

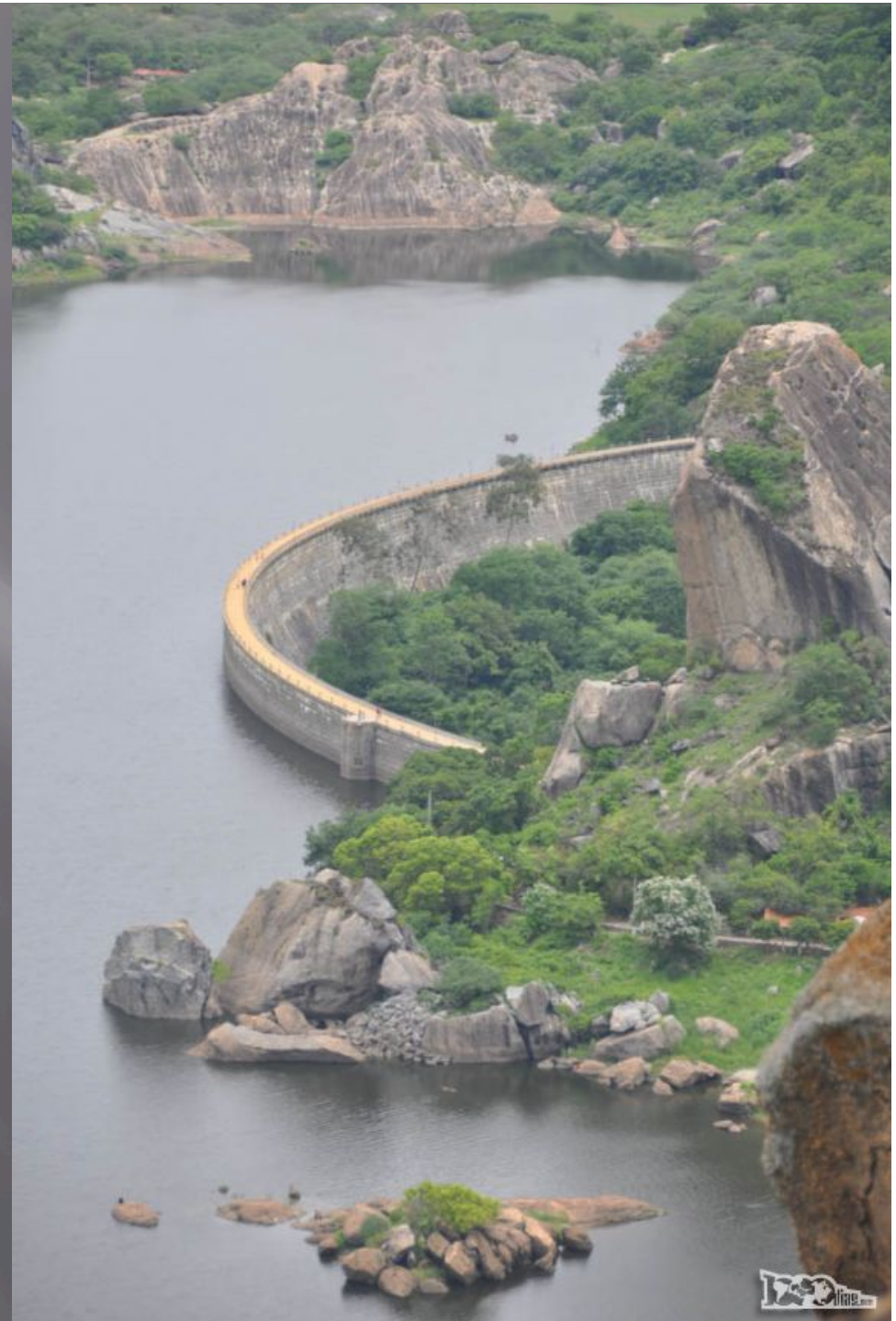
O REGIME DE VAZÕES ANUAIS DOS RIOS INTERMITENTES NA BACIA DO RIO JAGUARIBE: ANÁLISE DA AUTOCORRELAÇÃO DAS VAZÕES ANUAIS



- ▣ Nilson Campos, Ticiania Studart e Davi Teixeira
- ▣ João Pessoa novembro de 2012

Roteiro

- 1- Caracterização do problema
- 2- Área do estudo
- 3- Modelos autorregressivos ;
base conceitual
- 4 Os testes estatísticos
- 5- Os resultados
- 6- As conclusões



