

Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil

Rivanildo Dallacort^{1*}, Juliano Araujo Martins², Miriam Hiroko Inoue², Paulo Sérgio Lourenço de Freitas³ e Ademar Junior Coletti²

¹Departamento de Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Rod. MT-358, Km 7, Cx. Postal 287, 78300-000, Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil. ²Departamento de Agronomia, Universidade do Estado do Mato Grosso, Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil. ³Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: rivanildo@unemat.br

RESUMO. Pela grande importância em se conhecer a distribuição da precipitação pluviométrica no município de Tangará da Serra, Estado do Mato Grosso (lat. 14°37'55"S, long. 57°28'05"W e altitude de 488 m), por ser uma região de expressão agrícola, esse tipo de informação se torna indispensável para um planejamento adequado, uma maximização do potencial agrícola e uma otimização dos recursos hídricos. Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi avaliar a variabilidade anual, mensal e decenal, quantificar o número de dias secos e chuvosos e a precipitação para diferentes níveis de probabilidade. Foram utilizados dados pluviométricos disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA), do período de janeiro de 1970 a dezembro de 2007, totalizando um histórico ininterrupto de 38 anos. O comportamento da precipitação em Tangará da Serra possui variações anuais e mensais, constituindo duas estações bem definidas, uma seca, de maio a setembro, e outra chuvosa, de outubro a abril. A variabilidade anual no período avaliado corresponde ao valor máximo de 2.861, mínimo de 1.404 e médio de 1.830 mm, respectivamente. A função gama incompleta expressa adequadamente a probabilidade de precipitação em Tangará da Serra, e as médias mensais de precipitação apresentam-se entre 40 e 50% de probabilidade para os meses chuvosos e entre 30 a 40% para os meses sem chuva. Pelos resultados, esse tipo de pesquisa auxilia na elaboração de projetos de irrigação para o município de Tangará da Serra no Estado de Mato Grosso, Brasil.

Palavras-chave: precipitação pluvial, probabilidade, recursos hídricos.

ABSTRACT. Rain distribution in Tangará da Serra, mid-northern Mato Grosso State, Brazil. It is of great importance to know the rain distribution in the region of Tangará da Serra (latitude 14°37'55"S, longitude 57°28'05"W and altitude 488 m), as it is an agricultural region, which makes such information essential for an adequate planning, maximization of agricultural potential and optimization of hydric resources. Thus, this work was aimed at evaluating the annual, monthly and ten-day pluviometric variability, and also quantifying the number of dry and rainy days and different levels of rain probability for the region. Pluviometric data provided by 'Agência Nacional de Águas' (ANA) were used to analyze a period of 38 years (from January 1970 to December 2007). Precipitation behavior in Tangará da Serra has annual and monthly variations, constituting two well defined seasons – a dry one from May to September, and a rainy one from October to April. Annual variability during the analyzed period corresponds to the maximum value of 2,861, minimum of 1,404 and average of 1,830 mm, respectively. The incomplete gamma function adequately expresses precipitation probability in Tangará da Serra. Precipitation averages range from 40 to 50% probability for rainy months and from 30 to 40% for dry ones. According to the results, this type of research might help the elaboration and development of irrigation projects in this region.

Keywords: pluviometric precipitation, probability, hydric resources.

Introdução

Dentre os elementos meteorológicos, o regime pluviométrico é o que exerce maior influência sobre as condições ambientais. Além do efeito direto sobre o balanço hídrico, esse processo influencia indiretamente outras variáveis, tais como temperatura do ar e do solo, umidade

relativa do ar e radiação solar, que, no conjunto, atuam como fatores básicos para o crescimento e desenvolvimento das plantas (SANTOS, 2005).

A quantidade e a distribuição de chuvas que ocorrem anualmente em uma região determinam o tipo de vegetação natural e também o modo de exploração agrícola predominante (BURIOL et al.,

2007). A precipitação é fator limitante principalmente quando se refere à produção agropecuária. Em ambientes rurais, os efeitos adversos da irregularidade no regime pluviométrico resultam na perda parcial ou total das safras, que comprometem o mercado, o desemprego e a segurança alimentar (ELY et al., 2003).

A região Centro-oeste possui extensas áreas de exploração agrícola, com elevada variabilidade no regime pluviométrico, o que pode comprometer a participação do Estado no Produto Interno Bruto Nacional (ELY et al., 2003). Na região dos cerrados, as precipitações concentram-se no período de primavera-verão, quando se intensificam as atividades agrícolas, porém, podem ocorrer irregularidades de ocorrência da precipitação, podendo advir sequências de dias secos durante o período chuvoso, o que interfere negativamente na produtividade das culturas (SOUSA, 1998). Segundo Figueiredo et al. (2007) e Heinmann et al. (2000), a otimização do uso da água em projetos de irrigação é fator importante na redução dos impactos ambientais e no aumento da rentabilidade.

