

## **ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA ATRAVÉS DE FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS E DO ÍNDICE DE ANOMALIAS DE CHUVA REFERENTES A CARUARU - PE**

Gleyce Nair De Andrade<sup>1</sup>  
Michael Alecksander da Silva Rodrigues<sup>2</sup>  
Marco Aurélio Ribeiro<sup>3</sup>  
Edevaldo Miguel Alves<sup>4</sup>

### **RESUMO**

A precipitação pluviométrica é uma das variáveis meteorológicas mais importantes para a sociedade, visto que influencia diretamente nas atividades humanas, em que o seu excesso ou escassez ocasionam inúmeras adversidades. Assim, o seu monitoramento se faz indispensável a fim de permitir a tomada de decisões necessárias à mitigação de secas, enchentes e demais fatores associados à sua flutuação hidroclimática. O presente trabalho tem como objetivo primordial analisar o modo como a precipitação pluviométrica se comporta no município de Caruaru-PE através dos dados da série histórica compreendida entre os anos de 1996 e 2018 e por meio do índice de anomalias de chuvas. Com isso, percebeu-se maior incidência de anos secos ou muito secos, fator que indica a presença de um déficit hídrico anual no município e cujo volume predominante das chuvas se concentra no primeiro semestre do ano, mais precisamente nos meses de abril, maio e junho que constituem um trimestre chuvoso. Tais resultados confirmam a distribuição pluviométrica essencialmente irregular condizente ao perfil geográfico pertencente ao município, no qual se alternam anos úmidos e secos com predominância destes últimos, além da ocorrência de eventos extremos que alertam à necessidade da adoção de medidas combatentes dos efeitos negativos gerados, como também ao desenvolvimento de um sistema de aproveitamento das águas pluviais.

**Palavras-chave:** Pluviometria, IAC, Precipitação, Flutuações hidroclimáticas.

### **INTRODUÇÃO**

A precipitação pluviométrica é uma das variáveis meteorológicas de maior importância para a sociedade, por influenciar diretamente as atividades humanas, em que o seu excesso (enchentes) ou escassez (secas) ocasionam danos socioeconômicos e ambientais significativos (DINIZ, 2013). Trata-se de um elemento meteorológico que apresenta uma

---

<sup>1</sup> Graduanda pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE/CAA, gleycenair@gmail.com;

<sup>2</sup> Graduado do Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal - UFRPE, michaelalecksander@hotmail.com;

<sup>3</sup> Mestre do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, marco.aurelioribeiro@ufpe.br;

<sup>4</sup> Professor orientador: Doutor, Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, edevaldofisica@gmail.com.

enorme variação no tempo e no espaço, sendo influenciado diretamente pela posição geográfica do local, pelo relevo e também pelas demais variáveis meteorológicas.

O semiárido nordestino apresenta grande variabilidade espacial e temporal das chuvas, com precipitações irregulares concentradas em poucos meses. Essa região também é caracterizada com alto potencial para evaporação da água, em função da grande disponibilidade de energia solar, das temperaturas elevadas e da baixa umidade do ar (ASSIS, SOUZA; SOBRAL, 2015).

Em região de transição como o nordeste brasileiro, o monitoramento da precipitação, principalmente, durante o período chuvoso é muito importante para tomada de decisões que tragam benefícios para a população. Segundo Paula e colaboradores (2010), um bom monitoramento da precipitação é ferramenta indispensável na mitigação de secas, enchentes, inundações e alagamentos.

Dentre os elementos do clima, precipitação é a que mais interfere nos setores produtivos da sociedade, tanto do ponto de vista econômico quanto social conforme se percebe na produtividade agrícola, nos transportes e na execução de inúmeros projetos de engenharia, principalmente nas regiões tropicais, onde o regime de chuvas é caracterizado por eventos de curta duração e alta intensidade, de acordo com Santana et al. (2007), em função disto a sazonalidade da precipitação concentra quase todo o seu volume durante os meses que compõem o período chuvoso, conforme afirma Silva (2004).

Conforme dito, percebe-se que a distribuição das chuvas em áreas tropicais é extremamente irregular, sobretudo em regiões tais como o nordeste brasileiro. Situação agravada devido às mudanças climáticas que resultam em alterações na precipitação pluviométrica, levando a um aumento significativo de eventos extremos (secas e excesso de umidade) (COSTA et al., 2015), o que suscita a necessidade de um melhor conhecimento e interpretação das escalas da variabilidade pluviométrica, que podem ser efetuadas por meio de índices, tal como o Índice de Anomalias de Chuva (IAC) que ajuda a monitorar anos de seca e chuva excessiva.

