

PRECIPITAÇÃO MENSAL E ANUAL PROVÁVEL PARA O ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

EDUARDO MORGAN ULIANA¹; EDVALDO FIALHO DOS REIS²; JOSÉ GERALDO FERREIRA DA SILVA³ E ALEXANDRE CÂNDIDO XAVIER⁴

¹Mestrando em Produção Vegetal, CCA-UFES, Alegre – ES, morganuliana@gmail.com

²Professor, Depto de Engenharia Rural, CCA-UFES, Alegre – ES, edreis@cca.ufes.br

³Pesquisador, INCAPER, Vitória – ES, jgeraldo@incaper.es.gov.br

⁴Professor, Depto de Engenharia Rural, CCA-UFES, Alegre – ES, xavier@cca.ufes.br

1 RESUMO

O conhecimento da precipitação mensal e anual provável é importante para o planejamento das atividades agrícolas, na construção civil, turismo, transporte e de outras atividades afins. O objetivo foi obter a precipitação mensal e anual provável para o estado do Espírito Santo, considerando o nível de 75% probabilidade, e estudar sua distribuição espacial. Para estimar a precipitação para este nível de probabilidade utilizou-se a distribuição gama incompleta e para verificar a aderência desta distribuição a série de dados utilizou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov ao nível de 10% de significância. Foi realizada análise geoestatística e interpolação dos valores de precipitação mensal e anual por meio de krigagem ordinária. Os maiores volumes de precipitação no estado ocorrem entre outubro e abril e os menores entre maio e setembro. Os municípios das regiões norte e noroeste possuem a menor precipitação anual provável do estado.

PALAVRAS-CHAVE: chuva, probabilidade, krigagem, distribuição espacial.

**ULIANA, E. M.; dos REIS, E. F.; da SILVA, J. G. F.
MONTHLY AND ANNUAL PROBABLE PRECIPITATION FOR THE STATE OF
ESPIRITO SANTO**

2 ABSTRACT

The knowledge of monthly and annual probable precipitation is important for the planning of agricultural activities, construction, tourism, transport and other related activities. The objective was to obtain the monthly and annual probable precipitation for the State of Espírito Santo, Brazil, considering the 75% level of probability, and study its spatial distribution. To estimate the precipitation for this level of probability it was used the incomplete gamma distribution, and to check the adherence of this distribution to data series it was used the Kolmogorov-Smirnov test at 10% significance level. It was realized the geostatistical analyses and interpolation of the values of monthly and annual precipitation by ordinary kriging. The highest precipitation volumes in the State occur between October and April, and the lowest ones, between May and September. The cities of north and northwest regions have the lowest annual probable precipitation of the State.

KEYWORDS: rain, probability, kriging, spatial distribution.

3 INTRODUÇÃO

A precipitação pluvial tem grande importância na caracterização do clima de uma região e, por sua interferência, nas alternâncias de rendimento das culturas. Seu estudo torna-se relevante no planejamento de atividades agrícolas, permitindo previsões com melhores aproximações e decisões mais confiáveis (Arai, et al., 2010).

A agricultura moderna é caracterizada pela utilização crescente de novas tecnologias em todas as fases da produção agrícola. Entretanto, tais tecnologias devem ser utilizadas de forma racional para que se justifique o seu investimento. A irrigação é uma das tecnologias que garante altas produtividades e qualidade dos produtos agrícolas. De maneira geral, os projetos de irrigação são dimensionados visando suprir todas as necessidades hídricas da planta, sem levar em conta a parcela provável de precipitação. Isto pode conduzir ao superdimensionamento do sistema, onerando-o e, muitas vezes, desestimulando o investimento pelo agricultor (Castro Neto & Silveira, 1981). Este superdimensionamento de sistemas de irrigação também passa a ocasionar o uso ineficiente dos recursos hídricos gerando conflitos pelo uso da água principalmente em regiões áridas e semi-áridas.

Além do uso racional da água, Calgaro et al. (2009) dizem que o conhecimento da precipitação pluvial oferece aos técnicos inúmeras possibilidades de avaliação de sistemas de irrigação. Os autores destacam dentre estas avaliações a análise da viabilidade econômica da implantação da irrigação em um dado local.