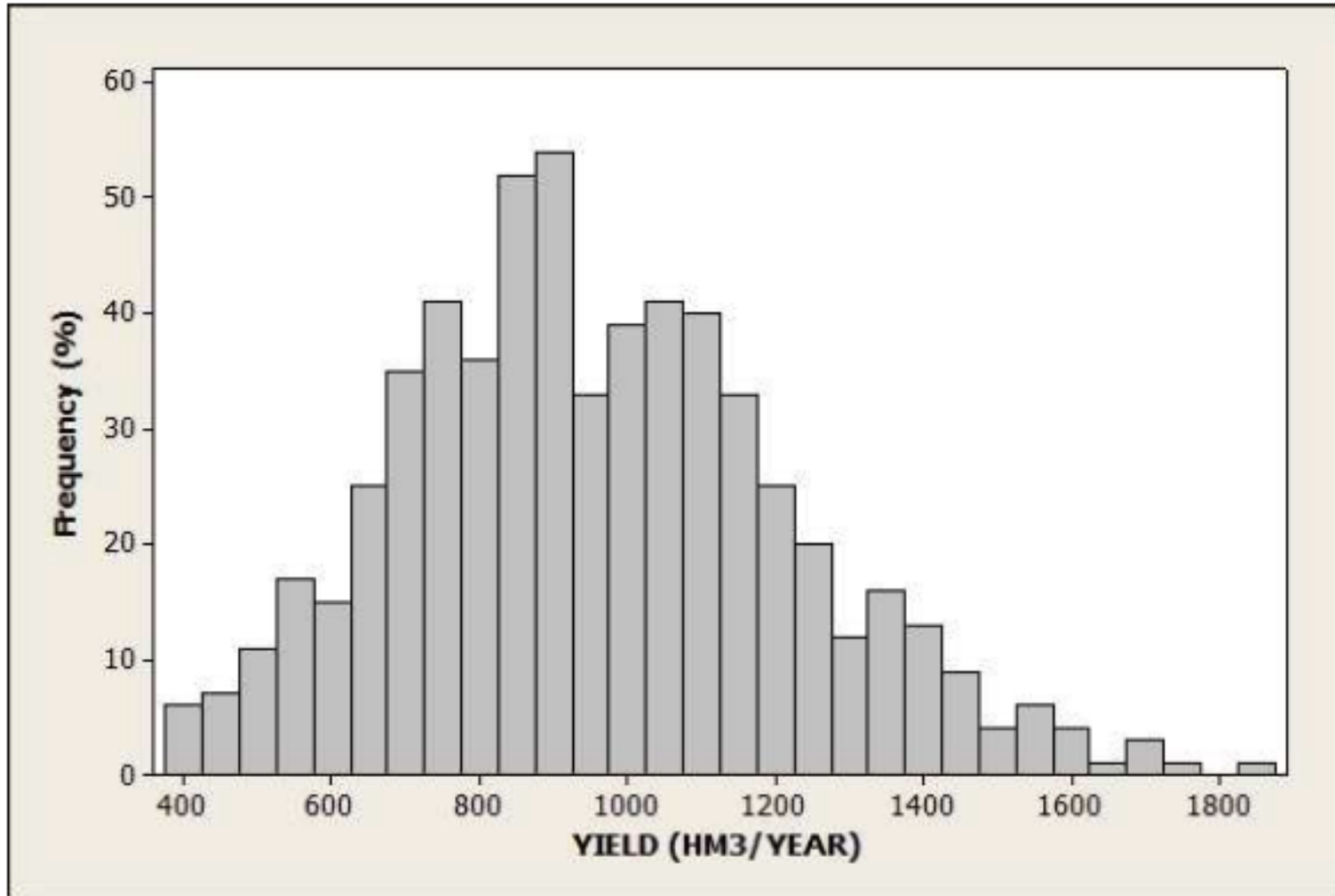
Justificativa e objetivos (1)

- ▣ Os modelos estocásticos têm por objetivo reproduzir ou assemelhar as principais características estatísticas das séries temporais históricas de variáveis hidrológicas. Essa reprodução deve ser vista no sentido estatístico, o que não implica que o modelo reproduza exatamente as mesmas estatísticas da amostra (Salas, et al. 1980, 8)
- ▣ Disponibilidades hídricas = $f(\text{regime hidrológico})$
- ▣ A alta variabilidade dos deflúvios anuais dos rios do Semiárido tornam imprecisa

Justificativa e objetivos (2)

- ▣ A alta variabilidade dos deflúvios anuais dos rios do Semiárido tornam imprecisas e insuficientes a aplicação do método de simulação com as séries históricas.