A precipitação pluvial, quando apresenta grande variabilidade temporal, expõe as culturas ao excesso ou ao déficit hídrico e ambos os fatores interferem diretamente no desenvolvimento e na produtividade das culturas (DALLACORT et al., 2005). O excesso de chuvas, segundo Ranieri et al. (1998), pode acarretar perdas de nutrientes no solo, por meio de lixiviação ao longo do perfil e em terrenos declivosos ou com drenagem e terraciamento deficientes e essas perdas podem ser intensificadas pelo processo erosivo. Por outro lado, o déficit hídrico compromete todo o balanço energético das plantas, quando submetidas à carência de água, refletindo-se no comprometimento da absorção de nutrientes e na fixação de biomassa (SANTOS; CARLESSO, 1998).

Sousa e Nery (2002) ressaltam a importância da precipitação na expressão do clima e do potencial agrícola de uma região. Desse modo, o conhecimento da distribuição da precipitação pluviométrica é fundamental, visto que o sucesso das atividades agrícolas está diretamente ligado aos seus níveis de ocorrência (SMITH, 2000). Gomes e Souza (2008) relatam que, além da distribuição das chuvas, a capacidade de armazenamento da água do solo é outro fator determinante da produção.

Segundo Assad (1992) e Back (2006), o conhecimento da quantidade, intensidade, frequência e duração das precipitações significa constituir fator imprescindível na determinação do manejo agrícola a ser adotado, possibilitando maior segurança e controle de produção. Em geral, o valor

médio da precipitação se situa entre os níveis de 40 e 50% de probabilidade de ocorrência; esse valor é inferior aos indicados para utilização em planejamento de sistemas de irrigação que ficam em torno de 75% (CASTRO; LEOPOLDO, 1995).

Diversos estudos indicam a distribuição gama como o meio probabilístico mais confiável na determinação de totais mensais de precipitação como se verifica em Fietz et al. (1998), Araújo et al. (2001), Catalunha et al. (2002), Murta et al. (2005), Silva et al. (2007) e Sampaio et al. (2007), sendo estes estudos aplicados nas diversas áreas, com destaque para as pesquisas realizadas por Faria e Bowen (2003), Heinmann et al. (2002), Suleiman e Ritchie (2004) e Samani (2000) na área de modelagem agrometeorológica no planejamento agrícola.

Com base no exposto, verifica-se a importância do conhecimento da distribuição da precipitação pluviométrica, como suporte ao planejamento agrícola em determinada região. Neste contexto, o trabalho teve como objetivos avaliar a variabilidade anual, mensal e decenal, quantificar o número de dias secos e chuvosos e definir diferentes níveis de probabilidade de precipitação para a região de Tangará da Serra, médio Norte do Estado de Mato Grosso.

Material e métodos

Os dados pluviométricos foram disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA), a qual possui uma estação pluviométrica com código de identificação, 1457001, localizada no município de Tangará da Serra, Estado do Mato Grosso (lat. 14°37'55"S, long. 57°28'05"W e altitude de 488 m). Os valores de precipitação foram coletados com auxílio de um pluviômetro tipo *Ville de Paris*, instalado sobre um suporte de 1,5 m de altura do solo, em um período de 38 anos (1970 a 2007).

Os dados foram tabulados e sua consistência verificada com o auxílio do software computacional CLIMA desenvolvido pelo Instituto Agronômico do Paraná (FARIA et al., 2003). Posteriormente, análises de médias e de desvio-padrão anuais, mensais e decenais foram realizadas para discussão dos dados.

Para análise de ocorrência de dias secos e chuvosos, foram considerados secos os dias em que a precipitação foi igual ou inferior a 5 mm e chuvosos quando a precipitação foi igual ou superior a 5,1 mm (SANS et al., 2001).

A determinação de diferentes níveis de probabilidade de precipitação foi realizada, utilizando-se o modelo probabilístico de distribuição Gama incompleta (THOM, 1958). Sua função densidade de probabilidade é dada pela Equação 1.

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (1)$$

em que:

- α = parâmetro de forma (adimensional);
- β = parâmetro de escala (mm);
- e = base do logaritmo neperiano;
- x = total de precipitação (mm); e
- Γ = símbolos da função gama, definida conforme a Equação 2.

$$\Gamma(\alpha+1) = \sqrt{2\pi\alpha} \alpha^\alpha e^\alpha \left(1 + \frac{1}{12\alpha} + \frac{1}{288\alpha^2} - \frac{139}{51840\alpha^3} \right) \quad (2)$$

Um dos métodos usualmente utilizado é o dos momentos, o que consiste em igualar a média (\bar{X}) e a variância (S^2) da amostra à média e à variância da população, originando as Equações 3 e 4 (ASSIS et al., 1996).

$$\alpha = \frac{\bar{X}^2}{S^2} \quad (3)$$

$$\beta = \frac{S^2}{\bar{X}} \quad (4)$$

em que:

- \bar{x} = precipitação média do período (mm);
- S^2 = variância (mm²).

