

Precipitação provável para o município de Afrânio-PE em diferentes níveis probabilístico

Edgo J. P. Santiago^{1†}, Luciano P. Silva², Frank Gomes-Silva³, Antonio S. A. Silva⁴

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco, DEINFO/PPGBEA.

²Universidade Federal Rural de Pernambuco, DEINFO/PPGBEA. E-mail: <lu.persil.lp@gmail.com>.

³Universidade Federal Rural de Pernambuco, DEINFO/PPGBEA. E-mail: <franksinatrags@gmail.com>.

⁴Universidade Federal Rural de Pernambuco, DEINFO/PPGBEA.

E-mail: <samuelpmatematico@yahoo.com.br>.

Resumo: O município de Afrânio está localizado na mesorregião do Rio São Francisco, inserido no polígono das secas é, portanto, marcado por intensa irregularidade de chuvas. Apesar disso, apresenta extensas área onde se realiza a agropecuária de sequeiro. Neste contexto, a escassez de recursos hídricos pode desempenhar um forte estorvo ao desenvolvimento socioeconômico. Sendo assim, estimativas da ocorrência de chuvas com determinado nível de probabilidade torna-se de grande importância para o planejamento agrícola por possibilitar determinação da época mais propícia a semeadura. Com isso, a proposta deste trabalho foi determinar a precipitação pluviométrica esperada em diferentes níveis de probabilidade para o município de Afrânio-PE visando definir melhor época para plantio de sequeiro e a época mais propícia para rebaixamento das plantas lenhosas da Caatinga visando o manejo pastoril de ovinos e caprinos criados extensivamente na região. O estudo foi realizado com dados pluviométricos mensais de uma série de 63 anos para município de Afrânio. As estimativas das precipitações pluviométricas mensais prováveis foram obtidas para os níveis de 90, 80, 75, 60, 50, 45, 40, 35 e 30% de probabilidade, utilizando-se a função de distribuição de probabilidade Gama. Verificou-se que o período chuvoso tem início em novembro podendo se estender até abril. A melhor época para o plantio de sequeiro no município de Afrânio-PE é o bimestre fevereiro-março, devido ter a menor probabilidade de ocorrência de períodos secos e maior possibilidade de períodos chuvosos consecutivos.

Palavras-chave: distribuição gama; agricultura de sequeiro; semiárido; manejo da caatinga; irrigação.

Abstract: The municipality of Afrânio is located in the mesoregion of the São Francisco River, inserted in the drought polygon is therefore marked by intense irregularity of rains. In spite of this, it presents an extensive area where the dryland agriculture is carried out. In this context, the scarcity of water resources may have a strong bearing on socioeconomic development. Therefore, estimates of rainfall occurrence with a certain level of probability becomes of great importance for agricultural planning because it allows determination of the time most propitious to sowing. The aim of this work was to determine the expected rainfall at different levels of probability for the municipality of Afrânio-PE, aiming to define a better time for rainfed planting and the more favorable season for lowering the Caatinga woody plants, aiming at the pastoral management of ovine and caprine animals raised extensively in the region. The study was carried out with monthly rainfall data of a 63-year series for the city of Afrânio. Estimates of probable monthly rainfall were obtained for the levels of 90, 80, 75, 60, 50, 45, 40, 35 and 30% probability, using the Gamma probability distribution function. It was verified that the rainy season begins in November and may extend until April. The best time for the rainy season in the municipality of Afrânio-PE is the February-March bimester, due to the lower probability of occurrence of dry periods and greater possibility of consecutive rainy periods.

Keywords: gamma distribution; rainfed agriculture; semiarid; management of the caatinga; irrigation.

†Autor correspondente: <edgoj@hotmail.com>.

Introdução

O município de Afrânio está localizado na mesorregião do Rio São Francisco e na microrregião de Petrolina-PE, limitando-se a norte e a oeste com estado do Piauí, ao sul com a Bahia e a leste com Dormentes-PE e Petrolina (BELTRÃO et al., 2005). Inserido no polígono das secas o município é, portanto, marcado por intensa irregularidade de chuvas. Santiago et al. (2017) afirmam que regiões como aquelas possuem como características climáticas, acentuada irregularidade pluviométrica, elevadas temperaturas e baixa umidade relativa do ar na maior parte do ano, além de grande déficit hídrico e elevadas taxas evapotranspiratórias. Esta por sua vez deve-se a alta incidência de radiação solar e consequente disponibilidade de calor sensível que fica disponível para o processo de transferência de vapor d'água para a atmosfera (SANTIAGO et al., 2016).

O município de Afrânio, assim como diversas outras inseridas no polígono das secas, apresentam extensas áreas onde se realiza a agropecuária dependente de chuvas. A chamada agricultura de sequeiro, realizada no período das águas. Portanto, a ocorrência de chuva é a forma menos dispendiosa e ambientalmente mais adequada para utilização de água na agricultura (VI-EIRA et al., 2010) e pecuária.

Neste contexto, a escassez de recursos hídricos pode desempenhar um forte estorvo ao desenvolvimento socioeconômico que se agrava com a ocorrência de sucessivas secas. Segundo Santiago et al. (2017), em regiões onde os recursos hídricos são escassos, a água pluvial é responsável por grande parte do desenvolvimento agrário. Ao ponto de assegurar ao menos à subsistência humana e animal que se dá mediante o plantio de culturas anuais e a criação animal.