O IAC ajuda a monitorar anos de seca e chuva excessivas, além de permitir comparações do regime pluviométrico de determinado local a partir de uma série de dados históricos com as condições atuais de chuva (ARAÚJO et al., 2007). Outra vantagem do índice é que ele necessita apenas de dados de precipitação para ser gerado (GROSS; CASSOL, 2015, p. 531). Portanto, o índice desenvolvido por Van Rooy (1965) possui boa

aplicação para uso em regiões semiáridas, devido à sua capacidade de fornecer informações sobre a ocorrência, gravidade e impacto da seca (Repelli et al, 1998).

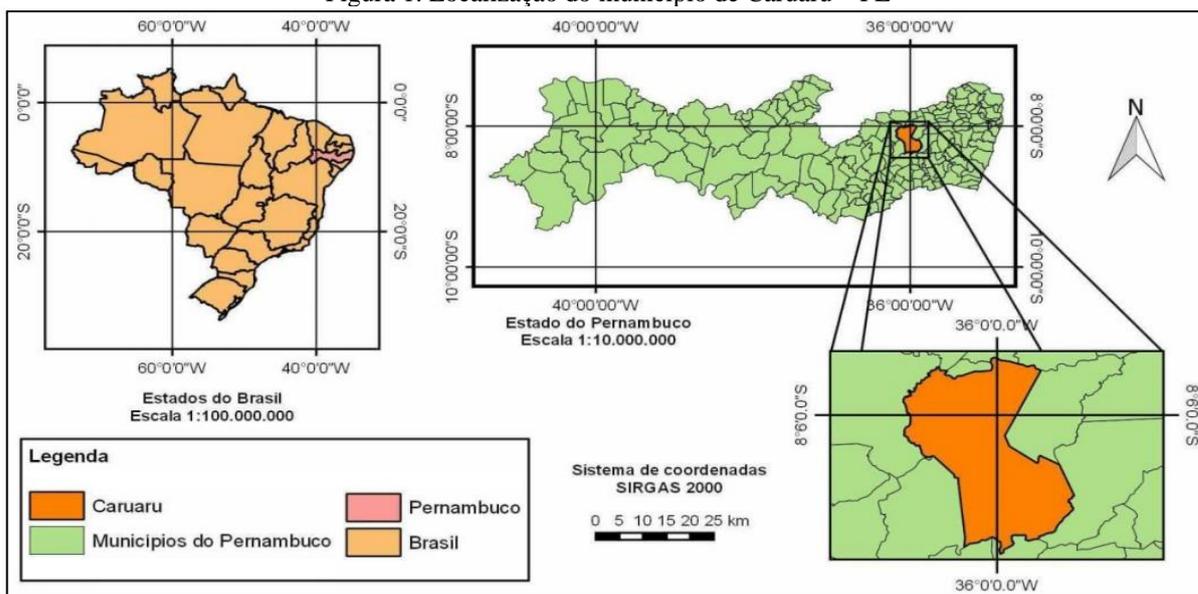
Segundo Silva e colaboradores (2019), a região Nordeste já é caracterizada pela grande variação do regime de chuvas e elevado desvio padrão, onde os meses chuvosos se concentram entre janeiro e junho. Porém, as variáveis hidrológicas em cada região tem seu respectivo comportamento diferenciado, necessitando de estudos individualizados de cada local para o entendimento da dinâmica e, assim, considerado os regimes pluviométricos e hídricos. Para assim, evitar impactos negativos ao ambiente e aos seres humanos, fornecendo informações indispensáveis no planejamento.

Nesse contexto, o objetivo do presente artigo é o de analisar o modo como a precipitação pluviométrica se comporta no município de Caruaru através dos dados de séries históricas referentes às chuvas. De acordo com as seguintes etapas: aplicar ferramentas estatísticas a fim de aprimorar a interpretação dos dados fornecidos pela série histórica trabalhada, analisar o IAC visando a detectar eventos extremos e pontuar tais eventos decorrentes do excesso ou escassez hídrica ao longo da série histórica considerada.