Determinaram-se níveis de 10, 25, 40, 50, 60, 75 e 90% de probabilidade para posterior análise e discussão dos resultados.

Resultados e discussão

O comportamento anual de precipitação no período estudado indica grande variação anual da distribuição das chuvas na região, evidenciando a ocorrência de precipitação máxima de 2.861 mm no ano de 1990, mínima de 1.404 mm no ano de 2004 e média de 1.830,8 mm, apresentando desvio-padrão de 312,8 mm nos 38 anos estudados.

A distribuição anual das chuvas na região, Figura 1, indica que, em 24% dos anos (nove anos), a média anual ultrapassou 2.000 mm, sendo 1996 o último ano em que este fato ocorreu, sendo possível afirmar que nos últimos 11 anos não ocorreram altos índices de precipitação anual. Em 58% dos anos, a precipitação permaneceu entre 1.500 e 2.000 mm, (22 anos) e os restantes em 18% (sete anos) com a média estando abaixo de 1.500 mm.

Na Figura 2, as médias mensais dos 38 anos avaliados caracterizam duas estações na região, a estação das águas (outubro a abril) e da seca (maio a setembro). Conforme Sousa (1998), este comportamento é característico na região dos cerrados. Os meses críticos para o regime hídrico são os meses de junho, julho e agosto, que apresentam uma média de 14,56 mm, elevando-se nos meses de maio e setembro com média de 67,3 mm. Pelo baixo índice pluviométrico, estes meses apresentaram os menores desvios-padrão, ou seja, 14,8; 17,2 e 24,1 mm, respectivamente.

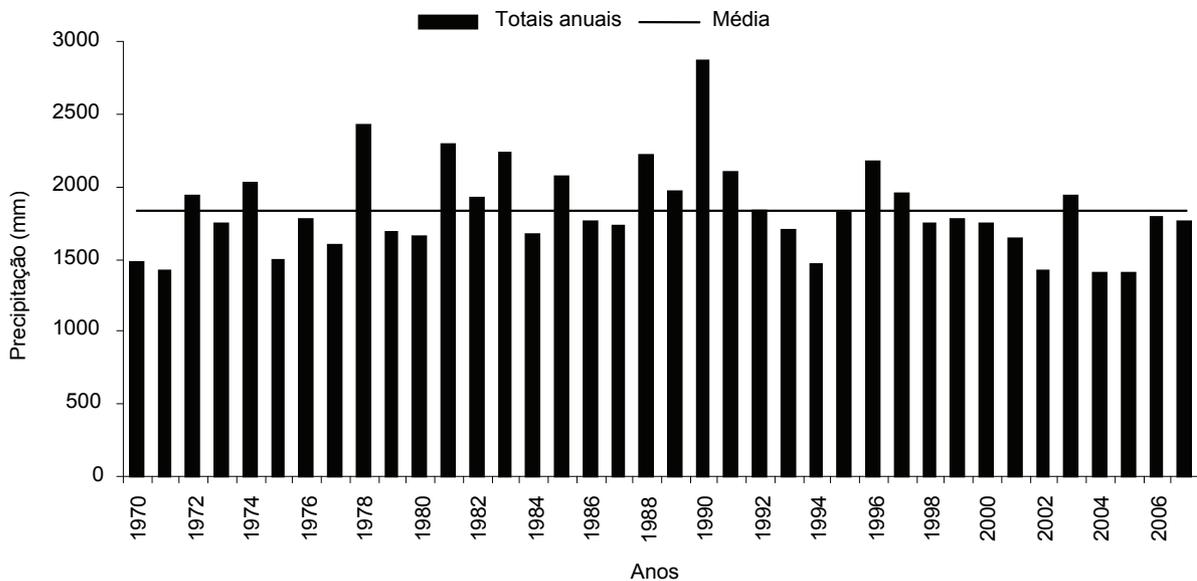


Figura 1. Distribuição pluviométrica anual no município de Tangará da Serra, Estado do Mato Grosso.