Sobre este último, pode-se afirmar que em sua maioria é representada pela criação extensiva de caprinos e ovinos, o que para muitos pesquisadores causa preocupação. Uma vez que o superpastejo de pequenos ruminantes, criados extensivamente na Caatinga, vem sendo apontada como um dos principais fatores de degradação desse ecossistema (PEREIRA FILHO; SILVA; CÉZAR, 2013). Apesar disso, Araújo Filho et al. (2002) relatam que se tomadas medidas adequadas de manejo, a criação pode se dar de forma sustentável. Com isso, Pereira Filho et al. (2007) afirmam que a criação racional de caprinos e ovinos sob adequação das técnicas de manejo da vegetação da Caatinga e a correta utilização do seu potencial forrageiro garante, em última análise, a melhoria das condições de vida do homem do campo.

Dentre as técnicas de manejo da vegetação da Caatinga, estão o rebaixamento, raleamento e enriquecimento (ARAÚJO FILHO, 1992). O rebaixamento consiste em cortar todas as espécies lenhosas a uma altura de 30 a 40cm do solo sendo a época mais indicada para isso o terço final do período de estiagem e, dessa forma, tão logo se iniciem as chuvas, as plantas cortadas poderão utilizar suas reservas de carboidratos para rebrotarem, de modo a disponibilizarem forragem para os animais, além de proporcionar, especialmente nos locais com menos rebrotas, o desenvolvimento do estrato herbáceo (PEREIRA FILHO; SILVA; CÉZAR, 2013).

A ocorrência repetida das secas e seus graves efeitos são muito conhecidas na região semiárida e remontam aos primórdios da história do Brasil; esse quadro de escassez poderia ser minimizado, através de um gerenciamento integrado dos recursos hídricos tanto de superfícies quanto subterrâneos (BELTRÃO et al., 2005).

De acordo com estudo da Agência Nacional de Águas (ANA) divulgado no Atlas Irrigação: Uso da Água na Agricultura Irrigada, entre 1960 e 2015 a área irrigada no Brasil aumentou expressivamente, passando de 462 mil hectares para 6,95 milhões de hectares, e pode expandir mais 45% até 2030, atingindo 10 milhões de hectares. Neste cenário otimista, por estar inserido

na mesorregião do São Francisco, Afrânio possui alto potencial de se transformar em um grande polo irrigado a exemplo de Petrolina, que se destaca nacionalmente pelos seus cultivos irrigados.

Irigar consiste em fornecer água no volume de solo explorado pelo sistema radicular das culturas e tem como condição *sine qua non*, para poder ser realizada com primazia, o bom dimensionamento do sistema de irrigação. Nesse contexto, na elaboração do projeto de irrigação para atendimento da máxima necessidade hídrica das culturas, é preciso levar em conta o suprimento complementar de água às plantas que naturalmente é aportado às mesmas por precipitações.

Sendo assim, estimativas da ocorrência de chuvas com determinado nível de probabilidade torna-se de grande importância para o planejamento agrícola, não só por possibilitar a determinação da época mais propícia a aplicação de adubos e lâminas suplementar de irrigação, mas também por gerar informações sobre a melhor época de preparo do solo, colheita e semeadura (ÁVILA;MELLO;VIOLA, 2009), bem como definir a melhor época para uma intervenção na vegetação da caatinga visando otimizar a produção de forragem em busca da manutenção de bons índices de produção animal.

A estimativa da precipitação pluviométrica pode ser feita por meio de diversas funções de distribuição de probabilidade, como normal, log-normal, exponencial, Gumbel, Weibull e gama (LYRA et al., 2006). Mas, estes modelos precisam ser ajustados às séries históricas e validados por meio de testes de aderência (PINTO et al., 2012). Barreto et al. (2015) relatam que a escolha da função de probabilidade está diretamente ligada à natureza dos dados a que ela se relaciona; sendo possível estimar através de séries de dados pluviométricas, as probabilidades de ocorrência de precipitações, e com isso poder fazer planejamentos e gerenciamentos de operações agrícolas.

Nesse contexto, a proposta deste trabalho foi determinar a precipitação pluviométrica esperada em diferentes níveis de probabilidade para o município de Afrânio-PE visando definir melhor época para plantio de sequeiro e a época mais propícia para rebaixamento das plantas lenhosas da Caatinga visando o manejo pastoril de ovinos e caprinos criados extensivamente na região.

Material e métodos

O estudo foi realizado com dados pluviométricos mensais de uma série de 63 anos de 1950 a 2012. Esses dados são informações cedidas pelo Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (LAMEP), órgão pertencente ao Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP), obtidos na Estação meteorológica de Afrânio ($8^{\circ}30'54''S$ $41^{\circ}0'18''W$) localizada no município de Afrânio, PE. A região apresenta clima tropical semiárido, do tipo BSh de Köppen, com chuvas de verão. Tem vegetação de caatinga, com porte arbustivo a arbustivo-arbóreo ou raramente arbóreo (BELTRÃO et al., 2005). As estimativas das precipitações pluviométricas mensais prováveis foram obtidas para os níveis de 90, 80, 75, 60, 50, 45, 40, 35 e 30% de probabilidade, utilizando-se a função de distribuição de probabilidade Gama (ASSIS; ARRUDA; PEREIRA, 1996). Essa distribuição foi escolhida por ser universalmente utilizada para ajustes de dados pluviométricos e por se ajustar bem às regiões áridas e semiáridas onde os índices pluviométricos são normalmente muito baixo na maior parte do ano, conferindo uma forte assimetria positiva na distribuição dos dados.

