Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido

RELATÓRIO TÉCNICO

INFLUÊNCIA DE EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA SOBRE A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NA REGIÃO DO ALTO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA

CAPES ANA ProfÁgua UFCG Universidade Federal de Campina Grande

S474r Sena, Jorismar de Oliveira.
Relatório Técnico: influência de eventos de precipitação pluviométrica sobre a gestão de recursos hídricos na Região do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba. / Jorismar de Oliveira Sena. - 2025.

17 f. : il. Collor.

Orientador: Professor Dr. Hugo Morais de Alcântara; Coorientadora: Professora Dra. Daisy Beserra Lucena.
Produto Técnico (Relatório) - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - PROFÁGUA.

1. Eventos extremos. 2. Gestão de recursos hídricos. 3. Rio Paraíba – alto curso. 4. Precipitação pluviométrica. 5. Bacia hidrográfica do Rio Paraíba – alto curso. 6. Meteorologia. 7. Semiárido brasileiro – distribuição e água. 8. Outorga de água. 9. Transposição do Rio São Francisco. 10. Produto técnico – PROFÁGUA CDSA. I. Alcântara, Hugo Morais de. II. Lucena, Daisy Beserra. III. Título.

CDU: 556.18(047)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Rede de drenagem na região do alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba

Figura 2 – Distribuição interanual da precipitação e a média histórica na região do alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba

Figura 3 – Padrões climáticos de frequência de anos secos, habitual e úmidos

Figura 4 – Mapa anual do IAC para a área da bacia hidrográfica do Alto Paraíba (1985-2023)

Figura 5 – Volume do açude Epitácio Pessoa para os períodos de 1985-1995 (A), 1996 - 2006 (B) e 2007 - 2023 (C)

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Municípios que fazem parte da região do alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba, no período de 1985 a 2023.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 6

2. CARACTERIZAÇÃO 7

3. ASPECTOS GERAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO CURSO DO RIO PARAÍBA.....7

4. ANÁLISE TÉCNICA 10

4.1VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA.....10

4.2 CORRELAÇÃO ENTRE PERÍODOS DE CHUVAS INTENSAS E A CAPACIDADE HÍDRICA DO RESERVATÓRIO EPITÁCIO PESSOA.....13

5. CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES 15

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 16

REFERÊNCIAS.....17

1. INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos são fundamentais para a sobrevivência humana e o desenvolvimento socioeconômico global. Apesar de a Terra ser majoritariamente coberta por água, apenas 2,5% desse volume é doce, e grande parte encontra-se inacessível. A distribuição da água é desigual, resultando em escassez em algumas regiões e abundância em outras. O Brasil detém cerca de 12% da água doce mundial, mas enfrenta desafios na gestão hídrica, especialmente diante das mudanças climáticas. A administração sustentável dos recursos hídricos é essencial para garantir o abastecimento em áreas onde esse recurso é limitado.

A Região do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, localizada no Semiárido Paraibano, destaca-se pelo clima seco e precipitações irregulares, geralmente inferiores a 400 mm anuais. A elevada evapotranspiração, causada pelas altas temperaturas e intensa radiação solar, contribui para a intermitência dos rios da região. Diante desse contexto, pesquisas voltadas à gestão eficiente dos recursos hídricos tornam-se indispensáveis para evitar crises de escassez e garantir o uso sustentável.

O Índice de Anomalia de Chuvas (IAC) permite compreender a variabilidade climática e seus impactos, auxiliando na formulação de estratégias de adaptação. Assim, este estudo analisou eventos extremos de precipitação na bacia do Rio Paraíba ao longo de 38 anos (1985-2023), buscando identificar padrões e tendências que possam subsidiar uma gestão hídrica eficaz. O uso do IAC reforça a importância de uma abordagem científica no planejamento e preservação dos recursos hídricos, promovendo maior segurança hídrica para a população e setores produtivos da região.

