



I CONGRESSO PERNAMBUCANO DE RECURSOS HÍDRICOS

Água para o Desenvolvimento
Recife, 24, 25 e 26 de Março de 2026

MODELAGEM PROBABILÍSTICA DA PRECIPITAÇÃO MENSAL PARA O MUNICÍPIO DE CABO DE SANTO AGOSTINHO - PE

*Fernando Henrique Galindo Mousinho¹ ; Ana Carolina Pereira da Silva Galindo
Mousinho² & Anderson Luiz Ribeiro de Paiva³*

Palavras-chave: Precipitação provável, Distribuição Gama, Anderson Darling, cana-de-açúcar, chuva; hidrologia.

INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca mundialmente como o maior produtor de cana-de-açúcar (ABHIRAM; GOPALASINGAM; INTHUJAN, 2025). Apesar de se destacar na produção nordestina, na safra de 2024/2025 o estado de Pernambuco apresentou retração na produtividade média de cana-de-açúcar, em virtude da escassez hídrica provocada pela irregularidade das chuvas (CONAB, 2025).

O regime pluviométrico é o elemento climático que apresenta maior impacto para produções agrícolas e consequentemente no meio ambiente e economia, uma vez que o conhecimento da variabilidade temporal e espacial da distribuição de chuvas define a eficiência e manejo apropriados para a agropecuária (GOMES; WOLLMANN, 2017).

Nessa perspectiva, através da análise de séries históricas, realizam-se estudos para estimar o volume mínimo de chuva esperado para uma região sob um nível específico de probabilidade e período, ou seja, a precipitação provável (OLIVEIRA et al., 2025; LACERDA; BRITO; LIMA, 2020).

A probabilidade de ocorrência dessas precipitações pluviométricas pode ser estimada por distribuições de probabilidade, uma vez que se tratam de variáveis contínuas. Uma das distribuições de probabilidade mais usual para a determinação de chuvas prováveis é a Distribuição Gama, podendo ser utilizada em diferentes locais e níveis de probabilidade (PASSOS; RAPOSO; MENDES, 2017).

Considerando a necessidade de informações climáticas que auxiliem o manejo agrícola em Pernambuco, este trabalho tem como objetivo estimar os acumulados de chuvas mensais no Cabo de Santo Agostinho por meio do cálculo da precipitação provável. Foram analisados diferentes cenários probabilísticos para este município da Região Metropolitana do Recife - RMR.

¹) Mestrando pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Av. Marielle Franco, KM 59, s/n, Nova Caruaru CEP: 55014-900, Caruaru, Pernambuco, Brasil, Telefone: (81) 98165-6263 E-mail: fernando.gmousinho@ufpe.br

²) Mestre pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Av. Marielle Franco, KM 59, s/n, Nova Caruaru CEP: 55014-900, Caruaru, Pernambuco, Brasil, Telefone: (81) 99829-1230 E-mail: carolina.pereira@ufpe.br

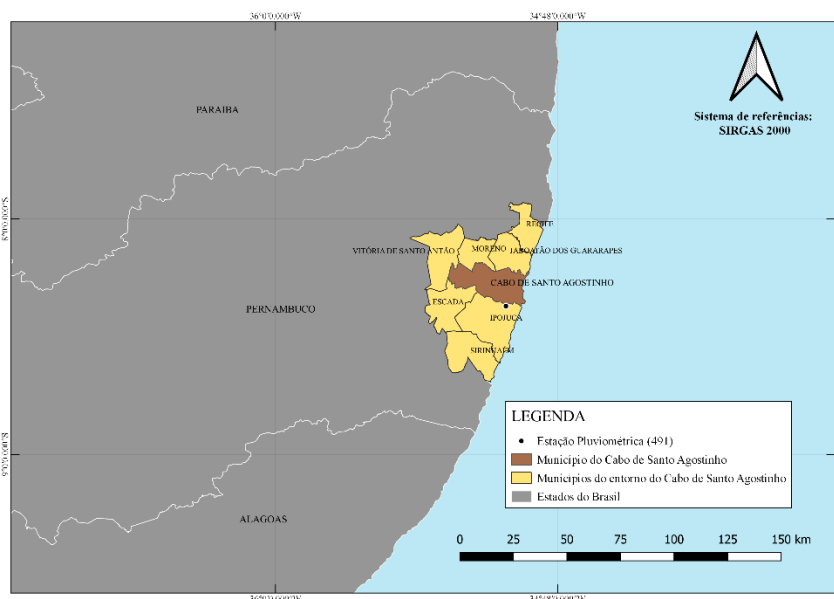
³) Doutor e professor do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental (DECIV), do Centro de Tecnologia e Geociências (CTG) da UFPE, membro permanente do PPGECAM/UFPE e do PPGEC/UFPE, Av. da Arquitetura, s/n. Cidade Universitária. 50740-550. Recife, PE, Brasil, Telefone: (81) 98880-8330 E-mail: anderson.paiva@ufpe.br.

