

Influência das anomalias de temperatura da superfície do mar sobre o acúmulo de água em reservatórios do interior do Nordeste do Brasil, durante nove períodos de El Niño



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Meio-Norte
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

DOCUMENTOS 276

Influência das anomalias de temperatura da superfície do mar sobre o acúmulo de água em reservatórios do interior do Nordeste do Brasil, durante nove períodos de El Niño

*Alexandre Kemenes
Luanny Gabriele Cunha Ferreira*

***Embrapa Meio-Norte
Teresina, PI
2021***

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Meio-Norte

Av. Duque de Caxias, 5.650,
Bairro Buenos Aires
Caixa Postal 01
CEP 64008-480, Teresina, PI
Fone: (86) 3198-0500
Fax: (86) 3198-0530
www.embrapa.br/meio-norte]
Serviço de Atendimento ao
Cidadão(SAC)
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações da Unidade Responsável

Presidente
Rosa Maria Cardoso Mota de Alcantara

Secretário-Executivo
Judys Araújo de Oliveira

Membros
Lígia Maria Rolim Bandeira, Edvaldo Sagrilo, Orlane da Silva Maia, Luciana Pereira dos Santos Fernandes, Francisco Jose de Seixas Santos, Paulo Henrique Soares da Silva, João Avelar Magalhães, Paulo Fernando de Melo Jorge Vieira, Alexandre Kemenes, Ueliton Messias, Marcos Emanuel da Costa Veloso, Jose Alves da Silva Câmara

Supervisão editorial
Lígia Maria Rolim Bandeira

Revisão de texto
Francisco de Assis David da Silva

Normalização bibliográfica
Orlane da Silva Maia

Editoração eletrônica
Jorimá Marques Ferreira

Fotos
Alexandre Kemenes

1ª edição
1ª impressão (2021): formato digital

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Meio-Norte

Kemenes, Alexandre.

Influência das anomalias de temperatura da superfície do mar sobre o acúmulo de água em reservatórios do interior do Nordeste do Brasil, durante nove períodos de El Niño / Alexandre Kemenes e Luanny Gabriele Cunha Ferreira. - Teresina : Embrapa Meio-Norte, 2021.

PDF (73 p.) : il. ; 16 cm x 22 cm. - (Documentos / Embrapa Meio-Norte, ISSN 0104-866X ; 276).

1. Meteorologia. 2. Clima. 3. Condição ambiental. I. Ferreira, Luanny Gabriele Cunha. II. Embrapa Meio-Norte. III. Título. IV. Série

CDD 551.5 (21. ed.)

Orlane da Silva Maia (CRB-3/915)

© Embrapa, 2021

Autores

Alexandre Kemenes

Bacharel em Ciências Biológicas, doutor em Ecologia, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, UEP-Parnaíba, Parnaíba, PI

Luanny Gabriele Cunha Ferreira

Engenheira-agrônoma, pós-graduanda em Recursos Hídricos, Universidade Federal do Pará-UFGPA, Belém, PA

Agradecimentos

Ao Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil (INMET), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESPA), Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) e Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), pela disponibilidade de dados e informações por meio das suas plataformas digitais, auxiliando no desenvolvimento da pesquisa.

Apresentação

O presente estudo busca ampliar a compreensão da influência dos eventos climáticos extremos sobre o acúmulo de água em reservatórios e na vida da população no interior do Nordeste brasileiro. Esse fenômeno é resultado das interações de acoplamento oceano-atmosfera, que influenciam o clima regional e regulam o volume de água dos reservatórios, garantindo a segurança hídrica e alimentar de milhões de pessoas no Sertão nordestino. Foram investigadas as influências dos fenômenos climático-ambientais durante nove períodos específicos, com e sem a influência do fenômeno El Niño, entre 1997 e 2016, sobre 26 reservatórios distribuídos nos estados do Piauí, do Ceará, de Pernambuco, da Paraíba, do Rio Grande do Norte e da Bahia. A correlação de Pearson fornece subsídios para a investigação da influência das anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) sobre o volume de água acumulada nos reservatórios. Concluiu-se que os eventos climáticos extremos geraram o aumento ou a diminuição do volume de água acumulada em diversos reservatórios, influenciando a qualidade de vida das populações. Espera-se que as informações contidas neste documento auxiliem no desenvolvimento de estudos técnico-científicos, em diversas áreas do conhecimento, e gerem subsídios para auxiliar no planejamento das políticas públicas da região Nordeste do Brasil.

José Oscar Lustosa de Oliveira Júnior
Chefe-Geral Interino da Embrapa Meio-Norte

Sumário

| | |
|-----------------------------|----|
| Lista de abreviaturas | 11 |
| Lista de tabelas | 13 |
| Lista de figuras | 15 |
| Introdução..... | 17 |
| Materiais e Métodos | 19 |
| Locais de estudo..... | 19 |
| Obtenção dos dados..... | 23 |
| Análises estatísticas..... | 23 |
| Resultados e Discussão..... | 24 |
| Influências globais..... | 24 |
| Influências regionais..... | 52 |
| Considerações finais | 55 |
| Referências | 56 |
| Anexos..... | 61 |
| Anexo 1 | 63 |
| Anexo 2 | 70 |

Lista de abreviaturas

| | |
|--------------|--|
| NE..... | Nordeste Brasileiro |
| TSM..... | Temperatura da Superfície do Mar |
| ITAS..... | Índice de Temperatura do Atlântico Sul |
| ITAN..... | Índice de Temperatura do Atlântico Norte |
| IBGE..... | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| DNOCS..... | Departamento Nacional de Obra Contra as Secas |
| NOAA..... | National Oceanic and Atmospheric Administration |
| INPE..... | Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais |
| INMET..... | Instituto Nacional de Meteorologia |
| FUNCEME..... | Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos |
| AESA..... | Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba |
| APAC..... | Agência Pernambucana de Águas e Clima |
| EMPARN..... | Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte |
| ZCIT..... | Zona de Convergência Intertropical |
| VCAN..... | Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis |
| ENOS..... | El Niño Oscilação Sul |
| ZCAS..... | Zona de Convergência do Atlântico Sul |

Lista de tabelas

Tabela 1. Relação dos reservatórios avaliados, nomes dos municípios, volume mínimo (Mín.) e máximo (Máx.) de água, estações meteorológicas, evaporação (Evapor.), precipitação total média anual (Precip.) para todo o período (1997-2016) e população municipal (Polul.) do último censo demográfico.....20

Tabela 2. Valores dos coeficientes de correlação simples de Pearson entre os valores médios mensais das seis anomalias de TSM (Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 e Niño 3,4, ITAN e ITAS) e parâmetros climáticos regionais [evaporação (Evap.) e precipitação (Prec.)], e o volume de água acumulada em reservatórios, no período de 1997 - 1998 (El Niño forte).....25

Tabela 3. Valores dos coeficientes de correlação simples de Pearson entre os valores médios mensais das seis anomalias de TSM (Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 e Niño 3,4, ITAN e ITAS) e parâmetros climáticos regionais [evaporação (Evap.) e precipitação (Prec.)], e o volume de água acumulada em reservatórios, no período de 1999 - 2001 (El Niño ausente).....27

Tabela 4. Valores dos coeficientes de correlação simples de Pearson entre os valores médios mensais das seis anomalias de TSM (Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 e Niño 3,4, ITAN e ITAS) e parâmetros climáticos regionais [evaporação (Evap.) e precipitação (Prec.)], e o volume de água acumulada em reservatórios, no período de 2002 - 2003 (El Niño moderado)29

Tabela 5. Valores dos coeficientes de correlação simples de Pearson entre os valores médios mensais das seis anomalias de TSM (Niño 1+2,

Niño 3, Niño 4 e Niño 3,4, ITAN e ITAS) e parâmetros climáticos regionais [evaporação (Evap.) e precipitação (Prec.)], e o volume de água acumulada em reservatórios, no período de 2004 - 2005 (El Niño ausente)31

Tabela 6. Valores dos coeficientes de correlação simples de Pearson entre os valores médios mensais das seis anomalias de TSM (Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 e Niño 3,4, ITAN e ITAS) e parâmetros climáticos regionais [evaporação (Evap.) e precipitação (Prec.)], e o volume de água acumulada em reservatórios, no período de 2006 - 2007 (El Niño moderado).....33

Tabela 7. Valores dos coeficientes de correlação simples de Pearson entre os valores médios mensais das seis anomalias de TSM (Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 e Niño 3,4, ITAN e ITAS) e parâmetros climáticos regionais [evaporação (Evap.) e precipitação (Prec.)], e o volume de água acumulada em reservatórios, no período de 2008 (El Niño ausente).....35

Tabela 8. Valores dos coeficientes de correlação simples de Pearson entre os valores médios mensais das seis anomalias de TSM (Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 e Niño 3,4, ITAN e ITAS) e parâmetros climáticos regionais [evaporação (Evap.) e precipitação (Prec.)], e o volume de água acumulada em reservatórios, no período de 2009 - 2010 (El Niño moderado).....37

Tabela 9. Valores dos coeficientes de correlação simples de Pearson entre os valores médios mensais das seis anomalias de TSM (Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 e Niño 3,4, ITAN e ITAS) e parâmetros climáticos regionais [evaporação (Evap.) e precipitação (Prec.)], e o volume de água acumulada em reservatórios, no período de 2011 - 2014 (El Niño forte).....39

Tabela 10. Valores dos coeficientes de correlação simples de Pearson entre os valores médios mensais das seis anomalias de TSM (Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 e Niño 3,4, ITAN e ITAS) e parâmetros climáticos regionais [evaporação (Evap.) e precipitação (Prec.)], e o volume de água acumulada em reservatórios, no período de 2015 - 2016 (El Niño ausente).....41

Lista de figuras

Figura 1. Distribuição espacial dos 26 reservatórios e das 21 estações meteorológicas utilizadas neste estudo da região Nordeste do Brasil.....19

Figura 2. Localização geográfica aproximada da origem das anomalias de temperatura da superfície do oceano Atlântico, ITAN, índice de temperatura do Atlântico Norte; ITAS, índice de temperatura do Atlântico Sul; e oceano Pacífico, Niño1+2, Niño3, Niño3,4 e Niño4.....21

Figura 3. Variação histórica (1998-2016) das anomalias de TSM do Oceano Pacífico nas localidades de Niño 1+2, 3, 3,4 e 4 e o volume de água acumulada nos reservatórios Boqueirão, PI, Barreiras, PI, Poço da Cruz, PE, Bonfim, PI, Salinas, PI, Bocaina, PI, Araras, CE, Orós, CE, Castanhão, CE, Marechal Dutra, RN, São Gonçalo, CE, Itans, RN, Sumé, PB, Poço da Cruz, PE e Cachoeira, PE.....47

Figura 4. Variação histórica (1998-2016) das anomalias de TSM, Oceano Atlântico Norte (ITAN) e Sul (ITAS) e do volume dos reservatórios Barreiras, PI, Araras, CE, Caldeirão, PI, Castanhão, CE, Bonfim, PI, Entremontes, PE, Araras, CE, Itans, RN, Orós, CE, Marechal Dutra, RN, Mendobim, RN, Sabuji, RN, São Gonçalo, PB, Salinas, PI, Eng. Ávidos, PB e Mãe Água, PB.....50

Figura 5. Variação histórica (1998-2016) da evaporação, da precipitação e do volume dos reservatórios (Itans, RN, São Gonçalo, PB, Eng. Ávidos, PB, Mãe Água, PB, Sumé, PB, Bonfim, PI, Boqueirão, PB, Cachoeira, CE, Trairi, RN, Serrinha, PE, Pentecoste, CE, Poço da Cruz, PE e Castanhão, CE ...54

Introdução

Atualmente, no mundo, estão ocorrendo mudanças climáticas que podem gerar impactos nos continentes, com reflexos sobre a disponibilidade de água, em quantidade e qualidade. No Brasil, a maior vulnerabilidade hídrica ocorre no Nordeste, NE, principalmente na região do Semiárido. Mais de nove milhões de pessoas vêm sendo afetadas pelas secas prolongadas, indicando falta de estrutura adequada para o suporte das atividades sociais e econômicas no Semiárido nordestino (Lindoso et al., 2011; Marengo et al., 2016). Essa região apresenta precipitação anual média histórica de cerca de 800 mm, que geralmente é inferior à demanda do potencial de evapotranspiração (Santos et al., 2019).

O clima do Semiárido é influenciado pelos eventos climáticos dos sistemas oceano-atmosfera e pelas anomalias de temperatura da superfície do mar (Nóbrega et al., 2016). O aquecimento do Oceano Pacífico vem gerando intensa diminuição dos índices pluviométricos em diversos locais da região Nordeste; no período de 2011-2014, o fenômeno El Niño de intensidade forte contribuiu para o surgimento de secas prolongadas, a maior desde 1911 (Martins; Magalhães, 2015). No ano chuvoso de 2004, com a ausência de El Niño, o intenso escoamento superficial de água das chuvas manteve os reservatórios cheios. Em 2012, ano seco de um intenso El Niño, o solo ficou insaturado de água e contribuiu para a redução do reabastecimento do lençol freático e para a manutenção do nível de água dos reservatórios. Rodell et al. (2018) evidenciaram que o armazenamento de água, entre abril de 2002 e março de 2016, apresentou tendência negativa por causa dos intensos e repetitivos episódios de seca na região Nordeste do Brasil. Os reservatórios recebem água proveniente da precipitação de diversas regiões adjacentes, algumas vezes de mais de uma bacia hidrográfica, auxiliando a fornecer uma avaliação regional da influência dos eventos climáticos extremos. Para investigar o grau de correlação entre as anomalias de TSM e o volume de água acumulada

nos reservatórios, foi utilizado o índice de correlação simples de Pearson, que avalia o aumento ou o decréscimo linear das variáveis analisadas (Figueredo Junior; Silva Junior, 2009).