De acordo com Bernardo et al. (2006), precipitação provável ou dependente pode ser definida como a quantidade mínima de precipitação com determinada probabilidade de ocorrência. Normalmente em irrigação trabalha-se com a probabilidade de 75 ou 80%, ou seja, com a lâmina mínima de chuva que se pode esperar em três a cada quatro anos (75%) ou em quatro a cada cinco anos (80%).

Estudos probabilísticos da precipitação pluvial são importantes para planejamento das atividades agropecuárias, mas também de outras atividades como construção civil, turismo e transporte. Ávila et al. (2009) dizem que dentre as distribuições de probabilidade utilizadas para estimar a precipitação provável destacam-se a gama e a log-normal.

Assim, o objetivo deste estudo foi determinar a precipitação mensal e anual provável para o Estado do Espírito Santo, considerando o nível de 75% probabilidade, e estudar sua distribuição espacial.

4 MATERIAL E MÉTODOS

As séries históricas de precipitação foram obtidas a partir dos sites: Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE).

Os dados foram tabulados em planilha eletrônica e em seguida foi realizada uma análise de consistência, excluindo da série, aqueles valores que se mostraram inconsistentes, quando comparados entre si e com pluviômetros de referência localizados nas suas imediações. Foram utilizadas noventa séries históricas, sendo que 84,8% possuem mais de 30 anos e 15,2% possuem entre 20 e 30 anos. A localização dos pluviômetros pode ser observada na Figura 1.

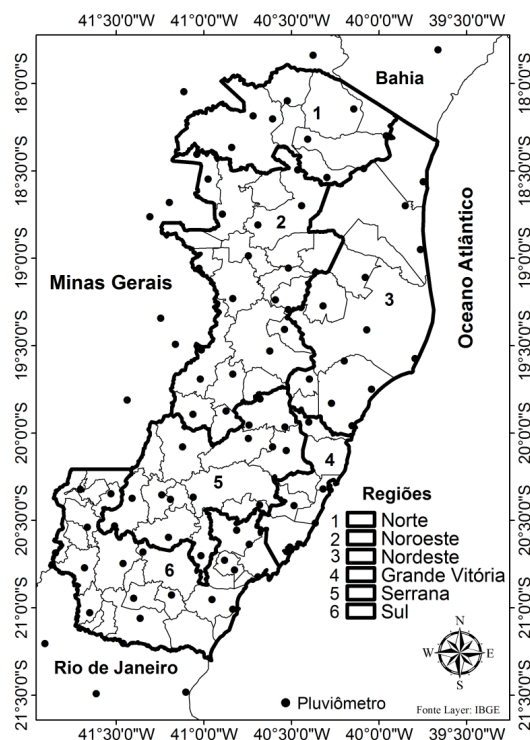


Figura 1. Mapa com a localização dos pluviômetros.

Utilizou-se a função gama incompleta proposta por Thom (1958) para determinar a precipitação mensal e anual provável para 75% de probabilidade. A função densidade de probabilidade é dada por:

$$f(x) = \frac{1}{\beta \Gamma(\gamma)} x^{\gamma-1} e^{-\frac{x}{\beta}}; \beta > 0, \gamma > 0 \tag{1}$$

em que:

- x é a variável aleatória;
- β é o parâmetro de escala;
- γ é o parâmetro de forma;
- Γ é a função gama.

A função gama $\Gamma(\gamma)$ é dada pela equação:

$$\Gamma(\gamma) = \int_0^{\infty} x^{\gamma-1} e^{-x} dx \tag{2}$$

Os parâmetros β e γ foram obtidos a partir de amostras da população utilizando-se o método da máxima verossimilhança o qual segundo Naghettini & Pinto (2007) produz estimadores de menor variância. Para verificar o ajuste da distribuição gama incompleta à série de dados foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov ao nível de 10% de significância.

Após obtenção da precipitação provável foi feita análise geostatística. A semivariância foi obtida utilizando-se a seguinte equação:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(X_i) - Z(X_i+h)]^2 \quad (3)$$

em que $N(h)$ é o número de pares de valores medidos $Z(X_i)$, $Z(X_i+h)$, separados por um vetor h .

Na modelagem do semivariograma foram avaliados os modelos teórico esférico, gaussiano, exponencial e linear. Por meio da validação cruzada foi selecionado o modelo que proporcionou a maior correlação entre os valores observados e estimados por krigagem. Nesta análise foram também observadas a significância da correlação pelo teste t e a análise de resíduo.