A função densidade de probabilidade Gama é representada pela (Eq.1):

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}}, & \text{se } 0 < x < \infty \\ 0, & \text{se } -\infty < x \leq 0 \end{cases} \quad (1)$$

em que α é o parâmetro de forma (adimensional); β é o parâmetro de escala (*mm*); e é a base do logaritmo neperiano; x é o total de precipitação (*mm*). A função gama $\Gamma(\alpha)$ é dada pela (Eq.2) e os parâmetros α e β da distribuição gama foram estimados pelo método de máxima verossimilhança.

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx. \quad (2)$$

Como a série de dados continha valores nulos, não foi possível utilizar distribuição cumulativa gama, pois nesse caso não é possível estimar os parâmetros (α e β) pelo método de máxima verossimilhança. Utilizou-se para estimativa da frequência de ocorrência de eventos de precipitação, a distribuição cumulativa gama mista determinada segundo Assis, Arruda e Pereira (1996) e Thom (1951) pelas (Eq.3) e (Eq.4), respectivamente:

$$F(x) = P_0 + (1 - P_0)G(x) \quad (3)$$

$$P_0 = \frac{N_0}{N} \quad (4)$$

onde P_0 é a probabilidade de ocorrência de valores nulos, $G(x)$ é a função cumulativa gama de probabilidade, ajustada com exclusão dos valores nulos; N_0 é o número de valores nulos da série; N é o tamanho da série.

Para as estimativas dos valores de precipitação provável, utilizou-se as funções INV.GAMA e DIST.GAMA, que retornam respectivamente, o valor de precipitação associado a um determinado nível de probabilidade e o valor da probabilidade associado a um dado valor de precipitação. Ambas as funções levam em consideração ainda os valores de α e β que foram estimados pelo método de máxima verossimilhança utilizando o software Stata/MP versão 14.0. Na análise dos totais de precipitação de cada período, para verificar a porcentagem de ocorrência, foram consideradas quatro classes de chuvas acumuladas mensais, a fim de obter-se adequado grau de precisão nas estimativas de probabilidades de ocorrência para os períodos secos e chuvosos (ANDRADE et al., 2009). Considerou-se como mês seco (S), precipitação acumulada de 0 a 50*mm*; mês pouco chuvoso (PC), de maior que 50 a 100*mm*; mês chuvoso (C) de maior que 100 a 200 *mm*; e mês bastante chuvoso (BC) precipitação acima de 200*mm*. As precipitações inferiores ou iguais a 0,5 *mm* foram consideradas como 0,5 e como 1,0*mm* as do intervalo de 0,5*mm* a 1,0*mm*. As probabilidades de períodos secos $P(S)$, pouco chuvoso $P(PC)$, chuvoso $P(C)$ e bastante chuvoso $P(BC)$ foram calculadas conforme as (Eq.5) a (Eq.8), a saber

$$P(S) = \frac{FS}{FS + FPC + FC + FBC} \quad (5)$$

$$P(PC) = \frac{FPC}{FS + FPC + FC + FBC} \quad (6)$$

$$P(C) = \frac{FC}{FS + FPC + FC + FBC} \quad (7)$$

Sigmae, Alfenas, v.8, n,2, p. 437-448, 2019.

64ª Reunião da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria (RBRAS).
18º Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agronômica (SEAGRO).

$$P(BC) = \frac{FBC}{FS + FPC + FC + FBC} \quad (8)$$

em que FS é a frequência de períodos secos, FPC é a frequência de períodos pouco chuvosos, FC é a frequência de períodos chuvosos, FBC frequência de períodos bastante chuvosos.

Segundo Robertson (1976), Fietz et al. (1998) e Sousa (1999), as probabilidades condicionais de: períodos secos, dado que o período anterior também foi seco $P(S|S)$; período seco, dado que o período anterior foi chuvoso $P(S|C)$; período chuvoso, dado que o período anterior foi chuvoso $P(C|C)$ e período chuvoso, dado que o período anterior foi seco $P(C|S)$, são calculadas conforme as (Eq.9) a (Eq.12)

$$P(S|S) = \frac{N(S_i|S_{i-1})}{N(S_{i-1})} \quad (9)$$

$$P(S|C) = 1 - P(C|C) \quad (10)$$

$$P(C|C) = \frac{N(C_i|C_{i-1})}{N(C_{i-1})} \quad (11)$$

$$P(C|S) = 1 - P(S|S) \quad (12)$$

em que $N(S_i|S_{i-1})$ é o número de vezes que o mês i foi seco tendo sido o mês anterior ($i - 1$) também seco; $N(C_i|C_{i-1})$ é o número de vezes que o mês i foi chuvoso tendo sido o mês anterior ($i - 1$) também chuvoso; $N(C_{i-1})$ é o número total de vezes que o mês $i - 1$ foi chuvoso e $N(S_{i-1})$ é o número total de vezes que o mês $i - 1$ foi seco. Vale salientar que, para o cálculo das probabilidades condicionais foram consideradas apenas duas classes de chuvas: período seco (S) de 0 a 50mm e período chuvoso (C) acima de 50mm.

