição de chuva de Corumbá (MS), especificadas para os períodos de 15 e sete dias. No caso da primeira quinzena de janeiro, por exemplo, observa-se que 96% das vezes a chuva acumulada atingiu o valor máximo de 250 mm; na segunda quinzena do mesmo mês, este valor foi de 274 mm. Nos primeiros sete dias do mês de janeiro, por exemplo, registrou-se, em 96% das vezes, chuva máxima de 175 mm; no segundo período de sete dias, a chuva acumulada foi de 238 mm.

TABELA 7. Análise descritiva da distribuição de chuva no período de 15 dias de Corumbá (MS) (Lat. 19°00'S; Long. 57°39'W), pertencente ao grupo de estações meteorológicas do segundo conglomerado. Pantanal Mato-grossense.

Quinzena	Chuva desvio-padrão	Assimet. curtose	Amplit. interv.	Tabela de frequência acumulada						
Janeiro 1	90,0	1,5686	24	<10(2,0)	<58(32,0)	<106(68,0)	<154(92,0)	<202(96,0)	<250(96,0)	<298(98,0)
	61,8	3,6791		<34(16,0)	<82(48,0)	<130(82,0)	<178(92,0)	<226(92,0)	<274(96,0)	<322(100,0)
Janeiro 2	82,1	0,5688	14	<10(2,0)	<38(14,0)	< 66(40,0)	< 94(62,0)	<122(84,0)	<150(90,0)	<178(96,0)
	42,7	0,0038		<24(8,0)	<52(30,0)	< 80(52,0)	<108(78,0)	<136(88,0)	<164(94,0)	<192(100,0)
Fevereiro 1	79,0	1,0413	19	< 5(2,0)	<43(20,0)	< 81(62,0)	<119(80,0)	<157(90,0)	<195(98,0)	<233(98,0)
	51,0	1,2374		<24(12,0)	<62(46,0)	<100(72,0)	<138(86,0)	<176(96,0)	<214(98,0)	<252(100,0)
Fevereiro 2	70,3	1,3350	20	< 5(6,0)	<45(38,0)	< 85(72,0)	<125(84,0)	<165(86,0)	<205(96,0)	<245(98,0)
	62,1	1,2626		<25(26,0)	<65(62,0)	<105(78,0)	<145(86,0)	<185(94,0)	<225(98,0)	<265(100,0)
Março 1	63,9	0,3357	13	= 0(2,0)	<26(24,0)	< 52(42,0)	< 78(58,0)	<104(84,0)	<130(94,0)	<156(96,0)
	44,0	-0,3097		<13(20,0)	<39(32,0)	< 65(48,0)	< 91(76,0)	<117(90,0)	<143(96,0)	<173(100,0)
Março 2	89,0	1,3587	21	<15(2,0)	<57(30,0)	< 96(68,0)	<141(88,0)	<183(92,0)	<225(98,0)	<267(98,0)
	52,4	2,9155		<36(16,0)	<78(44,0)	<120(80,0)	<162(90,0)	<204(98,0)	<246(98,0)	<288(100,0)
Abril 1	70,7	0,3752	11	< 5(2,0)	<27(16,0)	< 49(40,0)	< 71(56,0)	< 93(68,0)	<115(80,0)	<137(88,0)
	41,3	-0,9798		<16(6,0)	<38(24,0)	< 60(48,0)	< 82(66,0)	<104(72,0)	<126(88,0)	<148(100,0)
Abril 2	37,2	1,3529	11	= 0(4,0)	<22(46,0)	< 44(64,0)	< 66(78,0)	< 88(94,0)	<110(94,0)	<132(98,0)
	33,9	1,6058		<11(24,0)	<33(60,0)	< 55(76,0)	< 77(92,0)	< 99(94,0)	<121(94,0)	<143(100,0)
Maio 1	14,	2,6706	9	= 0(30,0)	<18(74,0)	< 36(86,0)	< 54(94,0)	< 72(94,0)	< 90(98,0)	<108(98,0)
	24,2	8,0121		< 9(58,0)	<27(84,0)	< 45(94,0)	< 63(94,0)	< 81(96,0)	< 99(98,0)	<121(100,0)
Maio 2	19,8	2,1047	10	= 0(22,0)	<20(60,0)	< 40(86,0)	< 60(92,0)	< 80(94,0)	<100(96,0)	<120(98,0)
	28,2	4,6492		<10(52,0)	<30(78,0)	< 50(90,0)	< 70(94,0)	< 90(94,0)	<110(98,0)	<130(100,0)