Para verificar o grau de dependência espacial da variável em estudo foi calculado o índice de dependência espacial (IDE) cujo valor menor que 0,25 indica forte dependência espacial da variável, entre 0,25 e 0,75 moderada dependência espacial e entre 0,75 e 1 fraca dependência espacial. A equação deste índice é dada por:

$$IDE = C_0/(C_0+C) \quad (4)$$

em que:

C_0 é o valor do efeito pepita;

C_0+C é o valor do patamar.

Com base em informações do semivariograma foram elaborados mapas de precipitação provável mensal e anual interpolados por krigagem ordinária.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A distribuição gama incompleta ajustou-se a todos os dados de precipitação mensal e anual. As maiores precipitações no estado do Espírito Santo ocorrem nos meses de novembro e dezembro variando entre 76 e 265 mm. As menores precipitações ocorrem entre os meses de junho e agosto variando entre 3 e 50 mm (Tabela 1).

Tabela 1. Estatística descritiva da precipitação (mm) mensal e anual estimada para o nível de 75% de probabilidade para o Estado do Espírito Santo.

Período	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
Janeiro	83	77	30	166
Fevereiro	51	50	16	85
Março	68	64	30	118
Abril	51	50	18	102
Mai	23	23	8	59
Junho	14	12	4	41
Julho	18	14	4	50
Agosto	15	13	3	40
Setembro	27	23	7	60
Outubro	54	52	27	101
Novembro	124	121	88	186
Dezembro	145	139	76	265
Ano	1079	1042	744	1586

Tabela 2. Informações da modelagem geoestatística para a precipitação mensal e anual provável para o estado do Espírito Santo.

Período	Modelo	C ₀	C ₀ +C	a ^{**}	IDE	r	t
Janeiro	Esférico	174,0	782,5	1,2	0,22	0,78	11,8*
Fevereiro	Esférico	44,2	243,0	0,8	0,18	0,78	11,5*
Março	Exponencial	1,0	430,6	0,8	0,00	0,78	11,7*
Abril	Esférico	55,0	377,5	1,3	0,15	0,78	11,8*
Mai	Gaussiano	28,6	154,4	1,4	0,19	0,84	14,5*
Junho	Esférico	6,1	74,5	1,3	0,08	0,76	11,1*
Julho	Esférico	1,6	143,1	1,2	0,01	0,84	14,4*
Agosto	Exponencial	0,1	69,4	1,2	0,00	0,81	12,9*
Setembro	Esférico	33,5	192,4	1,2	0,17	0,78	11,7*
Outubro	Gaussiano	121,0	524,5	2,3	0,23	0,81	12,8*
Novembro	Esférico	211,5	468,3	1,1	0,45	0,62	7,4*
Dezembro	Gaussiano	328,0	1250,0	1,1	0,26	0,81	12,9*
Ano	Exponencial	12600,0	52460,0	2,4	0,24	0,76	11,1*

C₀: efeito pepita puro; C₀+C₁: patamar; a: alcance; IDE(%): índice de dependência espacial; r: coeficiente de correlação; t: valor t calculado.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t; ** A unidade utilizada foi graus decimais.

Os modelos teóricos de semivariância esférico, gaussiano e exponencial foram os que apresentaram melhores resultados para a precipitação provável mensal e anual. O modelo linear também foi estudado, mas não apresentou ajuste. Em todos os períodos a correlação entre os valores observados e estimados por krigagem pode ser considerada moderada a alta e o teste t significativo confirma a existência de correlação entre as variáveis (Tabela 2).

O IDE indicou forte dependência espacial da precipitação entre os meses de janeiro a outubro e anual. Em novembro e dezembro o IDE indicou que a precipitação apresenta dependência espacial moderada (Tabela 2).

No período de maio a setembro as maiores precipitações ocorrem em regiões próximas ao litoral diminuindo à medida que se afasta para o interior do estado, porém esta amplitude é pequena (Figura 2 e 3). Esse comportamento condiz com Nunes et al. (2009), onde afirmam que no inverno da região sudeste do Brasil, a estação menos chuvosa, a influência dos controles de grande escala e mesoescala, como latitude e maritimidade é maior refletindo-se em uma distribuição espacial da chuva mais latitudinal, com diminuição dos volumes na direção SE-NW, em sentido do interior. Este comportamento pode ser visualizado com maior clareza na Figura 2 no mês de maio.