2. CARACTERIZAÇÃO

A área de estudo é compreendida pela região do alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba (Figura 1), que representa uma significativa porção do Semiárido Paraibano para compreensão e análise de diversos aspectos socioambientais, cujos municípios estão localizados, em sua maioria, na região do Cariri, Nordeste do Brasil, possui área territorial de 12.389,14 km², com elevada irregularidade espacial e temporal da precipitação (Aragão et al., 2023)

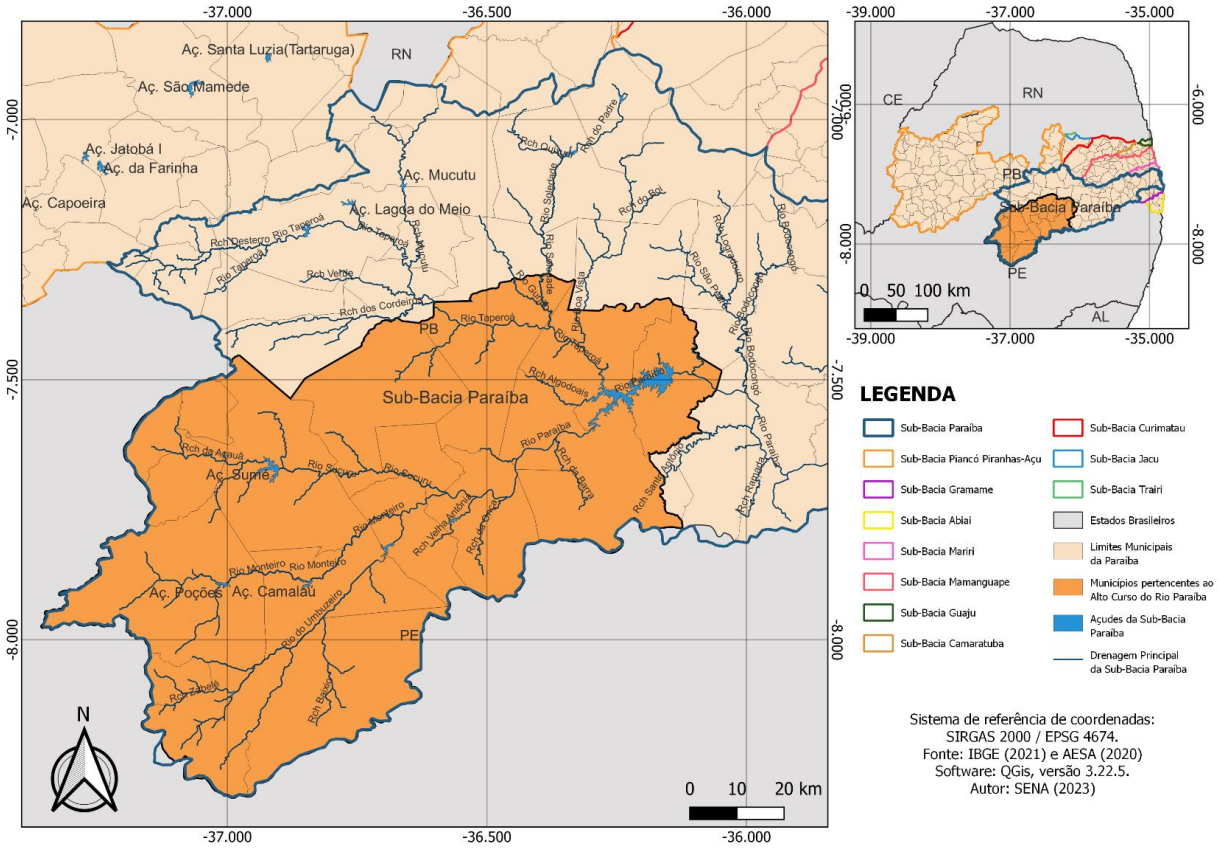
3. ASPECTOS GERAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO CURSO DO RIO PARAÍBA.

A região do alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba é caracterizada por uma paisagem predominantemente montanhosa, com altitudes que variam de 400 a 800 metros. Essa topografia acidentada é resultado da ação de processos geológicos que influencia diretamente na dinâmica dos ecossistemas presentes no território (Souza et al., 2023).

A análise e compressão da variabilidade climática e dos eventos extremos, é relevante para formulação de decisões políticas e ações estratégicas, uma vez que esses fenômenos acarretam impactos e consequências substanciais a sociedade e ecossistema, portanto, a identificação e avaliação dos extremos de precipitação são importantes para adoção de medidas adequadas de mitigação dos efeitos adversos.