METODOLOGIA

O município Cabo de Santo Agostinho, está localizado no estado de Pernambuco, na RMR e possui uma área de 51,257 km² e a população de 147771 habitantes (IBGE, 2022). Sendo o segundo maior produtor de cana-de-açúcar da RMR, apresentando uma quantidade produzida de 585 mil toneladas e 9 mil hectares de área colhida (IBGE, 2024).

Os dados de precipitações mensais foram obtidos no banco de dados da Agência Pernambucana de Águas e Clima -APAC (APAC, 2026). Utilizou-se a estação 491, de coordenadas geográficas 35° 00' 54" W e 8° 22' 08.4" S, obtendo uma série histórica de 26 anos de observação (2000-2025). A posição do posto, bem como a localização do município Cabo de Santo Agostinho e entornos encontram-se na Figura 1.

Figura 1 – Mapa de localização de Cabo de Santo Agostinho – PE, posto pluviométrico e entornos.



Após a obtenção da série histórica, a distribuição de probabilidade Gama (Equação 1) definida por Naghettini e Pinto (2007) foi ajustada aos dados através do método da máxima verossimilhança, determinando a partir desta a probabilidade de ocorrência de eventos pluviométricos mensais.

$$f_x(x) = \frac{(x/\beta)^{\alpha-1} \exp(-x/\beta)}{\beta \Gamma(\alpha)} \quad \text{para } x, \beta \text{ e } \alpha > 0 \quad \text{Equação (1)}$$

Em que β é o parâmetro de escala e α o de forma; $\Gamma(\alpha)$ é o fator de normalização que define como 1 a área total da densidade.

Para a verificação da aderência dos dados de precipitação à distribuição Gama, foi realizado o teste de Anderson Darling definido pela Equação 2, a um nível de significância de 5%.

$$AD^2 = -N - \sum_{i=1}^N \frac{(2i-1) \{ \ln F_X(x_{(i)}) + \ln [1 - F_X(x_{(N-i+1)})] \}}{N} \quad \text{Equação (2)}$$

Em que, i representa a ordem dos dados da série histórica, $F_X(x_{(i)})$ é a probabilidade de não excedência, $F_X(x_{(N-i+1)})$ é a probabilidade de excedência e N é o número de dados.

Para o cálculo da precipitação provável, foram adotados níveis de probabilidade de ocorrência variando de 10% a 90%, com intervalos regulares de 10%.

RESULTADOS

A partir da observação dos dados pluviométricos da série histórica, observou-se a precipitação média mensal variando de 27,4 mm e 410,4 mm. E os eventos extremos mensais ocorreram no mês de maio de 2022 com precipitação de 821 mm (máximo) e no mês de janeiro de 2005 com precipitação de 1,2 mm (mínimo).

Os parâmetros α e β da distribuição Gama obtidos pelo método da máxima verossimilhança, bem como os resultados dos testes de aderência de Anderson Darling (AD), estão apresentados na Tabela 1.

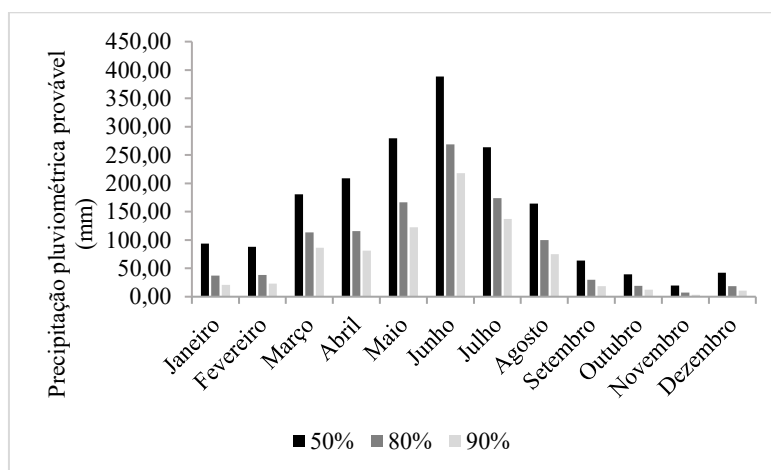
Tabela 1 – Parâmetros da distribuição Gama e teste de aderência AD.