Junho 1	25,9	2,3377	13	= 0(14,0)	<26(66,0)	< 52(86,0)	< 78(92,0)	<104(94,0)	<130(96,0)	<156(96,0)
	38,8	5,7113		<13(52,0)	<39(80,0)	< 65(88,0)	< 91(94,0)	<117(94,0)	<143(96,0)	<169(100,0)
Junho 2	10,9	1,2584	4	= 0(34,0)	< 8(58,0)	< 16(72,0)	< 24(78,0)	< 32(88,0)	< 40(94,0)	< 48(98,0)
	14,2	0,7449		< 4(54,0)	<12(62,0)	< 20(74,0)	< 28(88,0)	< 28(88,0)	< 36(94,0)	< 54(100,0)
Julho 1	10,6	2,1988	5	= 0(42,0)	<10(70,0)	< 20(86,0)	< 30(90,0)	< 40(90,0)	< 50(94,0)	< 60(96,0)
	16,8	4,2596		< 5(54,0)	<15(76,0)	< 25(90,0)	< 35(90,0)	< 45(92,0)	< 55(94,0)	< 67(100,0)
Julho 2	12,4	2,5833	8	= 0(50,0)	<16(76,0)	< 32(90,0)	< 48(90,0)	< 64(94,0)	< 80(96,0)	< 96(98,0)
	23,6	6,5760		< 8(68,0)	<24(86,0)	< 40(90,0)	< 56(92,0)	< 72(94,0)	< 88(98,0)	<108(100,0)
Agosto 1	12,3	2,4446	8	= 0(42,0)	<18(80,0)	< 36(86,0)	< 54(92,0)	< 72(94,0)	< 90(98,0)	<108(98,0)
	25,0	5,6827		< 9(74,0)	<27(84,0)	< 45(90,0)	< 63(92,0)	< 81(98,0)	< 99(98,0)	<117(100,0)
Agosto 2	8,4	2,5697	6	= 0(40,0)	<12(72,0)	< 24(82,0)	< 36(98,0)	< 48(98,0)	< 60(98,0)	< 72(100,0)
	13,1	9,0019		< 6(64,0)	<18(84,0)	< 30(94,0)	< 42(98,0)	< 54(98,0)	< 66(98,0)	-
Setembro 1	18,0	1,5538	7	= 0(22,0)	<14(56,0)	< 28(74,0)	< 42(86,0)	< 56(94,0)	< 70(96,0)	< 84(98,0)
	22,1	2,3187		< 7(46,0)	<21(64,0)	< 35(82,0)	< 49(88,0)	< 63(94,0)	< 77(96,0)	< 94(100,0)
Setembro 2	38,9	1,3089	10	= 0(20,0)	<20(54,0)	< 40(66,0)	< 60(84,0)	< 80(92,0)	<100(96,0)	<120(98,0)
	31,6	1,3314		<10(36,0)	<30(66,0)	< 50(76,0)	< 70(90,0)	< 90(94,0)	<110(98,0)	<131(100,0)
Outubro 1	32,7	1,0020	9	= 0(8,0)	<18(40,0)	< 36(64,0)	< 54(80,0)	< 72(88,0)	< 90(94,0)	<108(98,0)
	29,1	0,3530		< 9(24,0)	<27(52,0)	< 45(74,0)	< 63(80,0)	< 81(92,0)	< 99(98,0)	<118(100,0)
Outubro 2	47,1	0,6961	11	= 0(6,0)	<22(30,0)	< 44(50,0)	< 66(70,0)	< 88(90,0)	<110(94,0)	<132(96,0)
	36,2	0,1173		<11(18,0)	<33(40,0)	< 55(64,0)	< 77(80,0)	< 99(92,0)	<121(94,0)	<143(100,0)
Novembro 1	58,1	1,1192	14	<10(8,0)	<38(40,0)	< 66(68,0)	< 94(74,0)	<122(88,0)	<150(92,0)	<178(98,0)
	48,6	0,2548		<24(26,0)	<52(60,0)	<80(72,0)	<108(82,0)	<136(82,0)	<164(96,0)	<192(100,0)
Novembro 2	62,9	1,1219	14	<10(4,0)	<38(32,0)	< 66(64,0)	< 94(80,0)	<122(88,0)	<150(94,0)	<178(98,0)
	43,3	0,7997		<24(18,0)	<52(58,0)	< 80(70,0)	<108(84,0)	<136(92,0)	<164(98,0)	<193(100,0)
Dezembro 1	59,1	1,0230	14	= 0(2,0)	<28(24,0)	< 56(54,0)	< 84(80,0)	<112(90,0)	<140(96,0)	<168(96,0)
	39,8	2,2707		<14(16,0)	<42(36,0)	< 70(66,0)	< 98(86,0)	<126(94,0)	<154(96,0)	<182(100,0)
Dezembro 2	107,7	0,5837	22	<10(2,0)	<54(24,0)	< 98(50,0)	<142(76,0)	<186(82,0)	<230(98,0)	<274(98,0)
	64,6	-0,1830		<32(12,0)	<76(34,0)	<120(60,0)	<164(76,0)	<208(94,0)	<252(98,0)	<296(100,0)