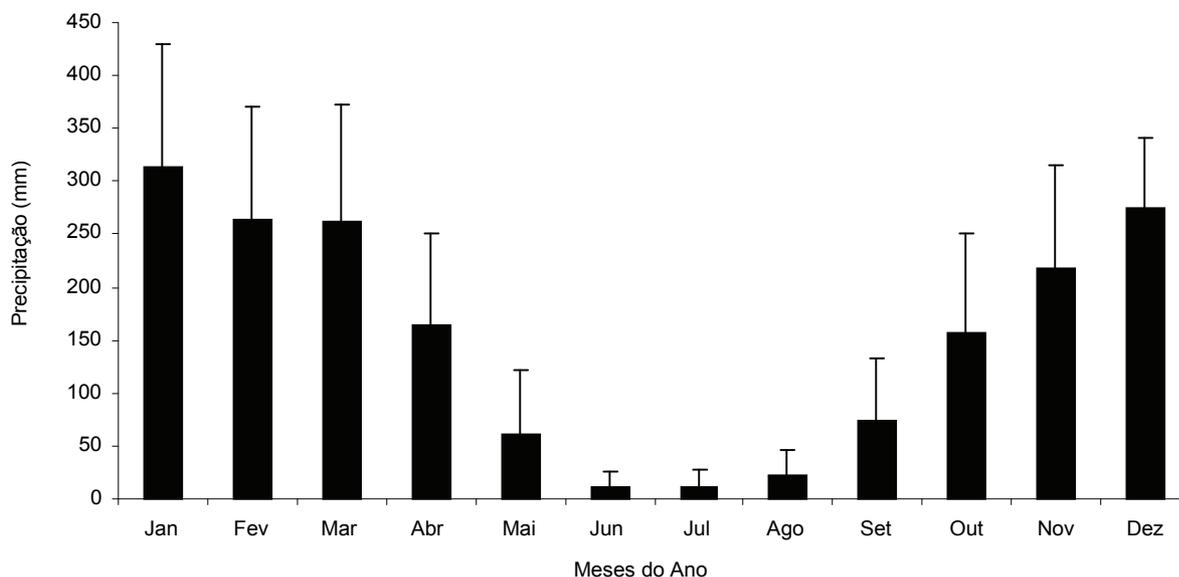


Figura 2. Médias mensais e desvio-padrão da precipitação no Município de Tangará da Serra, Estado do Mato Grosso.

Os meses com maior incidência de chuva foram dezembro, janeiro, fevereiro e março, com médias acima de 250 mm mês⁻¹. Também nestes meses se observaram os maiores desvios-padrão, com exceção do mês de dezembro, quando foi constatado o menor desvio-padrão entre os meses chuvosos

(66 mm), em relação aos demais (115, 107 e 110 mm, respectivamente para os meses de janeiro, fevereiro e março), indicando que as chuvas no mês de dezembro são mais uniformes que nos demais meses chuvosos.

O comportamento da distribuição decendial da precipitação, apresentada na Figura 3, caracteriza, no sexto decêndio, diminuição das chuvas em relação aos decêndios anteriores e posteriores, apresentando média de 2 mm a menos por dia. Segundo Peske e Hamer (1997), a umidade é o fator que mais compromete a qualidade física e biológica da semente, fazendo aumentar o custo com secagens artificiais e reduzir sua qualidade e valor econômico. Seria importante na região o planejamento de semeadura que fornecesse maiores áreas propícias à colheita no período anteriormente citado.

Em 11 dos 36 decêndios, o que equivale a 30%, a precipitação supera os 75 mm, e o terceiro decêndio é o que apresenta maior média (109 mm). Nos restantes dez decêndios a precipitação está abaixo dos 25 mm, constatando que, do decêndio 16 ao 22, as médias foram iguais ou inferiores a 10 mm e, nos decêndios restantes, as médias oscilaram entre 25 e 75 mm.

Com base nas análises dos dados, constatou-se variação temporal das chuvas na região, o que

acabava submetendo os agricultores a uma série de desafios, tanto pelo excesso como pelos baixos níveis de precipitação. Essas inconveniências provocam variações anuais do rendimento agrícola e do custo de produção (ELY et al., 2003). Portanto, o conhecimento prévio e confiável do regime pluviométrico para o planejamento agrícola poderá reduzir significativamente os riscos de prejuízos nas atividades agropecuárias.

Na Figura 4, estão apresentados os números de dias secos e chuvosos. A média de dias chuvosos por ano foi de 78 dias, sendo 1976 o ano que teve menor período chuvoso com 57 dias e o ano com maior número de dias chuvosos foi o de 1990, com 126 dias, com desvio-padrão relativamente baixo de 13,7 dias chuvosos.

Na Figura 5, observa-se o comportamento da ocorrência média mensal de dias secos e chuvosos ao longo de 38 anos de dados de precipitação; no período de dezembro a março, registrou-se o maior número de dias chuvosos. Nesse período, as operações mecanizadas, principalmente na colheita de soja, semeadura do algodão e milho safrinha, são prejudicadas.

Verificou-se, também, a existência de três meses críticos, quando praticamente não há ocorrência de chuvas, e que compreende os meses de junho, julho e agosto, fato que impossibilita o desenvolvimento adequado de qualquer cultura sem a irrigação. O que, segundo Fidelis et al. (2003), é o principal contraponto do emprego de sistemas de semeadura direta na região, pela onerosidade em se realizar manutenção e acúmulo de cobertura morta no período seco do ano.