Nesse cenário, é importante compreender a periodicidade da ocorrência desses eventos climáticos, para auxiliar na manutenção da segurança hídrica, energética e alimentar no Nordeste brasileiro. Marengo et al. (2011) relataram que o fenômeno El Niño, ocorrido no período de 1997-1998, foi considerado de intensidade forte, resultando numa queda de cerca de 72% na produção de alimentos de primeira necessidade para população como feijão, milho, arroz, algodão e mandioca, sendo um evento intenso que prejudicou boa parte da população do Nordeste brasileiro. Em contrapartida, Kane (1997) mostrou que dos 46 eventos de El Niño registrados de 1849 a 1992, somente 21 (45%) foram associados às secas severas na região. Outros eventos extremos também influenciam na distribuição das chuvas, como as anomalias de temperatura da superfície do Oceano Atlântico (ITAS e ITAN), os sistemas atmosféricos considerados normais, de média e larga escalas, como a ZCIT e a ZCAS, os sistemas frontais, além de outros (Andreoli; Kayano, 2007; Araújo; Brito, 2011). Medeiros et al. (2018) mostraram que a grande variabilidade climática do Nordeste brasileiro tem forte influência sobre o nível de água dos reservatórios. De acordo com Santos et al. (2016), as anomalias de TSM exercem fortes influências sobre a variabilidade climática regional. Ferreira e Kemenes (2019) observaram fortes influências dos eventos climáticos extremos sobre o acúmulo de água nos reservatórios do Nordeste brasileiro, durante todo o período de 1997 até 2016. Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar as influências dos eventos climáticos extremos sobre o volume de água acumulada em reservatórios, durante nove períodos climáticos históricos de El Niño, com reflexos sobre a vida da população do Semiárido nordestino, contribuindo para a construção de políticas públicas para a região Nordeste do Brasil.

Material e Métodos

Local de estudo

Foram avaliados 26 reservatórios localizados em seis estados da região Nordeste do Brasil (Ceará, Piauí, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Bahia) (Figura 1), com as informações de 21 estações meteorológicas (Figura 1), em função da proximidade dos reservatórios e da disponibilidade de dados (Tabela 1). As localidades de origem do El Niño foram classificadas como Niño 1+2, Niño 3, Niño 3,4 e Niño 4, de acordo com a distância do litoral da América do Sul e com a localização dos índices de temperatura superficial do Atlântico Norte e Sul (ITAN e ITAS) em relação à linha do Equador (Figura 2) (Silva; Silva, 2015).

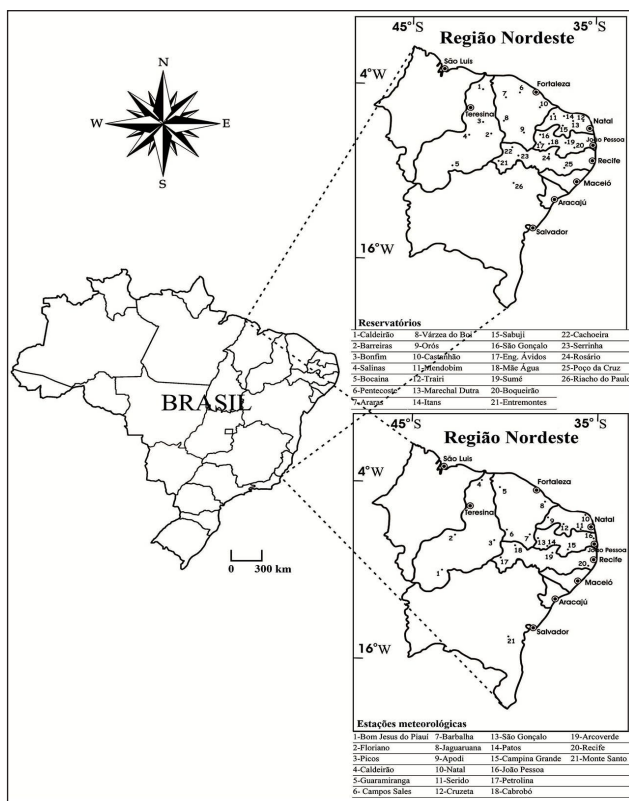


Figura 1. Distribuição espacial dos 26 reservatórios e das 21 estações meteorológicas utilizadas neste estudo da região Nordeste do Brasil.

Fonte: Ferreira e Keme-nes (2019).

Tabela 1. Relação dos reservatórios avaliados, nomes dos municípios, volume mínimo (Min.) e máximo (Máx.) de água, estações meteorológicas, evaporação (Evapor.), precipitação total média anual (Precip.) para todo o período (1997-2016) e população municipal (Popul.) do último CENSO demográfico.

| Reservatório | Município | Volume (m³) Mín.-Máx. | Estação Meteorológica | Evapor. (mm) | Precip. (mm) | Popul. (pessoas) |
|--------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|---------------------|
| Caldeirão | Piripiri, PI | 25,6 - 54,4 | Caldeirão | 99,87 | 103,67 | 61.834 |
| Barreiras | Fronteiras, PI | 3,2 - 39,3 | Picos | 201,54 | 48,48 | 11.117 |
| Bonfim | Bonfim, PI | 0,3 - 3,8 | Picos | 201,54 | 48,48 | 5.393 |
| Salinas | S. F. do Piauí, PI | 15,1 - 386,0 | Floriano | 189,83 | 76,86 | 6.298 |
| Bocaina | Bocaina, PI | 16,6 - 95,6 | B. J. do Piauí | 193,5 | 80,62 | 4.369 |
| Pentecoste | Pentecoste, CE | 32,7 - 395,0 | Guaramiranga | 74,25 | 131,63 | 35.400 |
| Araras | Varjota, CE | 81,6 - 548,0 | Guaramiranga | 74,25 | 131,63 | 17.593 |
| Várzea Boi | Tauá, CE | 0,7 - 51,8 | Campos Sales | 214,04 | 49,1 | 55.716 |
| Orós | Orós, CE | 857,0 - 1413,0 | Barbalha | 151,57 | 89,31 | 21.389 |
| Castanhão | Alto Santo, CE | 235,0 - 6330,0 | Jaguaruana | 168,41 | 55,24 | 16.359 |
| Mendobim | Açu, RN | 944,0 - 76,3 | Apodi | 237,08 | 62,87 | 53.227 |
| Trairi | Tangará, RN | 2,3 - 35,2 | Natal | 154,42 | 139,1 | 14.175 |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Reservatório | Município | Volume (m ³) Mín.-Máx. | Estação Meteorológica | Evapor. (mm) | Precip. (mm) | Popul. (pessoas) |
|--------------------|-------------------|---------------------------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|---------------------|
| M. Dutra | Acari, RN | 0,8 - 44,6 | Seridó | 232,5 | 49,07 | 11.035 |
| Itans | Caicó, RN | 6,2 - 81,4 | Natal | 154,42 | 139,1 | 62.709 |
| Sabuji | S. J. do Sab., RN | 1,1 - 65,3 | Cruzeta | 248,3 | 50,09 | 5.922 |
| São Gonçalo | Sousa, PB | 4,2 - 44,6 | São Gonçalo | 164,85 | 78,6 | 65.803 |
| Eng. Ávidos | Cajazeiras, PB | 43,8 - 216,0 | Patos | 240,54 | 60,37 | 58.446 |
| Mãe Água | Coremas, PB | 314,0 - 1360,0 | Patos | 240,54 | 60,37 | 15.149 |
| Sumé | Sumé, PB | 0,2 - 44,8 | C. Grande | 117,5 | 67,22 | 16.060 |
| Boqueirão | Boqueirão, PB | 75,6 - 433,0 | João Pessoa | 106,2 | 144,68 | 16.888 |
| Entremontes | Panamirim, PE | 13,4 - 229,0 | Petrolina | 263,37 | 33,27 | 20.244 |
| Cachoeira | Serra Talhada, PE | 1,2 - 21,5 | Petrolina | 263,37 | 33,27 | 79.232 |
| Serrinha | Serra Talhada, PE | 42,2 - 402,0 | Cabrobó | 260,39 | 43,21 | 79.232 |
| Rosário | Iguaracy, PE | 1,3 - 35,1 | Arcoverde | 128,07 | 56,11 | 11.779 |
| P. da Poço da Cruz | Ibimirim, PE | 15,0 - 510,0 | Recife | 108,13 | 176,77 | 26.954 |
| R. do Paulo | Livramento, BA | 1,1-24,7 | Monte Santos | 126,0 | 49,0 | 45.732 |

Fonte: Adaptado de DNOCS (2015) e IBGE (2017).

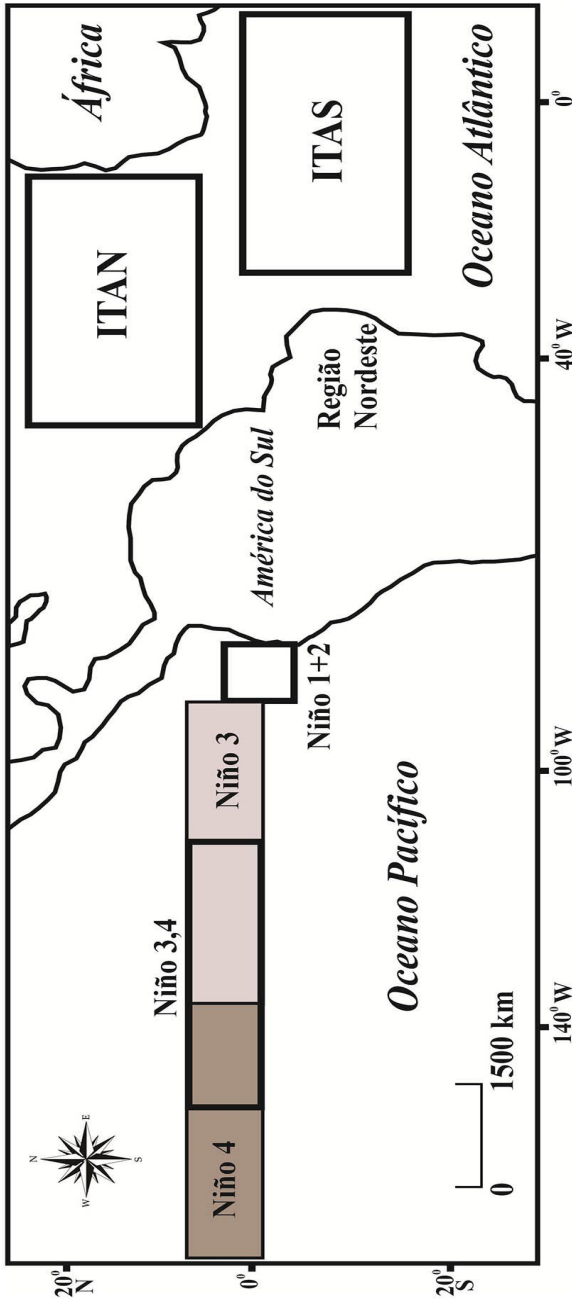


Figura 2. Localização geográfica aproximada da origem das anomalias de temperatura da superfície do Oceano Atlântico (ITAN, Índice de Temperatura do Atlântico Norte; ITAS, Índice de Temperatura do Atlântico Sul); e do Oceano Pacífico (Niño 1+2, Niño 3, Niño 3,4 e Niño 4).

Fonte: Adaptada de Ferreira e Kemeses (2019).

Obtenção dos dados

Os dados referentes às médias mensais do volume total de água acumulada em 26 reservatórios no interior do Nordeste do Brasil foram obtidos pelo site do DNOCS (Dnocs, 2015). As médias mensais das anomalias de TSM (temperatura da superfície do mar) das regiões de origem do El Niño (Niño1+2; 3; 3,4 e 4) no Oceano Pacífico Equatorial, pelos índices ITAN (índice de temperatura do Atlântico Norte) e ITAS (índice de temperatura do Atlântico Sul) foram encontradas no site da NOAA (NOAA, 2019). Os valores médios mensais acumulados de precipitação e evaporação foram adquiridos pelo banco de dados meteorológicos do INMET (Inmet, 2019).

Análises estatísticas

As anomalias de TSM (ITAN, ITAS, Niño 1+2, 3, 3,4 e 4) e os parâmetros regionais de precipitação e de evaporação foram correlacionados ao volume de água dos reservatórios, por meio do índice de correlação simples de Pearson, durante nove períodos climáticos específicos [1997-1998 (El Niño forte); 1999-2001 (El Niño ausente); 2002-2003 (El Niño moderado); 2004-2005 (El Niño ausente); 2006-2007 (El Niño moderado); 2008 (El Niño ausente); 2009-2010 (El Niño moderado); 2011-2014 (El Niño forte); 2015-2016 (El Niño ausente)], classificados pelo INPE (Inpe, 2019). O coeficiente de Pearson, (ρ), assume valores entre -1 e +1; $\rho = 1$ como uma correlação positiva perfeita entre as duas variáveis. Quando $\rho = -1$, existe uma correlação negativa perfeita, ou seja, quando uma variável aumenta, a outra diminui. Se $\rho = 0$ ou muito pequeno, significa que as duas variáveis não dependem linearmente, sendo calculado com a seguinte fórmula:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sqrt{\text{var}(X) \cdot \text{var}(Y)}}$$

Em que: x_1, x_2, \dots, x_n y_1, y_2, \dots, y_n são os valores medidos de ambas as variáveis. Além disso:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \qquad \bar{y} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n y_i$$

Sendo \bar{x} e \bar{y} médias aritméticas, em que $\rho > 0,7$ ou $\rho < -0,7$ indicam uma correlação forte; $0,7 > \rho > 0,5$ ou $-0,7 < \rho < -0,5$, uma correlação moderada; $-0,5 < \rho < -0,3$ ou $0,5 > \rho > 0,3$, uma correlação fraca; e $\rho < 0,3$, $\rho > -0,3$, uma correlação nula (Hinkle et al., 2002). Buscando avaliar se as correlações eram significativas, ao nível de 5% ($p < 0,05$), foram realizados teste-t (Sneath; Sokal, 1973). Foram realizadas análises de regressão simples entre as correlações, teoricamente significativas, neste estudo. Isso permite examinar a relação entre duas variáveis. O processo de regressão determinará quais são os fatores extremos mais importantes junto ao acúmulo de água nos reservatórios em estudo. Foi utilizado o programa Statistica 10.0 (StatSoft) para a efetivação dos cálculos estatísticos, índices de correlações, análises de regressão, criação de gráficos e figuras.