A precipitação mensal e anual provável é maior em regiões com altitudes elevadas quando comparada com as de regiões de menor altitude, como exemplo, a precipitação da região sul Caparaó e serrana. Este comportamento demonstra que apesar das características tropicais presentes no estado a altitude torna-se um influente controle climático, impondo-se ao fator latitudinal.

O Atlas de ecossistemas do Espírito Santo (2008) afirma que as maiores precipitações do estado tendem a ocorrer nas frentes acidentadas para o mar, onde as massas de ar vindas do mar carregadas de umidade resfriam-se, condensam-se e precipitam como chuvas. Nas partes de menor altitude, em particular nas situadas mais adentro do estado, ao longo do rio Doce, divisa com Minas Gerais e vale do Itapemirim, todas protegidas por elevações entre elas e o mar, as precipitações são bem menores.

Parte dos municípios de Baixo Guandu, Laranja da Terra e Itaguaçu (localizados na região noroeste) apresentam precipitação mensal menor que 5 mm em julho e agosto (Figura 3).

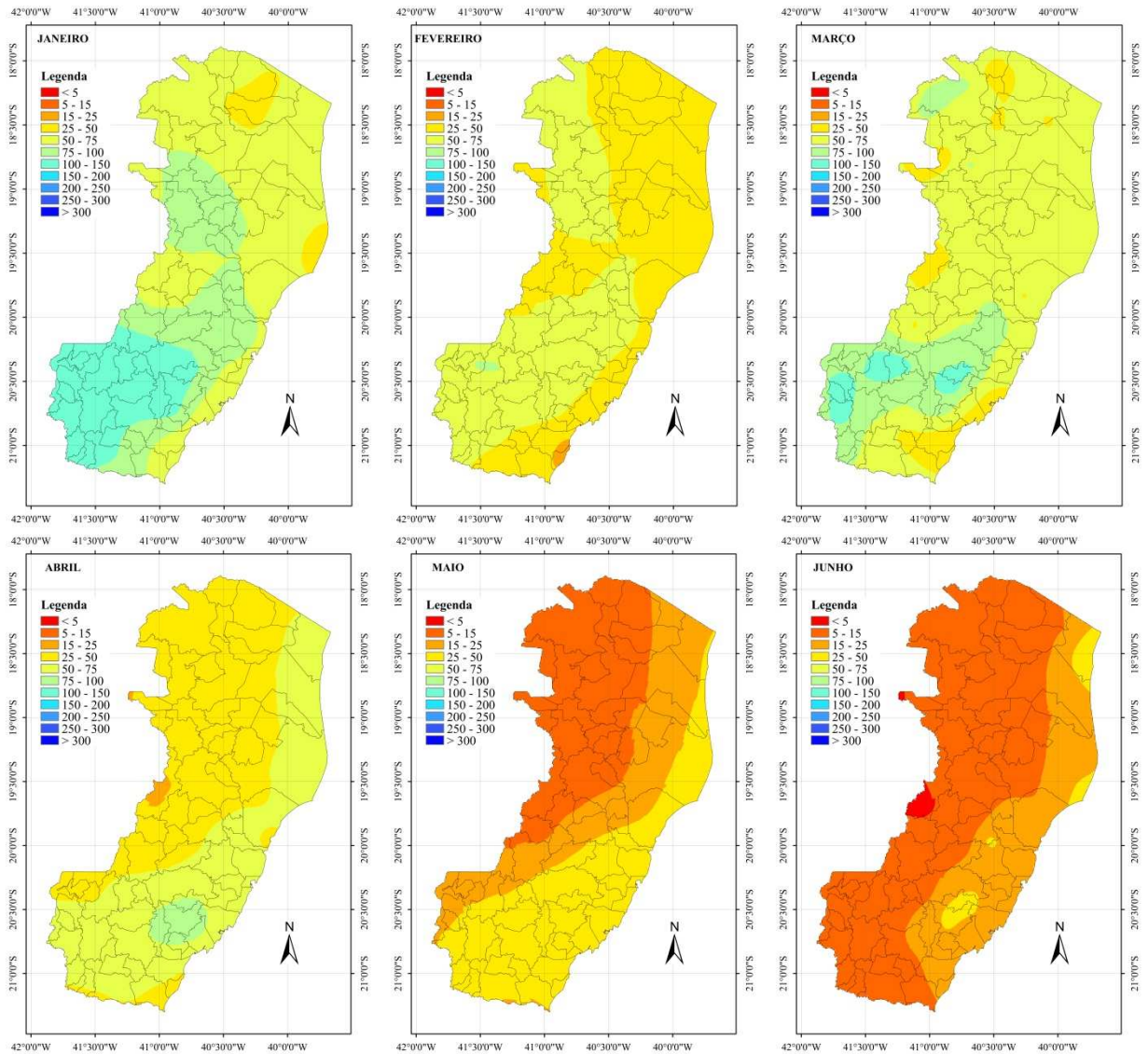


Figura 2. Distribuição espacial da precipitação estimada para o nível de 75% de probabilidade dos meses de janeiro a junho para o estado do Espírito Santo.

No mês de novembro quase todo o estado do Espírito Santo apresenta precipitação variando entre 100 e 150 mm com exceção de alguns municípios da região do Caparaó (parte da região sul próxima da divisa com o estado de Minas Gerais) em que a precipitação varia de 150 a 200 mm (Figura 3). No mês de dezembro as maiores precipitações ocorrem nas regiões serrana e sul Caparaó.