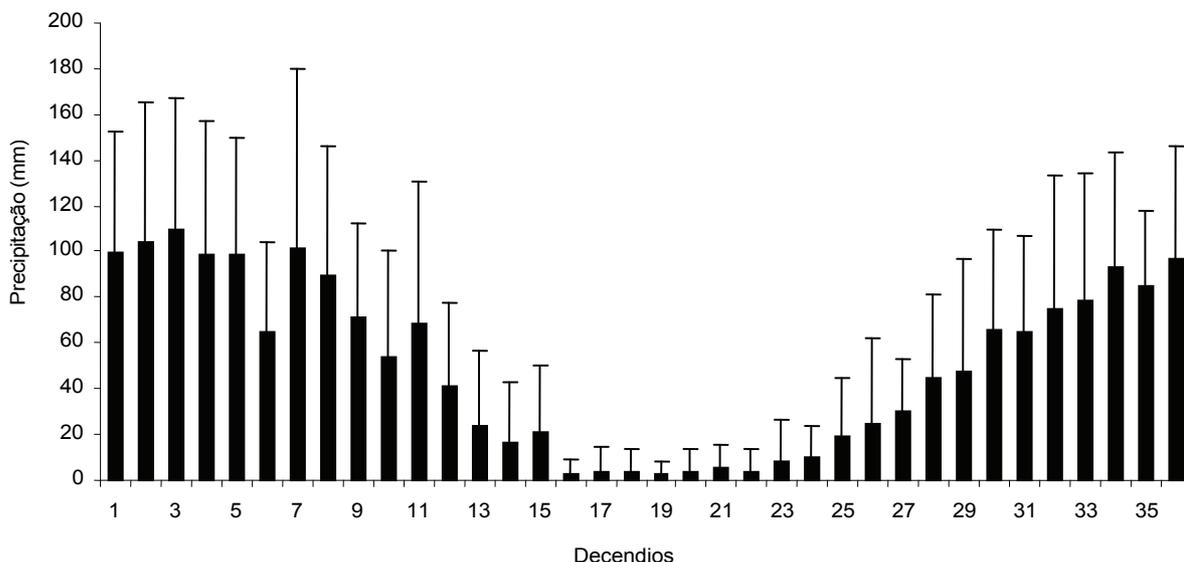


Figura 3. Médias pluviométricas decendiais para o município de Tangará da Serra, Estado do Mato Grosso.

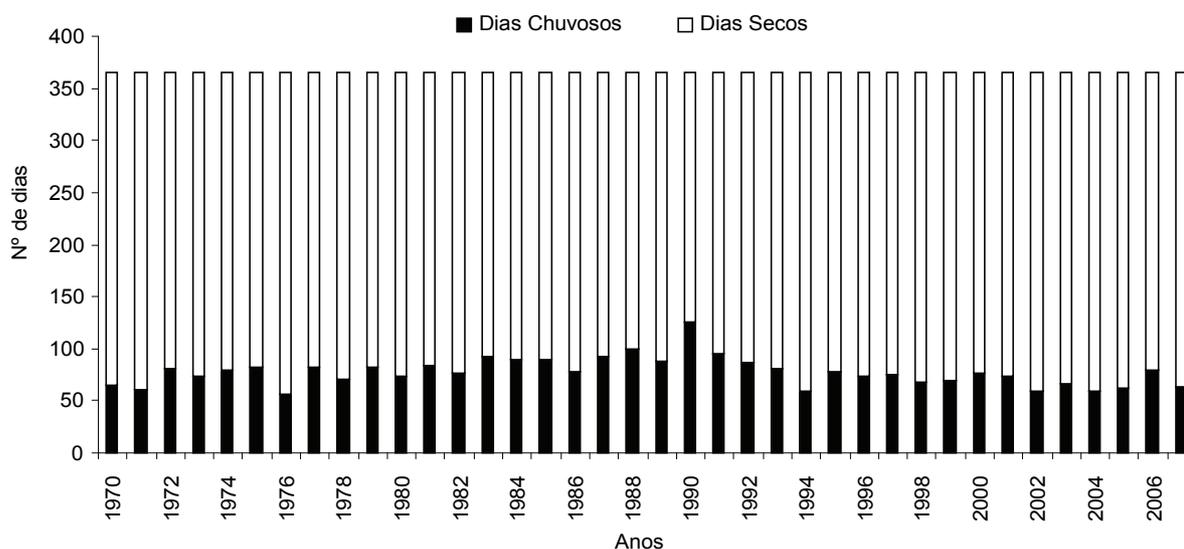


Figura 4. Ocorrência média anual de dias secos e chuvosos em Tangará da Serra, Estado do Mato Grosso.

A cultura do milho tem maior exigência hídrica no período que compreende desde a pré-floração até o enchimento de grãos (SILVA et al., 2006). Deste modo, a obtenção de altas produtividades em cultivos de segunda safra na região está diretamente ligada à época de plantio e, quanto mais tardia, maiores os riscos de insucesso nesta atividade.