Alta variabilidade dos deflúvios anuais



Correlação serial

Definições de correlação serial

A correlação serial, ou autocorrelação, de ordem k de uma série temporal da variável aleatória X_t é definida pelo coeficiente de correlação entre as variáveis X_t e a variável X_{t-k} . Na população de $\{X_t\}$ o coeficiente de autocorrelação de ordem k (ρ_k) é estimado pela Equação 5:

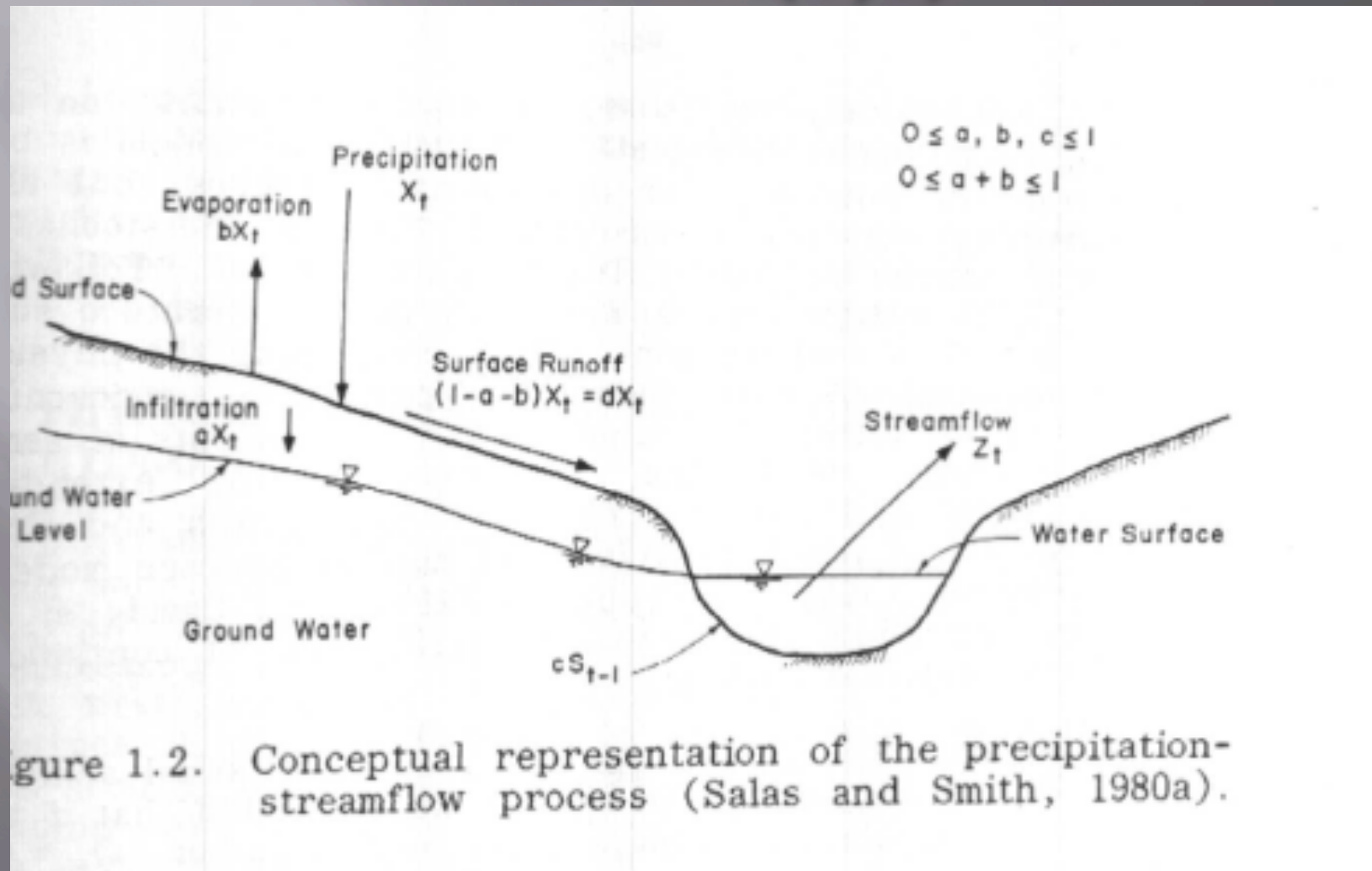
$$\rho_k = \frac{\text{Cov}(X_t, X_{t-k})}{\text{var}(X)} \quad (5)$$