## **METODOLOGIA**

O município de Caruaru se localiza na mesorregião do Agreste e na microrregião do vale do Ipojuca do estado de Pernambuco (Figura 1), limitando-se ao norte com Toritama, Vertentes, Frei Miguel e Taquaritinga do Norte, a sul com Altinho e Agrestina, a leste com Bezerros e Riacho das Almas e a oeste com Brejo da Madre de Deus e São Caetano. A área municipal ocupa 928,1 km<sup>2</sup> e representa 0,94% do estado de Pernambuco, sendo que 16,6 km<sup>2</sup> estão em perímetro urbano e os 903,9 km<sup>2</sup> restantes formam a zona rural. A sede do município tem altitude de 554 metros e coordenadas geográficas de 08°17'S latitude e 35°58' de longitude, distante 140,7 km da capital.

Figura 1. Localização do município de Caruaru – PE



Fonte: Os autores (2019).

O clima de Caruaru de acordo com a classificação de Köppen-Geiger é do tipo semiárido (Bsh), possuindo verões quentes e secos e invernos amenos e chuvosos. O trimestre chuvoso centra-se nos meses de maio, junho e julho e os seus meses secos ocorrem entre outubro, novembro e dezembro. Os fatores provocadores de chuvas no município são a contribuição da zona de convergência intertropical, a formação de vórtices ciclônicos de altos níveis, as influências dos ventos alísios de nordeste no transporte de vapor e umidade os quais condensam e formam nuvens, provocando chuvas de moderadas a fortes, além das formações das linhas de instabilidades, orografia e seus reflexos locais e regional. Formando nuvens e também contribuindo pra ocorrência de chuvas de moderada à forte (MEDEIROS, 2016).

As variáveis climáticas de determinada região são medidas em campo por meio de estações meteorológicas que dispõem de equipamentos automáticos, ou não, para sua medição. As estações são fixadas em locais estratégicos de tal forma a cobrir área representativa do local do estudo.

Os dados de precipitação utilizados neste estudo são oriundos da estação meteorológica localizada a 08°24'S latitude, 35°99' de longitude e altitude de 568 metros (Figura 2) e pluviômetros pertencentes à Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), obtidos por meio da ferramenta de Sistema de Geoinformação Hidrometeorológico de Pernambuco. Com esse sistema, a APAC realiza o monitoramento hidrometeorológico em tempo real de Plataformas de coletas de dados (PCD's) distribuídas em todo o estado de Pernambuco. A série de dados para Caruaru foi de 23 anos (1996 - 2018), contudo apresenta uma lacuna nos anos de 1997 e 1998.

Figura 2. Localização da estação meteorológica do município de Caruaru – PE



Fonte: Adaptado de Google Maps (2019)

Para a plotagem dos dados da série histórica, bem como para a transformação destes através de ferramentas estatísticas, utilizou-se o Microsoft Office Excel. Já na determinação do IAC, utilizou-se a metodologia sugerida por Van Rooy (1965) e adaptada por Freitas (2004), a fim da obtenção das anomalias positivas e negativas conforme seguem:

$$IAC_{\text{positivo}} = 3 * \left[ \frac{(N - N1)}{(M - N1)} \right] \quad IAC_{\text{negativo}} = -3 * \left[ \frac{(N - N1)}{(X - N1)} \right]$$

em que:

N = precipitação observada do ano em que será gerado o IAC (mm);

N1 = precipitação média anual da série histórica (mm);

M = média das dez maiores precipitações anuais da série histórica (mm);

X = média das dez menores precipitações anuais da série histórica (mm).

Para realização da disposição dos municípios em termos de IAC, foi utilizada a classificação elaborada por Araújo e colaboradores (2009) para os anos secos e úmidos. A classificação é feita de acordo com os valores registrados para o IAC (Tabela 1).

Tabela 1 – Classes do Índice de Anomalias de Chuva

Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	Faixa do IAC	Classe de Intensidade
	> 4	Extremamente Úmido
	2 a 4	Muito Úmido
	0 a 2	Úmido
	0 a -2	Seco
	-2 a -4	Muito Seco
< -4	Extremamente Seco	

Fonte: Araújo et al. (2009).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através dos dados da distribuição das chuvas no município de Caruaru (Tabelas 2 e 3) por meio da série histórica obtida juntamente à APAC e que compreende 23 anos de duração (1996 – 2018), percebe-se que a maior incidência de chuvas ocorre no primeiro semestre do ano (Figura 3) e que responde por 69% das precipitações anuais, sobretudo nos meses de abril, maio e junho que juntos geram 42% das chuvas anuais.