A média anual de precipitação se situa entre os valores de 40 e 50% de probabilidade, e valores para 25, 50 e 75% de probabilidade correspondem a 2.031,03; 1.813,10 e 1.611,35 mm, respectivamente (Tabela 2). Segundo Morais et al. (2001), o conhecimento prévio da lâmina provável a precipitar garante maior segurança

no planejamento de sistemas de irrigação suplementar e até mesmo na expansão da produção agrícola, permitindo maior eficiência no aproveitamento de recursos hídricos.

Nos meses de outubro a abril, quando se concentram as maiores ocorrências de precipitação, a média pluviométrica manteve-se entre níveis de 40 e 50% de probabilidade. Enquanto que, nos meses de maio a setembro, a probabilidade de ocorrência média reduziu entre 25 e 40%, indicando que, para meses com menor índice de precipitação, a variação temporal é mais acentuada, existindo maior probabilidade na ocorrência de valores abaixo da média do que iguais ou acima da mesma.

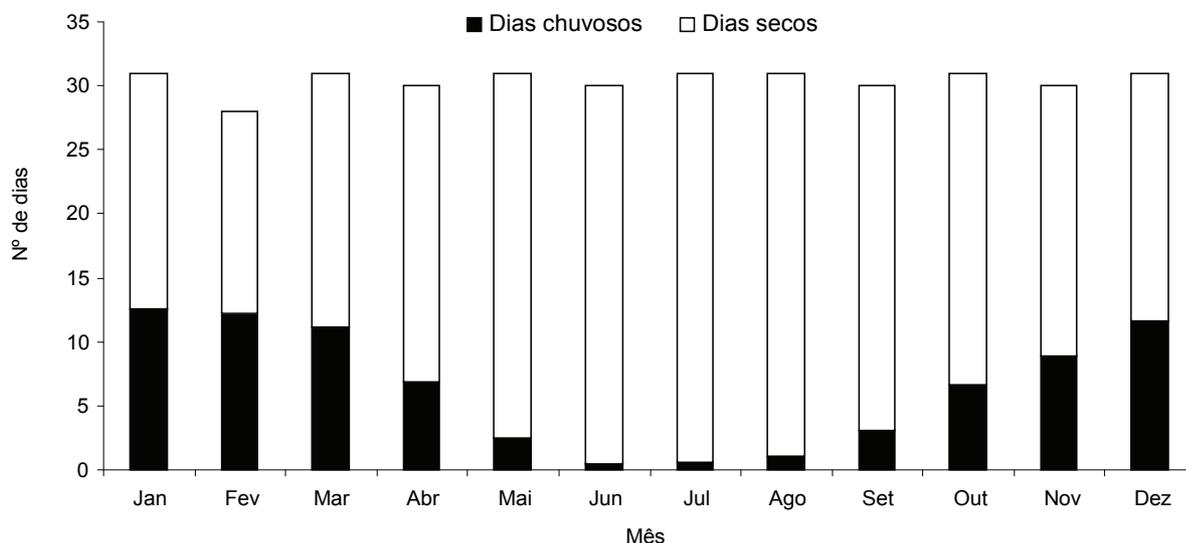


Figura 5: Ocorrência média mensal de dias secos e chuvosos no município de Tangará da Serra, Estado do Mato Grosso.

Tabela 2. Valores de α , β e precipitação provável para o município de Tangará da Serra, Estado do Mato Grosso.

Mês	\bar{x}	S ²	α	β	Níveis de probabilidade						
					90%	75%	60%	50%	40%	25%	10%
Jan	313,5	115,32	7,39	42,43	177,7	230,0	271,9	299,4	328,8	381,7	467,3
Fev	263,2	107,57	5,99	43,96	138,2	185,0	223,3	248,7	276,0	325,7	407,0
Mar	262,5	109,98	5,70	46,08	135,0	182,5	221,4	247,3	275,2	326,0	409,6
Abr	163,5	88,16	3,44	47,53	65,5	98,8	127,9	148,0	170,1	211,4	281,7
Mai	61,0	60,16	1,03	59,36	6,8	18,0	31,7	42,7	56,2	84,5	139,5
Jun	10,3	14,81	0,49	21,23	0,2	1,0	2,7	4,6	7,2	13,6	28,1
Jul	11,3	17,18	0,43	26,17	0,1	0,8	2,5	4,4	7,3	14,5	31,4
Ago	22,1	24,05	0,84	26,20	1,7	5,3	10,1	14,2	19,4	30,6	53,0
Set	73,7	59,10	1,56	47,37	15,0	30,6	46,6	58,7	72,8	100,8	152,3
Out	157,1	93,40	2,83	55,54	55,4	88,4	118,2	139,0	162,2	206,2	282,3
Nov	217,6	98,48	4,88	44,57	104,8	145,7	180,0	203,0	227,9	273,6	349,5
Dez	275,1	65,97	17,39	15,82	194,7	228,2	253,7	269,9	286,7	316,3	362,3
Anual	1830,9	312,77	34,27	53,43	1443,2	1611,3	1735,4	1813,1	1893,0	2031,0	2241,4

Em níveis de 75, 50 e 25% de probabilidade, o mês de janeiro apresenta a maior precipitação provável, com 229,98; 299,43 e 381,70 mm, respectivamente. No entanto, o mês de dezembro foi o que teve menor variação entre os níveis de 75, 50 e 25% de probabilidade, com valores de 228,21; 269,85 e 316,27 mm.