Para avaliação do ajuste associado aos valores de frequências de precipitações observados com os estimados, nos vários níveis de probabilidade, pela distribuição de probabilidade gama, aplicou-se o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Resultados e discussão

Com base na série de dados de precipitação pluviométrica, observou-se para o município de Afrânio, PE que o período chuvoso tem início em novembro podendo se estender até abril. Em consonância com isso, chuvas acima de 50,0 mm/mês, com 60% de probabilidade de ocorrência, são esperadas nos meses de fevereiro e março (Tabela 1). Entretanto, apesar da média histórica apontar para ocorrência de chuvas em junho e julho com valores superiores a 22mm, estes possuem alta probabilidade de serem individual e sequencialmente secos. Já os menores índices pluviométricos ocorrem entre os meses de agosto a outubro. Estes resultados estão de acordo com os observados por Santiago et al. (2017) em estudo realizado no município de Juazeiro, BA. Na ocasião foi constatado que o período chuvoso tem início em novembro indo até abril, podendo ocorrer chuvas a partir do mês de outubro e os menores índices pluviométricos ocorreram nos meses de junho a setembro. Na Figura 1 são apresentados, para as quatro classes de chuvas acumuladas mensais, valores da distribuição de frequência de ocorrência observadas

e prováveis, bem como o comportamento assimétrico dos eventos de precipitações, representados pela função densidade de probabilidade da distribuição Gama. Analisando-se a Figura 1, constata-se que durante todo o período de estudo, a função de distribuição gama, segundo o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov a 5% de probabilidade de erro, ajustou-se bem ($P\text{-valor} = 0,377$) às quatro classes de chuvas acumuladas mensais estudadas.

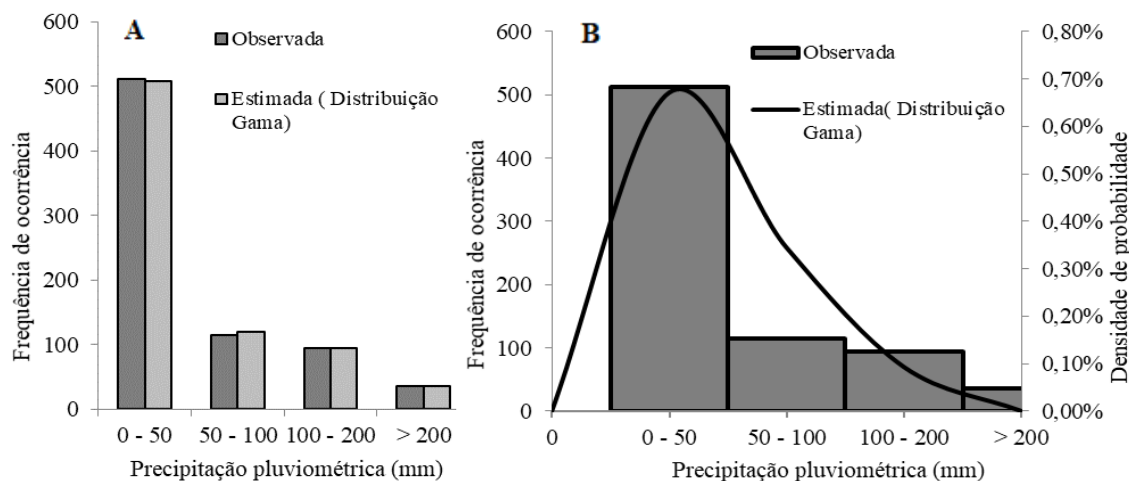


Figura 1: Distribuição de frequência da ocorrência de chuvas para quatro classes acumuladas mensais: frequência da ocorrência pluviométrica mensal observada e estimada pela distribuição Gama (A), histograma de frequência de precipitação mensal observada sobreposta pela função densidade de probabilidade Gama, no município de Afrânio-PE, período de janeiro de 1950 a dezembro de 2012. (Fonte: autor)

Na Figura 1A, para todas as classes de chuvas acumuladas mensais, observa-se uma alta proximidade das frequências de ocorrências de precipitações mensais prováveis estimada pela distribuição Gama e os valores realmente observados. Para os intervalos de 100 a 200mm e acima de 200mm, praticamente não foram observadas diferenças entre os valores estimados e observados. Constata-se ainda que, o número de ocorrência de precipitações mensais superiores a 200 mm, em toda a série histórica, correspondeu a menor frequência de observações, representando, ao todo, 36 eventos, significando apenas 4,76% da série de dados. De modo geral, estes resultados assemelham-se aos obtidos por Santiago et al. (2017) em estudo conduzido no semiárido baiano, que também verificaram, para os intervalos de 100 a 200mm e acima de 200mm, pequenas diferenças entre os valores estimados e observados e que ocorrência de precipitações mensais superiores a 200mm, correspondeu ao todo a 20 eventos, o equivalente a 4,16% da série de dados. Estas similaridades são, provavelmente, devidas as características climáticas comuns a ambas regiões de estudo já que estão situadas no semiárido brasileiro distantes entre si cerca de 123km apenas. É apresentado na (Tabela 1) os parâmetros de forma (α) e escala (β) da distribuição Gama, os dados de precipitação média mensal para o período de estudo e as estimativas das precipitações mensais prováveis em diferentes níveis de probabilidade.

