

VERANICOS NA REGIÃO DOS CERRADOS BRASILEIROS FREQÜÊNCIA E PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA¹

EDUARDO DELGADO ASSAD², EDSON EYJI SANO³, RYO MASUTOMO⁴,
LUIS HERNAN R. DE CASTRO⁵ e FERNANDO A. MACENA DA SILVA⁶

RESUMO – A partir da análise de dados diários de precipitação referentes a 100 estações pluviométricas na região dos cerrados brasileiros, com séries históricas iguais ou superiores a 20 anos, foram identificados os veranicos de períodos de 10, 15 e 20 dias. Estas informações, após análise freqüencial, foram espacializadas utilizando-se o Sistema de Informações Geográficas SGI. A probabilidade de ocorrência, estimada pelas funções de distribuição de Gumbell & Weibull, para períodos de retorno de 5 a 100, anos permitiu a identificação das regiões mais críticas ao fenômeno, sendo susceptíveis a maior risco para agricultura de sequeiro. Foi possível, desta maneira, obter uma aproximação global deste fenômeno climático, limitante para produção agrícola no ecossistema cerrado brasileiro.

Termos para indexação: precipitação pluvial, análise freqüencial

DRY SPELLS IN THE BRAZILIAN "CERRADOS" REGION: FREQUENCY AND PROBABILITY OF OCCURRENCE

ABSTRACT – An analysis of daily precipitation data from 100 pluviometric stations in the Brazilian "cerrados" (savanna-like vegetation), using historical series of 20 or more years, was utilized to identify dry spells of 10, 15 and 20 days. This information of the frequencial analysis was arranged using the Geographical Information System. The occurrence probability of dry spells, estimated by the distribution function of Gumbell & Weibull using recurrence intervals of 5 to 100 years, allowed identification of risk periods for conventional agriculture (nonirrigated). Therefore, it was possible to make a global analysis of this climatic problem, which is critical for the agricultural production in the Brazilian "cerrado" ecosystem.

Index terms: pluvial precipitation, frequencial analysis.

INTRODUÇÃO

No planalto central brasileiro, o clima é caracterizado por uma marcada época seca de maio até setembro (Wolf 1977), fato que é observado de uma maneira geral em toda a região (Luchiari Junior et al. 1986). A atividade agrícola concentra-se, no período chuvoso, normalmente, entre os meses de outubro e março, quando ocorrem 80% a 90% do total anual de chuvas. Embora os totais

anuais de precipitação (em torno de 1500 mm) sejam considerados suficientes para muitas culturas, a deficiência hídrica é um dos fatores limitantes para a agricultura na região dos cerrados. Ela ocorre devido à má distribuição das chuvas e intensa evapotranspiração, além da baixa capacidade de retenção de água e alta velocidade de infiltração nos solos da região (Cruz et al. 1979). As grandes flutuações observadas na precipitação mensal sugerem que as médias não constituem um bom índice para indicação da oferta pluviométrica, principalmente porque estas médias estão aliadas a coeficientes de variação que chegam a ultrapassar 100% em alguns meses menos chuvosos (Assad & Castro 1991). Além disso, os cerrados, bem como toda a zona intertropical, são afetados por períodos de interrupção da precipitação que ocorrem durante a estação

¹ Aceito para publicação em 18 de fevereiro de 1993.

² Eng.-Agr. Dr., EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Br 020, Km 18, rod. Brasília- Fortaleza, Caixa Postal 700023, CEP 73301, Planaltina, DF.

³ Geólogo, M.Sc. EMBRAPA-CPAC.

⁴ Meteorol. JAPAN WEATHER ASSOCIATION,

⁵ Estatístico, Ph.D., EMBRAPA-CPAC.

⁶ Eng.-Agr., EMBRAPA-CPAC.

chuvosa. Este fenômeno, denominado regionalmente de "veranico", foi identificado por vários autores, entre eles Cochrane et al. (1988), Nieuwolt (1989) e Luchiari Junior et al. (1986).

Geralmente, a estiagem atinge as culturas em sua fase reprodutiva, cuja importância para produção final é fundamental. Assim, o "veranico" afeta grandemente a economia, uma vez que sua freqüente ocorrência pode reduzir a produtividade das culturas na região dos cerrados (Luchiari Junior et al. 1986).

O "veranico", apesar de ser freqüentemente citado como um dos fatores limitantes da produção agrícola de sequeiro, ainda é tema atual e necessita de estudos regionais detalhados. Na década de 70, o DNAEE (Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica) estruturou uma base de dados que hoje já possui séries históricas suficientemente consistentes e representativas, para uma análise estatística coerente com a dimensão do problema. Nos últimos anos, praticamente todos os estudos feitos foram de caráter local, sendo, assim, de abrangência limitada. A maioria destes trabalhos foram centrados basicamente no desenvolvimento metodológico. Podem ser citados os trabalhos de Arruda & Pinto (1980), na região de Campinas, SP, onde utilizando a função Gama, analisaram a freqüência de distribuição da precipitação na região. Geneville & Boock (1983), trabalhando com modelos estocásticos, simularam a precipitação pluvial diária na região de Campo Grande, MS.; Wolf (1977) identificou os períodos secos e estudou a probabilidade de ocorrência de veranicos, na região de Brasília, DF.; Assad & Castro (1991) analisaram freqüencialmente a oferta pluviométrica na região de Sete Lagoas, MG; Frizone (1979) testou cinco modelos para cálculo de distribuição de freqüência de precipitação na região de Viçosa, MG.