Os dados pluviométricos mensais utilizados neste estudo foram obtidos da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) para o período de 1985 a 2023. No entanto, devido à presença de falhas nos registros da AESA, recorreu-se aos dados do CPC *(Climate Prediction Center*), vinculado ao NCEP *(National Centers for Environmental Prediction*), para suprir as lacunas.

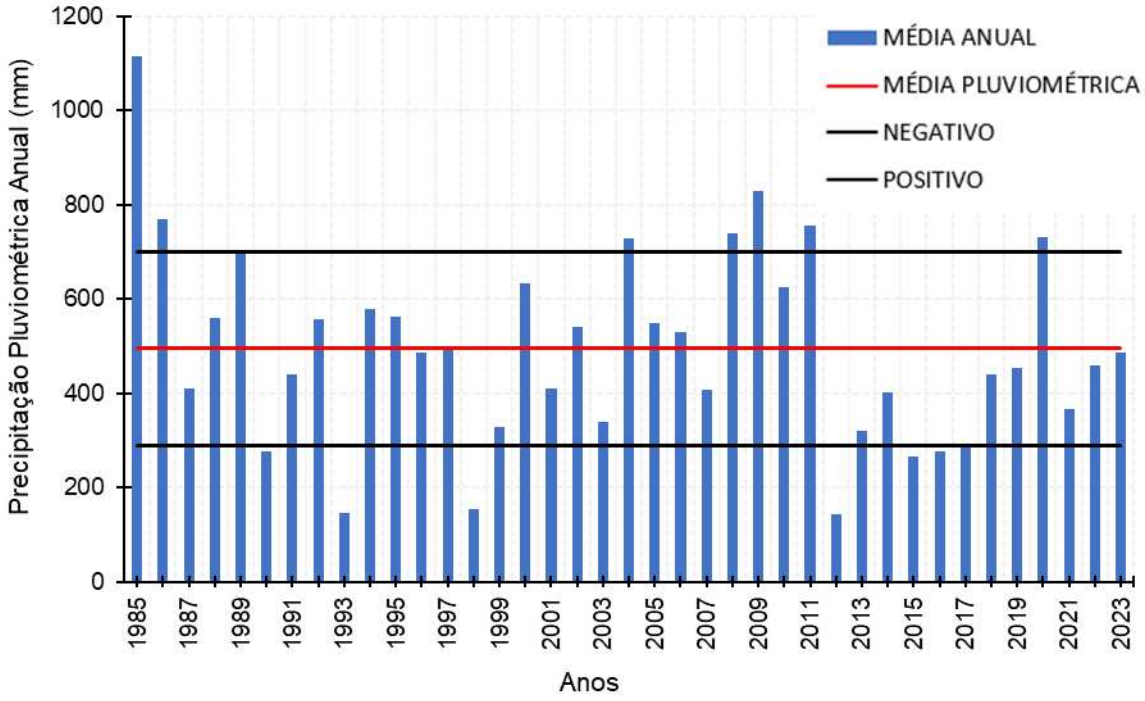
Figura 1 – Rede de drenagem na região do alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba



Fonte: Autoria própria (2023).

A análise da precipitação interanual na região do alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba (1985-2023) revelou grande variabilidade nos índices pluviométricos, influenciada por fenômenos climáticos como El Niño e La Niña, além de fatores antrópicos, como desmatamento e urbanização. A média anual registrada foi de 495,2mm, com um desvio padrão de 205,55mm, indicando forte dispersão dos dados (Figura 2).

Figura 2 - Distribuição interanual da precipitação e a média histórica na região do alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba



Fonte: Autoria própria (2025)

Foram identificados anos com precipitações acima do desvio padrão positivo, como 1985 (1.114,5mm) e 2009 (823,0mm), principalmente devido à influência de La Niña. Em contrapartida, períodos de seca severa ocorreram em 1990, 1993, 1998 e 2012, este último classificado como extrema seca, associada a anomalias térmicas nos oceanos Pacífico e Atlântico.