É observado que, de maneira geral, a média dos valores de precipitação pluvial mensal de novembro a abril e de maio a outubro, ocorreram respectivamente próximos aos níveis de 40% e 35% de probabilidade (Tabela 1). Segundo Santiago et al. (2017) tal fato sugere que, a apropriação daqueles valores para utilização no planejamento de sistema de irrigação,

Tabela 1: Estimativas dos parâmetros da distribuição Gama (α , β), da precipitação média mensal (mm) e precipitação mensal média provável (mm) para diferentes níveis de probabilidade, Afrânio-PE. Série histórica: janeiro de 1950 a dezembro de 2012

	Precipitação pluviométrica (mm)													
	α	β	*p-valor	Média	Nível de probabilidade (%) - $P(X \geq x_i)$									
					90	80	75	70	60	50	45	40	35	30
Jan	1,010	94,076	0,672	86,0	9,3	19,5	25,1	31,0	44,3	59,9	68,9	79,0	90,5	103,6
Fev	1,503	56,667	0,568	81,1	15,9	27,3	32,9	38,6	50,6	64,0	71,5	79,7	88,8	99,1
Mar	1,875	63,589	0,795	113,6	28,4	44,9	52,7	60,6	76,7	94,2	103,8	114,2	125,7	138,7
Abr	1,498	59,828	0,533	75,5	14,8	25,4	30,6	35,9	47,1	59,6	66,6	74,2	82,7	92,3
Mai	0,786	57,874	0,087	25,5	2,1	4,5	6,0	7,6	11,4	16,1	19,0	22,2	25,9	30,2
Jun	0,625	86,366	0,068	25,1	1,4	3,2	4,4	5,8	9,3	14,0	16,8	20,2	24,1	28,7
Jul	0,529	130,160	0,040	22,2	1,1	2,3	3,2	4,3	7,1	11,1	13,7	16,7	20,2	24,5
Ago	0,628	66,499	0,925	9,7	1,1	1,8	2,2	2,8	4,1	5,8	6,9	8,1	9,6	11,3
Set	0,740	47,542	0,346	9,9	1,2	2,1	2,6	3,2	4,6	6,4	7,5	8,7	10,1	11,8
Out	0,926	29,579	0,664	14,6	1,8	3,4	4,3	5,3	7,5	10,1	11,6	13,4	15,4	17,6
Nov	1,912	31,122	0,835	47,3	12,2	19,1	22,4	25,6	32,3	39,5	43,5	47,8	52,5	57,8
Dez	1,357	57,688	0,873	73,3	12,6	22,6	27,6	32,8	43,9	56,4	63,4	71,1	79,7	89,5
Anual	0,965	77,953	0,377	583,8	5,1	10,7	13,8	17,1	24,6	33,5	38,6	44,4	51,0	58,6

(Fonte: autor)

pode comprometer sua utilização, por não representar a lâmina mínima precipitável na região, logo, ao ser levada em consideração, resultará em subutilização de equipamentos e acessórios. Equiparando os valores de precipitações médias mensais obtidas com aquela comumente recomendada para utilização no dimensionamento agrônomico de sistemas de irrigação, que é ocorrência de precipitação média provável com um nível de 75% de probabilidade, constatam-se grandes divergências. Todas as precipitações médias (Tabela 1) apresentaram probabilidade de ocorrência inferiores a 45%, ou seja, espera-se que a precipitação média ocorra numa frequência menor do que nove vezes a cada 20 anos; portanto, muito abaixo do nível recomendado para dimensionamento de projetos de irrigação, que segundo Bernardo (2006) é de três em cada quatro anos (75%) ou de quatro em cada cinco anos (80%). De acordo com Santiago et al. (2017), pode-se imputar esse comportamento discrepante à assimetria positiva apresentada pelas precipitações totais do período estudado, o que evidencia a boa aderência das mesmas a distribuição Gama Figura 1B. Ainda segundo aqueles autores é por esta razão que, ao longo do ano, se verifica alta frequência de precipitação esperada no período seco e pequena frequência esperada de precipitações no período considerado como bastante chuvoso. Para Moreira et al. (2010) e Pizzato et al. (2012), a utilização da média como parâmetro de dimensionamento provoca subdimensionamento de sistemas de irrigações, ocasionando danos ao produtor. Pinto et al. (2012) destacam que, projetos de dimensionamento de sistemas de irrigação partindo da precipitação média, provavelmente ficará subdimensionado, podendo não atender as necessidades hídricas da cultura e com isso, reduzir os rendimentos da mesma. Araujo et al. (2001) enfatizam a importância de estudos probabilísticos, considerando que o uso da chuva média no planejamento de atividades agrícolas é inadequado. Verificou-se que o parâmetro α variou de 0,529 em julho a 1,912 em novembro (Tabela 1). Segundo Santiago et al. (2017) o fato do parâmetro α não exceder o valor de 100 em nenhum mês, mostra que os dados mensais de chuva

Sigmae, Alfenas, v.8, n.2, p. 437-448, 2019.