Enfim, vários trabalhos de caráter localizado foram executados, sem a preocupação de espacializar o fenômeno, tanto em termos freqüenciais como em termos probabilísticos.

As primeiras preocupações neste sentido surgiram com os trabalhos de Garcia & Castro (1986), que analisaram freqüencialmente a precipitação em 81 estações na região do Pantanal Mato-gros-

sense, e o trabalho de Moreira (1985), que, a partir das médias mensais de 200 estações dos cerrados, definiu os padrões pluviométricos da região, dividindo-a em cinco zonas com ofertas pluviométricas mensais bem definidas e diferenciadas espacialmente.

Este trabalho foi executado com os seguintes objetivos:

- organizar uma base de dados de precipitação pluvial diária para a região dos cerrados;
- espacializar a freqüência dos veranicos para os meses do período chuvoso, normalmente localizados entre outubro e março;
- analisar a probabilidade da ocorrência de veranicos para o período de retorno de 5 a 100 anos, determinando a duração do fenômeno e sua regionalização.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo baseou-se em três passos metodológicos complementares. No primeiro, quantificou-se a freqüência dos veranicos nas 100 estações selecionadas, conforme método apresentado por Assad & Castro (1991), que calcularam o histograma dos veranicos de 5, 10, 15, 20, 25 ou mais dias de duração. Estas análises foram estabelecidas uma vez estruturada a base de dados pluviométricos diários para as estações, com série histórica de 20 anos previamente selecionados. Na Fig. 1 é ilustrada a distribuição espacial das estações.

O segundo passo relacionou-se com os estudos probabilísticos. Foram selecionadas as funções de distribuição de Weibull & Gumbel. Segundo Johnson & Kotz (1970), para análise de fenômenos extremos (chuva máxima, intensidade de veranicos, etc) existem três tipos de função de distribuição. A função exponencial de Gumbel, é do tipo I de Fischer-Tipet. Quando existem condições de aleatoriedade estrita, nas quais a distribuição exponencial não é satisfeita, aplica-se a função de Weibull, que é uma função de distribuição do tipo 3, e, em casos particulares, do tipo 2.

É importante salientar que não é objetivo deste trabalho analisar o desempenho das funções de distribuição de Weibull & Gumbell, mas de estimar, a partir destas funções, o maior veranico que venha a ocorrer em vários pontos da região dos cerrados em períodos de recorrência diferentes, após a definição de parâme-

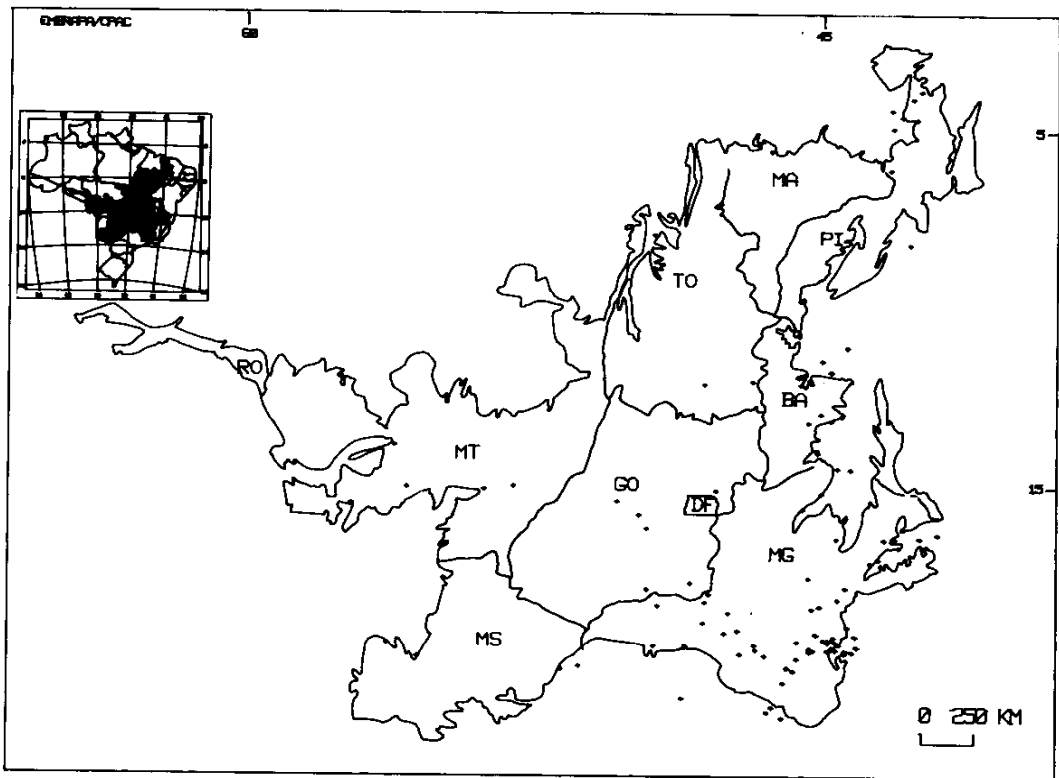


FIG. 1. Localização das estações pluviométricas estudadas.

tros como dias secos (com menos de 1 mm de precipitação) e períodos contínuos sem precipitação (soma dos dias sucessivos com menos de 1 mm de chuva). A alta oferta energética que ocorre na região provoca taxas de evaporação significativas durante a estação chuvosa, de 8 a 9 mm/dia, o mesmo ocorrendo com a evapotranspiração potencial, que atinge níveis de 4 a 5 mm/dia em média. Dessa forma, a água precipitada em valores inferiores a 1 mm/dia é dificilmente absorvida pelas culturas, sendo rapidamente evaporada, mantendo, assim, o efeito do veranico. Quando um período contínuo de dias sem chuva se estender ao mês seguinte, o período seco será computado no mês do dia de início do período seco.