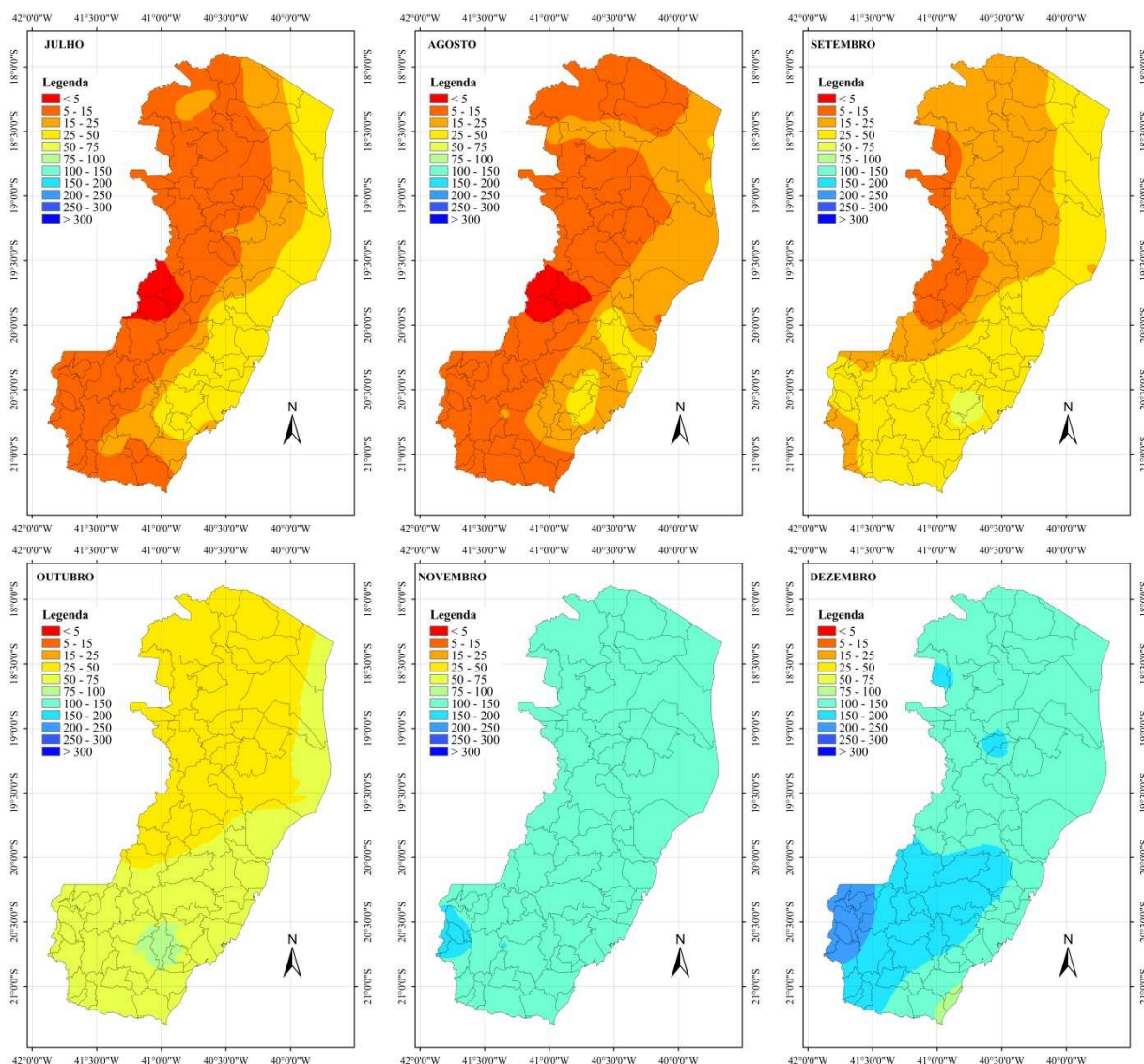


Figura 3. Distribuição espacial da precipitação estimada para o nível de 75% de probabilidade dos meses de julho a dezembro para o estado do Espírito Santo.

A precipitação anual estimada para o nível de 75% de probabilidade varia entre 744 e 1586 mm e assim como na mensal verifica-se que à medida que a altitude aumenta a precipitação também aumenta. Verifica-se que os municípios das regiões norte e noroeste são os que possuem menor precipitação anual provável (Figura 4).

Nunes et al. (2009) afirmam que o domínio de situações anticiclônicas na região norte do estado contribui para impedir o avanço de sistemas úmidos. Além disso, os autores afirmam que o principal fator responsável por gerar chuvas na região são as linhas de instabilidade tropicais com pouca influência da frente polar. Esta é uma possível explicação para a baixa precipitação anual na região norte do estado do Espírito Santo. Na região noroeste, a precipitação anual menor pode está relacionada com a distância da costa, o relevo e as menores altitudes como discutido anteriormente.

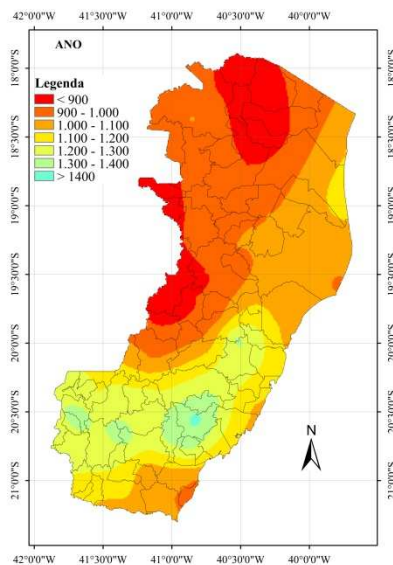


Figura 4. Distribuição espacial da precipitação anual estimada para o nível de 75% de probabilidade para o Estado do Espírito Santo.

6 CONCLUSÕES

Foi possível identificar no estado do Espírito Santo dois períodos distintos: o primeiro entre outubro a abril que concentra grande parte da precipitação e segundo entre maio e setembro com decréscimo acentuado da pluviosidade. Os meses mais chuvosos são novembro e dezembro, e os com as menores pluviosidades são junho, julho e agosto.