A irregularidade da distribuição pluviométrica no Semiárido, concentrada entre fevereiro e maio, impacta diretamente a disponibilidade hídrica e a economia regional. O monitoramento das chuvas é essencial para a gestão dos recursos hídricos, permitindo prever eventos climáticos extremos e adotar estratégias de mitigação. A análise dos municípios estudados, por meio da técnica do box plot, revelou diferenças na variabilidade pluviométrica, com algumas localidades apresentando grande dispersão nos índices de chuva, enquanto outras mantêm maior estabilidade no regime pluviométrico.

4. ANÁLISE TÉCNICA

4.1 VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA

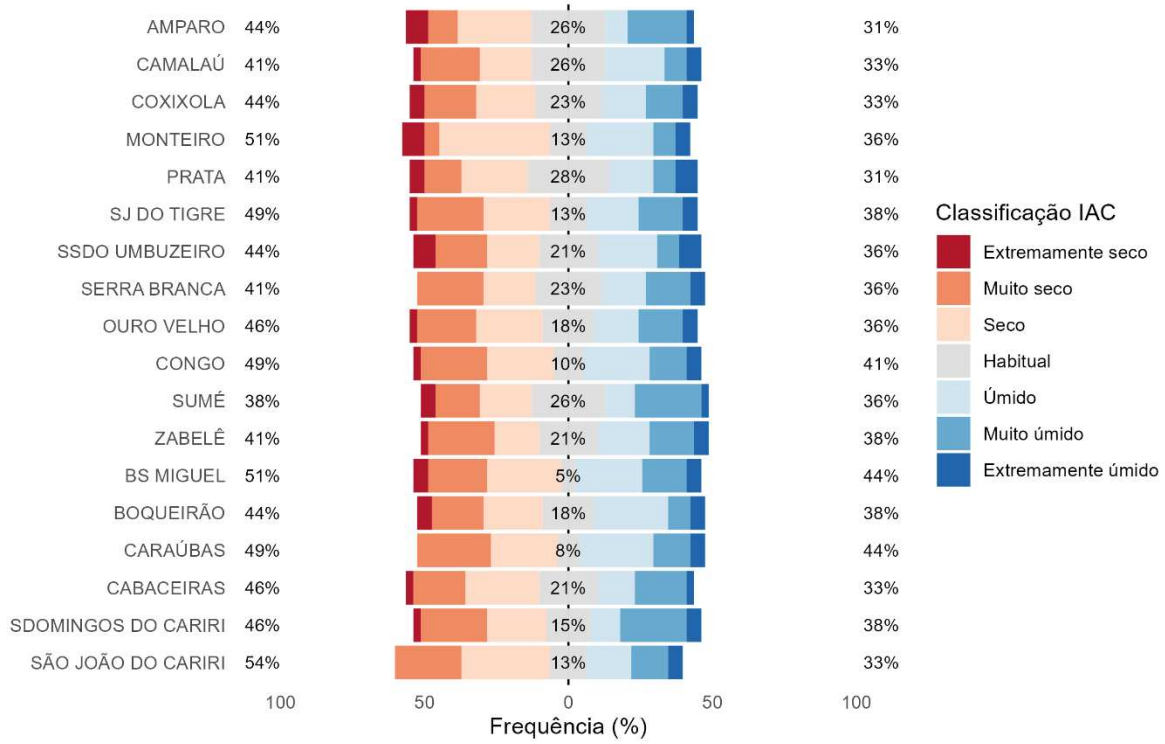
O estudo revelou uma expressiva variabilidade interanual da precipitação na região, com ciclos de secas prolongadas e períodos de chuvas intensas aproximadamente 30% dos anos analisados apresentaram condições extremas, impactando diretamente os sistemas de abastecimento e armazenamento hídricos. Entre os anos mais críticos destacam-se 1993, 1998, 2012, 2015 e 2016 como secos extremos e 1985, 2009 e 2020 como excessivamente úmidos.

Além disso, a variabilidade sazonal é um fator determinante para a segurança hídrica, uma vez que o período chuvoso se concentra entre os meses de fevereiro e maio, seguido por longos períodos de estiagem. A presença de anomalias de precipitação, identificadas pelo IAC, indica que a região é altamente suscetível a extremos climáticos, exigindo uma abordagem de gestão adaptativa para minimizar impactos adversos.