Número entre parênteses é frequência acumulada (%).

Na estimativa dos parâmetros de forma (δ) e escala da distribuição gama, observa-se (Tabelas 9 a 11), em geral, que o valor decresceu quando foi aumentado o tamanho do período. Para o período de sete dias (Tabela 11), as estimativas de δ pa-

ra janeiro, por exemplo, foram de 0,8 a 1,7; na especificação do período de 15 dias (Tabela 10), as estimativas de δ foram de 2,2 a 3,8, ao passo que para o período de 30 dias (Tabela 9) o valor estimado foi de 4,1. Esta mesma observação foi

TABELA 9. Precipitação esperada no período de 30 dias, em mm, para diferentes níveis de probabilidade calculada através da função de distribuição gama para Corumbá (MS) (Lat. 19°; Long. 57°39'W), pertencente ao segundo conglomerado de estações meteorológicas do Pantanal Mato-grossense. 1985/82.

Mês	Chuva média	Nível de probabilidade (%)								Alfa	Beta	Estimativa do teste Kolmogorov-Smirnov PDIF(6)
		95	90	80	70	30	20	10	5			
Janeiro	176,4	331,9	286,4	237,1	205,2	120,2	100,2	76,6	60,5	4,137	41,729	0,998
Fevereiro	145,5	317,5	269,6	218,2	185,7	100,8	81,6	59,7	44,9	3,234	47,761	0,987
Março	117,2	221,2	189,7	155,7	133,8	76,2	62,8	47,2	36,5	3,743	29,951	0,919
Abril	72,7	156,2	131,3	104,7	87,8	45,2	35,9	25,3	18,5	2,774	26,220	0,836
Mai	53,3	154,0	123,1	91,0	71,6	27,3	19,2	11,0	6,5	1,456	40,251	0,986
Junho	36,4	118,5	90,4	62,2	45,9	12,7	7,7	3,4	1,6	0,918	41,867	0,905
Julho	25,6	96,2	73,1	50,1	36,8	9,8	5,9	2,5	1,2	0,884	34,859	0,979
Agosto	21,9	86,2	63,8	41,7	29,3	6,2	3,3	1,2	0,4	0,696	36,432	0,927
Setembro	51,0	136,0	107,4	77,6	60,0	20,9	14,1	7,5	4,2	1,258	39,168	0,903
Outubro	86,9	163,8	139,3	112,9	96,1	52,5	42,7	31,2	23,5	3,290	24,332	0,999
Novembro	118,8	240,2	206,2	169,8	146,3	84,0	69,4	52,5	40,9	3,855	31,816	0,966
Dezembro	152,6	298,4	260,9	219,6	192,6	119,1	101,3	79,3	79,8	5,048	32,400	0,863

TABELA 10. Precipitações esperadas no período de 15 dias, em mm, para diferentes níveis de probabilidade calculada através da função de distribuição gama para Corumbá (MS) (Lat. 19°00'S; Long. 57°39'W), pertencente ao segundo conglomerado de estações meteorológicas do Pantanal Mato-grossense. 1925/82.