Os municípios das regiões norte e noroeste possuem a menor precipitação mensal e anual provável de todo o estado e os das regiões serrana e sul Caparaó a maior.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAI, F.K.; GONÇALVES, G. G. G.; PEREIRA, S. B.; COMUNELLO, E.; VITORINO, A. C. T.; DANIEL, O. Espacialização da precipitação e erosividade na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados - MS. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.5, p. 922-931, 2010.

ATLAS de ecossistemas do Espírito Santo. Viçosa: UFV, 2008. 504 p.

AVILA, 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**, Campina Grande, v.13, p. 906-915, 2009.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.

CALGARO, M.; ROBAINA, A.D.; PEITER, M.X.; BERNARDON, T. Variação espaço-temporal dos parâmetros para a modelagem estocástica da precipitação pluvial diária no Rio Grande do Sul. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.2, p. 196-206, 2009.

CASTRO NETO, P.; SILVEIRA, J.V. Precipitação provável para Lavras, região Sul de Minas Gerais, baseada na função de distribuição de probabilidade gama I: períodos mensais. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 144-151, 1981.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E.J.A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552 p.

NUNES, L. H.; VICENTE, A. K.; CANDIDO, D. H. Clima da Região Sudeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; JUSTI DA SILVA, M. G. A.; SILVA DIAS, M. A. F. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 243-258.

THOM, H.C.S. A Note on the Gamma Distribution. **Monthly Weather Review**, Washington, v. 86, n. 4, p.117-122, 1958.