Tabela 2 – Dados Pluviométricos de Caruaru – PE (1996 - 2008)

Mês/Ano	1996	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>Janeiro</b>	18,6	8,0	72,8	16,4	129,7	18,0	316,7	0,3	23,1	70,3	28,7
<b>Fevereiro</b>	51,5	11,5	92,8	2,0	111,6	32,4	144,6	11,0	86,0	67,2	24,9
<b>Março</b>	99,5	12,4	26,2	102,4	55,4	56,6	41,5	44,2	25,8	96,9	106,9
<b>Abril</b>	61,9	-	148,6	63,0	24,3	29,5	88,4	55,7	43,0	47,3	116,6
<b>Mai</b>	16,5	62,0	43,2	12,4	122,7	54,6	76,1	151,3	93,1	50,9	85,5
<b>Junho</b>	40,7	26,3	177,4	146,1	128,0	64,9	107,4	175,6	109,5	81,8	46,0
<b>Julho</b>	47,1	81,8	74,8	59,4	31,2	41,5	116,3	50,8	55,6	33,2	71,6
<b>Agosto</b>	38,4	17,0	121,1	31,9	35,6	16,4	26,8	38,0	32,4	70,8	43,0
<b>Setembro</b>	29,7	-	52,4	12,9	16,8	24,6	34,8	9,8	17,7	33,0	1,9
<b>Outubro</b>	14,8	-	2,5	37,9	9,0	10,0	1,0	8,1	6,2	0,5	1,2
<b>Novembro</b>	20,3	-	11,8	29,9	12,9	4,6	0,2	2,0	9,6	7,5	-
<b>Dezembro</b>	5,4	-	56,0	10,5	-	7,2	14,6	102,2	8,0	9,9	3,8

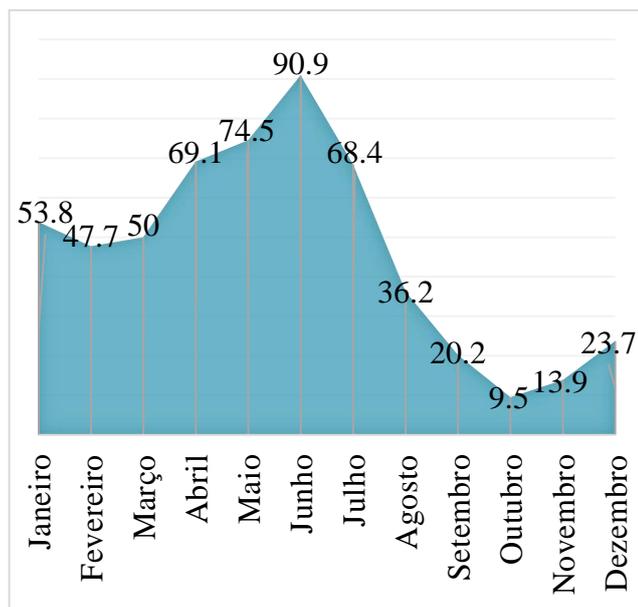
Fonte: Os autores (2019).

Tabela 3 – Dados Pluviométricos de Caruaru – PE (2009 – 2018)

Mês/Ano	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<b>Janeiro</b>	60,3	117,9	108,2	16,4	13,2	3,4	4,3	74,4	4,7	23,4
<b>Fevereiro</b>	88,4	43,0	42,6	18,4	-	15,2	18,0	46,1	16,5	29,6
<b>Março</b>	26,6	46,4	87,6	13,8	1,0	45,0	41,8	29,9	2,4	87,2
<b>Abril</b>	75,9	74,5	91,0	10,4	124,2	47,4	9,0	40,1	31,4	200,5
<b>Mai</b>	132,4	7,8	175,2	28,6	18,4	63,9	27,6	65,1	237,4	40,7
<b>Junho</b>	54,9	317,8	41,2	41,3	75,4	32,2	118,7	49,2	59,3	15,3
<b>Julho</b>	150,8	51,9	129,2	39,9	105,2	33,2	85,0	23,5	139,6	14,3
<b>Agosto</b>	70,0	22,1	47,6	23,0	30,3	24,4	19,4	11,4	32,4	8,4
<b>Setembro</b>	6,2	19,2	19,2	1,4	10,7	50,8	3,4	18,0	38,1	3,2
<b>Outubro</b>	-	10,7	10,0	0,4	18,2	30,0	1,0	3,2	6,7	-
<b>Novembro</b>	14,2	-	29,6	-	44,0	6,8	1,2	-	-	-
<b>Dezembro</b>	37,6	3,2	-	6,6	58,7	-	50,0	10,5	9,4	9,7

Fonte: Os autores (2019).