Resultados e Discussão

Influências globais

Nas Tabelas 2 a 10, estão colocadas as análises de correlação simples de Pearson, mostrando a influência dos parâmetros climáticos globais sobre o acúmulo de água em reservatórios do interior do Nordeste do Brasil, durante nove períodos climáticos específicos, entre 1997 e 2016.

Tabela 2. Valores dos coeficientes de correlação simples de Pearson entre os valores médios mensais das seis anomalias de TSM (Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 e Niño 3,4, ITAN e ITAS) e parâmetros climáticos regionais [evaporação (Evap.) e precipitação (Prec.)], e o volume de água acumulada em reservatórios, no período de 1997 - 1998 (El Niño forte).

| Período reservatório | Anomalia TSM | | | | | | | | | | Parâmetro | | |
|----------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|---------------|--------------|--|
| | Niño (Pacífico) | | | | | Atlântico | | | | | Evap. | Prec. | |
| | 1+2 | 3 | 4 | 3,4 | ITAN | ITAS | ITAN | ITAS | Evap. | Prec. | | | |
| 1997-1998 | | | | | | | | | | | | | |
| Caldeirão | 0,96 | 0,84 | 0,96 | 0,77 | 0,84 | 0,80* | 0,84 | 0,80* | 0,84 | 0,80* | -0,52* | 0,32 | |
| Barreiras | 0,87 | 0,76 | 0,92 | 0,68 | 0,69 | 0,81* | 0,69 | 0,81* | 0,69 | 0,81* | -0,70* | 0,41 | |
| Bonfim | -0,05 | -0,07 | -0,19 | 0,01 | -0,53 | -0,40 | -0,53 | -0,40 | -0,53 | -0,40 | -0,91* | 0,61* | |
| Bocaina | 0,96 | 0,86 | 0,94 | 0,82 | 0,82 | 0,66 | 0,82 | 0,66 | 0,82 | 0,66 | -0,01 | 0,31 | |
| Pentecoste | 0,97 | 0,84 | 0,95 | 0,77 | 0,83 | 0,82* | 0,83 | 0,82* | 0,83 | 0,82* | -0,92* | 0,75* | |
| Araras | 0,96 | 0,84 | 0,95 | 0,76 | 0,84 | 0,83* | 0,84 | 0,83* | 0,84 | 0,83* | -0,91* | 0,73* | |
| Várzea Boi | -0,26 | -0,06 | -0,27 | -0,05 | 0,17 | -0,10 | 0,17 | -0,10 | 0,17 | -0,10 | 0,11 | -0,12 | |
| Orós | 0,95 | 0,83 | 0,94 | 0,74 | 0,84 | 0,85* | 0,84 | 0,85* | 0,84 | 0,85* | -0,71* | 0,23 | |
| Mendobim | 0,99 | 0,87 | 0,97 | 0,82 | 0,78 | 0,77* | 0,78 | 0,77* | 0,78 | 0,77* | -0,73* | 0,47 | |
| Trairi | 0,61 | 0,56 | 0,51 | 0,56 | 0,62 | 0,34 | 0,62 | 0,34 | 0,62 | 0,34 | -0,11 | 0,10 | |

Continua...

Tabela 2. Continuação.

| Período reservatório | Anomalia TSM | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|--------------|--|--|
| | Niño (Pacífico) | | | | | Atlântico | | | | |
| | 1+2 | 3 | 4 | 3,4 | ITAN | ITAS | Evap. | Prec. | | |
| Marechal | 0,92 | 0,82 | 0,90 | 0,73 | 0,90 | 0,83* | -0,82* | 0,29 | | |
| Itans | 0,95 | 0,86 | 0,94 | 0,78 | 0,86 | 0,81* | -0,52 | 0,28 | | |
| Sabuji | 0,95 | 0,84 | 0,94 | 0,74 | 0,86 | 0,84* | -0,54* | 0,27 | | |
| São Gonçalo | 0,89 | 0,84 | 0,87 | 0,74 | 0,71 | 0,74* | -0,79* | 0,66* | | |
| Eng. Ávidos | 0,96 | 0,81 | 0,94 | 0,75 | 0,83 | 0,81* | -0,68* | 0,69* | | |
| Mãe Água | 0,94 | 0,81 | 0,93 | 0,72 | 0,88 | 0,85* | -0,67* | 0,68* | | |
| Boqueirão | 0,89 | 0,77 | 0,91 | 0,68 | 0,88 | 0,83* | -0,54 | 0,19 | | |

*Valores significativos ($p < 0,05$) pelo teste t de Student e dentro dos resultados esperados para as anomalias de TSM: ITAN e ITAS
 Fonte: Adaptado de Soppa et al. (2011) e Nóbrega e Santiago (2014).

Tabela 3. Valores dos coeficientes de correlação simples de Pearson entre os valores médios mensais das seis anomalias de TSM (Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 e Niño 3,4, ITAN e ITAS) e parâmetros climáticos regionais [evaporação (Evap.) e precipitação (Prec.)], e o volume de água acumulada em reservatórios, no período de 1999 - 2001 (El Niño ausente).

| Período reservatório | Anomalia TSM | | | | | | | Parâmetro | |
|----------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|--------------|-------|
| | Niño (Pacífico) | | | Atlântico | | | | Evap. | Prec. |
| | 1+2 | 3 | 4 | 3/4 | ITAN | ITAS | | | |
| 1999-2001 | | | | | | | | | |
| Caldeirão | 0,29 | 0,32 | -0,16 | 0,10 | -0,23 | 0,65* | -0,51* | 0,26 | |
| Barreiras | 0,01 | -0,32 | -0,79* | -0,61* | -0,50* | 0,53* | -0,37* | 0,12 | |
| Bonfim | 0,00 | -0,40* | -0,78* | -0,66* | -0,34* | 0,63* | -0,39* | 0,20 | |
| Bocaina | 0,50 | 0,86 | 0,46 | 0,72 | -0,08 | -0,25 | 0,10 | -0,31 | |
| Pentecoste | 0,16 | 0,71 | 0,62 | 0,79 | 0,16 | 0,02 | -0,38* | 0,13 | |
| Araras | 0,16 | 0,68 | 0,70 | 0,78 | 0,18 | -0,26 | -0,21 | 0,05 | |
| Várzea Boi | -0,03 | -0,40* | -0,76* | -0,65* | -0,40* | 0,22 | -0,28 | 0,47* | |
| Orós | 0,10 | -0,01 | -0,61* | -0,34* | -0,64* | 0,26 | -0,29 | 0,11 | |
| Mendobim | 0,36 | 0,48 | 0,24 | 0,38 | -0,16 | -0,19 | 0,31 | -0,12 | |
| Trairi | 0,33 | 0,55 | 0,36 | 0,48 | -0,16 | -0,42 | -0,40* | 0,34* | |

Continua...

Tabela 3. Continuação.

| Período reservatório | Anomalia TSM | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|---------------|--------------|---------------|--------------|------|-------|--------------------|--|
| | Niño (Pacífico) | | | | | Atlântico | | | | | Parâmetro Prec. | |
| | 1+2 | 3 | 4 | 3/4 | ITAN | ITAS | Evap. | ITAN | ITAS | Evap. | | |
| Marechal | 0,30 | 0,37 | -0,21 | 0,08 | -0,53* | -0,10 | -0,66* | 0,05 | | | | |
| Itans | 0,31 | 0,57 | 0,44 | 0,55 | -0,02 | -0,20 | 0,08 | -0,13 | | | | |
| Sabuji | 0,07 | 0,04 | -0,17 | -0,06 | 0,02 | 0,53* | - | - | | | | |
| São Gonçalo | 0,26 | 0,40 | -0,15 | 0,15 | -0,38* | 0,38* | -0,29 | 0,05 | | | | |
| Eng, Ávidos | 0,38 | 0,60 | 0,21 | 0,44 | -0,31 | -0,27 | -0,41* | -0,16 | | | | |
| Mãe Água | 0,16 | 0,40 | 0,06 | 0,25 | -0,21 | -0,23 | -0,16 | -0,13 | | | | |
| Sumé | 0,18 | 0,16 | 0,07 | 0,11 | -0,06 | -0,21 | 0,07 | -0,08 | | | | |
| Boqueirão | 0,42 | 0,68 | 0,34 | 0,55 | -0,19 | -0,37 | -0,61* | 0,57* | | | | |

*Valores significativos ($p < 0,05$) pelo teste t de Student e dentro dos resultados esperados para as anomalias de TSM: ITAN e ITAS.

(-)Sem informações disponíveis.

Fonte: Adaptado de Soppa et al. (2011) e Nóbrega e Santiago (2014).

Tabela 4, Valores dos coeficientes de correlação simples de Pearson entre os valores médios mensais das seis anomalias de TSM (Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 e Niño 3,4, ITAN e ITAS) e parâmetros climáticos regionais [evaporação (Evap.) e precipitação (Prec.)], e o volume de água acumulada em reservatórios, no período de 2002 - 2003 (El Niño moderado).

| Período reservatório | Anomalia TSM | | | | | | | | | | Parâmetro | | |
|----------------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|-----------|--------|-------|------|--|-----------|-------|--|
| | Niño (Pacífico) | | | | | Atlântico | | | | | Evap. | Prec. | |
| | 1+2 | 3 | 4 | 3,4 | ITAN | ITAS | ITAN | ITAS | ITAS | | | | |
| 2002-2003 | | | | | | | | | | | | | |
| Caldeirão | -0,56* | -0,59* | -0,23 | -0,48* | -0,26 | -0,13 | -0,60* | 0,15 | | | | | |
| Barreiras | 0,11 | 0,14 | -0,39* | -0,15 | 0,58 | 0,42* | 0,45 | -0,21 | | | | | |
| Bonfim | 0,13 | 0,00 | -0,33 | -0,27 | 0,44 | 0,14 | 0,57 | -0,30 | | | | | |
| Salinas | -0,40 | -0,61* | -0,47* | -0,60* | 0,00 | -0,41 | 0,39 | -0,05 | | | | | |
| Bocaina | -0,25 | -0,51* | -0,20 | -0,49* | -0,29 | -0,33 | -0,31 | 0,02 | | | | | |
| Pentecoste | -0,25 | -0,08 | -0,39 | -0,17 | -0,29 | 0,51* | -0,47 | 0,35 | | | | | |
| Araras | -0,32 | -0,23 | -0,41* | -0,32 | -0,43* | 0,41* | -0,28 | 0,02 | | | | | |
| Várzea Boi | -0,02 | 0,05 | -0,45* | -0,23 | 0,46 | 0,46* | 0,42 | -0,19 | | | | | |
| Orós | -0,31 | -0,27 | -0,70* | -0,51* | 0,26 | 0,47* | -0,23 | -0,22 | | | | | |
| Castanhão | 0,00 | -0,01 | -0,52* | -0,30 | 0,55 | 0,42* | 0,49 | -0,34 | | | | | |

Continua...

Tabela 4. Continuação.

| Período reservatório | Anomalia TSM | | | | | | | | | | Parâmetro | |
|-------------------------|-----------------|-------|--------|--------|--------|-----------|--------|-------|------|--|-----------|-------|
| | Niño (Pacífico) | | | | | Atlântico | | | | | Evap. | Prec. |
| | 1+2 | 3 | 4 | 3,4 | ITAN | ITAS | ITAN | ITAS | ITAS | | | |
| Mendobim | 0,32 | 0,26 | 0,16 | 0,11 | -0,30 | 0,05 | 0,27 | -0,26 | | | | |
| Trairi | 0,06 | -0,30 | -0,02 | -0,29 | -0,02 | -0,41 | 0,07 | 0,33 | | | | |
| Marechal | -0,04 | -0,09 | -0,63* | -0,43* | 0,45 | 0,49* | 0,38 | -0,16 | | | | |
| Itans | 0,29 | 0,10 | -0,12 | -0,13 | 0,36 | 0,10 | 0,33 | -0,20 | | | | |
| Sabuji | 0,04 | 0,30 | -0,17 | 0,10 | 0,04 | 0,45* | 0,50 | -0,57 | | | | |
| São Gonçalo | -0,34 | -0,22 | -0,05 | -0,10 | -0,58* | -0,18 | -0,52* | -0,26 | | | | |
| Eng, Ávidos | 0,34 | 0,14 | 0,14 | 0,00 | -0,07 | -0,19 | 0,19 | 0,09 | | | | |
| Mãe Água | 0,16 | -0,03 | -0,01 | -0,17 | -0,29 | -0,11 | -0,01 | 0,03 | | | | |
| Sumé | -0,01 | 0,02 | -0,45* | -0,27 | 0,38 | 0,44* | 0,35 | -0,15 | | | | |
| Boqueirão | 0,43 | 0,15 | 0,21 | 0,04 | -0,27 | -0,12 | 0,01 | 0,05 | | | | |
| Riacho Paulo | 0,19 | -0,19 | 0,28 | -0,09 | -0,30 | -0,36 | -0,07 | 0,15 | | | | |

*Valores significativos ($p < 0,05$), pelo teste t de Student e dentro dos resultados esperados para as anomalias de TSM: ITAN e ITAS.

Fonte: Adaptado de Soppa et al. (2011) e Nóbrega e Santiago (2014).

