

## DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADE PARA A PRECIPITAÇÃO MENSAL DO ESTADO TÁCHIRA, VENEZUELA

Gustavo Bastos LYRA<sup>1</sup>, Beatriz Ibet Lozada GARCÍA<sup>2</sup>, Antonio Roberto PEREIRA<sup>3</sup>, Sonia Maria De Stefano PIEDADE<sup>4</sup>, Paulo César SENTELHAS<sup>4</sup>

### INTRODUÇÃO

O Estado de Táchira está localizado na região sul-ocidental da Venezuela, na Cordilheira dos Andes, com uma extensão territorial de 11.100 Km<sup>2</sup>. A distribuição da chuva é bimodal, com picos entre os meses de abril e junho e setembro e novembro, apresentando estação seca entre os meses de dezembro e abril.

Táchira é considerado um estado “produtor” de água, tanto para consumo humano, como para as atividades agrícolas e industriais. Entretanto, devido a sua variada topografia as chuvas diferem amplamente entre suas diversas regiões, o que dificulta o prognóstico efetivo deste recurso hídrico.

CATALUNHA et al. (2002) citam que o aproveitamento dos recursos hídricos de forma adequada requer o conhecimento das precipitações capazes de ocorrer em uma localidade, sendo isto possível através do uso das funções de probabilidade. Diversas são as teorias de probabilidade existentes, não havendo uma suficientemente adequada que justifique o uso de determinada distribuição (BACK, 2001).

Visando fornecer subsídios ao melhor uso dos recursos hídricos no Estado de Táchira o presente trabalho teve por objetivo determinar a distribuição de probabilidade que melhor se ajusta aos valores de precipitação mensal em onze localidades do Estado de Táchira, Venezuela.

### MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados valores de precipitação pluviométrica de 11 estações climatológicas do Estado de Táchira, Venezuela, pertencentes ao Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARN), com séries históricas de pelo menos 40 anos. Na Tabela 1 é apresentada a relação das estações utilizadas neste estudo.

Foi utilizado o software E-CLIMA para ajustar os valores da precipitação mensal às seguintes distribuições de probabilidade: exponencial (EX), cujo parâmetro foi estimado pelo inverso da média; normal (N), média e desvio padrão (ASSIS et al., 1996); log-normal (LN) à três parâmetros, valor mínimo, média e desvio padrão estimados pela série de valores; gama (GA); Gumbel (GU) e Weibull (W), cujos parâmetros foram calculados pelo método da máxima verossimilhança (CATALUNHA et al., 2002).

Devido à utilização da função logarítmica no cálculo dos parâmetros de algumas distribuições, meses com total de precipitação igual a zero foram substituídos por 0,1 mm (RIBEIRO et al., 1996).

Para a determinação da distribuição de melhor ajuste aos dados observados, foi empregado o teste de aderência qui-quadrado ( $\chi^2$ ) (ASSIS et al., 1996, CATALUNHA et al., 2002).

Tabela 1 – Relação das estações climatológicas utilizadas, com as respectivas latitudes (lat.), longitudes (long.), altitudes (alt.) e o número de anos da série histórica (Nº de anos)

Estação	lat. (° ' ")	log. (° ' ")	alt. (m)	Nº anos
1 Bramon	7 39 36 N	72 23 32 W	1105	62
2 Colon EF	8 01 45 N	72 15 01 W	880	48
3 Delicias	7 34 00 N	72 26 00 W	1600	46
4 El Recreo	7 47 18 N	72 22 30 W	920	44
5 La Cope	7 40 10 N	72 12 05 W	500	46
6 Lobatera	7 56 00 N	72 14 44 W	920	50
7 Los Laureles	7 55 08 N	72 07 27 W	1520	47
8 Pueblo Hondo	8 16 00 N	71 55 00 W	2100	50
9 San Cristobal	7 46 33 N	72 12 37 W	992	46
10 Ureña	7 55 00 N	72 27 00 W	350	49
11 Zorca	7 48 00 N	72 16 00 W	850	44

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

As distribuições normal, gama exponencial foram as que melhor se ajustaram aos valores de precipitação observados (Tabela 2), com aderência na faixa de quatro a oito estações para a normal (Tabela 3), nos meses de fevereiro, maio, junho, julho, setembro e outubro, seguida da gama, entre três a seis, nos meses de janeiro, abril, junho, agosto, novembro e dezembro e da exponencial, de três a cinco aderências, em janeiro, fevereiro, março, abril e dezembro. A distribuição log-normal foi a que apresentou o menor número de aderências na faixa de uma a duas estações, em março, outubro e novembro.

O melhor ajuste da distribuição normal está relacionado com o tamanho das séries em análise (acima de 40 anos), em que quanto maior a série melhor o ajuste dessa distribuição.

A distribuição EX se ajustou melhor aos meses que correspondem à estação seca, seguido da GA, com exceção de Colon EF, a qual não apresenta um período seco bem definido. Esse resultado está de acordo com CATALUNHA et al. (2002), que concluíram que na estimativa da probabilidade da precipitação mensal a distribuição EX é predominante nos meses secos, em Minas Gerais, Brasil.