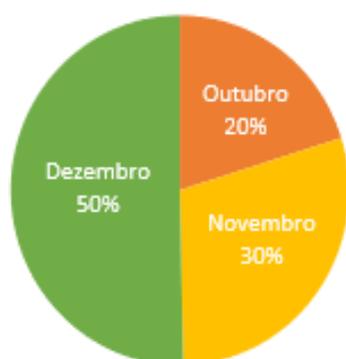
Figura 3 – Médias pluviométricas mensais de Caruaru – PE



Fonte: Os autores (2019).

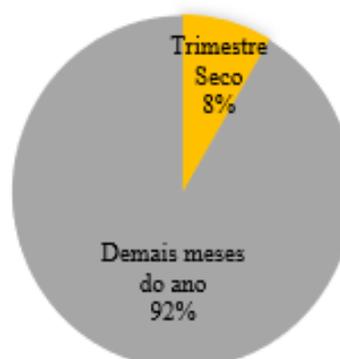
Destacam-se dois períodos marcantes através da série histórica, que demarcam a presença de dois trimestres característicos, sendo um seco e o outro chuvoso. O trimestre seco (Figura 4) compreende os meses de outubro, novembro e dezembro que juntos respondem por apenas 8% das chuvas anuais (Figura 5), sendo o mês de outubro o mais seco deles com 9,5 mm por ano em média. Já abril, maio e junho correspondem ao trimestre úmido (Figura 6) que é responsável por 42% das chuvas anuais (Figura 7), com o mês de junho representando maior destaque, tendo em vista sua média de 90,9 mm que o caracteriza como sendo o mais chuvoso do ano.

Figura 4- Contribuição dos meses do Trimestre Seco para sua pluviometria



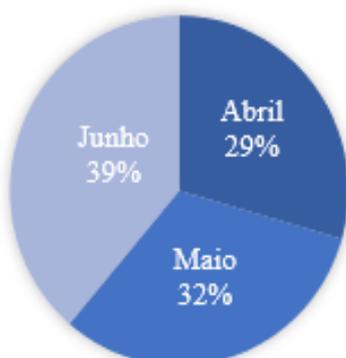
Fonte: Os autores (2019).

Figura 5- Contribuição do Trimestre Seco na formação da chuva anual



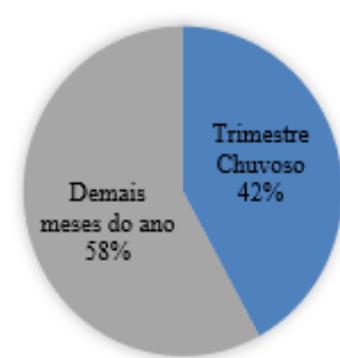
Fonte: Os autores (2019).

Figura 6- Contribuição dos meses do Trimestre Chuvoso para sua pluviometria



Fonte: Os autores (2019).

Figura 7- Contribuição do Trimestre Chuvoso na formação da chuva anual



Fonte: Os autores (2019).

Já quanto à pluviometria anual, nota-se a variabilidade que há ao longo dos anos (Figura 8) e que confirma a irregularidade temporal na distribuição das chuvas característica à região em decorrência dos fenômenos de caráter local e/ou regional que afetam o regime chuvoso. Constata-se essa irregularidade ao perceber, por exemplo, que nos anos de 1999 e 2012 houve os menores valores registrados na série, com 219.0 e 200.2 mm respectivamente; enquanto que nos anos de 2000 e 2004 choveu, a saber, 879.6 e 968.4 mm anuais, e que representam os maiores montantes da série indicada. Chama-se a atenção para essa discrepância evidenciada ainda mais fortemente ao se perceber que nos citados anos de menor incidência chuvosa, a soma de suas contribuições (419,2 mm) é inferior à média anual obtida para a série histórica (540,9 mm)