Tabela 5. Valores dos coeficientes de correlação simples de Pearson entre os valores médios mensais das seis anomalias de TSM (Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 e Niño 3,4, ITAN e ITAS) e parâmetros climáticos regionais [evaporação (Evap.) e precipitação (Prec.)], e o volume de água acumulada em reservatórios, no período de 2004 - 2005 (El Niño ausente).

| Período reservatório | Anomalia TSM | | | | | | | | | | Parâmetro | | |
|----------------------|-----------------|-------|-------------|-------------|---------------|-----------|------|------|-------|-------|-----------|---------------|--------------|
| | Niño (Pacífico) | | | | | Atlântico | | | | | Evap. | Prec. | |
| | 1+2 | 3 | 4 | 3,4 | ITAN | ITAS | ITAN | ITAS | Evap. | Prec. | | | |
| 2004-2005 | | | | | | | | | | | | | |
| Caldeirão | -0,22 | 0,19 | -0,09 | 0,11 | 0,15 | -0,25 | | | | | | -0,71* | 0,28 |
| Barreiras | -0,07 | 0,24 | 0,46 | 0,48 | -0,40 | 0,10 | | | | | | -0,30 | -0,08 |
| Bonfim | -0,01 | 0,23 | -0,06 | 0,11 | -0,16 | -0,36 | | | | | | -0,37 | 0,13 |
| Salinas | -0,08 | -0,17 | -0,15 | -0,11 | -0,51* | -0,31 | | | | | | 0,37 | -0,01 |
| Bocaina | -0,18 | 0,15 | 0,15 | 0,27 | -0,42* | -0,23 | | | | | | 0,28 | -0,41 |
| Pentecoste | 0,00 | 0,22 | 0,38 | 0,38 | -0,49* | 0,10 | | | | | | -0,44* | 0,35 |
| Araras | -0,02 | 0,23 | 0,30 | 0,35 | -0,43* | 0,00 | | | | | | -0,51* | 0,40 |
| Várzea Boi | -0,19 | 0,22 | -0,03 | 0,19 | 0,12 | -0,32 | | | | | | -0,49* | -0,12 |
| Orós | -0,20 | 0,18 | 0,43 | 0,55 | -0,27 | -0,04 | | | | | | 0,07 | -0,41 |
| Castanhão | -0,26 | 0,07 | 0,24 | 0,39 | -0,06 | -0,19 | | | | | | -0,07 | -0,57 |

Continua...

Tabela 5. Continuação.

| Período reservatório | Anomalia TSM | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------|-------|---------------|-------|---------------|--------------|---------------|-------|--|--|-----------|--|
| | Niño (Pacífico) | | | | | Atlântico | | | | | Parâmetro | |
| | 1+2 | 3 | 4 | 3,4 | ITAN | ITAS | Evap. | Prec. | | | | |
| Mendobim | -0,36 | -0,11 | -0,27 | -0,08 | -0,03 | -0,53 | -0,43* | -0,15 | | | | |
| Trairi | -0,09 | 0,17 | 0,32 | 0,35 | -0,47* | -0,01 | -0,41* | 0,24 | | | | |
| Marechal | -0,14 | 0,11 | 0,22 | 0,26 | -0,50* | -0,08 | -0,46* | 0,12 | | | | |
| Itans | -0,07 | 0,12 | 0,24 | 0,24 | -0,53* | -0,03 | -0,38 | 0,25 | | | | |
| Sabuji | -0,12 | 0,14 | 0,22 | 0,27 | -0,43* | -0,10 | -0,59* | 0,24 | | | | |
| São Gonçalo | -0,29 | -0,09 | -0,35 | -0,18 | -0,19 | -0,45 | -0,80* | 0,27 | | | | |
| Eng. Ávidos | -0,17 | 0,16 | 0,23 | 0,35 | -0,39 | -0,17 | -0,40 | -0,23 | | | | |
| Mãe Água | -0,17 | 0,15 | 0,24 | 0,35 | -0,32 | -0,17 | -0,39 | -0,35 | | | | |
| Sumé | -0,16 | 0,02 | -0,09 | 0,03 | -0,31 | -0,31 | -0,52 | 0,21 | | | | |
| Boqueirão | -0,49* | -0,37 | -0,48* | -0,31 | -0,11 | -0,60 | -0,25 | 0,22 | | | | |
| Riacho Paulo | -0,39 | -0,09 | 0,06 | 0,15 | -0,41* | -0,16 | -0,21 | -0,28 | | | | |

*Valores significativos ($p < 0,05$) pelo teste t de Student e dentro dos resultados esperados para as anomalias de TSM: ITAN e ITAS .

Fonte: Adaptado de Soppa et al. (2011) e Nóbrega e Santiago (2014).

Tabela 6. Valores dos coeficientes de correlação simples de Pearson entre os valores médios mensais das seis anomalias de TSM (Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 e Niño 3,4, ITAN e ITAS) e parâmetros climáticos regionais [evaporação (Evap.) e precipitação (Prec.)], e o volume de água acumulada em reservatórios, no período de 2006 - 2007 (El Niño moderado).

| Período reservatório | Anomalia TSM | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|--------|-------|-----------|--|
| | Niño (Pacífico) | | | | | Atlântico | | | | | Parâmetro | |
| | 1+2 | 3 | 4 | 3,4 | ITAN | ITAN | ITAS | ITAS | Evap. | Prec. | | |
| 2006-2007 | | | | | | | | | | | | |
| Caldeirão | -0,41 | -0,34 | -0,13 | -0,23 | -0,30 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | -0,50* | 0,09 | | |
| Barreiras | 0,52 | 0,60 | 0,53 | 0,58 | 0,58 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | -0,47* | 0,11 | | |
| Bonfim | 0,21 | 0,33 | 0,35 | 0,36 | 0,36 | 0,49* | 0,49* | 0,49* | -0,36 | -0,18 | | |
| Salinas | 0,30 | 0,39 | 0,52 | 0,46 | 0,41 | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,06 | -0,29 | | |
| Bocaina | 0,31 | 0,42 | 0,50 | 0,48 | 0,41 | 0,53* | 0,53* | 0,53* | 0,04 | -0,33 | | |
| Pentecoste | 0,36 | 0,40 | 0,51 | 0,47 | 0,32 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | -0,13 | 0,07 | | |
| Araras | 0,54 | 0,60 | 0,64 | 0,63 | 0,58 | 0,46* | 0,46* | 0,46* | -0,42* | 0,29 | | |
| Várzea Boi | -0,40 | -0,30 | -0,21 | -0,23 | -0,27 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | -0,42* | -0,06 | | |
| Orós | 0,12 | 0,17 | 0,40 | 0,27 | 0,28 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | -0,16 | -0,29 | | |
| Castanhão | 0,54 | 0,60 | 0,64 | 0,62 | 0,62 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | -0,44* | 0,28 | | |

Continua...

Tabela 6. Continuação.

| Período reservatório | Anomalia TSM | | | | | | | | | | Parâmetro | |
|-------------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-----------|--------|-------|------|------|-----------|-------|
| | Niño (Pacífico) | | | | | Atlântico | | | | | Evap. | Prec. |
| | 1+2 | 3 | 4 | 3,4 | ITAN | ITAS | ITAN | ITAS | ITAN | ITAS | | |
| Mendobim | 0,52 | 0,61 | 0,61 | 0,62 | 0,63 | 0,47* | -0,61* | 0,31 | | | | |
| Trairi | -0,09 | 0,04 | -0,12 | -0,03 | 0,10 | 0,41* | -0,32 | 0,19 | | | | |
| Marechal | 0,58 | 0,66 | 0,53 | 0,61 | 0,66 | 0,45* | -0,25 | 0,31 | | | | |
| Itans | 0,58 | 0,67 | 0,65 | 0,66 | 0,71 | 0,36 | -0,34 | 0,21 | | | | |
| Sabuji | 0,24 | 0,27 | 0,50 | 0,37 | 0,39 | 0,14 | -0,23 | 0,18 | | | | |
| São Gonçalo | -0,12 | -0,09 | 0,05 | -0,01 | -0,02 | 0,42 | -0,86* | 0,58* | | | | |
| Eng, Ávidos | 0,53 | 0,60 | 0,54 | 0,59 | 0,60 | 0,54* | -0,52* | 0,30 | | | | |
| Mãe Água | 0,21 | 0,25 | 0,38 | 0,33 | 0,31 | 0,55* | -0,69* | 0,31 | | | | |
| Sumé | 0,61 | 0,68 | 0,61 | 0,65 | 0,64 | 0,43 | -0,13 | -0,08 | | | | |
| Boqueirão | 0,68 | 0,71 | 0,67 | 0,70 | 0,69 | 0,43 | -0,56* | 0,07 | | | | |
| Serrinha | -0,18 | -0,19 | -0,04 | -0,08 | -0,29 | 0,20 | -0,34 | 0,23 | | | | |
| Riacho Paulo | 0,30 | 0,29 | 0,56 | 0,44 | 0,23 | 0,11 | -0,41* | 0,42* | | | | |

*Valores significativos ($p < 0,05$) pelo teste t de Student e dentro dos resultados esperados para as anomalias de TSM: ITAN e ITAS.

Fonte: Adaptado de Soppa et al. (2011) e Nóbrega e Santiago (2014).

Tabela 7. Valores dos coeficientes de correlação simples de Pearson entre os valores médios mensais das seis anomalias de TSM (Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 e Niño 3,4, ITAN e ITAS) e parâmetros climáticos regionais [evaporação (Evap.) e precipitação (Prec.)], e o volume de água acumulada em reservatórios, no período de 2008 (El Niño ausente).

| Período reservatório | Anomalia TSM | | | | | | | | | | Parâmetro | | |
|----------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|--------------|------|------|-----------|-------|--|
| | Niño (Pacífico) | | | | | Atlântico | | | | | Evap, | Prec, | |
| | 1+2 | 3 | 4 | 3,4 | ITAN | ITAS | ITAN | ITAS | ITAN | ITAS | | | |
| 2008 | | | | | | | | | | | | | |
| Caldeirão | 0,84 | 0,71 | 0,39 | 0,54 | 0,54 | 0,63* | -0,16 | 0,01 | | | | | |
| Barreiras | 0,60 | 0,86 | 0,65 | 0,75 | 0,47 | 0,74* | 0,15 | -0,38 | | | | | |
| Bonfim | 0,55 | 0,85 | 0,68 | 0,76 | 0,42 | 0,68* | 0,20 | -0,43 | | | | | |
| Salinas | 0,51 | 0,86 | 0,73 | 0,79 | 0,45 | 0,62* | 0,40 | -0,58 | | | | | |
| Bocaina | 0,51 | 0,90 | 0,78 | 0,84 | 0,63 | 0,56 | 0,27 | -0,71 | | | | | |
| Pentecoste | 0,44 | 0,86 | 0,76 | 0,81 | 0,50 | 0,57 | -0,02 | 0,00 | | | | | |
| Araras | 0,57 | 0,90 | 0,77 | 0,83 | 0,53 | 0,67* | -0,05 | 0,01 | | | | | |
| Orós | 0,67 | 0,96 | 0,83 | 0,90 | 0,65 | 0,59* | 0,29 | -0,57 | | | | | |
| Castanhão | 0,48 | 0,93 | 0,89 | 0,92 | 0,61 | 0,51 | -0,07 | 0,02 | | | | | |
| Mendobim | 0,52 | 0,88 | 0,76 | 0,83 | 0,47 | 0,64* | -0,42 | 0,12 | | | | | |
| Trairi | 0,74 | 0,78 | 0,55 | 0,66 | 0,47 | 0,73* | -0,69* | 0,63* | | | | | |
| Marechal | 0,56 | 0,96 | 0,87 | 0,93 | 0,64 | 0,54 | 0,26 | -0,22 | | | | | |

Continua...

Tabela 7. Continuação.

| Período reservatório | Anomalia TSM | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|--------------|--|--|-----------|--|
| | Niño (Pacífico) | | | | | Atlântico | | | | | Parâmetro | |
| | 1+2 | 3 | 4 | 3,4 | ITAN | ITAS | Evap, | Prec, | | | | |
| Itans | 0,67 | 0,77 | 0,52 | 0,64 | 0,33 | 0,83* | -0,75* | 0,71* | | | | |
| Sabuji | 0,78 | 0,64 | 0,31 | 0,47 | 0,27 | 0,84* | -0,63* | 0,42 | | | | |
| São Gonçalo | 0,71 | 0,51 | 0,10 | 0,30 | 0,12 | 0,93* | -0,87* | 0,29 | | | | |
| Eng. Ávidos | 0,68 | 0,84 | 0,61 | 0,73 | 0,45 | 0,76* | -0,53 | 0,08 | | | | |
| Mãe Água | 0,71 | 0,95 | 0,78 | 0,88 | 0,63 | 0,63* | -0,34 | -0,14 | | | | |
| Sumé | 0,42 | 0,87 | 0,83 | 0,86 | 0,55 | 0,55 | -0,06 | -0,60 | | | | |
| Boqueirão | 0,72 | 0,90 | 0,74 | 0,82 | 0,60 | 0,61* | -0,60* | 0,55 | | | | |
| Entremontes | 0,74 | 0,64 | 0,33 | 0,47 | 0,29 | 0,77* | -0,62* | -0,12 | | | | |
| Cachoeira | 0,48 | 0,83 | 0,70 | 0,77 | 0,38 | 0,69* | -0,39 | -0,51 | | | | |
| Serrinha | 0,42 | 0,64 | 0,41 | 0,51 | 0,23 | 0,80* | -0,34 | -0,12 | | | | |
| Rosário | 0,43 | 0,83 | 0,73 | 0,77 | 0,43 | 0,54 | -0,43 | -0,01 | | | | |
| Riacho Paulo | 0,17 | 0,78 | 0,95 | 0,88 | 0,66 | 0,07 | -0,07 | -0,37 | | | | |

*Valores significativos ($p < 0,05$) pelo teste t de Student e dentro dos resultados esperados para as anomalias de TSM: ITAN e ITAS.
 Fonte: Adaptado de Soppa et al. (2011) e Nóbrega e Santiago (2014).