64^a Reunião da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria (RBRAS).

18^o Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agrônômica (SEAGRO).

de toda série histórica foram bem ajustados pela distribuição Gama. Isso porque, de acordo com Thom (1958), pode ser provado que ao fazer α tender para o infinito, a distribuição Gama se aproxima da Normal e já a partir de valores de α maiores que 100, deve-se optar pelo uso da curva normal ao invés da Gama sob pena de ajustes insatisfatórios produzidos por esta. De modo amplo, as menores estimativas do parâmetro de forma (α) ocorreram nos meses com menores índices pluviométricos médios. Resultados semelhantes foram encontrados por Moreira et al. (2010), Pizzato et al. (2012) e Santiago et al. (2017), estudando a distribuição e probabilidade de ocorrência de chuvas no município de Nova Maringá-MT, Cáceres-MT e Juazeiro-BA, respectivamente.

O mês de novembro apresentou a maior estimativa para o parâmetro α (1,912) e o segundo menor valor estimado para o parâmetro β (31,122). Tal fato sugere que, neste mês, o índice pluviométrico mostra-se mais homogêneo, uma vez que elevados valores do parâmetro α e baixos valores do parâmetro β conferem um menor grau de assimetria em torno do valor de precipitação mais frequente (SANTIAGO et al., 2017) No entanto, isso não pode ser confirmado (Tabela1), pois de acordo com as precipitações prováveis para os diferentes níveis de probabilidade, o mês de agosto foi o que apresentou menor amplitude e menor média mensal de precipitação. Resultados similares foram observados por Santiago et al. (2017). Moreira et al. (2010) observaram que as menores estimativas do parâmetro α , coincidiram com os meses em que ocorreram os menores totais de precipitações, enquanto os maiores valores de α , ocorreram nos meses com maiores totais de precipitações. Martins et al. (2010) observaram que a variação interanual de precipitação é menos pronunciada nos meses em que os valores de α são maiores, podendo este parâmetro ser utilizado na determinação de períodos regulares de precipitação. Blain et al. (2007) estudando a distribuição temporal da precipitação pluvial mensal observada no posto meteorológico do Instituto Agronômico, em Campinas, SP, observaram que no mês de dezembro, para um dos quatro períodos analisados, ocorreu um regime mais homogêneo de precipitação pluvial, com maior ocorrência de valores próximos à moda e menor grau de assimetria em torno desta, indicados pelo maior valor de α e menor valor de β . Na (Tabela2) são apresentados os resultados encontrados por meio da análise probabilística da ocorrência de períodos secos, pouco chuvosos, chuvosos, bastante chuvosos, bem como suas probabilidades condicionais.

Analisando os valores das probabilidades de ocorrência de períodos secos $P(S)$ na (Tabela2), verifica-se que há uma tendência predominante de possíveis períodos secos na maioria dos meses do ano, sendo os meses de maio a outubro aqueles em que são esperados os maiores números de dias secos. Junho, julho, agosto e setembro apresentam alta probabilidade de serem secos, pois apresentaram probabilidades superiores a 90% para tal. Março, por sua vez, foi o mês com menor possibilidade de ocorrência de períodos secos, com probabilidade de 23,81%. Estes resultados corroboram com os obtidos por Santiago et al. (2017). Olhando os valores de $P(C)$, dentro do período considerando chuvoso, constatou-se que de dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril apresentaram maior probabilidade de ocorrência de meses chuvosos, respectivamente com 22,22%; 22,22%; 26,98; 30,16 e 20,63%. O mês de março apresentou-se como aquele com maior probabilidade de ser bastante chuvoso $P(BC)$ com 14,29%; ou seja, é esperado que em um, a cada sete anos, março apresente total de chuvas maior do que 200mm. Com relação as probabilidades condicionais, para o caso de $P(S|S)$ e $P(S|C)$, verifica-se que o mês de maio apresenta alta probabilidade de ser seco, independentemente de abril ter sido seco (83,87%) ou chuvoso (90,63%). Nota-se ainda que, janeiro é o mês que apresenta maior chance de ser chuvoso, caso o mês anterior tenha sido seco (69,23%), posto que passa a ser ocupado por março caso fevereiro tenha sido chuvoso (80,49%). Junho e agosto são dois meses que

Tabela 2: Probabilidade da ocorrência períodos secos P(S), pouco chuvosos P(PC), chuvosos P(C), bastante chuvosos P(BC), períodos secos, dado que o período anterior foi seco P(S/S), períodos chuvosos, dado que o período anterior foi seco P(C/S), períodos chuvosos, dado que o período anterior foi chuvoso P(C/C) e períodos secos, dado que o período anterior foi chuvoso P(S/C), Afrânio, PE. Período: de janeiro de 1950 a dezembro de 2012.