A autocorrelação é estimada em uma amostra por meio da Equação (6)

$$r_k = \frac{\sum (X_t - \bar{X})(X_{t-k} - \bar{X})}{\sqrt{\sum (X_t - \bar{X})^2 \sum (X_{t-k} - \bar{X})^2}} \quad (6)$$

onde r_k denota o coeficiente de autocorrelação com tempo de retardo k , \bar{X} representa a média de X e as demais variáveis definidas anteriormente.

A base teórica do modelo ARMA(1,1)



A base teórica do modelo ARMA(1,1)

vazões anuais. O deflúvio anual z_t é formado por uma contribuição devida à alimentação por águas subterrâneas igual a cS_{t-1} e pelo deflúvio superficial dx_t . Tem-se que:

$$z_t = cS_{t-1} + dx_t \quad (1)$$

Combinando-se as equações 1 e 3, chega-se a:

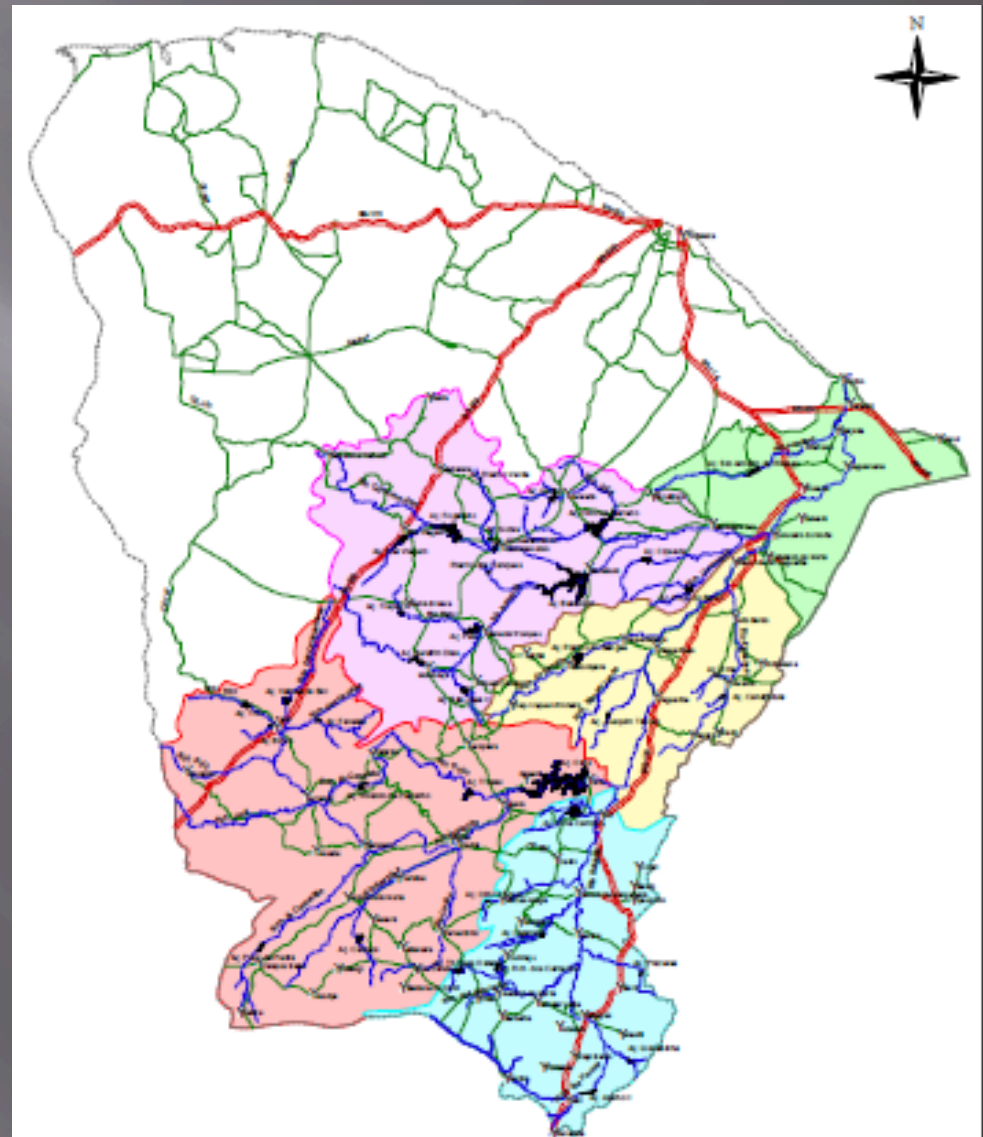
$$z_t = (1 - c)z_{t-1} + dx_t - [d(1 - c) - ac]x_{t-1} \quad (4)$$