Tabela 8. Valores dos coeficientes de correlação simples de Pearson entre os valores médios mensais das seis anomalias de TSM (Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 e Niño 3,4, ITAN e ITAS) e parâmetros climáticos regionais [evaporação (Evap.) e precipitação (Prec.)], e o volume de água acumulada em reservatórios, no período de 2009 - 2010 (El Niño moderado).

| Período reservatório | Anomalia TSM | | | | | | | | | | Parâmetro | | |
|----------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|------|------|------|--|-----------|---------------|--------------|
| | Niño (Pacífico) | | | | | Atlântico | | | | | Evap. | Prec. | |
| | 1+2 | 3 | 4 | 3,4 | ITAN | ITAS | ITAN | ITAS | ITAS | | | | |
| 2009-2010 | | | | | | | | | | | | | |
| Caldeirão | 0,34 | -0,36 | -0,36 | -0,44 | -0,15 | -0,13 | | | | | | -0,36 | 0,05 |
| Barreiras | 0,05 | -0,53* | -0,68* | -0,67* | -0,68* | -0,40 | | | | | | -0,43* | 0,07 |
| Bonfim | 0,59 | -0,04 | -0,05 | -0,14 | -0,20 | -0,21 | | | | | | -0,15 | -0,21 |
| Salinas | 0,61 | 0,01 | -0,12 | -0,14 | -0,56* | -0,41 | | | | | | 0,00 | 0,01 |
| Bocaina | 0,80 | 0,56 | 0,52 | 0,48 | -0,16 | -0,18 | | | | | | -0,16 | -0,20 |
| Pentecoste | 0,77 | 0,42 | 0,40 | 0,35 | -0,10 | -0,11 | | | | | | -0,28 | 0,25 |
| Araras | 0,64 | 0,39 | 0,21 | 0,24 | -0,63* | -0,48 | | | | | | -0,66 | 0,46 |
| Orós | 0,66 | 0,21 | 0,16 | 0,11 | -0,24 | -0,22 | | | | | | 0,03 | -0,05 |
| Castanhão | 0,62 | 0,30 | 0,10 | 0,13 | -0,69* | -0,38 | | | | | | -0,48* | 0,47* |
| Mendobim | 0,54 | 0,29 | 0,08 | 0,12 | -0,75* | -0,55 | | | | | | -0,54* | 0,38 |
| Trairi | 0,79 | 0,55 | 0,39 | 0,41 | -0,44 | -0,35 | | | | | | -0,39 | 0,50* |

Continua...

Tabela 8. Continuação.

| Período reservatório | Anomalia TSM | | | | | | | | | | Parâmetro | |
|-------------------------|-----------------|-------------|-------|-------|---------------|--------------|---------------|--------------|------|------|-----------|-------|
| | Niño (Pacífico) | | | | | Atlântico | | | | | Evap. | Prec. |
| | 1+2 | 3 | 4 | 3,4 | ITAN | ITAS | ITAN | ITAS | ITAN | ITAS | | |
| Marechal | 0,27 | -0,06 | -0,30 | -0,24 | -0,91* | -0,58 | -0,04 | 0,34 | | | | |
| Itans | 0,69 | 0,27 | 0,15 | 0,14 | -0,54* | -0,25 | -0,57* | 0,68* | | | | |
| Sabuji | 0,70 | 0,37 | 0,18 | 0,20 | -0,61* | -0,39 | -0,33 | 0,36 | | | | |
| São Gonçalo | 0,49 | -0,12 | -0,16 | -0,22 | -0,29 | -0,21 | -0,52* | 0,26 | | | | |
| Eng. Ávidos | 0,86 | 0,45 | 0,33 | 0,32 | -0,08 | -0,18 | -0,25 | -0,17 | | | | |
| Mãe Água | 0,62 | 0,31 | 0,11 | 0,14 | -0,67* | -0,50 | -0,44* | 0,36 | | | | |
| Sumé | 0,74 | 0,54 | 0,41 | 0,41 | -0,31 | -0,33 | -0,11 | 0,13 | | | | |
| Boqueirão | 0,16 | 0,35 | 0,31 | 0,32 | 0,41 | -0,30 | 0,58 | -0,61 | | | | |
| Entremontes | 0,19 | 0,00 | -0,24 | -0,16 | -0,86* | -0,36 | -0,60* | 0,20 | | | | |
| Cachoeira | 0,86 | 0,54 | 0,36 | 0,38 | -0,29 | -0,26 | -0,39 | -0,14 | | | | |
| Serrinha | 0,65 | 0,40 | 0,17 | 0,21 | -0,52* | -0,58 | -0,32 | -0,14 | | | | |
| Rosário | 0,60 | 0,08 | -0,07 | -0,06 | -0,46* | 0,00 | -0,53* | 0,46* | | | | |
| Poço Cruz | -0,08 | -0,19 | -0,41 | -0,32 | -0,91* | -0,40 | -0,40 | 0,27 | | | | |

*Valores significativos ($p < 0,05$) pelo teste t de Student e dentro dos resultados esperados para as anomalias de TSM: ITAN e ITAS.

Fonte: Adaptado de Soppa et al. (2011) e Nóbrega e Santiago (2014).

Tabela 9. Valores dos coeficientes de correlação simples de Pearson entre os valores médios mensais das seis anomalias de TSM (Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 e Niño 3,4, ITAN e ITAS) e parâmetros climáticos regionais [evaporação (Evap.) e precipitação (Prec.)], e o volume de água acumulada em reservatórios, no período de 2011 - 2014 (El Niño forte).

| Período reservatório | Anomalia TSM | | | | | | | | Parâmetro | |
|----------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|------|---------------|-----------|-------|
| | Niño (Pacífico) | | | | Atlântico | | | | Evap, | Prec, |
| | 1+2 | 3 | 4 | 3,4 | ITAN | ITAS | ITAS | Evap, | | |
| 2011-2014 | | | | | | | | | | |
| Caldeirão | 0,21 | 0,03 | -0,12 | -0,08 | -0,32* | 0,33* | | -0,32 | 0,21 | |
| Barreiras | -0,02 | -0,45* | -0,80* | -0,64* | 0,18 | 0,09 | | -0,36* | 0,26 | |
| Bonfim | 0,10 | -0,30* | -0,69* | -0,52* | 0,06 | -0,09 | | -0,23 | 0,19 | |
| Salinas | 0,01 | -0,40* | -0,78* | -0,59* | 0,06 | -0,03 | | -0,09 | 0,05 | |
| Bocaina | 0,02 | -0,44* | -0,81* | -0,66* | 0,11 | 0,07 | | -0,50* | 0,04 | |
| Araras | -0,02 | -0,38* | -0,72* | -0,53* | 0,12 | -0,11 | | -0,07 | 0,08 | |
| Orós | 0,10 | -0,31* | -0,72* | -0,51* | 0,07 | -0,06 | | -0,06 | -0,02 | |
| Castanhão | -0,05 | -0,42* | -0,75* | -0,57* | 0,14 | -0,05 | | -0,08 | 0,16 | |
| Mendobim | -0,01 | -0,34* | -0,67* | -0,47* | 0,03 | -0,16 | | -0,32* | 0,19 | |
| Trairi | -0,01 | -0,44* | -0,80* | -0,64* | 0,15 | 0,04 | | -0,10 | 0,07 | |
| Marechal | -0,01 | -0,39* | -0,72* | -0,56* | 0,11 | -0,06 | | -0,03 | 0,03 | |

Continua...

Tabela 9. Continuação.

| Período reservatório | Anomalia TSM | | | | | | | | | | Parâmetro | |
|-------------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|-------|--------------|------|------|------|------|---------------|--------------|
| | Niño (Pacífico) | | | | | Atlântico | | | | | Evap. | Prec. |
| | 1+2 | 3 | 4 | 3,4 | ITAN | ITAS | ITAN | ITAS | ITAN | ITAS | | |
| Itans | 0,06 | -0,32* | -0,69* | -0,50* | 0,11 | -0,07 | | | | | -0,12 | 0,08 |
| Sabuji | 0,16 | -0,27 | -0,67* | -0,49* | 0,04 | 0,00 | | | | | -0,08 | 0,18 |
| São Gonçalo | -0,04 | -0,51* | -0,83* | -0,71* | 0,14 | 0,18 | | | | | -0,44* | 0,36* |
| Sumé | 0,11 | -0,35* | -0,74* | -0,58* | 0,11 | 0,09 | | | | | -0,25 | 0,26 |
| Boqueirão | -0,05 | -0,47* | -0,81* | -0,65* | 0,21 | 0,04 | | | | | 0,08 | 0,20 |
| Entremontes | -0,12 | -0,52* | -0,69* | -0,70* | -0,04 | 0,31* | | | | | -0,50* | 0,30 |
| Cachoeira | 0,36 | -0,06 | -0,47* | -0,34* | -0,18 | 0,05 | | | | | -0,24 | -0,04 |
| Serrinha | 0,02 | -0,38* | -0,75* | -0,56* | 0,11 | -0,09 | | | | | - | - |
| Rosário | 0,01 | -0,42* | -0,79* | -0,61* | 0,07 | -0,10 | | | | | 0,01 | -0,01 |
| Poço Cruz | -0,03 | -0,48* | -0,82* | -0,68* | 0,19 | 0,06 | | | | | 0,13 | 0,13 |

*Valores significativos ($p < 0,05$) pelo teste t de Student e dentro dos resultados esperados para as anomalias de TSM: ITAN e ITAS.

(-)Sem informações disponíveis.

Fonte: Adaptado de Soppa et al. (2011) e Nóbrega e Santiago (2014).

Tabela 10. Valores dos coeficientes de correlação simples de Pearson entre os valores médios mensais das seis anomalias de TSM (Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 e Niño 3,4, ITAN e ITAS) e parâmetros climáticos regionais [evaporação (Evap.) e precipitação (Prec.)], e o volume de água acumulada em reservatórios, no período de 2015 - 2016 (El Niño ausente).

| Período reservatório | Anomalia TSM | | | | | | | | | | Parâmetro | | |
|----------------------|-----------------|-------|-------------|---------------|-------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| | Niño (Pacífico) | | | | | Atlântico | | | | | Evap, | Prec, | |
| | 1+2 | 3 | 4 | 3,4 | ITAN | ITAS | ITAN | ITAS | Evap, | Prec, | | | |
| 2015-2016 | | | | | | | | | | | | | |
| Caldeirão | 0,92 | 0,78 | 0,97 | 0,94 | -0,83 | -0,09 | - | - | - | - | - | - | - |
| Barreiras | -0,04 | 0,42 | -0,44 | 0,11 | 0,51 | 0,38 | -0,39 | 0,19 | - | - | - | - | 0,19 |
| Bonfim | 0,86 | 0,42 | 0,85 | 0,62 | -0,98 | -0,73 | 0,00 | -0,63 | - | - | - | - | -0,63 |
| Salinas | 0,87 | 0,43 | 0,86 | 0,63 | -0,98 | -0,72 | - | - | - | - | - | - | - |
| Bocaina | 0,69 | 0,18 | 0,85 | 0,46 | -0,96 | -0,67 | -0,04 | -0,80 | - | - | - | - | -0,80 |
| Araras | 0,95 | 0,95 | 0,82 | 0,99 | -0,69 | -0,05 | -0,32 | -0,38 | - | - | - | - | -0,38 |
| Orós | -0,88* | -0,27 | -0,91 | -0,84* | 0,97 | 0,57 | - | - | - | - | - | - | - |
| Castanhão | -0,89* | -0,11 | -0,84 | -0,85* | 0,90 | 0,52 | - | - | - | - | - | - | - |
| Mendobim | -0,70 | -0,19 | -0,86 | -0,47 | 0,96 | 0,66 | - | - | - | - | - | - | - |
| Trairi | -0,40 | 0,19 | -0,56 | -0,08 | 0,80 | 0,85 | - | - | - | - | - | - | - |

Continua...

Tabela 10. Continuação.

| Período reservatório | Anomalia TSM | | | | | | | | | | Parâmetro | |
|-------------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|-------------|--------------|-------------|------|------|------|-----------|-------|
| | Niño (Pacífico) | | | | | Atlântico | | | | | Evap, | Prec, |
| | 1+2 | 3 | 4 | 3,4 | ITAN | ITAS | ITAN | ITAS | ITAN | ITAS | | |
| Marechal | -0,61 | -0,14 | -0,86 | -0,44 | 0,90 | 0,51 | - | - | - | - | - | - |
| Itans | -0,89* | -0,02 | -0,75 | -0,83* | 0,91 | 0,73 | - | - | - | - | - | - |
| Sabuji | 0,39 | 0,85 | 0,14 | 0,65 | 0,12 | 0,57 | - | - | - | - | - | - |
| São Gonçalo | 0,68 | 0,23 | 0,51 | 0,34 | -0,78 | -0,91 | - | - | - | - | - | - |
| Sumé | -0,87* | -0,10 | -0,76 | -0,36 | 0,94 | 0,80 | - | - | - | - | - | - |
| Boqueirão | -0,94* | -0,87* | -0,95 | -0,93* | 0,99 | 0,55 | 0,84 | - | - | - | - | -0,34 |
| Entremontes | 0,65 | 0,16 | 0,86 | 0,45 | -0,93 | -0,57 | - | - | - | - | - | - |
| Cachoeira | -0,87 | -0,47 | -0,95* | -0,71 | 0,99 | 0,53 | 0,80 | - | - | - | - | -0,87 |
| Serrinha | -0,30 | 0,30 | -0,46 | 0,04 | 0,72 | 0,86 | - | - | - | - | - | - |
| Poço Cruz | -0,92* | -0,82* | -0,89 | -0,87* | 0,96 | 0,57 | - | - | - | - | - | - |

*Valores significativos ($p < 0,05$) pelo teste t de Student e dentro dos resultados esperados para as anomalias de TSM: ITAN e ITAS.