Durante a estação chuvosa, predomina o ajuste da distribuição NO, igualmente seguida da distribuição GA, permitindo inferir sobre a simetria das séries em estudo, o que em termos práticos e de planejamento facilita a estimação das precipitações prováveis nestas localidades.

Em abril e novembro, meses de transição entre as estações seca e úmida, os melhores ajustes observados foram para as distribuições gama e Gumbel, respectivamente.

<sup>1</sup> Doutorando do curso de Física do Ambiente Agrícola, Departamento de Ciências Exatas (ESALQ/USP). Av. Pádua Dias, n 11, CP 9. Piracicaba, SP – CEP: 13418 – 900. [gblyra@esalq.usp.br](mailto:gblyra@esalq.usp.br)

<sup>2</sup> Doutorando do curso de Física do Ambiente Agrícola, Departamento de Ciências Exatas (ESALQ/USP)/ Investigador II do Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas CIAE – Táchira (INIA) - Venezuela. [beatrizloz@hotmail.com](mailto:beatrizloz@hotmail.com), [bigarci@esalq.usp.br](mailto:bigarci@esalq.usp.br)

<sup>3</sup> Prof. Titular do Departamento de Ciências Exatas, ESALQ/USP. [arpereir@esalq.usp.br](mailto:arpereir@esalq.usp.br)

<sup>4</sup> Prof. Doutor do Departamento de Ciências Exatas, ESALQ/USP. [soniamsp@esalq.usp.br](mailto:soniamsp@esalq.usp.br); [psentel@esalq.usp.br](mailto:psentel@esalq.usp.br)

Tabela 2 – Distribuições de probabilidade que melhor se ajustaram, com base no teste de qui-quadrado ( $\chi^2$ ), à precipitação mensal para as estações climatológicas utilizadas

Estação	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Bramón	GA	WE	GA	GA	GA	GU	NO	GA	GU	GU	GA	GA
Colon EF	GA	NO	WE	GA	NO	GA	NO	GA	NO	NO	GU	GA
Delicias	EX	NO	NO	EX	NO	GA	GA	GU	NO	LN	GA	GA
El Recreo	GA	NO	LN	GA	NO	NO	NO	NO	ns	ns	NO	GA
La Cope	WE	EX	LN	NO	NO	NO	GA	GA	ns	NO	GU	ns
Lo batera	EX	GA	EX	GU	NO	GU	GU	WE	WE	NO	NO	EX
Los Laureles	GA	NO	EX	GA	NO	GA	ns	GA	GA	GU	GA	EX
Pueblo Hondo	GA	EX	GA	EX	NO	EX	ns	NO	GA	GA	LN	GA
San Cristoval -Est.	ns	GA	NO	GA	NO	NO	NO	GU	NO	NO	GU	EX
Ureña	EX	EX	EX	EX	WE	NO	WE	WE	WE	NO	LN	EX
Zorca	EX	EX	EX	GA	GU	NO	GU	ns	NO	NO	GU	EX

A distribuição gama se ajustou à pelo menos uma estação em todos os meses do ano. (Tabela 3). Em função desses resultados, a distribuição Gama se apresenta como uma alternativa prática para a determinação das probabilidades de chuva durante o ano.

Nas estações Lobatera e Ureña, que possuem um breve mas intenso período seco entre os meses de junho a setembro, a distribuição que melhor se ajustou foi a Weibull, o que pode ser explicado pela maior frequência nas classes iniciais diminuindo fortemente a partir da terceira classe, diferindo da distribuição exponencial com forma de “J” invertido suave (CATALUNHA et al, 2002) presente na estação seca do final e início do ano.

### CONCLUSÃO

A distribuição exponencial destacou-se na estação seca do início do ano (janeiro – abril) e no mês de dezembro. Na estação chuvosa o melhor desempenho foi da distribuição normal.

O melhor ajuste nos períodos secos que ocorrem nos meses de julho e agosto, para as estações de Lobatera e Ureña, foi observado para a distribuição Weibull.

A distribuição gama se mostrou como uma opção no caso de haver interesse em utilizar uma única função.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSIS, F.N. de; ARRUDA, H.V.; PEREIRA, A.R. **Aplicações de estatística a climatologia: teoria e prática**. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 1996. 161 p.
- BACK, A. J. Seleção de distribuição de probabilidade para chuvas diárias extremas do estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 211-222, 2001
- CATALUNHA, M. J.; SEDIYAMA, G. CH.; LEAL, B. C., et al., Aplicação de cinco funções de densidade de probabilidade a séries de precipitação pluvial no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 153-162, 2002.
- RIBEIRO, A.M.A.; LUNARDI, D.M.C. A precipitação provável para Londrina-PR, através da função gama. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.12, n.4, p. 37-44, 1996.

Tabela 3 – Número de aderências observadas em cada mês nas onze localidades analisadas, com base no teste de qui-quadrado ( $\chi^2$ )

Distribuição	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Exponencial	4	4	4	3	-	1	-	-	-	-	-	5
Gama	5	2	2	6	1	3	2	4	2	1	3	5
Gumbel	-	-	-	1	1	1	2	2	1	2	4	-
Log-Normal	-	-	2	-	-	-	-	-	-	1	2	-
Normal	-	4	2	1	8	5	4	2	4	6	2	-
Weibull	1	1	1	-	1	-	1	2	2	-	-	-