Para estimar a duração do veranico, considerou-se a probabilidade de ocorrência para períodos de retorno de 5 a 100 anos, e adotou-se o método proposto por Petruaskas & Aagaard (1970)

Os dados pluviométricos deste estudo foram fornecidos pela Secretaria Nacional de Irrigação (SENIR) do Ministério da Agricultura, que possui parte da base

de dados pluviométricos do DNAEE (Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica). Foram selecionadas 100 estações distribuídas na região dos cerrados brasileiros com um mínimo de 20 anos de observação de dados diários. Estes dados foram analisados, e os anos com valores anômalos foram eliminados. Esta análise é necessária para controlar os dados, uma vez que as medições são feitas manualmente, e diversos problemas relacionados com ausência de observações, discontinuidade de observações e, em muitos casos, registros de valores irreais, são constantemente observados nas séries históricas disponíveis. Alguns autores utilizam para controle dos dados o método do Vetor Regional, adotado pelo DNAEE; outros, de maneira mais simples, como neste trabalho, controlam as médias mensais e as médias das máximas.

Neste estudo, utilizaram-se duas funções de distribuição: a de Gumbel e a de Weibull (esta, com sete valores diferentes para a constante k). Para o cálculo dos períodos máximos sem precipitação referentes aos diversos tempos de recorrência, utilizou-se o método

proposto por Petruaskas & Aagaard (1970). Dessa maneira, assumiu-se que T é um período de tempo (anos), N é um valor máximo observado em T anos, excedendo certo limite, e m é o posto em que o valor N está localizado em ordem descendente no período. A probabilidade de que um valor não seja ultrapassado é calculada pela equação:

$$P[V < X_{mN}] = 1 - \frac{m - \alpha \hat{O}}{N + \beta} \quad (1.1)$$

onde X_{mN} é o valor máximo dos mN máximos valores ($m=1,2,3,\dots,N$), e

$\alpha \hat{O}$ e β são parâmetros das funções de distribuição de Gumbel & Weibull. No caso da função de Weibull, a maior dificuldade está na determinação dos valores de k. Na Tabela 1 são apresentados os valores de k que foram utilizados, e os respectivos valores de $\alpha \hat{O}$ e β .

A probabilidade (P) de que a precipitação (V) seja maior que ou igual a um valor X, é dada por:

- distribuição de Gumbel:

$$P[V < X] = 1 - \exp\left[-\left(\frac{X-B}{A}\right)\right] \quad (1.2)$$

- distribuição de Weibull:

$$P[V < X] = 1 - \exp\left[-\left(\frac{X-B}{A}\right)^k\right] \quad (1.3)$$

onde B, $A(>0)$ e $k(>0)$ são parâmetros.

Selecionados os valores adequados de $\alpha \hat{O}$ e β , os máximos valores de $P[V < X]$ são convertidos para $T_v = (X-B)/A$ pelas equações:

máximos valores de $P[V < X]$ são convertidos para $T_v = (X-B)/A$ pelas equações:

- para distribuição de Gumbel:

$$T_v = -\ln\{-\ln P[V < X]\} \quad (1.4)$$

- para a distribuição de Weibull:

$$T_v = -\ln\{-\ln P[V < X]\}^{1/k} \quad (1.5)$$

Assumindo que existe uma relação linear entre X e T_v , os valores estimados de A e B podem ser obtidos por:

$$X = \hat{A} T_v + \hat{B} \quad (1.6)$$

O critério para escolha da melhor função de distribuição baseou-se no coeficiente de correlação. Determinou-se o cálculo para cada tipo de função, e, para cada mês, escolheu-se função melhor ajustada, indicada pelo coeficiente de correlação. O ajuste foi feito oito vezes: uma vez para a função de Gumbel e sete vezes para a função de Weibull com coeficientes K, $\alpha \hat{O}$ e β variando conforme valores apresentados na Tabela 1. A função que apresentou o melhor coeficiente de correlação foi a escolhida.

O tempo de recorrência T e o máximo valor estimado R_p estão relacionados com $P[V < X]$ pela equação:

$$R_p = \frac{T}{N} \frac{1}{1 - P[V < X]} \quad (1.7)$$

Neste trabalho são apresentados somente os valores extremos calculados quanto ao tempo de retorno de cinco anos. Entretanto, também foram calculados os valores extremos quanto aos tempos de recorrência de 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos.

Finalmente, o terceiro passo constituiu a espacialização dos valores histográficos e probabilísticos determinados, em que, utilizando-se o Sistema de Informações SGI (ENGESPAÇO, 1988) a espacialização foi feita através da seleção de um interpolador linear disponível no sistema, que permitiu cálculo de isolinhas, posteriormente agrupadas em classes de duração de veranicos. Para efeito de simplificação, não foram considerados, neste estudo, os efeitos orográficos nem as variações de altitude em regiões mais planas, uma vez que a escala de trabalho, da ordem de 1:5.000.000, permite estas simplificações

TABELA 1. Parâmetros utilizados na determinação da probabilidade de ocorrência de duração máxima de períodos secos, utilizando as funções de distribuição de Gumbel e Weibull.