Quinz. Mês	Chuva média	Nível de probabilidade (%)								Alfa	Beta	Estimativa do teste Kolmogorov-Smirnov PDIF(6)
		95	90	80	70	30	20	5				
Janeiro 1	90,5	208,2	172,6	133,9	110,2	51,6	39,4	18,0	2,188	41,354	0,927	
Janeiro 2	82,1	161,9	138,9	114,0	98,1	56,0	46,2	28,8	3,771	21,782	0,829	
Fevereiro 1	79,0	175,6	146,8	115,6	95,9	47,0	36,7	17,7	2,451	32,249	0,935	
Fevereiro 2	70,3	199,6	159,0	117,2	92,1	34,9	24,4	8,3	1,436	52,544	0,938	
Março 1	63,9	170,1	137,7	103,9	83,3	34,8	25,3	9,8	1,712	39,819	0,542	
Março 2	89,1	113,4	93,2	71,8	58,6	26,4	19,9	8,6	2,013	23,854	0,485	
Abril 1	70,7	104,6	83,1	61,3	48,1	18,1	12,6	4,2	1,424	27,671	0,970	
Abril 2	37,2	106,1	82,7	59,1	45,1	14,8	9,7	2,6	1,146	32,415	0,741	
Mai 1	14,8	128,1	97,1	66,1	48,4	12,8	7,6	1,4	0,870	46,786	0,990	
Mai 2	19,8	86,9	64,6	42,9	30,6	7,0	3,9	0,6	0,751	34,821	0,385	
Junho 1	25,9	107,9	76,2	46,9	31,1	4,6	2,1	0,1	0,527	54,162	0,986	
Junho 2	10,9	51,8	40,2	28,5	21,6	6,9	4,5	1,1	1,099	16,263	0,262	
Julho 1	10,6	48,6	37,0	25,5	18,9	5,3	3,2	1,0	0,927	17,014	0,125	
Julho 2	12,4	86,6	65,7	45,3	33,4	9,2	6,5	1,1	0,911	30,653	0,755	
Agosto 1	12,3	73,2	51,0	30,5	19,6	2,4	1,0	0,1	0,467	39,873	0,708	
Agosto 2	8,4	47,2	35,7	24,3	17,8	4,7	2,8	0,5	0,869	17,224	0,789	
Setembro 1	18,0	71,1	55,8	40,3	31,1	10,8	7,2	2,1	1,240	20,622	0,907	
Setembro 2	28,9	98,0	77,1	55,7	42,8	14,8	9,9	2,9	1,233	28,587	0,816	
Outubro 1	32,7	87,6	71,7	54,7	44,2	19,3	14,3	5,9	1,871	19,363	0,978	
Outubro 2	47,1	116,3	94,8	72,3	58,5	25,5	18,9	7,8	1,871	25,611	0,616	
Novembro 1	58,0	154,2	123,4	91,8	72,4	28,3	19,9	7,0	1,507	39,361	0,818	
Novembro 2	62,9	148,2	121,8	94,4	77,1	35,5	26,9	11,9	2,099	30,174	0,777	
Dezembro 1	59,1	133,2	112,4	89,9	75,6	39,3	31,3	16,4	2,850	21,988	0,566	
Dezembro 2	107,7	226,0	188,6	149,0	123,9	61,3	48,0	23,5	2,511	40,681	0,956	

58 anos da série de registros diários de chuva de Corumbá (MS), em 12 (20% de probabilidade) ou 46 anos (80% de probabilidade) esperam-se, nos primeiros 30 dias do ano, alturas pluviométricas de 100 mm ou 237 mm, respectivamente. Para, um quase igual período, e com nível de probabilidade de 90%, verificou-se uma lâmina de chuva de

275 mm (Tabela 6), mostrando que em 52 anos da série de 58, a precipitação média esperada será, como máximo, de 286 mm, ou, em 6 anos dentro de 58, esperam-se mais de 286 mm para os primeiros 30 dias do ano.