Mês	Parâmetros		Teste de aderência AD		
	α	β	A ²	P-valor	Resultado
Janeiro	1,34	91,96	0,4551	0,7912	Adequado
Fevereiro	1,58	70,11	1,0498	0,3305	Adequado
Março	4,03	48,80	0,2689	0,9593	Adequado
Abril	2,73	86,89	0,3750	0,8720	Adequado
Maio	3,36	92,01	0,2330	0,9786	Adequado
Junho	6,16	66,61	0,1259	0,7583	Adequado
Julho	4,96	56,89	0,1034	0,9170	Adequado
Agosto	3,64	49,56	0,1231	0,9998	Adequado
Setembro	1,80	43,11	0,2737	0,9562	Adequado
Outubro	1,98	23,72	0,1515	0,5397	Adequado
Novembro	1,14	24,02	1,0984	0,3080	Adequado
Dezembro	1,57	34,05	0,2657	0,9612	Adequado

A partir da Tabela 1 é possível observar que o parâmetro α variou de 1,14 a 6,16 e o parâmetro β apresentou uma variação de 23,72 a 92,01. Além disso, o mês que apresentou melhor ajuste à distribuição Gama adotando como critério o p-valor foi agosto (0,9998).

A distribuição mensal provável para as probabilidades de 50%, 80% e 90% pode ser observada na Figura 2.

Figura 2 – Precipitação mensal provável no município Cabo de Santo Agostinho – PE.



De acordo com Lacerda, Brito e Lima (2020), para o planejamento agrícola, níveis de 75% a 80% são os mais recomendados, pois oferecem uma margem de segurança contra secas e veranicos. Baseando-se nisso, o dimensionamento da infraestrutura de irrigação para o município do Cabo de Santo Agostinho deve ser fundamentado em uma lâmina de precipitação mensal mínima prevista de 7,1 mm a 80% de probabilidade.

CONCLUSÕES

De modo geral, todos os meses apresentaram ajuste adequado à distribuição Gama, entretanto é importante destacar que os meses de fevereiro, outubro e novembro apresentaram p-valores inferiores a 0,7, podendo indicar que a distribuição gama não seja a melhor opção para modelar a precipitação mensal desses meses. Estima-se com probabilidade de 50% uma precipitação mensal de 388,41 mm no mês de junho, sendo este o mais chuvoso e 19,90 mm no mês de novembro, apresentando maior estiagem.

REFERÊNCIAS

ABHIRAM, G.; GOPALASINGAM, T.; INTHUJAN, J. Enhancing Sustainability in Sugarcane Production Through Effective Nitrogen Management: A Comprehensive Review. **Nitrogen**, v. 6, n. 3, p. 69, 18 ago. 2025.

Agência Pernambucana de Águas e Clima - APAC. Histórico de chuvas. Governo do Estado de Pernambuco. 2026. Disponível em: <<http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>>

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar**, Brasília, DF, v. 12 - Safra 2024/25, n. 4 - Quarto levantamento, 45 p., abr. 2025. ISSN: 2318-7921. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>.

GOMES, Santhiélly Laksmi Silva; WOLLMANN, Cássio Arthur. A influência da distribuição da precipitação pluviométrica na produção agrícola de soja, no município de Tupanciretã/RS, entre os anos de 2014 e 2015. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 39, ed. esp., p. 75-80, 2017. DOI: 10.5902/2179460X26936.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Cidades e estados**: Cabo de Santo Agostinho (PE). Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/recife.html>>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Tabela 1612**: Área plantada, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>.

LACERDA, Matheus Gobira; BRITO, Bruna Laíz Nogueira; LIMA, Vico Mendes Pereira. Precipitação provável e veranicos no Vale do Jequitinhonha/MG. **Recital – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara**, Almenara, MG, v. 2, n. 2, p. 37-51, maio/ago. 2020.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E.J.A. Hidrologia Estatística. Belo Horizonte. 2007.

OLIVEIRA, Fabricio Correia de; SOBUCKI, Lisiane; THOMAZ, Diego Venâncio; GIOVANELLA, Tharsos Hister; ROCHA, Anderson Sandro da. Modelagem probabilística da precipitação pluvial em diferentes escalas temporais para Santa Helena, Paraná. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 18, n. 02, p. 1527-1542, 2025.

PASSOS, M. L. V.; RAPOSO, A. B.; MENDES, T. J. Estimativa da distribuição da precipitação pluviométrica provável em diferentes níveis de probabilidade de ocorrência. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, n. 1, p. 1106-1115, 2017.