Função	Distribuição	$\alpha \hat{O}$	β
1	Gumbel	0.44	0.12
2	Weibull (K=0.75)	0.54	0.64
3	Weibull (K=0.85)	0.51	0.59
4	Weibull (K=1.00)	0.48	0.53
5	Weibull (K=1.10)	0.46	0.50
6	Weibull (K=1.25)	0.44	0.47
7	Weibull (K=1.50)	0.42	0.42
8	Weibull (K=2.00)	0.39	0.37

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como na maioria das estações se observou alta frequência de veranicos no mês de janeiro, discutem-se os resultados referentes a este mês. Cabe salientar, entretanto, que na base de dados de precipitação, encontram-se os resultados referentes aos meses de outubro a março, para as 100 estações estudadas. Na Fig. 2 é apresentado o resultado da interpolação, materializado em forma de mapa, onde as classes de frequência de veranicos de dez dias no mês de janeiro, nos 20 anos estudados, são espacializadas.

As regiões menos atingidas pelo fenômeno, com 0 a 5 ocorrências, foram o centro do Estado do Mato Grosso, o centro-sul do Estado de Goiás e o norte de Tocantins. Nas outras classes, observou-se heterogeneidade espacial na distribuição

dos veranicos, com frequências variando de 5 a 25 vezes, para veranicos de dez dias nos últimos 20 anos. Uma análise mais detalhada indica que as regiões com maior frequência de observação de veranicos de dez dias no mês de janeiro são: centro-sul do Piauí, sul do Maranhão, sudoeste baiano, norte de Minas e centro-sul de Tocantins. Em todas estas regiões foram observadas frequências de 20 a 30 veranicos com amplitude de dez dias, ou seja, ocorrência de pelo menos um por ano em janeiro. É importante salientar que um veranico de dez dias pode ocorrer duas vezes no mesmo mês. Estes resultados evidenciam o alto risco climático para as culturas de sequeiro, nestas regiões.

Na Fig. 3, é apresentada a espacialização das classes de frequência dos veranicos de 15 dias de duração, também no mês de janeiro. Observa-se

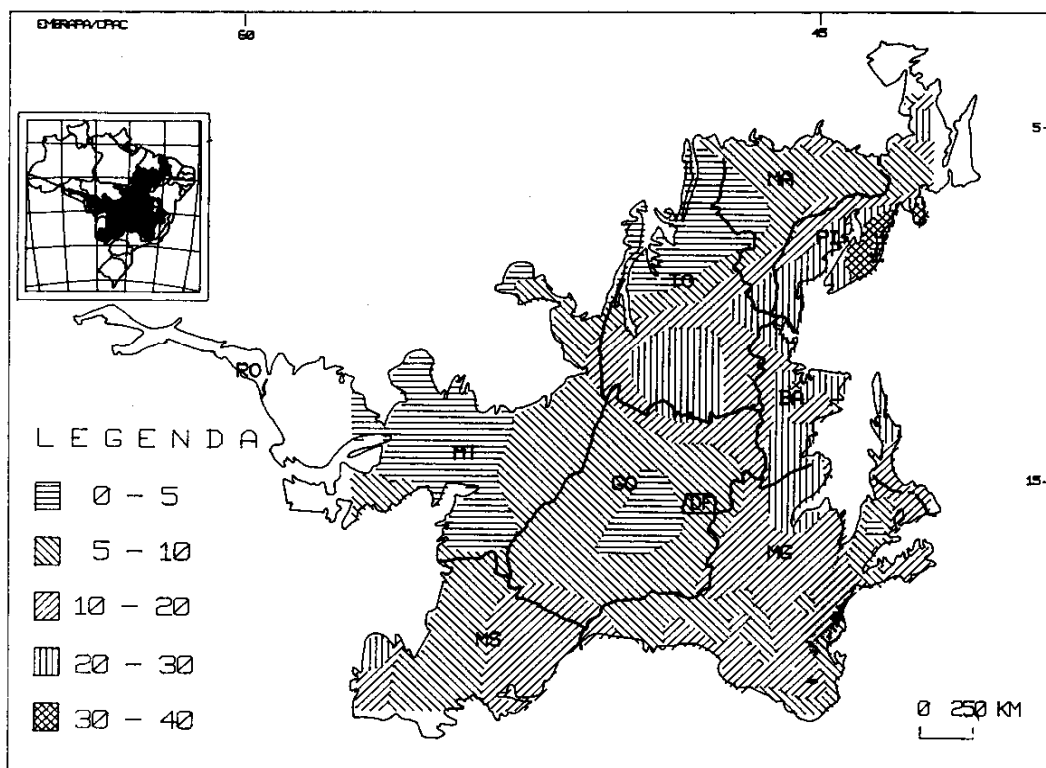


FIG. 2. Distribuição espacial da frequência de ocorrência de veranicos de 10 dias, para o mês de janeiro na região dos Cerrados brasileiros.