Mês	Probabilidade da ocorrência de precipitações (%)							
	P(S)	P(PC)	P(C)	P(BC)	P(S/S)	P(C/C)	P(C/S)	P(S/C)
Jan	47,62	22,22	22,22	7,94	30,77	43,24	69,23	56,76
Fev	34,92	33,33	26,98	4,76	33,33	63,64	66,67	36,36
Mar	23,81	31,75	30,16	14,29	31,82	80,49	68,18	19,51
Abr	49,21	22,22	20,63	7,94	53,33	52,08	46,67	47,92
Mai	87,30	4,76	3,17	4,76	83,87	9,38	16,13	90,63
Jun	92,06	0,00	3,17	4,76	100,00	62,50	0,00	37,50
Jul	92,06	1,59	1,59	4,76	98,28	80,00	1,72	20,00
Ago	95,24	1,59	1,59	1,59	100,00	60,00	0,00	40,00
Set	92,06	4,76	3,17	0,00	95,00	66,67	5,00	33,33
Out	92,06	3,17	4,76	0,00	93,10	20,00	6,90	80,00
Nov	65,08	23,81	9,52	1,59	65,52	40,00	34,48	60,00
Dez	41,27	31,75	22,22	4,76	46,34	68,18	53,66	31,82

Fonte: autor

certamente serão secos ($P(S|S) = 100,00\%$) caso o mês que os antecede, respectivamente, tiver sido seco. Ainda pela (Tabela 2) é possível afirmar que a estação seca no município de Afrânio vai de maio a novembro, uma vez que estes meses apresentam elevadas probabilidades de serem individualmente secos ou secos quando o mês que o antecede tenha sido seco. Nesta estação ocorre em média, 18,32% da precipitação anual. Este resultado assemelha-se aos obtidos por Santiago et al. (2017) para a região de Juazeiro-BA, os quais deixaram evidente que o volume precipitado na estação seca corresponde apenas a 12,30% da média anual histórica. Em ambos os casos os valores não são suficientes para o desenvolvimento de qualquer cultura sem a utilização de irrigação suplementar, em especial as anuais, principais culturas utilizadas na agricultura de sequeiro, por possuírem sistema radicular de pequeno desenvolvimento vertical e não tolerarem déficit hídrico devido aos seus curtos ciclos (JADOSKI et al., 2007) Apesar do período chuvoso em Afrânio poder iniciar em novembro, há uma razoável probabilidade de ele ser seco (65,08%) ou ser seco tendo sido seco outubro (65,52%). Por esta razão, no tocante a produção animal, especificamente a manipulação de plantas forrageiras da Caatinga para alimentação de ruminantes. É possível afirmar, com base na (Tabela 2), que a melhor época para o rebaixamento (broca) das plantas lenhosas é entre os meses de outubro e novembro.

Conclusão

A distribuição de probabilidade Gama ajustou-se bem a série de dados podendo ser utilizada para estimar a precipitação pluviométrica provável em diferentes níveis de probabilidade para o município de Afrânio-PE. A melhor época para o plantio de sequeiro no município de Afrânio-PE é o bimestre fevereiro-março, devido ter a menor probabilidade de ocorrência de períodos

secos e maior possibilidade de períodos chuvosos consecutivos. A época mais indicada no município de Afrânio para rebaixamento das plantas lenhosas da Caatinga visando o manejo pastoril é entre os meses de outubro e novembro.

Referências bibliográficas

ANDRADE, A.R.S.; FREITAS, J.C.; BRITO, J.I.B.; GUERRA, H.O.C.; XAVIER, J.F. Aplicação da probabilidade condicional e do processo de cadeia de markov na análise da ocorrência de períodos secos e chuvosos para o município de Garanhuns, PE, Brasil. *Ambiente & Água—An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v.4, n.1, p.169-182, 2009.

ARAÚJO FILHO, J.A. *Manipulação da vegetação lenhosa da caatinga para fins pastoris*. Embrapa Caprinos e Ovinos-Circular Técnica (INFOTECA-E), Sobral, CE: EMBRAPA-CNPC, 1992.

ARAÚJO FILHO, J.A.; CARVALHO, F.C.; GARCIA, R.; SOUZA, R.A. Efeitos da manipulação da vegetação lenhosa sobre a produção e compartimentalização da fitomassa pastável de uma caatinga sucessional. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.1, p.11-19, 2002.

ARAUJO, W.F.; ANDRADE JUNIOR, A.S.; MEDEIROS, 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.

ASSIS, F.N.; ARRUDA, H.V.; PEREIRA, A.R. *Aplicações de estatística a climatologia: teoria e prática*. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1996.

ÁVILA, L.F.; MELLO, C.R.; VIOLA, M.R. Mapeamento da precipitação mínima provável para o sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Departamento de Engenharia Agrícola-UFCG, Campina Grande, v.13, n. suplemento, p.906-915, 2009.

BARRETO, H.B.F.; PEREIRA, G.M.; SANTOS, W.O.; FREIRE, F.G.C.; MAIA, P.M.E. Avaliação de funções de probabilidade e relação-intensidade-duração-frequência para precipitação extrema em Nepomuceno-MG. *Global Science and Technology*, v.8, n.2, p.118-127, 2015.

BELTRÃO, B.A.; MASCARENHAS, J.C.; MIRANDA, J.L.F.; SOUZA JUNIOR, L.C.; GALVÃO M.J.T.G.; PEREIRA, S.N. *Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. diagnóstico do município de Afrânio, estado de Pernambuco*. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

BERNARDO, S. Irrigação: total, suplementar, com déficit e de salvação. *Revista Irrigação & Tecnologia Moderna*, Brasília, n.71/72, p.64-68, 2006.