(-)Sem informações disponíveis.

Fonte: Adaptado de Soppa et al. (2011) e Nóbrega e Santiago (2014).

Quando as águas da superfície do Oceano Pacífico estão mais quentes, os ventos alísios enfraquecem na faixa equatorial e inibem a formação das nuvens, diminuindo a precipitação no continente e trazendo períodos de estiagem para o Norte e Nordeste do Brasil (Alves et al., 2017), ou seja, são esperadas correlações inversas entre as anomalias de temperatura das localidades de origem do El Niño e o volume de água acumulada nos reservatórios em estudo. Quando as águas do Atlântico Norte (ITAN) estão mais quentes e o clima mais úmido e as águas do Atlântico Sul (ITAS) mais frias e o clima mais seco, ocorrem movimentos descendentes de massas de ar, com menor temperatura nas regiões setentrional e central e no Sertão, inibindo a formação de nuvens e diminuindo a ocorrência da precipitação, condições que podem trazer períodos de estiagem mais prolongados para a região Nordeste do Brasil (Nóbrega; Santiago, 2014), ou seja, são esperadas correlações inversas e diretas, respectivamente, entre o ITAN e ITAS e o volume de água acumulada nos reservatórios do interior do Nordeste do Brasil. A precipitação tem um efeito direto sobre o volume de água acumulada pelos reservatórios, enquanto a evaporação apresenta correlação inversa.

Foram encontradas 476 correlações significativas da influência dos eventos climáticos extremos sobre o acúmulo de água dos 26 reservatórios no interior do Nordeste, durante os nove períodos climáticos, de 1997 e 2016. Entre essas correlações, 189 estão coerentes com os resultados teoricamente esperados para os eventos climáticos extremos (Tabelas 2 a 10). As mudanças no volume de água acumulada nesses reservatórios podem ser previstas, utilizando-se as equações de regressão disponibilizadas no Anexo 1 e os dados disponíveis das anomalias dos eventos extremos. As localidades de Niño 1+2, 3, 3,4 e 4 do Oceano Pacífico apresentaram 338 correlações significativas: 234 positivas, mostrando que o aquecimento do Oceano Pacífico pode estar gerando aumento do volume de água acumulada nos reservatórios investigados, e 104 correlações negativas, dentro do que está teoricamente esperado, quando o aquecimento da superfície do mar gera um déficit hídrico nesses reservatórios. Guimarães

e Reis (2012) avaliaram que o fenômeno El Niño aliado à Oscilação Sul (ENOS), influenciou significativamente a temperatura (máxima e mínima) da cidade de Recife, PE nos últimos 50 anos. O período que foi classificado como El Niño forte de 1997-1998, surpreendentemente, não apresentou correlações negativas significativas, como eram esperadas para esse evento extremo nos reservatórios estudados no interior do Nordeste do Brasil (Tabela 2). A localidade Niño 1+2 apresentou 66 correlações significativas, das quais sete negativas, seis no período de 2015-2016 (El Niño ausente, Tabela 10) e uma no período 2002-2003 (El Niño moderado, Tabela 4). De acordo com Trenthberth (2016), a localidade Niño 1+2 é considerada a menor, mais oriental e mais próxima do Continente Americano, mostrando baixa representatividade junto ao clima do Nordeste brasileiro. Isso pode estar causando o comportamento anômalo em relação ao acúmulo de água desses reservatórios (Figura 3).

A localidade Niño 3 apresentou 87 correlações significativas, 61 diretas e 26 inversas. Foram encontradas 18 correlações inversas no período de 2011-2014 (El Niño forte, Tabela 9) e três no período de 2002-2003 (El Niño moderado, Tabela 4), mostrando que essa localidade exerce fortes influências na redução do volume de água acumulada nos reservatórios em estudo. Isso pode estar influenciando o abastecimento de água de mais de 600 mil pessoas no interior do Nordeste Brasileiro, nos municípios de Bonfim, PI, de Parnamirim, PE, de Tauá, CE, de Boqueirão, PR e de Caicó, RN. O reservatório Caldeirão, PI apresentou forte redução em volume pelo intenso evento de seca do período de 2002-2003 (Tabela 4). Santos e Ramos (2017) evidenciaram, na estação Caldeirão, uma correlação inversa entre dias úmidos e a localidade Niño 3. Também, no período de 2011-2014, foi constatada a forte influência da localidade Niño 3 em relação à diminuição do volume de água acumulada nos reservatórios de São Gonçalo, PB, Castanhão, CE, Rosário, PE, Boqueirão, PI e Mendobim, RN (Tabela 9 e Figura 3). Isso também vem influenciando o abastecimento de água de cidades como

Sousa, PB, Alto Santo, CE, Iguaracy, PE, Mendobim, RN e Açu, RN, respectivamente. Cabral Junior e Almeida (2012) encontraram, entre 1956 e 2010, forte redução das chuvas em períodos de El Niño na estação São Gonçalo. Ocorreram diversas correlações positivas com a região Niño 3, como em 2008 nos reservatórios de Mãe Água, PB, Riacho do Paulo, BA e Pentecoste, CE (Tabela 7, Figura 3), que podem ser justificadas pela forte influência dos sistemas atmosféricos atuantes na região, como a Zona de Convergência Intertropical, e dos sistemas frontais, como foi evidenciado em Marengo et al. (2011). Santos e Brito (2007) analisaram as microrregiões da Paraíba, como no reservatório Mãe Água, e encontraram dias úmidos influenciados diretamente pelas localidades de Niño 1+2 e 3.

A localidade Niño 4 apresentou 56 correlações diretas e 35 inversas (Tabelas 2 a 10), cuja grande maioria (19) ocorreu durante o período de 2011-2014 (Tabela 9). Com isso, a localidade Niño 4, durante o período de 2011-2014, gerou diminuição significativa no volume de água acumulada no Rio Grande do Norte (reservatórios Marechal Dutra, Mendobim, Trairi, Itans e Sabuji), em Pernambuco (reservatórios Cachoeira, Entremontes, Rosário, Serrinha e Poço da Cruz) e em outros estados (reservatórios Castanhão, CE, Araras, CE, Orós, CE, Várzea Boi, CE, Bonfim, PI, Barreiras, PI, Salinas, PI, Boqueirão, PB, Sumé, PB e São Gonçalo, PB). Esses locais concentram mais de 550 mil pessoas que, provavelmente, já sofreram restrições ao acesso da água (Figura 3, Tabela 9 e Anexo 1). Silva e Silva (2015) avaliaram a influência da anomalia de TSM Pacífico na localidade Niño 4, e encontraram um forte déficit hídrico para todo o Nordeste brasileiro. Alguns reservatórios investigados apresentaram correlações diretas com o fenômeno El Niño, como no período de 1997-1998 (El Niño forte), resultando no incremento do volume de água de reservatórios investigados (Tabela 2). Entretanto Pentecoste, CE apresentou correlações positivas nos períodos de 1999-2001 (El Niño ausente, Tabela 3) e de 2006-2007 (El Niño moderado, Tabela 6).

De acordo com Cordeiro et al. (2018), ao estudarem 30 anos de informações climáticas (1979-2009), constataram que a localidade Niño 3,4 pode ser considerada a mais importante quanto aos efeitos climáticos sobre o interior da região Nordeste do Brasil. Nesse estudo, a localidade contribuiu significativamente com 93 correlações, das quais 58 positivas e 35 negativas (Tabelas 2 a 10). O aumento da temperatura superficial do Oceano Pacífico na localidade Niño 3,4 gerou forte diminuição do volume de água acumulada de 20 reservatórios em 2011-2014 (El Niño forte, Tabela 9) e de cinco reservatórios em 2002-2003 (El Niño moderado, Tabela 4). Os reservatórios estudados no Rio Grande do Norte, como Marechal Dutra, Mendobim, Trairi, Itans e Sabuji, localizados respectivamente nos municípios de Acari, Açu, Tangará, Caicó e São João do Sabuji, sofreram forte déficit hídrico no período de El Niño forte de 2011 - 2014 (Tabela 9 e Figura 3). Marengo et al. (2016) investigaram o Rio Grande do Norte no período de 2011 - 2012 e encontraram intenso estresse hídrico, quando o acumulado de precipitação não ultrapassou 500 mm, gerando uma deficiência no abastecimento de água para a população local. Nesse estudo, num mesmo período, outros reservatórios também apresentaram redução do volume de água acumulada, como Serrinha, PE, Bonfim, PI, Araras, CE, São Gonçalo, PB e Poço da Cruz, PE, influenciando o abastecimento de água de mais de 180 mil pessoas do interior do Nordeste. O El Niño moderado de 2002-2003 (Tabela 4) gerou seca em Orós, CE, Araras, CE, Castanhão, CE Salinas, PI, Bocaina, PI e Marechal Dutra, RN. Entretanto reservatórios como Barreiras, PI, Riacho do Paulo, BA, Trairi, RN, Eng. Ávidos, PB, Pentecoste, CE e Cachoeira, PE apresentaram correlações positivas com o Niño 3,4 em 2008 (El Niño ausente, Tabela 7), 1997-1998 (El Niño forte, Tabela 2) e 2006-2007 (El Niño moderado, Tabela 6) (Figura 3), talvez pela diversidade de sistemas atmosféricos atuantes nessa região.

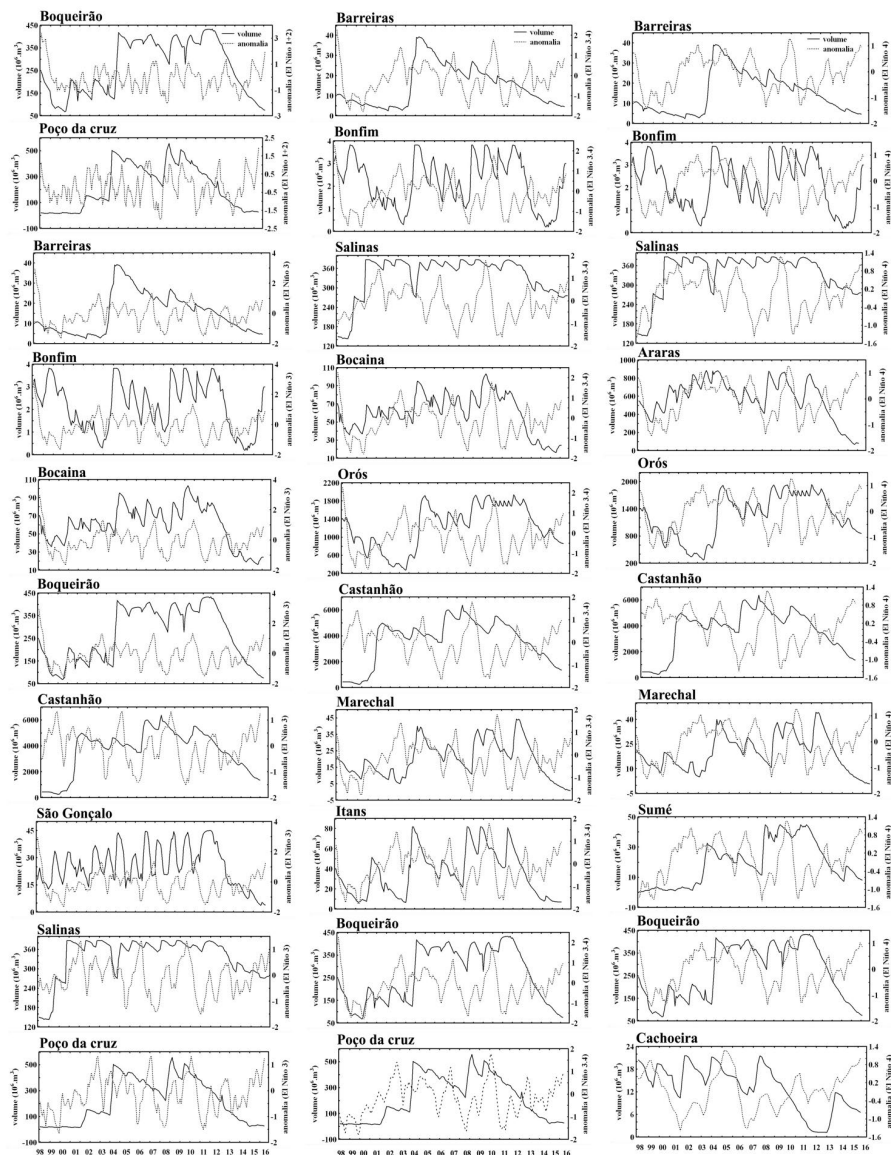


Figura 3. Variação histórica (1998-2016) das anomalias de TSM do Oceano Pacífico nas localidades de Niño 1+2, 3, 3,4 e 4 e o volume de água acumulada nos reservatórios Boqueirão, PI, Barreiras, PI, Poço da Cruz, PE, Bonfim, PI, Salinas, PI, Bocaina, PI, Araras, CE, Orós, CE, Castanhão, CE, Marechal Dutra, RN, São Gonçalo, CE, Itans, RN, Sumé, PB, Poço da Cruz, PE e Cachoeira, PE.