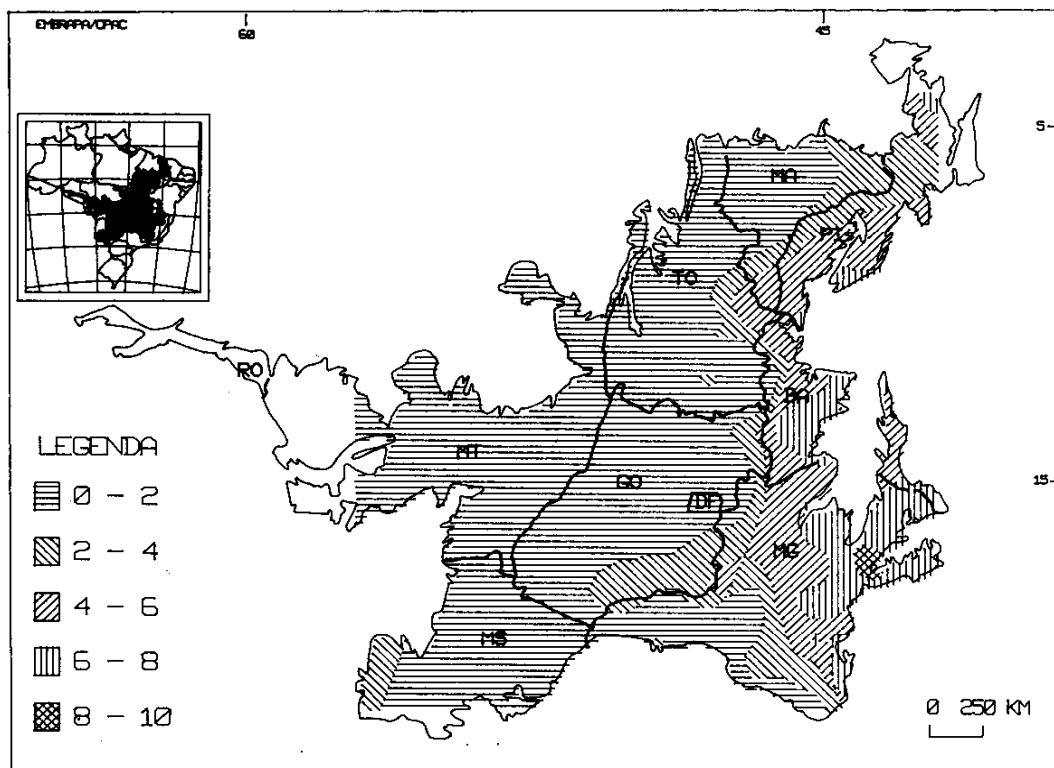


FIG. 3. Distribuição espacial da freqüência de ocorrência de veranicos de 15 dias para o mês de janeiro, na região dos Cerrados brasileiros.

claramente uma tendência de uniformização do fenômeno, sendo a heterogeneidade espacial reduzida, em comparação com os veranicos de dez dias. É observado, também, que, quanto à freqüência, a maior variação espacial está concentrada nos estados do Piauí, Bahia e Minas Gerais, atingindo o meio-leste de Tocantins, sudeste de Goiás e sul do Maranhão. Em todas estas regiões, foram observados quatro a oito veranicos de 15 dias, no mês de janeiro. Nas outras regiões dos cerrados, são observados no máximo dois veranicos de 15 dias.

Na Fig. 4, é apresentada a distribuição espacial dos veranicos de 20 dias, no mês de janeiro, nos 20 anos estudados. Em mais de 80 % da região dos cerrados, é baixa a freqüência do fenômeno, atingindo no máximo duas vezes em 20 anos. Novamente, observa-se que as regiões do sul do

Piauí, sudoeste Baiano e norte de Minas são aquelas onde a freqüência do fenômeno é mais acentuada, variando de quatro a oito vezes, nos últimos 20 anos.

Estes resultados evidenciam que o veranico não é atípico, e sim típico da região dos cerrados, ocorrendo, conforme a localização, com maior ou menor freqüência e duração. É importante salientar que a redução da oferta pluviométrica, associada à baixa capacidade de retenção de água de alguns solos dos cerrados, como areias quartzosas e latossolos vermelho-amarelos, podem levar plantas cultivadas a atingirem rapidamente o ponto de murcha, e reduzindo, conseqüentemente, sua produtividade potencial. Práticas de manejo de solo que induzam o crescimento radicular, aumentando, conseqüentemente, o reservatório de água explorada pelas plantas e a seleção de espé-