A variabilidade anual do IAC na Região do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba ao longo de três décadas, permite identificar padrões climáticos recorrentes e compreender a alternância entre períodos úmidos e secos. A escala de cores utilizada na representação gráfica indica a intensidade das anomalias pluviométricas, com tons de azul representando anos com precipitação acima da média histórica e tons avermelhados indicando períodos de déficit hídrico (Figura 3).

A análise da classificação do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) para os 18 municípios da região (Tabela 1) revelou padrões distintos de variabilidade pluviométrica, indicando a predominância de diferentes condições hídricas ao longo do período estudado, portanto, a distribuição percentual das categorias de precipitação evidencia a ocorrência de anos secos e úmidos, permitindo uma avaliação detalhada da dinâmica climática local.

Figura 3 – Padrões climáticos de frequência de anos secos, habitual e úmidos



Fonte: Autoria própria (2025)

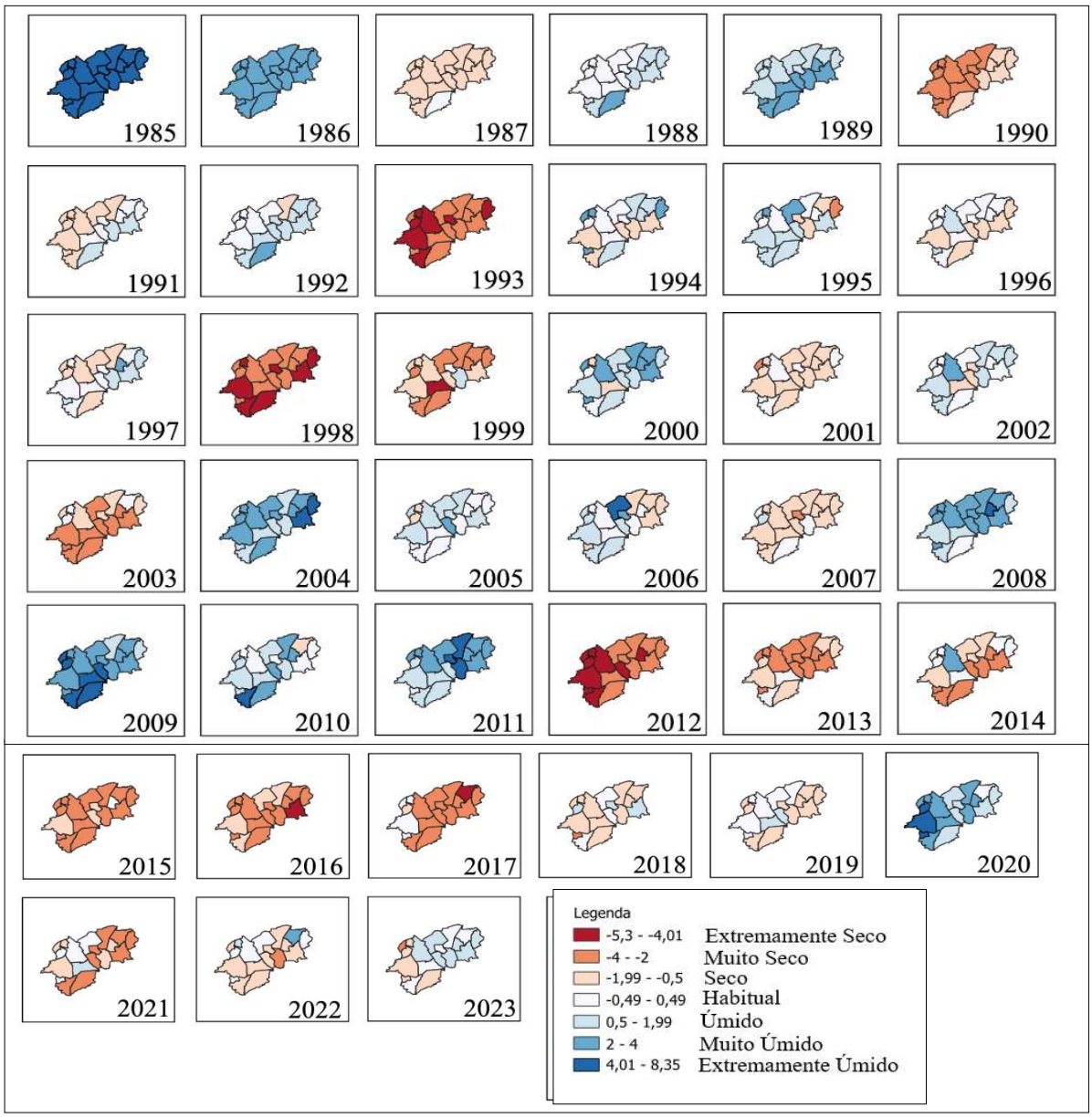
Tabela 1 – Municípios que fazem parte da região do alto curso do rio Paraíba no período de 1985 a 2023