A memória do sistema é decorrente dos termos derivados das reservas em águas subterrâneas e do escoamento de base. Para os rios intermitentes do Semiárido esses termos são nulos, em função de uma longa estação seca, cerca de seis meses na qual os rios permanecem totalmente secos.

Dados e métodos

Para avaliar o regime de dependência serial dos rios do Estado do Ceará, foram selecionados 42 reservatórios objeto de estudos durante a elaboração do Plano de Gerenciamento das Águas do Rio Jaguaribe (COGERH/ENGESOFT 2000).¶

Teste de significância de Wald-Wolfowitz e de Anderson¶



LEGENDA

Teste de Wald-Wolfowitz

O teste de Wald-Wolfowitz¶

Trata-se de um teste não paramétrico recomendado pela Organização Mundial de Meteorologia - WMO para a avaliação de autocorrelação em séries temporais (Serrano, Mateos and Garcia 1999), (Mitchell, et al. 1966).¶

A estatística de teste u é estimada pela Equação 8.¶

$$u = \frac{1 + (n - 1) (\sum_{i=1}^n x_i \cdot x_{i+1} / \sum_{i=1}^n x_i^2)}{\sqrt{n - 1}} \quad (8)¶$$

onde u denota a estatística de teste, n a extensão da série de vazões, x_i e x_{i+1} representam as vazões nos anos i e $i+1$ respectivamente.¶

¶

Esse teste estatístico estabelece que na hipótese nula de autocorrelação nula ($\rho=0$) a variável de teste u segue uma distribuição normal padrão com média zero e desvio padrão um. Para um dado nível de confiança α , a hipótese nula será rejeitada se $\Pr\{z < u\} > \alpha$.¶

Teste de Anderson

O teste de Anderson¶

Esse teste proposto por Anderson (1941) verifica se o valor da autocorrelação de ordem 1 obtido da amostra está contido no intervalo de confiança definido pela Equação 9.¶

¶

$$r_k(95\%) = \frac{-1 \pm 1,96 \sqrt{n-k-1}}{n-k} \dots \dots \dots (9)¶$$

¶

onde r_k denota o coeficiente de autocorrelação estimado na amostra pela Equação 6, n é o tamanho da amostra e k representa o tempo de retardo, igual a 1 no presente caso.¶

Resultados

Teste de Wald-Wolfowitz

O teste de Wald-Wolfowitz tem a seguinte formulação:

Variável de teste = u

Hipótese nula H_0 = as vazões anuais são serialmente independentes

Hipótese alternativa H_1 : as vazões anuais

Nível de significância $\alpha = 0,05$

Intervalo de aceitação de hipótese nula: $-2,8279 < u < 2,8279$

Os valores obtidos para a variável de teste u estão apresentados na Tabela 1. O maior valor encontrado para u foi de 2,12996 para o reservatório São José., o qual se encontra na zona de aceitação da hipótese nula.