O período seco (junho a agosto) e o chuvoso (outubro a abril) são intermediados pelos meses de maio e setembro, e no mês de maio existe a probabilidade de 75% de as precipitações serem iguais ou maiores a 18,02 mm. Para o mês de setembro, há 75% de probabilidade de as precipitações serem iguais ou maiores a 30,56 mm, provável motivo pelo qual não existem, na literatura, recomendações técnicas para semeadura de qualquer cultura nestes meses sem a utilização de sistemas de irrigação.

Segundo Castro e Leopoldo (1995), no Brasil, o parâmetro geralmente utilizado para dimensionamento de sistemas de irrigação é a média pluviométrica. Na região em estudo, a utilização desse parâmetro subestima valores de 50% de probabilidade. De acordo

com o autor, a recomendação técnica para elaboração de projetos de irrigação deve ser em níveis entre 75 e 80% de probabilidade. A utilização da média como parâmetro de dimensionamento pode gerar subdimensionamento de sistemas de irrigações, ocasionando o insucesso do agricultor.

O estudo da distribuição pluviométrica e de como prevê-la ou esperá-la para os próximos meses ou anos, torna-se cada vez mais relevante no planejamento racional de várias atividades agrícolas. Conhecendo-se a lâmina mínima a precipitar na região, com certa margem de segurança pode realizar-se planejamento eficiente de irrigações suplementares e melhor uso da água disponível, permitindo tomadas de decisões mais confiáveis, sendo informação importante para as mais diversas áreas do conhecimento.

Conclusão

A distribuição das chuvas na região apresentou variabilidade temporal anual de 2.861, 1.404 e 1.830 mm, para a máxima, mínima e média,

respectivamente. A região apresenta duas estações definidas, uma estação seca de maio a setembro e outra chuvosa de outubro a abril.