Em relação à anomalia climática de temperatura superficial do Atlântico Norte (ITAN), foram encontradas 71 correlações significativas (Tabelas 2 a 10), das quais 31 negativas, teoricamente previstas, quando o aquecimento da superfície do mar resultou em déficit hídrico nos reservatórios, principalmente durante o El Niño ausente de 1999-2001 (Tabela 3), mas também durante o El Niño moderado de 2009 - 2010 (Tabela 8); e 40 correlações positivas, quando o aquecimento trouxe aumento do volume de água dos reservatórios investigados, encontrando-se 13 significativas durante o El Niño forte de 1997-1998 (Tabela 2). O ITAN influenciou na diminuição significativa do volume de água acumulada em reservatórios dos estados da Paraíba e de Pernambuco, como Mãe Água, PB, Entremontes, PE, Serrinha, PE e Rosário, PE, nos períodos de 2004-2005 (Tabela 5) e de 2009-2010 (Tabela 8), afetando o abastecimento de água de mais de 650 mil pessoas (Figura 4). Araújo e Brito (2011) encontraram registros de 45 anos de correlações positivas entre o ITAN e dias consecutivos secos no centro-sul baiano, influenciando o abastecimento de água de reservatórios como Riacho do Paulo. Santos et al. (2010) encontraram correlação inversa entre ITAN e dias consecutivos úmidos na estação meteorológica de Fortaleza, CE. Santos e Brito (2007), entre 1935 e 2000, identificaram dias secos consecutivos no interior da Paraíba, influenciados pelas anomalias de temperatura da superfície do Atlântico Norte. Nesse estudo, o comportamento anômalo da influência direta do aumento de temperatura superficial do Atlântico Norte sobre o acúmulo de água foi encontrado nos reservatórios Barreiras, PI, Pentecoste, CE, Mendobim, RN, Eng. Ávidos, PB e Riacho do Paulo, BA, nos períodos de 1997-1998 (Tabela 2) e de 2006-2007 (Tabela 6, Figura 4), cujo fenômeno foi também evidenciado em Pereira et al. (2009).

Para a anomalia climática de temperatura superficial do Atlântico Sul (ITAS), foram encontradas 67 correlações significativas; dessas, 54 foram diretas, teoricamente esperadas, quando a diminuição da temperatura do Atlântico Sul gerou a diminuição no nível de água acumulada nos reservatórios. Isso foi identificado no Rio Grande do Norte, no Piauí, na Paraíba, no Ceará e em Pernambuco, durante os períodos de 1997-1998 (Tabela 2), de 2002-2003 (Tabela 4) e de 2008 (Tabela 7). Em contrapartida, foram encontradas 12 relações inversas, quando o aumento do ITAS gerou redução do volume de água acumulada nos reservatórios investigados Trairi, RN, Salinas, PI, Boqueirão, PB e Araras, CE, durante os períodos de 1999-2001 (Tabela 3), de 2002-2003 (Tabela 4), de 2004-2005 (Tabela 5) e de 2009-2010 (Tabela 8), respectivamente, que podem estar afetando o abastecimento de água de cerca de 280 mil pessoas (Figura 4). Silva et al. (2011) analisaram os parâmetros ambientais numa escala anual, entre 1963 e 1992, e confirmaram que o aumento da temperatura superficial do Oceano Atlântico Sul gerou um aumento significativo das chuvas do leste pernambucano. Posteriormente, Nóbrega et al. (2016) verificaram que, entre 1950 e 2009, o aumento da precipitação de quatro municípios em Pernambuco (Recife, Serra Talhada, Caruaru e Palmares) também recebeu a influência significativa do aumento de temperatura da superfície do Oceano Atlântico Sul. Cavalcanti e Kuosky (2009) mostraram que o estado da Bahia não apresentou correlações estatisticamente significativas com o ITAS, mas fortes influências dos sistemas frontais.

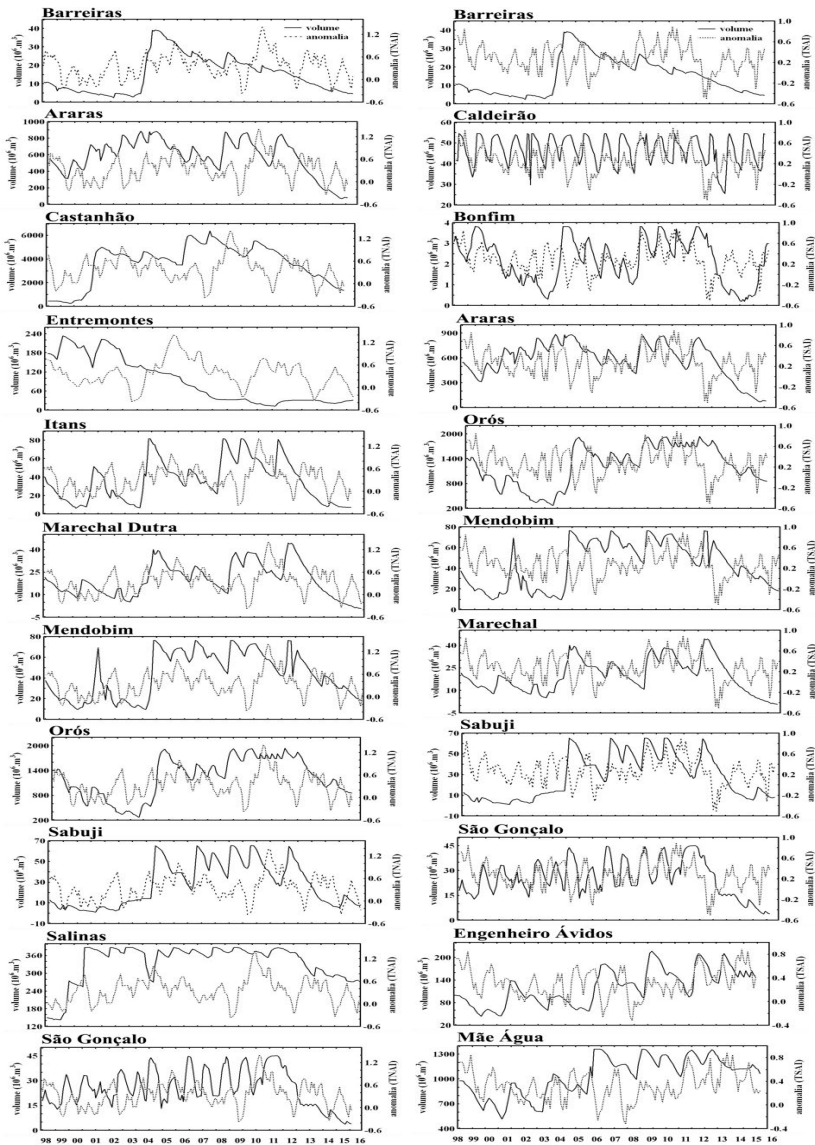


Figura 4. Variação histórica (1998-2016) das anomalias de TSM, [Oceano Atlântico Norte (ITAN) e Sul (ITAS)] e do volume dos reservatórios Barreiras, PI, Araras, CE, Caldeirão, PI, Castanhão, CE, Bonfim, PI, Entremontes, PE, Itans, RN, Orós, CE, Marechal Dutra, RN, Mendobim, RN, Sabuji, RN, São Gonçalo, PB, Salinas, PI, Eng. Ávidos, PB e Mãe Água, PB.

As correlações encontradas mostraram que o aquecimento dos oceanos Atlântico e Pacífico pode estar gerando um incremento no volume de água acumulada nos reservatórios do interior do Nordeste. Entretanto a diversidade de sistemas atmosféricos presentes, como a ZCIT e os VCAN, provavelmente esteja influenciando e dificultando a compreensão da distribuição das chuvas na região (Kemenes et al., 2015). Por outro lado, o uso de água pela população e/ou sistemas produtivos locais pode influenciar significativamente o armazenamento de água nos reservatórios. Portanto a falta de água no interior do Nordeste brasileiro não pode ser justificada somente pela ação isolada de um evento climático, mas é o resultado da ação conjunta dos sistemas atmosféricos normais, das anomalias de temperatura da superfície do mar e do uso humano (Rodrigues et al., 2017). De acordo com Nóbrega e Santiago (2014), as anomalias de TSM do Atlântico incrementaram a precipitação em grande parte do Nordeste brasileiro, numa ação conjunta com as anomalias do Pacífico.

Foram encontradas 138 correlações conjuntas entre as anomalias do Oceano Atlântico e do Pacífico. Nos períodos de El Niño de intensidades forte e moderada (1997-1998, 2002-2003, 2006-2007, 2009-2010 e 2011-2014), os reservatórios apresentaram correlações significativas com as anomalias de TSM do Atlântico Sul que, segundo Nóbrega e Santiago (2014), potencializam o regime pluviométrico regional. Nos períodos de 1997-1998 e de 2002-2003, o volume de água acumulada nos reservatórios apresentou correlações positivas com o ITAS e negativas com as regiões de Niño 1+2, 3, 3,4 e 4 (Tabelas 2 e 4). Durante o El Niño do período de 2011-2014 (El Niño forte), os reservatórios apresentaram correlações negativas com o Oceano Pacífico nas localidades de Niño 3, 3,4 e 4 (Tabela 9). Esses resultados corroboraram com Marengo et al. (2016), que identificaram o período de 2012-2015 como a maior seca das últimas décadas, afetando mais de nove milhões de pessoas em todo Semiárido nordestino. O Oceano Atlântico mostrou correlações significativas, determinantes para a regulação do volume de água em reservatórios do interior do Nordeste brasileiro, corroborando com os estudos de Silva et al. (2011) e Salgueiro et al. (2016).

Santos e Ramos (2017) classificaram o norte do Piauí, no reservatório Bonfim, PI, como uma região de baixo relevo e que favorece a ocorrência de eventos de grande escala como a ZCIT e os VCAN. O reservatório Orós, CE sofreu influência conjunta da ZCIT com o fenômeno El Niño, trazendo baixo índice de chuvas e resultando na diminuição do volume de vazão do Rio Acaraú que alimenta esse reservatório (Pessoa et al., 2017; Silva et al., 2017). Além disso, os períodos de 2004-2005 (Tabela 5) e de 2008 (Tabela 7) foram marcados pela ausência do fenômeno El Niño, mas com influência significativa dos fenômenos ITAN e ITAS, importantes para a regulação do volume de água nos reservatórios Bocaina, PI, Bonfim, PI, Salinas, PI, Orós, CE, Castanhão, CE, Sumé, PB e Boqueirão, PB (Tabelas 5 e 7, Figuras 3 e 4).

Influências regionais

No período de 1998-2016, foram encontradas 93 correlações significativas entre os parâmetros regionais (precipitação e evaporação) e o volume de água acumulada nos reservatórios em estudo. Essa reserva de água pode ser prevista, utilizando-se as equações de regressão disponibilizadas no Anexo 2 e os dados de precipitação ou evaporação disponíveis. O parâmetro evaporação apresentou 67 correlações significativas, número maior que a precipitação, com apenas 26 correlações (Tabelas 2 a 10). Os reservatórios do Piauí, do Ceará, do Rio Grande do Norte, da Bahia, de Pernambuco e da Paraíba apresentaram, em pelo menos um dos períodos investigados, forte redução do volume de água acumulada ligada às elevadas taxas de evaporação (Figura 5). Isso pode estar repercutindo sobre a oferta de água para a população em diversos sistemas produtivos locais. Segundo Bezerra e Bezerra (2016) e Pereira et al. (2009), o aumento da dissipação do calor pela atmosfera desencadeia perdas significativas de água dos reservatórios. Moura et al. (2007) avaliaram

os dados da estação meteorológica de Petrolina, PE, próxima ao reservatório Entremontes, localizado no município de Parnamirim, PE, e encontraram elevadas taxas anuais de evaporação, entre 2.500 mm e 3.000 mm, contribuindo para intenso déficit hídrico local. No Rio Grande do Norte, o reservatório Itans, no município de Caicó, RN, sofreu diminuição do volume de água acumulada, influenciada pela evaporação, gerando incremento significativo na concentração de sais no reservatório (Silva et al., 2011). Santos et al. (2009), ao estudarem as microrregiões do Ceará, na estação de Viçosa, entre 1935 e 2006, encontraram que o aumento dos dias consecutivos úmidos e com precipitação foi diretamente relacionado com o aumento do volume de água no reservatório Pentecoste, CE. Nesse estudo, os reservatórios Barreiras, PI, São Gonçalo, PB, Riacho do Paulo, BA, Mendobim, RN e Orós, CE, em 1997-1998 (El Niño forte, Tabela 2), 2002-2003 (El Niño moderado, Tabela 4), 2006-2007 (El Niño moderado, Tabela 6), 2009-2010 (El Niño moderado, Tabela 8) e 2011-2014 (El Niño forte, Tabela 9), respectivamente, apresentaram perdas significativas do volume de água acumulada, resultantes das elevadas taxas de evaporação locais (Figura 5). Entretanto, nesse estudo, foi encontrado comportamento anômalo em que o aumento da taxa de evaporação trouxe o aumento do volume de água acumulada no período de 2002-2003 (Tabela 4), nos reservatórios Barreiras, PI, Bonfim, PI, Várzea Boi, CE, Castanhão, CE e Sabuji, RN e também nos períodos de 2009-2010 (Tabela 8) e de 2015-2016 (Tabela 10), no reservatório Boqueirão, PB. Isso pode ter ocorrido em razão de os reservatórios receberem água proveniente de diversas regiões adjacentes, ou seja, mais de uma bacia hidrográfica, influenciando nessa avaliação regional. O período de 2011-2014 (Tabela 9) foi marcado pela forte redução do volume de água acumulada na maioria dos reservatórios estudados, justificada pela diminuição do regime pluviométrico regional (Figura 5). Bezerra e Bezerra (2016) avaliaram 463 reservatórios no Nordeste Setentrional, entre eles, São Gonçalo e Engenheiro Ávidos, na Paraíba, e encontraram resultados semelhantes.