Dessa forma conclui-se, pelo teste de hipótese de Wald-Wolfowitz, que a um nível de confiança $(1-\alpha)$ de 95%, a hipótese de independência serial dos deflúvios anuais da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, é estatisticamente aceita. Assim, fica comprovada a hipótese utilizada na formulação dos modelos de matriz de transição para rios intermitentes (Campos 1986)

Teste de Anderson

Ordem	Reservatório	Série	U	Resultado do teste
1	Arneiroz	86	0.27078	Aceita H_0
2	Atalho	86	0.16076	Aceita H_0
3	Brotas	84	-1.28486	Aceita H_0
4	Boa Viagem	81	1.11621	Aceita H_0
5	Canoas	85	0.46169	Aceita H_0
6	Castanhão	37	0.52421	Aceita H_0
7	Ceará Mirim	54	1.51840	Aceita H_0
8	Canafistula	85	0.59837	Aceita H_0
9	Cipoada	86	1.93420	Aceita H_0
10	Ema	85	1.60078	Aceita H_0
11	Fogareiro	78	0.78232	Aceita H_0
12	Favelas	85	0.39761	Aceita H_0
13	Ingazeiro	85	1.40506	Aceita H_0
14	Joaquim Távora	85	0.59982	Aceita H_0
15	Juca	85	0.33764	Aceita H_0
16	Lima Campos	85	1.28370	Aceita H_0
17	Manoel Balbino	84	0.90228	Aceita H_0
18	Monsenhor Tabosa	86	0.89074	Aceita H_0
19	Muquem	85	0.45030	Aceita H_0
20	Nobre	85	0.21401	Aceita H_0
21	Olho d'Água	86	0.46657	Aceita H_0

Teste de Anderson

22	<u>Oros</u>	83	0.63549	Aceita H_0
23	Poço de Barro	86	1.60611	Aceita H_0
24	Pedras Brancas	86	1.61140	Aceita H_0
25	Pombas	86	0.46460	Aceita H_0
26	Poço da Pedra	84	0.22060	Aceita H_0
27	Prazeres	84	0.90228	Aceita H_0
28	Puiu	86	0.41773	Aceita H_0
29	<u>Quixeramobim</u>	85	-0.20787	Aceita H_0
30	Riacho dos Carneiros	84	0.90263	Aceita H_0
31	Rivaldo de Carvalho	85	0.55737	Aceita H_0
32	<u>Rosario</u>	86	1.48134	Aceita H_0
33	Riacho dos Tanques	85	0.03820	Aceita H_0
34	Riacho Verde	85	-0.01869	Aceita H_0
35	São José	86	2.12996	Aceita H_0
36	Santo Antônio de Russas	81	1.39206	Aceita H_0
37	<u>Thomas Osterne</u>	86	1.86217	Aceita H_0
38	<u>Trapia</u>	86	0.46632	Aceita H_0
39	<u>Trici</u>	86	0.66485	Aceita H_0
40	<u>Trussu</u>	86	0.76013	Aceita H_0
41	<u>Umari</u>	81	-0.32029	Aceita H_0
42	Várzea do Boi	86	0.40993	Aceita H_0

Teste de Anderson

Variável de teste = r_1 (coeficiente de correlação serial com tempo de retardo 1)

Hipótese nula H_0 = as vazões anuais são serialmente independentes

Hipótese alternativa H_1 = as vazões anuais são serialmente correlacionadas

Nível de significância $\alpha = 0,05$

Intervalo de aceitação de hipótese nula variável (Tabela 3)

Os valores obtidos para a variável de teste r_1 estão apresentados na Tabela 2. O maior valor encontrado para r_1 foi de 0,2265 para o reservatório São José, o qual é o único que se encontra na zona de rejeição da hipótese nula. Considerando-se que o nível de significância do teste é de 5% e que somente um reservatório (representa 2,4% da amostra) é perfeitamente admissível que esse valor represente uma flutuação amostral. Em conclusão, pelo teste de hipótese de Anderson para a bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, a hipótese de independência serial dos deflúvios anuais é uma hipótese comprovada pelos dados empíricos.

Conclusões

CONCLUSÕES¶



Os resultados mostraram que a hipótese de independência serial das séries de vazões anuais dos rios intermitentes do semiárido, explicadas pela associação do tipo de solo (substrato cristalino) e do regime de chuvas, concentrado em cerca de quatro meses, é suportada pelas evidências empíricas de 42 séries temporais de vazões afluentes anuais em reservatórios da bacia do rio Jaguaribe no Estado do Ceará. A hipótese foi comprovada por dois testes estatísticos clássicos: o teste não paramétrico de Wald Wolfowitz, recomendado pela WMO e o teste paramétrico de Anderson. Dessa forma, a aplicação de metodologias que adotam a independência serial dos deflúvios anuais como os métodos que usam matriz de transição e o método do diagrama triangular de regularização têm validação empírica com os dados da região.¶





Muito
obrigado a
todos