Referências

- ARAÚJO, W. F.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; MEDERIOS, R. D.; SAMPAIO, R. A. Precipitação pluviométrica mensal provável em Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 3, p. 563-567, 2001.
- ASSAD, E. D. Estimativas das precipitações máximas prováveis, com duração de 24 horas e de 30 minutos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n. 5, p. 677-686, 1992.
- ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V.; PEREIRA, A. R. **Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1996.
- BACK, J. B. Relações Intensidade-Duração-Frequência de chuvas intensas de Chapecó, Estado de Santa. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 575-581, 2006.
- BURIOL, G. A.; ESTEFANEL, V.; CHAGAS, A. C.; EBERHARD, T. D. Clima e vegetação natural do Estado do Rio Grande do Sul segundo o diagrama climático de Walter e Lieth. **Ciência Florestal**, v. 17, n. 2, p. 91-100, 2007.
- CASTRO, R.; LEOPOLDO, P. R. Ajuste da distribuição gama incompleta na estimativa da precipitação pluviométrica provável para os períodos de 15 e 10 dias da cidade de São Manuel (SP). **Energia na Agricultura**, v. 10, n. 1, p. 20-28, 1995.
- CATALUNHA, M. J.; SEDIYAMA, G. C.; LEAL, B. G. Avaliação de quatro modelos matemáticos para solução numérica da função gama. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 10, n. 1, p. 163-166, 2002.
- DALLACORT, R.; FREITAS, P. S. L.; RESENDE, R.; FARIA, R. T.; GONÇALVES, A. C. A. Utilização do modelo CROPGRO-drybean, na determinação das melhores épocas de semeadura da cultura do feijão, para a região de Maringá-PR. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, n. 2, p. 353-359, 2005.
- ELY, D. F.; ALMEIDA, I. R.; SANT'ANNA NETO, J. L. Implicações políticas e econômicas, variabilidade climática e o rendimento da cultura do milho no estado do Paraná. **Revista do Departamento de Geociências (UEL)**, v. 12, n. 1, p. 495-508, 2003.
- FARIA, R. T.; BOWEN, W. T. Evaluation of DSSAT soil-water balance module under cropped and bare soil conditions. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 46, n. 4, p. 489-498, 2003.
- FARIA, R. T.; CARAMORI, P. H.; CHIBANA, E. Y.; BRITO, L. R. S. Clima - Programa computacional para organização e análise de dados meteorológicos. **Engenharia Agrícola**, v. 23, n. 2, p. 372-387, 2003.
- FIDELIS, R. R.; ROCHA, R. N. C.; LEITE, U. T.; TANCREDI, F. D. Alguns aspectos do plantio direto para a cultura da soja. **Bioscience Journal**, v. 19, n. 1, p. 23-31, 2003.
- FIETZ, C. R.; FRIZZONE, J. A.; FOLEGATTI, M. V.; URCHER, M. A. Precipitação esperada em diferentes níveis de probabilidade, na região de Dourados, MS. **Ciência Rural**, v. 28, n. 1, p. 29-34, 1998.
- FIGUEIREDO, M. G.; PITELLI, M. M.; FRIZZONE, J. A.; REZENDE, R. Lâmina ótima de irrigação para o feijoeiro considerando restrições de terra e aversão ao risco. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, n. 5, p. 593-598, 2007.
- GOMES, S.; SOUZA, J. L. M. Limites na utilização de um modelo de balanço hídrico decenal em função da capacidade de água disponível no solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 2, p. 153-163, 2008.
- HEINMANN, A. B.; HOOGENBOOM, G.; FARIA, R. T. Determination of spatial water requirements at county and regional levels using crop models and GIS: an example for the state of Parana. **Agricultural Water Management**, v. 52, n. 3, p. 177-196, 2002.
- HEINMANN, A. B.; HOOGENBOOM, G.; GEORGIEV, G. A.; FARIA, R. T.; FRIZZONE, J. A. Center pivot irrigation management optimization using the CROPGRO model. **Transactions of the ASAE**, v. 43, n. 6, p. 1507-1516, 2000.
- MORAIS, A. R.; BOTELHO, V. A.; CARVALHO, L. G.; MUNIZ, J. A.; LAGE G. Estimativa da precipitação provável em Lavras (MG) através da distribuição gama. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 2, p. 305-310, 2001.
- MURTA, R. M.; TEODORO, S. M.; BONOMO, P.; CHAVES, M. A. Precipitação pluvial mensal em níveis de probabilidade Pela distribuição gama para duas localidades do sudoeste da Bahia. **Ciências Agrotecnicas**, v. 29, n. 5, p. 988-994, 2005.
- PESKE, S. T.; HAMER, E. Colheita de sementes de soja com alto grau de umidade. Qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 19, n. 1, p. 66-70, 1997.
- RANIERI, S. B. L.; SPAROVEK, G.; SOUZA, M. P.; DOURADO NETO, D. Aplicação de índice comparativo na avaliação do risco de degradação das terras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 4, p. 751-760, 1998.
- SAMANI, Z. Estimating solar radiation and evapotranspiration using minimum climatological data. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 126, n. 4, p. 265-267, 2000.
- SAMPAIO, S. C.; QUEIROZ, M. M. F.; FRIGO, E. P.; LONGO, A. J.; SUSZEK M. Estimativa e distribuição de precipitações decenais para o estado do Paraná. **Irriga**, v. 12, n. 1, p. 38-53, 2007.
- SANTOS, J. W. M. C. Ritmo Climático e Sustentabilidade sócio-ambiental da agricultura comercial da soja no Sudeste de Mato Grosso. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, v. 1, n. esp., p. 1-20, 2005.
- SANTOS, R. F.; CARLESSO R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.
- SANS, L. M. A.; ASSAD, D.; GUIMARÃES, D. P.; AVELAR, G. Zoneamento de riscos climáticos para a

- cultura do milho na região centro-oeste do Brasil e para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 527-539, 2001.
- SILVA, J. C.; HELDWEIN, A. B.; MARTINS, F. B.; TRENTIN, G.; GRIMM, E. L. Análise de distribuição de chuva para Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 67-72, 2007.
- SILVA, W. J.; SANS, L. M. A.; MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. Exigências climáticas do milho em sistema de plantio direto. **Informe Agropecuário**, v. 27, n. 27, p. 14-25, 2006.
- SMITH, M. The application of climatic data for planning and management of sustainable rainfed and irrigated crop production. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 103, p. 99-108, 2000.
- SOUSA, P.; NERY, J. T. Análise da variabilidade anual e interanual da precipitação pluviométrica da região de Manuel Ribas, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 24, n. 6, p. 1707-1713, 2002.
- SOUSA, S. A. V. Programa computacional para simulação da ocorrência de veranicos e queda de rendimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 12, p. 1952-1956, 1998.
- SULEIMAN, A. A.; RITCHIE, J. T. Modifications to the DSSAT vertical drainage model for more accurate soil water dynamics estimation. **Soil Science**, v. 169, n. 11, p. 745-757, 2004.
- THOM, H. C. S. A note on the gamma distribution. **Monthly Weather Review**, v. 86, n. 4, p. 117-122, 1958.

Received on November 21, 2008.

Accepted on April 24, 2009.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.