Municípios Período (1985 – 2013)	
Amparo	Ouro Velho
Barra de São Miguel	São João do Cariri
Boqueirão	São João do Tigre
Cabaceiras	São Sebastião do Umbuzeiro
Caraúbas	Serra Branca
Camalaú	São Domingos do Cariri
Coxixola	Prata
Congo	Sumé
Monteiro	Zabelé

Fonte: Autoria própria (2023).

Segundo Medeiros et al. (2021), as anomalias pluviométricas referem-se a desvios dos níveis normais de precipitação em uma região, comparando a pluviosidade observada de determinado período com a média histórica estabelecida. Essas anomalias podem ser classificadas como positivas (quando a precipitação está acima da média) ou negativas (quando está abaixo da média) (Figura 4).

Figura 4 – Mapa anual do IAC para a área da bacia hidrográfica do Alto Paraíba (1985-2023)



Fonte: Autoria própria (2025)

A análise da Figura 4, permitiu verificar a ocorrência de anos predominantemente úmidos, secos e próximos da normalidade climatológica, com variações espaciais entre os diferentes municípios ao decorrer do tempo. Assim, evidenciando a alternância entre anos de maior e menor pluviosidade, refletindo a influência de padrões climáticos, destacando-se anos com forte predominância de anomalias positivas (chuvas acima da média), tais como 1985, 2004, 2009 e 2010, nos quais grande parte da região apresentou precipitações elevadas. De acordo com Rodrigues e Lima (2024) os resultados permitiram identificar que, no período de 2000 a 2011, houve um predomínio de anos com IAC chuvoso a extremamente chuvoso, por outro lado, anos de forte anomalia negativa (períodos de estiagem severa) são evidentes em 1993, 1998 e 2012, indicando chuvas abaixo do esperado.

Ainda Segundo Rodrigues e Lima (2024) enquanto de 2012 a 2019, a região enfrentou um predomínio de IAC seco a extremamente seco, indicando uma variação acentuada nas precipitações, representando um longo período de estiagem, sendo comuns no semiárido nordestino, as consequências desse cenário são perceptíveis na sociedade comprometendo a produção agropecuária e gerando impactos socioeconômicos alimentar e hídrica.