Para o mês de agosto, observa-se (Tabela 9) que há 90% de probabilidade de chover quantidade

TABELA 11. Precipitação esperada no período de sete dias, em mm, para diferentes níveis de probabilidade calculada através da função de distribuição gama para Corumbá (MS) (Lat. 19°00'S; Log. 57°39'W), pertencente ao segundo conglomerado de estações meteorológicas do Pantanal Mato-grossense, 1925/82.

Semana	Chuva média	Nível de probabilidade (%)								Alfa	Beta	Estimativa do teste Kolmorov-Smirnov (PDIF(6) 0
		95	90	80	70	30	20	10	5			
Janeiro												
01 - 07	45,2	135,5	105,1	73,9	55,7	17,2	10,9	5,3	4,1	1,049	43,978	0,906
18 - 14	40,9	139,5	104,8	71,1	51,5	13,0	7,6	3,1	2,0	0,832	52,352	0,189
15 - 21	39,9	104,0	83,2	61,8	48,8	19,0	13,5	7,8	4,7	1,509	26,479	0,600
22 - 28	32,6	86,0	69,8	52,8	42,4	17,9	13,1	8,1	5,2	1,747	19,875	0,812
Fevereiro												
29 - 04	37,9	102,6	82,6	62,0	49,3	20,0	14,3	8,6	5,4	1,614	26,016	0,926
05 - 11	37,1	101,7	81,6	60,8	48,2	19,1	13,6	8,0	4,9	1,547	25,522	0,629
12 - 18	40,2	134,8	101,7	69,6	50,9	13,4	7,9	3,4	1,5	0,870	49,146	0,894
19 - 25	37,3	118,7	90,8	62,8	46,5	13,1	8,0	3,6	1,7	0,940	41,322	0,919
Março												
26 - 04	28,6	93,8	74,1	53,8	41,6	14,7	10,0	5,4	3,1	1,284	26,625	0,964
05 - 11	29,7	91,0	73,1	54,8	43,6	17,6	12,7	7,6	4,7	1,610	22,177	0,696
12 - 18	24,9	89,0	65,4	42,6	29,8	6,2	3,3	1,1	0,4	0,683	37,850	0,536
19 - 25	25,5	81,8	65,6	48,9	38,7	15,3	10,9	6,4	3,9	1,549	20,477	0,879
26 - 02	19,1	70,1	53,7	37,2	27,7	7,9	4,9	2,2	1,0	0,956	24,089	0,871
Abril												
03 - 09	17,5	81,0	56,3	33,5	21,6	2,7	1,1	0,2	0,2	0,464	44,199	0,447
10 - 16	15,7	69,3	45,7	32,0	24,0	7,2	4,5	2,2	1,1	1,012	19,660	0,995
17 - 23	20,2	87,5	65,5	44,1	31,9	7,8	4,5	1,8	0,8	0,806	33,495	0,791
24 - 30	14,6	59,5	44,9	30,6	22,4	5,8	3,4	1,5	0,6	0,861	21,830	0,488
Mai												
01 - 07	23,5	112,7	82,6	54,1	38,0	8,0	4,3	1,5	0,6	0,696	47,324	0,915
08 - 14	10,0	65,4	46,5	28,7	19,1	2,9	1,3	0,4	0,2	0,538	32,465	0,460
15 - 21	7,8	27,7	23,6	16,9	12,8	4,2	2,7	1,4	0,7	1,132	9,360	0,100
22 - 28	8,2	83,3	63,3	43,5	32,1	8,8	5,3	2,3	1,1	0,905	29,690	0,955
Junho												
29 - 04	10,7	38,0	28,9	19,7	14,5	3,9	2,3	1,0	0,4	0,880	13,809	0,153
05 - 11	11,8	77,8	56,5	35,7	24,4	4,3	2,1	0,7	0,2	0,601	36,103	0,792