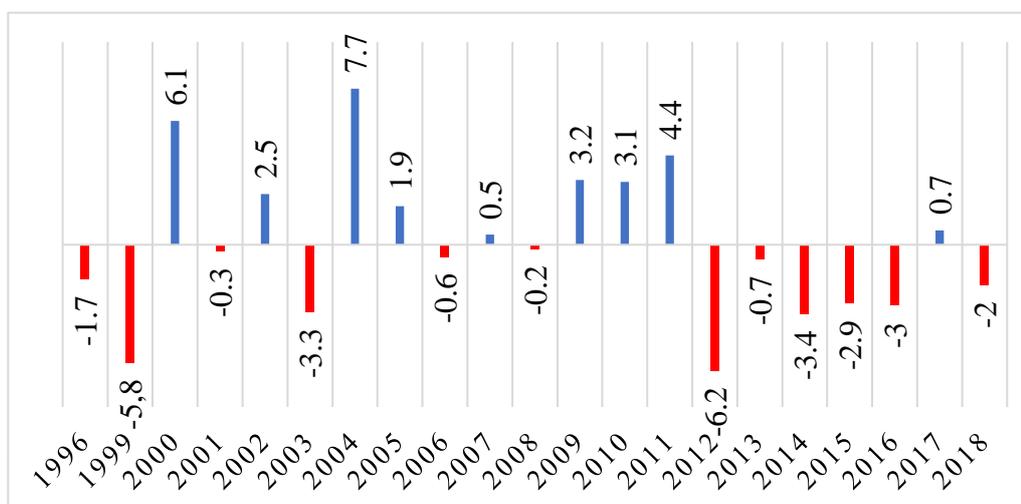
Figura 8 – Histograma da pluviometria anual de Caruaru – PE



Fonte: Os autores (2019).

O cálculo do IAC (Figura 9) revela que a maioria dos anos dessa série se enquadram como secos ou muito secos (Tabela 4), fator que indica a presença de um déficit hídrico anual marcante. Em 5 anos o valor do IAC se classifica nos extremos de seca ou umidade, alertando para uma propensão a eventos de enchentes e secas que requerem planejamentos públicos em infraestrutura adequados ao suporte de ambas condições extremas, tanto no desenvolvimento de medidas de obtenção de água como o aproveitamento das águas das chuvas, além de investimentos em educação ambiental a fim de ampliar a conscientização da população sobre um melhor uso desse recurso indispensável; bem como na definição e aplicação de estratégias apropriadas à contenção de excessos hídricos, como o dimensionamento eficiente dos sistemas de drenagem, decorrentes das eventuais enchentes.

Figura 9: Índice de Anomalia de Chuva



Fonte: Os autores (2019).

Tabela 4 – Classificação dos anos de acordo com as classes de intensidade previstas pelo IAC

Ano	IAC	Classe de intensidade
1996	-1,7	Seco
1999	-5,8	Extremamente seco
2000	6,1	Extremamente úmido
2001	-0,3	Seco
2002	2,5	Muito úmido
2003	-3,3	Muito seco
2004	7,7	Extremamente úmido
2005	1,9	Úmido
2006	-0,6	Seco
2007	0,5	Úmido
2008	-0,2	Seco
2009	3,2	Muito úmido
2010	3,1	Muito úmido
2011	4,4	Extremamente úmido
2012	-6,2	Extremamente seco
2013	-0,7	Seco
2014	-3,4	Muito seco
2015	-2,9	Muito seco
2016	-3,0	Muito seco
2017	0,7	Úmido
2018	-2,0	Muito seco

Fonte: Os autores (2019).

Alguns aspectos decorrentes da análise dos valores do IAC chamam a atenção, sobretudo a inversão brusca verificada entre os anos de 2003 e 2004 (maior valor do IAC registrado na presente série histórica) e que culminou com as enchentes ocorridas nesse último ano, assim como a sequência seca que se deu início a partir de 2012. Outro setor de maior interesse nos dados obtidos através do IAC é a sequência seca iniciada em 2012, sendo ele o ano de maiores impactos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme visto, o município de Caruaru – PE apresenta uma distribuição pluviométrica marcadamente irregular e caracterizada por grandes flutuações hidroclimáticas anuais, portanto, alternam-se anos úmidos e secos conforme verificado através do IAC, bem como pela formação de um trimestre chuvoso e um trimestre seco.