BLAIN, G.C.; PIEDADE, S.M.S.; CAMARGO, M.B.P.; GIAROLLA, A. Distribuição temporal da precipitação pluvial mensal observada no posto meteorológico do instituto

Sigmae, Alfenas, v.8, n.2, p. 437-448, 2019.

64ª Reunião da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria (RBRAS).
18º Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agronômica (SEAGRO).

agronômico, em Campinas, SP. *Bragantia*, v.66, n.2, p.347-355, 2007.

FIETZ, C.R.; URCHEI, M.A.; FRIZZONE, J.A.; FOLEGATTI, M.V. Probabilidade de ocorrência de períodos secos e chuvosos na região de Dourados, MS. *Irriga*, Botucatu, v.3, n.1, p.01-05, 1998.

JADOSKI, S.O.; CARLESSO, R.; MAGGI, M.F.; PETRY, M.; WOLSHICK, D. Efeito da lâmina de irrigação na senescência foliar do feijoeiro. *Irriga*, Botucatu, v.12, n.4, p.545-556, 2007.

LYRA, G.B.; GARCIA, B.I.L.; PIEDADE, S.M.S.; SEDIYAMA, G.C.; SENTELHAS, P.C. Regiões homogêneas e funções de distribuição de probabilidade da precipitação pluvial no estado de Táchira, Venezuela. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.41, n.2, p.205-215, 2006.

MARTINS, J.A.; DALLACORT, R.; INOUE, M.H.; SANTI, A.; KOLLING, E.M.; COLETTI, A.J. Probabilidade de precipitação para a microrregião de Tangará da Serra, estado do Mato Grosso. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, v.40, n.3, p.291-296, 2010.

MOREIRA, P.S.P.; DALLACORT, R.; MAGALHÃES, R.A.; INOUE, M.H.; STIELER, M.C.; SILVA, D.J.; MARTINS, J.A. Distribuição e probabilidade de ocorrência de chuvas no município de Nova Maringá-MT. *Revista de Ciências Agro-Ambientais*, v.8, n.1, p.9-20, 2010.

PEREIRA FILHO, J.M.; ARAÚJO FILHO, J.A.; CARVALHO, F.C.; REGO, M.C. Disponibilidade de fitomassa do estrato herbáceo de uma caatinga raleada submetida ao pastejo alternado ovino-caprino. *Livestock Research for Rural Development*, v.19, n.1, 2007.

PEREIRA FILHO, J.M.; SILVA, A.M.A.; CÉZAR, M.F. Manejo da caatinga para produção de caprinos e ovinos. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.14, n.1, p.77-90, 2013.

PINTO, M.F.; ALVES, D.G.; PAULINO, J.; COELHO, R.D. Distribuição de frequência da precipitação e sua aplicação no dimensionamento de projetos de irrigação suplementar. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI*, Fortaleza, v.6, n.4, p.303-313, 2012.

PIZZATO, J.A.; DALLACORT, R.; TIEPPO, R.C.; MODOLO, A.J.; CREMON. C.; PALHANA, P.S. Distribuição e probabilidade de ocorrência de precipitação em Cáceres (MT). *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, v.42, n.2, p.137-142, 2012.

ROBERTON, G.W. Dry and wet spells: project field report agrometeorology A-6: UNDP/FAO technical assistance to the federal land development authority. *Jerantut: Tun Razak Agriculture Research Center*, Jerantut, Pahang, Malaysia, 1976.

SANTIAGO, E.J.P.; OLIVEIRA, G.M.; SILVA, R.R.; OLIVEIRA, V.E.A.; GONÇALVES, I.S. Ajuste da equação de hargreaves e samani a partir de dados lisimétricos para o município de Juazeiro, BA. *Edição Especial Irriga & Inovagri*, Botucatu, p.108-114, 2016.

Sigmae, Alfenas, v.8, n.2, p. 437-448, 2019.

64ª Reunião da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria (RBRAS).
18º Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agronômica (SEAGRO).

SANTIAGO, E.J.P.; OLIVEIRA, G.M.; LEITÃO, M.M.V.B.R.; MOURA, M.S.B.; GONÇALVES, I.S. Precipitação esperada, em diferentes níveis de probabilidade, na região de Juazeiro, BA. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, v.2, n.4, p.457-464, 2017.

SOUSA, S.A.V. *Programa computacional para simulação da ocorrência de veranicos e queda de produção*. Piracicaba, 1999. 124p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, 1999.

THOM, H.C. A frequency distribution for precipitation. *Bulletin of America Meteorological Society*, v.32, n.10, p.397, 1951.

THOM, H.C. A note on the gamma distribution. *Monthly Weather Review*, v. 86, n.4, p.117-122, 1958.

VIEIRA, J.P.G.; SOUZA, M.J.H.; TEIXEIRA, J.M.; CARVALHO, F.P. Estudo da precipitação mensal durante a estação chuvosa em Diamantina, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Departamento de Engenharia Agrícola-UFCG, Campina Grande, v.14, n.7, p.762-767, 2010.