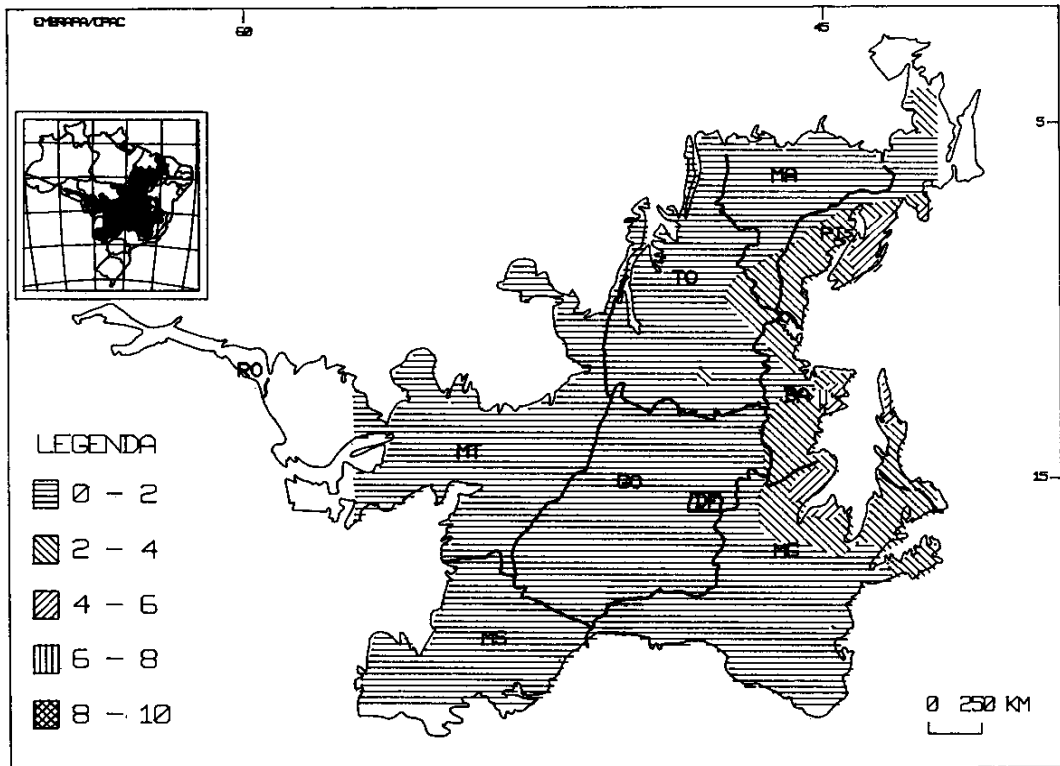


FIG. 4. Distribuição espacial da frequência de ocorrência de veranicos de 20 dias para o mês de janeiro, na região dos Cerrados brasileiros.

cies resistentes ao estresse hídrico, poderão minimizar o efeito dos veranicos na região.

Uma vez determinada a frequência dos veranicos, a partir das funções de distribuição de Gumbel & Weibull, estimou-se, para períodos de recorrência variáveis, o maior veranico que poderá "acontecer" na região. Na Tabela 2 são apresentados, a título de exemplo, os resultados obtidos para a região de Barreiras, no Estado da Bahia. Para cada mês foram calculados, segundo a função de distribuição que melhor se ajustou, a duração máxima do veranico que poderá ocorrer na região, para períodos de recorrência variando de 5 a 100 anos. Para todos os meses, o coeficiente de correlação encontrado é superior 0,9, o mesmo acontecendo em todas as outras estações. O número observado entre parênteses é o valor do coeficiente k da função de Weibull, que melhor se

ajustou àquele conjunto de dados. Para períodos de recorrência de cinco anos, espera-se um veranico de 15,9 dias de duração no mês de janeiro. Já para períodos de recorrência de dez anos, a amplitude do veranico aumenta, atingindo 20,1 dias de duração. Este tipo de análise pode ser feito para todos os meses do período chuvoso, e pode-se tentar incorporar à prática agrônômica a noção do risco climático. Se considerarmos o mês de outubro como mês do início de plantio, para períodos de recorrência de cinco anos, existirão 23,2 dias secos e contínuos no mês. Inversamente, pode-se considerar que são estimados, por diferença, 7,8 dias com chuva, sendo então considerados os períodos secos como dias prováveis de trabalho de máquinas na região de Barreiras. Caso o plantio se atrase e seja feito no mês de novembro, a margem de manobra existente é

TABELA 2. Duração máxima de veranicos para períodos de retorno de 5 a 100 anos, para estação de Barreiras, Estado da Bahia.

MES ANOS	OUT		NOV		DEZ		JAN		FEV		MAR		ABR	
	Dias	dD	Dias	dD	Dias	dD	Dias	dD	Dias	dD	Dias	dD	Dias	dD
5	23.2	2.7	13.6	2.4	15.0	1.2	15.9	2.1	14.2	1.1	16.0	1.8	26.4	1.8
10	28.0	3.7	17.5	3.4	17.8	1.6	20.1	3.1	16.2	1.5	19.6	2.4	29.9	2.4
15	30.6	4.4	19.8	4.1	19.3	1.9	22.6	3.7	17.2	1.7	21.5	2.8	31.8	2.7
20	32.3	4.8	21.4	4.6	20.3	2.1	24.4	4.2	17.9	1.9	22.7	3.1	33.0	3.0
25	33.6	5.1	22.6	5.0	21.1	2.2	25.7	4.6	18.4	2.0	23.7	3.4	33.8	3.1
30	34.7	5.4	23.6	5.3	21.7	2.3	26.8	4.9	18.8	2.1	24.5	3.5	34.6	3.3
50	37.6	6.2	26.4	6.2	23.4	2.7	30.0	5.9	19.9	2.3	26.6	4.1	36.4	3.6
100	41.3	7.1	30.1	7.5	25.5	3.1	34.2	7.1	21.2	2.6	29.3	4.7	38.8	4.1
Correl.	0.99		0.98		0.99		0.98		0.99		0.99		0.99	
Função	WI(1.50)		WI(1.10)		WI(1.50)		WI(1.00)		WI(2.00)		WI(1.50)		WI(2.00)	

reduzida, havendo somente 13,6 dias prováveis de trabalho de máquinas neste mês, também para períodos de recorrência de cinco anos. Aumentando-se os períodos de recorrência, a duração dos períodos secos aumenta, atingindo 41,3 dias em outubro, 30,1 dias em novembro e 34,2 dias em janeiro, para 100 anos de períodos de recorrência. A análise dos períodos secos deve ser feita de maneira diferenciada e compatível com o calendário agrícola. Para o plantio são necessários períodos secos intercalados com períodos chuvosos; para garantir a germinação são necessários períodos chuvosos; na fase fenológica referente ao enchimento de grãos, deve-se evitar que coincida com períodos de alta frequência e intensidade de veranicos; o período de colheita deve coincidir com o final da estação das chuvas ou com os meses em que exista maior frequência de períodos secos.