12 - 18	12,7	87,2	62,3	38,3	25,3	3,8	1,7	0,6	0,1	0,529	43,936	0,455
19 - 25	5,6	34,1	25,5	17,2	12,5	3,1	1,8	0,7	0,3	0,817	12,916	0,828
26 - 02	3,9	39,0	28,8	18,9	13,2	2,8	1,5	0,5	0,5	0,697	16,429	0,714
Julho												
03 - 09	4,8	51,3	39,5	27,8	20,9	6,4	4,0	2,0	1,0	1,038	16,689	0,904
10 - 16	8,0	30,4	24,4	18,1	14,4	5,6	4,0	2,3	1,4	1,529	7,691	0,938
17 - 23	6,3	65,8	49,6	33,4	24,3	6,0	3,5	1,4	0,6	0,817	25,094	0,980
24 - 30	5,9	59,2	45,7	32,1	24,1	7,3	4,6	2,2	1,1	1,030	19,407	0,649
Agosto												
31 - 06	5,6	36,2	26,9	17,9	12,8	3,0	1,6	0,6	0,2	0,754	14,512	0,673
07 - 13	6,3	82,8	57,2	33,4	21,0	2,3	0,9	0,3	0,3	0,433	47,489	0,481
14 - 20	4,2	32,8	26,0	19,0	14,7	5,3	3,6	2,0	1,1	1,326	9,119	0,455
21 - 27	2,4	23,1	18,2	13,3	10,3	3,7	2,5	1,4	0,8	1,313	6,454	0,905
28 - 03	7,5	61,7	43,7	26,9	17,8	2,7	1,2	0,4	0,4	0,528	30,976	0,833
Setembro												
04 - 10	7,4	48,6	37,8	26,8	20,3	6,5	4,2	2,1	1,1	1,100	15,245	0,969
11 - 17	13,7	68,8	51,0	33,7	23,9	5,2	2,9	1,1	0,4	0,728	28,172	0,702
18 - 24	12,3	60,8	46,1	31,7	23,3	6,3	3,8	1,6	0,7	0,891	21,879	0,558
25 - 01	15,2	68,7	53,3	37,6	28,4	8,9	5,7	2,8	1,4	1,073	21,927	0,408
Outubro												
02 - 08	11,5	49,0	36,3	23,9	17,0	3,8	2,1	0,8	0,3	0,734	19,890	0,766
09 - 15	18,5	67,4	51,3	35,4	26,2	7,3	4,4	2,0	0,9	0,923	23,708	0,678
16 - 22	19,8	69,4	55,7	41,5	32,8	12,9	9,2	5,4	3,3	1,531	17,543	0,366
23 - 29	24,4	108,7	79,7	52,1	36,6	7,6	4,1	1,4	0,5	0,689	45,994	0,995
Novembro												
30 - 05	24,6	71,7	55,3	39,0	29,3	9,0	5,7	2,8	1,4	1,042	23,331	0,899
06 - 12	31,8	116,2	87,9	59,8	43,6	11,3	6,6	2,8	1,2	0,853	43,109	0,985
13 - 19	26,2	101,2	75,6	51,2	37,1	9,2	5,4	2,2	0,9	0,819	38,268	0,996
20 - 26	34,2	89,4	71,4	53,3	42,2	16,7	11,8	6,9	4,2	1,542	22,418	0,989
27 - 03	24,8	93,6	72,4	50,6	37,9	11,3	7,1	3,4	1,7	1,012	31,082	0,791
Dezembro												
04 - 10	26,2	71,1	57,5	43,6	35,0	14,8	10,8	6,7	4,2	1,748	16,401	0,197
11 - 17	36,3	90,8	74,3	57,1	46,6	21,0	15,8	10,1	6,8	2,003	19,077	0,686
18 - 24	33,0	95,2	73,8	52,3	39,6	12,5	8,0	4,0	2,0	1,086	30,149	0,500
25 - 31	49,0	125,2	99,2	72,2	56,2	20,2	13,8	7,6	4,3	1,319	34,971	0,831

igual ou inferior a 64 mm. Em termos de frequência observada (Tabela 6), constata-se que, ao nível de probabilidade de 90%, a altura pluvial será, como máximo, de 60 mm.