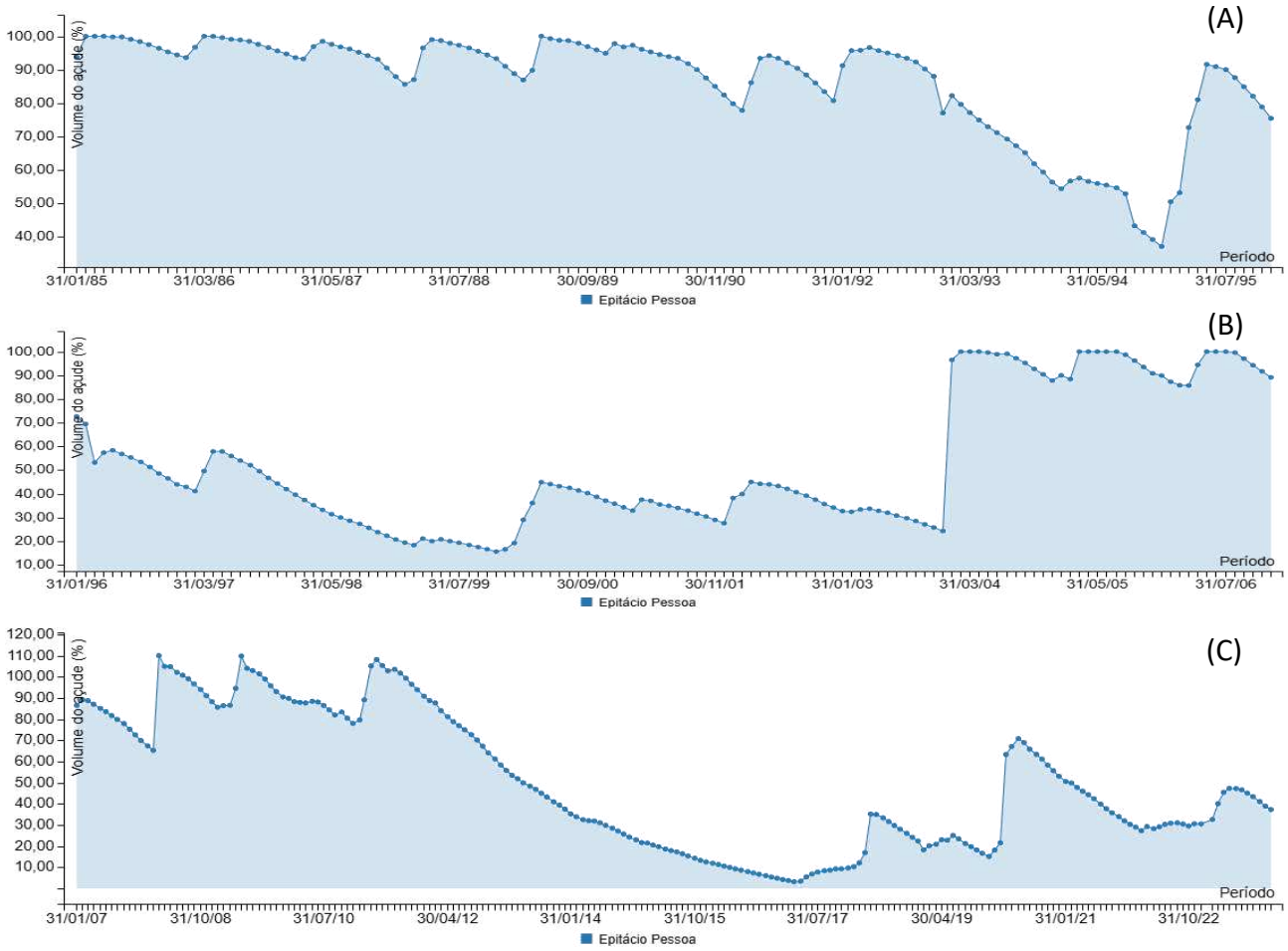
4.2 CORRELAÇÃO ENTRE PERÍODOS DE CHUVAS INTENSAS E A CAPACIDADE HÍDRICA DO RESERVATÓRIO EPITÁCIO PESSOA

O açude Epitácio Pessoa apresenta variações sazonais em seu volume, geralmente atingindo níveis mais altos no início do ano e declinando nos meses seguintes. Historicamente, a falta de planejamento e gestão eficiente resultou em crises hídricas, especialmente em períodos de seca severa, como entre 2012 e 2016, quando o reservatório atingiu seu volume morto, ameaçando o abastecimento de diversas cidades.

Medidas emergenciais foram adotadas, incluindo racionamento e a transposição do Rio São Francisco em 2017, que ajudou a recuperar parcialmente o volume do açude. No entanto, a dependência dessas soluções imediatistas reforça a necessidade de políticas preventivas para a gestão hídrica. O uso de indicadores climáticos, como o Índice de Anomalia de Chuva (IAC), e a implementação de

estratégias sustentáveis são essenciais para garantir a segurança hídrica da região e minimizar os impactos de futuras estiagens.