Finalmente, na Fig. 5 é apresentado o número máximo de dias sem chuva calculados para as outras estações, no mês de janeiro. Observa-se acentuada heterogeneidade espacial, estimando-se veranicos com amplitudes variando de 5 a 30 dias. As áreas mais susceptíveis à aparição do fenômeno são, novamente, o Piauí, o sul do Maranhão, o sudoeste baiano e o norte de Minas Gerais, esperando-se, probabilisticamente, nestas regiões, veranicos de até 25 dias para períodos de retorno de cinco anos. Estas regiões são as que apresentam maior risco climático para agricultura de sequeiro. Isto não significa que estas regiões são inaptas para agricultura de sequeiro, pois seu passado de produção prova o contrário. É, entre-

tanto, importante recomendar práticas mais aprimoradas de preparo de solo, calagem e seleção varietal, para amenizar o risco climático. E as áreas com veranicos mais brandos são Mato Grosso, Goiás, norte do Tocantins, sudoeste do Maranhão e Triângulo Mineiro, com durações máximas de dez dias, para períodos de retorno de cinco anos.

A distribuição associada à grande variação espacial dos veranicos na região dos cerrados confirma as observações de Casarin (1983), segundo o qual, sob o enfoque sinóptico, o veranico é causado por bloqueios de grande escala no escoamento atmosférico. Deste ponto de vista, o mecanismo do veranico pode estar associado aos deslocamentos das zonas de convergência tropical e ao fenômeno El Niño, diretamente relacionado com o aumento da temperatura do Oceano Pacífico. Resta saber com que periodicidade e intensidade estes fenômenos ocorrem.

CONCLUSÕES

1. Este trabalho permitiu estudar mais detalhadamente e espacialmente o fenômeno conhecido como "veranico" na região dos cerrados brasileiros, por meio de análises estatísticas das observações diárias da precipitação. Foi possível conhecer a variação espacial do veranico, tanto em termos frequenciais como em termos probabilísticos.

2. Calculando-se o veranico de duração máxima para períodos de retorno de 5 a 100 anos, no

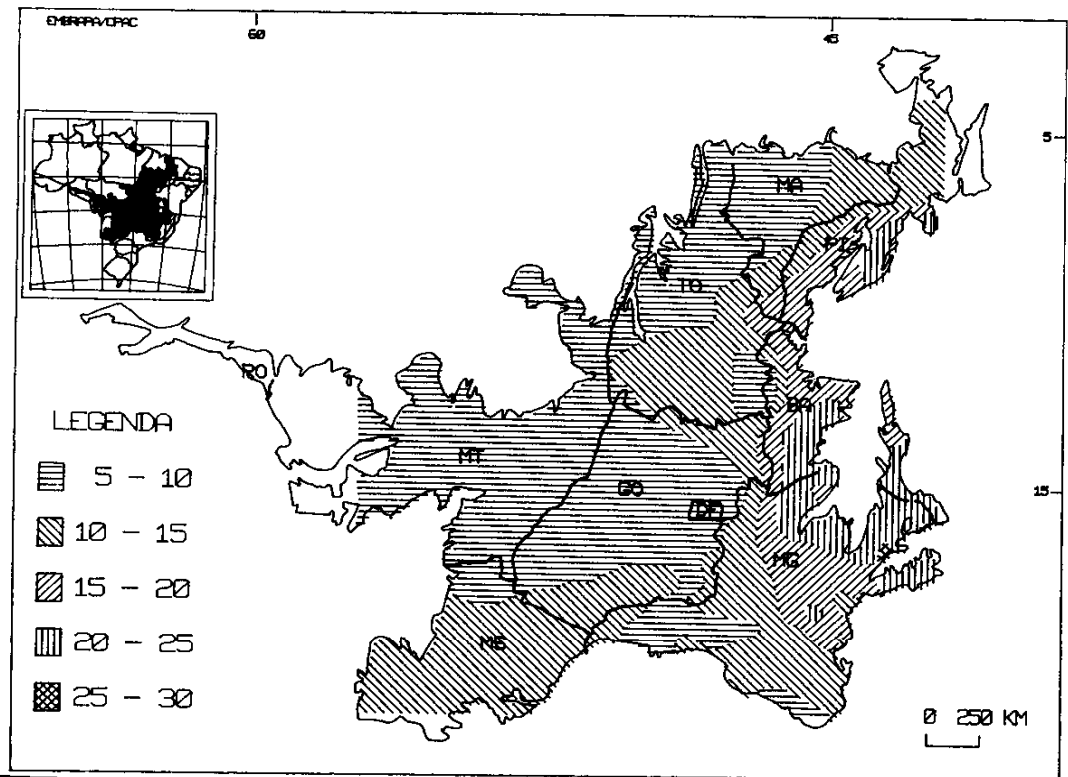


FIG. 5. Distribuição espacial dos veranicos (em dias) para o mês de janeiro estimados a partir das funções de distribuição de Gumbel e Weibull, calculados para período de retorno de 5 anos.

exemplo mostrado, ficou evidenciado que a duração do veranico aumenta no sentido de oeste para leste na região dos cerrados, atingindo valores de cinco a dez dias na parte oeste até 20 a 25 dias na parte leste.

3. Os estados onde se observa a maior frequência de veranicos de duração acima de 20 dias, são Piauí, Bahia (sudoeste baiano) e Minas Gerais (norte de Minas).