No entanto, percebeu-se maior incidência de anos secos ou muito secos, fator que indica a presença de um déficit hídrico anual no município, além do fato dos meses de outubro, novembro e dezembro representarem apenas oito por cento da disponibilidade hídrica anual. Já o volume predominante de chuvas se concentra no primeiro semestre do ano, mais precisamente nos meses de abril, maio e junho, representando focos de elevada pluviometria com chances de eventuais enchentes. Aspectos esses que alertam à necessidade

de desenvolvimento e adoção de medidas estratégicas mitigadoras dos impactos gerados por essas condições extremas.

Alerta-se à necessidade de criação de sistemas de captação e armazenamento de águas da chuva a fim de implementar e gerir a disponibilidade desses recursos no município. Ademais, cabe ressaltar que tal cenário descrito é condizente com o perfil geográfico pertencente ao município e agravado diante do quadro de mudanças climáticas que ocasionam maiores flutuações nas variáveis que compõem o clima.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMAS - APAC. **Dados pluviométricos da cidade de Caruaru – PE**. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/sighpe/>>. Acesso em: maio de 2019.

ARAUJO, L. E.; SILVA, D. F.; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S. Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação na Bacia do Rio Paraíba usando IAC. **Revista de Geografia**, v. 24, n. 1, 2007, p. 47-59.

ASSIS, J. M. O.; SOBRAL, M. C. M.; SOUZA, W. M. Análise de Detecção de Variabilidades Climáticas com Base na Precipitação nas Bacias Hidrográficas do Sertão de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, 2014, p. 630-645.

COSTA, M. S.; LIMA, K. C.; ANDRADE, M. M.; GONÇALVES, W. A. Tendências observadas em extremos de precipitação sobre a região Semiárida do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 5, 2015, p. 1321-1334.

DINIZ, J. M. T. Variabilidade da precipitação e do número de dias com chuvas de duas cidades distintas da Paraíba. Programa de Pós-Graduação em Meteorologia – Universidade Federal de Campina Grande, **HOLOS**, Ano 29, v. 3, 2013, p. 172-180.

FREITAS, M. A. S. A Previsão de secas e a gestão hidroenergética: o caso da bacia do rio Parnaíba no Nordeste do Brasil. In: Seminário internacional sobre represas y operación de embalses, 2004, Puerto Iguazu. **Anais...** Puerto Iguazu: CACIER, v. 1, 2004, p. 1.

GROSS, Joceli Augusto; CASSOL, Roberto. **Índice de anomalia de chuva do estado o Rio Grande do Sul**. *Ambiência*, Guarapuava, v. 11, n. 3, 2015, p.529-543.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. “*Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes*”. Wall-map 150cmx200cm. 1928.

MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. R.; ROCHA, H. M. Distribuição espaço-temporal e sazonalidade das chuvas no Estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.16, n.4, 2011, p.157-167.

MEDEIROS, R.M. **Planilhas do Balanço Hídrico Normal segundo Thornthwaite & Mather (1955)**. s.n., 2016.

PAULA, R.K.; BRITO, J.I.B.; BRAGA, C.C. Utilização da análise de componentes principais para verificação da variabilidade de chuvas em Pernambuco. XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia. **Anais...** Belém do Pará, PA. 2010, CD Rom.

REPELLI, C. A. SILVEIRA, N. F.; ALVES, J. M. B.; NOBRE, C. A. **Índice de anomalia de precipitação para o Estado do Ceará**. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia e Congresso da Fllsmet, 10 e 8, 1998, Brasília. **Anais...** Brasília, 1998.

ROOY, M. P.; VAN. A. **Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space**, Notes, v. 14, 1965, p. 1- 43.

SANCHES, F. O.; VERDUM, R.; FISCH, G. O índice de anomalia de chuva (IAC) na avaliação das precipitações anuais em Alegrete/Rs (1928-2009). **Caminhos de Geografia**, v. 15, n. 51, 2014, p. 73–84.

SANTANA, M. O. **Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil**. Brasília: MMA/SRH/UFPB, 2007.

SILVA, R. M. G.; LACERDA, G. L. B.; BARBOSA, P. G.; SÁ, A. C. N.; ALVES, N. B. P.; ROCHA NETO, O. Análise da variação pluviométrica do município de Cajazeirinhas-PB a partir de séries históricas. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 7, 2019, p. 8074-8081.

SILVA, V. P. R. On climate variability in Northeast of Brazil. **Journal of Arid Environments** n.58, 2004, p.575-596.

VAN ROOY, M. P. **A rainfall anomaly index independent of time and space**. Notas, v. 14, n. 43, 1965, p. 6.