Figura 5 – Volume do açude Epitácio Pessoa para os períodos de 1985-1995 (A), 1996 - 2006 (B) e 2007 - 2023 (C)



Fonte: AESA (2025)

A relação entre a precipitação e o volume do Açude Epitácio Pessoa é essencial para a gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do alto curso do rio Paraíba, mas sua dinâmica depende de vários fatores, como infiltração no solo e consumo de água. O Índice de Anomalia de Chuvas (IAC) é uma ferramenta fundamental para monitorar a variabilidade climática e auxiliar na alocação eficiente da água.

Ao longo das décadas, a região enfrentou períodos de seca severa e chuvas intensas, impactando o volume do reservatório. A crise hídrica de 2012-2017 evidenciou a necessidade de planejamento preventivo para evitar medidas emergenciais tardias.

O IAC pode antecipar déficits e otimizar a captação e conservação da água, promovendo uma gestão mais sustentável e reduzindo os impactos da escassez hídrica.

O uso do IAC integrado a modelos hidrológicos e climáticos melhora a previsão de variações no volume do reservatório, auxiliando na definição de políticas públicas eficazes. Sua aplicação favorece a segurança hídrica e a sustentabilidade do uso da água, reduzindo a vulnerabilidade da população às mudanças climáticas.

5. CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

Diante da dinâmica climática e seus impactos sobre a gestão hídrica na Região do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, são recomendadas as seguintes medidas:

- ✓ **Monitoramento Contínuo:** Fortalecimento dos sistemas de previsão climática e da aplicação do Índice de Anomalia de Chuvas para previsão de eventos extremos.
- ✓ **Infraestrutura Hídrica:** Expansão da capacidade de armazenamento de água com a construção de barragens subterrâneas e sistemas de captação de água da chuva.
- ✓ **Reflorestamento e Conservação do Solo:** Implementação de projetos de recuperação de matas ciliares para reduzir a erosão e aumentar a infiltração da água no solo.
- ✓ **Gestão Participativa:** Reforço na atuação dos Comitês de Bacia Hidrográfica para garantir uma alocação equitativa dos recursos hídricos.
- ✓ **Educação Ambiental**: Promoção de campanhas educativas para sensibilização sobre o uso eficiente da água e a necessidade de adaptação às mudanças climáticas.
- ✓ **Aprimoramento da Governança Hídrica:** Estabelecimento de normas mais rígidas para o uso racional da água, incluindo a revisão das outorgas de captação e consumo.
- ✓ **Uso de Tecnologia para Gestão Inteligente:** Aplicação de sistemas de sensoriamento remoto e modelagem hidrológica para prever padrões de precipitação e otimizar a distribuição hídrica.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gestão dos recursos hídricos na Região do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba enfrenta desafios significativos devido à alta variabilidade pluviométrica e à influência de fenômenos climáticos extremos. A adoção de estratégias preventivas e de adaptação é essencial para garantir a segurança hídrica, portanto, medidas como o aprimoramento do monitoramento climático, investimentos em infraestrutura e governança participativa são fundamentais para mitigar os impactos da irregularidade das chuvas e garantir o uso sustentável dos recursos hídricos. A implementação dessas estratégias deve ser contínua e baseada em dados científicos atualizados, permitindo que gestores e formuladores de políticas públicas ajam de maneira proativa na mitigação dos impactos dos eventos climáticos extremos.

REFERÊNCIAS

Aragão, J. S., et al. (2023). Gestão Hídrica no Semiárido Brasileiro: Desafios e Soluções. Editora XYZ.

Medeiros, R. A., et al. (2021). Anomalias Pluviométricas e Seus Impactos na Agricultura do Semiárido. Revista Brasileira de Climatologia, 15(2), 123-145.

Rodrigues, F. & Lima, T. (2024). Padrões de Precipitação no Semiárido: Uma Análise Histórica. Clima e Sociedade, 18(1), 88-107.

Silva, L. C., et al. (2020). A Importância das Matas Ciliares na Conservação dos Recursos Hídricos. Estudos Ambientais, 9(3), 56-72.

Souza, P. R., et al. (2023). Geologia e Clima: Influências na Dinâmica Hídica do Nordeste Brasileiro. ***Anais da Conferência Nacional de Climatologia***, 12(1), 234-256.