4. Observou-se que, à medida que aumenta a duração do veranico (acima de 15 dias), a distribuição do fenômeno torna-se mais homogênea na parte oeste dos cerrados, e com baixa frequência.

5. Em função de a maior densidade de estações estar localizada na região centro-sul do cerrado, nos estados de Goiás e Minas Gerais, a espacialização dos veranicos, feita por interpoladores lineares é mais confiável nestas regiões. Entretanto,

este estudo, de caráter prospectivo, mostra que o veranico, segundo sua intensidade, é altamente variável na região, e que a noção de risco climático fundamentada na redução da oferta pluviométrica deve ser regionalizada.

A partir destas conclusões, algumas considerações devem ser feitas:

1. Em algumas estações, o período de observação foi diferente, devido ao ano de início de operação da estação, ou mesmo pela não-disponibilidade de dados em alguns anos, portanto o período utilizado em todas as estações é de 20 anos de dados diários, mas os anos nem sempre são coincidentes no seu conjunto.

2. A alta densidade de dados na região centro-sul, e, conseqüentemente, a baixa densidade na região norte, central e oeste, reduz a confiabilidade da espacialização dos veranicos utilizando in-

terpoladores lineares, sem, entretanto, invalidá-los, enquanto estudo prospectivo. Estes são os dados disponíveis na região com séries históricas confiáveis, no momento.

3. É fundamental que nos próximos estudos, havendo maior densidade de informações pluviométricas, sejam associados aos parâmetros duração e distribuição dos veranicos, as altitudes dos postos pluviométricos, para incorporar à análise espacial os efeitos topográficos e orográficos.

4. É importante, também, conduzir outros estudos no sentido de relacionar a ocorrência de veranicos com a distribuição de temperatura do ar, temperatura dos oceanos, precipitação em áreas circunvizinhas ao cerrado, etc. Estes trabalhos poderão, num futuro próximo, esclarecer as relações existentes entre os veranicos e as variações climáticas em escala global, e entender melhor as conseqüências, para a agricultura, do fenômeno "El Niño".

AGRADECIMENTOS

À JICA (Japan International Cooperation Agency), pelo apoio fornecido e pela efetiva participação na elaboração deste trabalho, e ao responsável do Laboratório de Biofísica Ambiental do CPAC, Balbino Antonio Evangelista, pelo apoio na coleta e organização dos dados pluviométricos.

REFERÊNCIAS

- ARRUDA, V.H.; PINTO, H.S. A simplified gamma probability model for analyses of the frequency distribution of rainfall in the region of Campinas, SP, Brazil. *Agricultural Meteorology*, v.22, p.101-108, 1980.
- ASSAD, E.D.; CASTRO, L.H.R. Análise freqüencial da pluviometria para a estação de Sete Lagoas, MG. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.26, n.3, p.397-402, 1991.
- CASARIN, D.P. Um estudo observacional sobre os sistemas de bloqueto no hemisfério sul. São José dos Campos: INPE, 1983. 69p. (INPE-2.638-dt/114).
- COCHRANE, T.T.; PORRAS, J.A.; HENAO, M.R. The relative tendency of the cerrados to be affected by veranicos. A provisional assessment. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 6, 1982, Brasília. *Anais...* Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1988. P.229-239.
- CRUZ, V.B.; SOUZA, S.M.T.; NUNES, G.S.S. Recursos hídricos para a agricultura dos cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 5, 1979, Brasília. *Cerrado: uso e manejo*. Brasília: Editora/CNPq/Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1979. p.233-260.
- ENGENSPAÇO. *Sistema de tratamento de imagens SITIM: manual do usuário*. São José dos Campos, 1988. 1v.
- FRIZONE, J.A. *Análise de cinco modelos para cálculo da distribuição e freqüência de precipitações na região de Viçosa, MG*. Viçosa: UFV, 1979. 100p. Tese de Mestrado.
- GARCIA, E.A.C.; CASTRO, L.H. Análise freqüencial de chuva no Pantanal Mato-grossense. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.21, n.9, p.909-925, 1986.
- GENEVILLE, M.S.; BOOCK, A. Modelo estocástico para simulação da precipitação pluviométrica diária de uma região. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.18, n.9, p.950-966, 1983.
- JOHNSON, N.L.; KOTZ, S. *Distributions in statistics: Continuous multivariate distributions*. New York: John Wiley & Sons, 1970. 300 p.
- LUCHIARI JUNIOR, A.; RESENDE, M.; RITCHEY, K.D.; FREITAS JUNIOR, E.; SOUZA, P.I.M.; Manejo do solo e aproveitamento de água. In: SOLOS DOS CERRADOS: tecnologias e estratégias de manejo. Planaltina; EMBRAPA-CPAC, 1986. p.285-322.
- MOREIRA, M. *Metodologia para definir padrões pluviométricos*. Caso: cerrados brasileiros. Brasília: UNB, 1985. 120p. Tese de Mestrado.
- NIEUWOLT, S. Estimating the agricultural risks of tropical rainfall. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.45, p.251-263, 1989.
- PETRUASKAS, C.; AAGAARD, P.M. Extrapolation of historical storm data for estimating design wave heights. In: ANNUAL OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, 2, 1970, Houston. *Proceedings...* Houston: [s.n.], 1970. p.1409-1429.

WOLF, J.M. Probabilidade de ocorrência de períodos secos na estação chuvosa para Brasília. **Pesquisa**

Agropecuária Brasileira, Brasília, v.12, n. Único, p.141-150, 1977.