A última coluna das Tabelas 9 a 11 apresenta a estimativa do teste de Kolmogorov-Smirnov (PDIF (6), que define a probabilidade da variável chuva exceder determinado valor crítico (Z) do teste quando a hipótese nula (proporção de valores da distribuição teórica continua gama é igual a proporção de valores da distribuição discreta empírica) for verdadeira (teste bilateral). Neste sentido, poder-se-á concluir que baixos índices de probabilidade estarão associados com grandes erros na previsão de chuva; por exemplo, no terceiro período de sete dias do mês de maio, ao se compararem os valores das Tabelas 8 e 11, registram-se grandes diferenças. No seguinte período, com PDIF (8) = 0,95, estas diferenças são reduzidas.

CONCLUSÕES

1. Com base na análise de componentes principais e da análise de conglomerados aplicadas a 81 séries de registros diários de chuva da Bacia do Alto Paraguai, identificaram-se cinco conglomerados, correspondentes a igual número de subáreas geográficas relativamente homogêneas quanto aos parâmetros macroclimático (distribuição sazonal mensal da chuva) e do relevo associado com outros fatores macroclimáticos.

2. Comparando-se as estimativas probabilísticas de chuva com as tabelas de frequência pluvial, verificou-se que a distribuição teórica (distribuição gama incompleta) foi razoavelmente eficiente nas previsões do fenômeno.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Cláudio Mello, Diretor do Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), Residência de Corumbá (MS), pela gentileza do fornecimento dos dados pluviométricos.

REFERÊNCIAS

- ADÁMOLI, J. O Pantanal e suas relações fitogeográficas com cerrados; discussão sobre o conceito "Complexo do Pantanal". In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 32., Teresina, PI, 1981. Anais. Teresina, Soc. Bot. Brasil, 1981. p.109-19.
- ANDERBERG, M.R. Cluster analysis for applications. New York, Academic, 1973. 359p.
- ARRUDA, V.V. & PINTO, H.S. A simplified gamma probability model for analysis of the frequency distribution of rainfall in the region of Campinas, SP, Brazil. *Agric. Meteorol.*, 22:101-8, 1980.
- BOWKER, A.H. & LIEBERMAN, G.J. Engineering statistics. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1972. 641p.
- CADAVID GARCÍA, E.A. O clima no Pantanal Mato-grossense. Corumbá, EMBRAPA-UEPAE Corumbá, 1984. 42p. (Circular técnica, 14)
- CAMPOS, H. de. Estatística experimental não-paramétrica. 2. ed. Piracicaba, ESALQ, 1976. p.39-51.
- EVERITT, B. Cluster analysis. London, Heineman Educational, 1977. 121p.
- GADGIL, S. & IYENGAR, R.N. Cluster analysis of rainfall stations of the Indian Peninsula. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 106:873-86, 1980.
- INTERNATIONAL MATHEMATICAL AND STATISTICAL LIBRARIES. The IMSL library. Huston, 1980. v. 2, p.540-7.
- JOHNSON, N.L. & KOTZ, S. Continuous univariate distribution-I. New York, Houghton Mifflin, 1970. p.166-200.
- JUDEZ, L.A. Filière agricole; module 31: méthodes de décision: analyse de données, analyse discriminante. Montpellier, Inst. Agron. Méditerranéen, 1979/80. 19p.
- JUDEZ, L.A.; AVILLAR, A.F.D.; CASTRO, L.H.R. Fundamentos teóricos e aplicações da análise de dados; subsídios para o programa de avaliação sócio-econômica da pesquisa agropecuária do Projeto II - EMBRAPA/BIRD: versão preliminar. Brasília, EMBRAPA, 1984. 113p.
- MEDINA, B.F. & LEITE, J.A. Probabilidade de chuva em Boa Vista - RR. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 19(12): 1437-41, 1984.
- MOTA, F.S. da. Meteorologia agrícola. São Paulo, Nobel, 1975. 376p.
- SAS INSTITUTE, Cary, EUA. User's guide; basics. Cary, 1982. p.575-83.
- THOM, H.C.S. A note on the gamma distribution. *Mon. Weather Rev.*, 86(4):117-22, 1958.
- VIVALDI, L.J. Utilização da distribuição gama em dados pluviométricos. Piracicaba, ESALQ, 1973. 77p. Tese Mestrado.