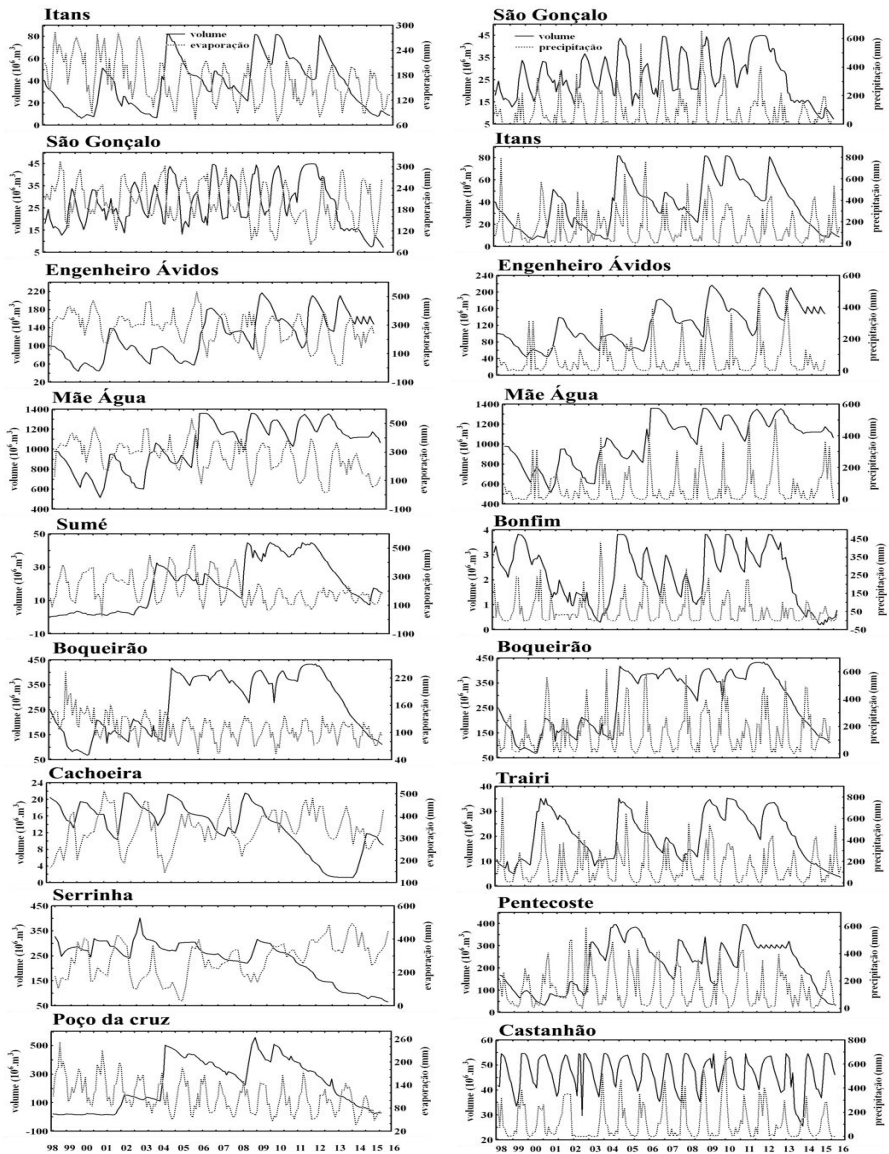


Figura 5. Variação histórica (1998-2016) da evaporação, da precipitação e do volume dos reservatórios Itans, RN, São Gonçalo, PB, Eng. Ávidos, PB, Mãe Água, PB, Sumé, PB, Bonfim, PI, Boqueirão, PB, Cachoeira, CE, Trairi, RN, Serrinha, PE, Pentecoste, CE, Poço da Cruz, PE e Castanhão, CE.

Está previsto que a humanidade passe por fortes mudanças com o incremento do processo de aquecimento global. Essas alterações trarão mais água para a atmosfera, entretanto não será distribuída igualmente; existem locais onde choverá mais, em outros menos, e essas diferenças serão marcantes em cada região. Isso poderá refletir na qualidade de vida da população. E as influências não serão somente dos fenômenos globais, mas também regionais (Souza; Azevedo, 2012; Curtarelli et al., 2013). Na verdade, são fenômenos interconectados, pois, de acordo com Cavalcanti et al. (2006), existe forte tendência de que as anomalias de TSM do Oceano Atlântico exerçam a regulação da temperatura no litoral leste da região Nordeste, com influências sobre as taxas de evaporação e precipitação locais. O volume de água acumulada nos reservatórios Bonfim, PI, Pentecoste, CE, Araras, CE, Várzea Boi, CE, Castanhão, CE, São Gonçalo, PB, Eng. Ávidos, PB, Mãe Água, PB, Boqueirão, PB, Rosário, PE, Itans, RN e Trairi, RN apresentaram correlações diretas e significativas com a precipitação nos períodos de 1997-1998 (El Niño forte, Tabela 2), de 1999-2001 (El Niño ausente, Tabela 3), de 2006-2007 (El Niño moderado, Tabela 6), de 2008 (El Niño ausente, Tabela 7), de 2009-2010 (El Niño moderado, Tabela 8) e de 2011-2014 (El Niño forte, Tabela 9) (Figura 5).

Considerações finais

Os parâmetros avaliados, tanto os globais quanto os regionais, apresentaram fortes influências sobre o volume de água acumulada nos reservatórios estudados do interior do Nordeste do Brasil. Tais parâmetros podem estar influenciando na disponibilidade de água para a população, afetando sua segurança hídrica, energética e alimentar. Os eventos de El Niño nem sempre explicaram corretamente os eventos de estiagem ocorridos no Nordeste brasileiro, como no período de 2011-2014. Esse período, apesar de caracterizado por intensidade forte, mostrou diversas correlações fora do que está teoricamente esperado, indicando que devem existir outros fatores,

bem mais representativos, para controlar as chuvas e o nível de água dos reservatórios do interior do Nordeste. É importante lembrar a elevada diversidade de sistemas atmosféricos atuantes na região Nordeste do Brasil, que podem estar dificultando a correta interpretação dos resultados encontrados.

O desenvolvimento atual da humanidade se apoia em práticas pouco sustentáveis, como o uso abusivo da água em sistemas de produção irrigados, malprojetados e com vazamentos, e também em grandes perdas na distribuição domiciliar de água, que podem estar afetando significativamente o acúmulo de água em reservatórios. É importante diminuir o desperdício e utilizar racionalmente a água, buscando sua conservação ambiental, trazendo mais segurança energética e alimentar para toda a população. É necessário ter plena consciência de que todos somos os responsáveis pelos impactos climáticos e ambientais que estão ocorrendo sobre o planeta. O consumo de produtos gerados pelo uso abusivo de água, de energia e de outros recursos naturais influencia significativamente na conservação ambiental dos ecossistemas. É preciso buscar uma transformação radical de valores em toda a sociedade e isso pode ser realizado com educação ambiental e mudanças de comportamento, iniciando com atitudes simples como fechar as torneiras ao escovar os dentes.

Referências

ALVES, J. M. B.; SILVA, E. M. da.; RICKES, C. P. Downsacing dinâmico de precipitação e veranicos no estado do Ceará. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 4, p. 385-393, 2017.

ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T. A importância relativa do Atlântico Tropical Sul e Pacífico Leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, n. 1, p. 63-74, 2007.

ARAÚJO, W. S.; BRITO, J. I. B. Índices de tendências de mudanças climáticas para os estados da Bahia e Sergipe por meio de índices pluviométricos diários e sua relação com TSM do Pacífico e Atlântico. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 4, p. 541-554, 2011.

BEZERRA, M. B.; BEZERRA, A. P. P. S. A crise hídrica como reflexo da seca: o Nordeste Setentrional em alerta. **Revista do Regne**, v. 2, n. esp., p. 623-632, 2016.

CABRAL JUNIOR, J. B.; ALMEIDA, H. A. de. Influência do fenômeno El-Niño sobre o regime pluvial na Microrregião de Sousa, PB. **Revista Geonorte**, v. 2, n. 4, p. 904-915, 2012.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 140-147, 2006.

CAVALCANTI, I.F.A.; KUOSKY, V.E. Frentes frias no Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J. da; DIAS, M. A. F. da S. (org). Tempo e Clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos. 2009. cap. 9, p.135-147.

CORDEIRO, A. P. A.; BERLATO, M. A.; ALVES, R. de C. M. Tendência do índice hídrico sazonal do Rio Grande do Sul e sua relação com *El Niño* e *La Niña*. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 41, n. 3, p. 216-226, 2018.

CURTARELLI, M. P.; ALCANTARA, E. H.; ARAUJO, C. A. S.; STECH, J. L.; LORENZZETTI, J. A. Avaliação da dinâmica temporal da evaporação no reservatório de Itumbiara, GO, utilizando dados obtidos por sensoriamento remoto. **Revista Ambiente & Água**, v. 8, n. 1, p. 272-289, 2013.

DNOCS. **Recursos hídricos. Série histórica volumétrica por reservatório**. 2015. Disponível em: https://www.dnocs.gov.br/php/canais/recursos_hidricos/index.php. Acesso em:

FERREIRA, L. C.; KEMENES, A. Influência histórica (1998-2016) dos parâmetros globais e regionais sobre os reservatórios do interior do Nordeste. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 15, v. 25, p. 515-536, jul./dez. 2019.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JUNIOR, J. A. da. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, p. 115-146, 2009.

GUIMARAES, D. P.; REIS, R. dos. Impactos do fenômeno Enos sobre a temperatura no Brasil. **Revista Espinhaço**, v. 1, n. 1, p. 34-40, 2012.

HINKLE, D. E.; WIERSMA, W.; JURTS, S. G. **Applied statistics for the behavioral sciences**. 5th. ed. Wadsworth: Cengage Learning, 2002. 792 p.

IBGE. **Cidades. Panorama. População estimada**. ©2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>. Acesso em: 15 out. 2019.

INMET. Banco de Dados Meteorológicos. **Dados históricos anuais**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 20 ago. 2019.

INPE. **Ocorrência do La Niña**. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/~renos/misc/lanina.html>. Acesso em: 16 mar. 2019.

KANE, R. P. Prediction of droughts in North-east Brazil: role of ENSO and use of periodicities. **International Journal of Climatology**, v. 17, n. 6, p. 655-665, 1997.

KEMENES, A.; PEREIRA, L. A.; SANTOS, C. A. C. dos. Influência dos eventos climáticos extremos sobre hidrelétricas do Brasil. In: SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 4., 2015, Petrolina. **Experiências e oportunidades para o desenvolvimento**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2015. 1 CD-ROM. (Embrapa Semiárido. Documentos, 262).

LINDOSO, D. P.; ROCHA, J. D.; DEBORTOLI, N.; PARENTE, I. C. I.; EIRÓ, F.; BURSZTYN, M.; RODRIGUES FILHO, S. Climate change and vulnerability to drought in the Semiárido: the case of smallholder farmers in the Brazilian Northeast. In: MOTTA, R. S. da; HARGRAVE, J.; LUEDEMANN, G.; GUTIERREZ, M. B. S. (ed.). **Climate change in Brazil: economic, social and regulatory aspects**. Brasília, DF: IPEA, 2011. p. 235-256.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E. A.; LACERDA, F. F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: MEDEIROS, S. de S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. de O.; PAZ, V. P. da S. (ed.). **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. cap. 13, p. 383-422.

MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P.; ALVES, L. M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Climanálise**, p. 49-54, 2016. Edição comemorativa de 30 anos do Climanálise.

MARTINS, E. S. P. R.; MAGALHES, A. R. A seca de 2012-2015 no Nordeste e seus impactos. **Parcerias Estratégicas**, v. 20, n. 41, p. 107-128, jul./dez. 2015. Edição especial.

MEDEIROS, F. J. de; LIMA, K. C.; CAETANO, D. de A.; SILVA, F. J. de O. Impacto da variabilidade interanual da precipitação nos reservatórios do Semiárido do Nordeste do Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 3, p. 731-741, 2018.

MOURA, M. S. B. de; GALVINCIO, J. D.; BRITO, L. T. de L.; SOUZA, L. S. B. DE; SÁ, I. I. S.; SILVA, T. G. F. da. Clima e água de chuva no Semi-Árido. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (ed.). **Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. cap. 2, p. 37-59.

NÓBREGA, R. S.; SANTIAGO, G. A. C. F. Tendência de temperatura na superfície do mar nos oceanos Atlântico e Pacífico e variabilidade de precipitação em Pernambuco. **Revista Mercator**, v. 13, n. 1, p. 107-118, jan./abr. 2014.

NÓBREGA, R. S.; SANTIAGO, G. A. C. F.; SOARES, D. B. Tendências do controle climático oceânico sob a variabilidade temporal da precipitação no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 12, v. 18, p. 276-292, jan./jun. 2016.

NOAA. Physical Sciences Laboratory. **Índices Climáticos. Dados mensais atmosféricos e oceânicos**. Disponível em: <https://psl.noaa.gov/data/climateindices/list/>. Acesso em: 15 set. 2019.

PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. da; RAMOS, M. M. Evaporação líquida no lago de Sobradinho e impactos no escoamento devido à construção do reservatório. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 346-352, jun. 2009.

PESSOA, P. R. S.; BARROSO, T. C.; BEZERRA, G. G.; ROCHA, L. B. da. Aspectos hidroclimáticos e comportamento da precipitação nos municípios de Acaraú e Camocim - CE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 17.; CONGRESSO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA, 1., 2017, Campinas. **Os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento: anais...** Campinas: Unicamp, Instituto de Geociências, 2017. v. 1, p. 2624-2628.

RODELL, M.; FAMIGLIETTI, J. S.; WIESE, D. N.; REAGER, J. T.; BEAUDOING, H. K.; LANDERER, F. W.; LO, M. H. Emerging trends in global freshwater availability. **Nature**, v. 557, n. 7707, p. 651-659, 2018.

RODRIGUES, L. O.; SOUZA, W. M.; COSTA, V. S. O.; PEREIRA, M. L. T. Influência dos eventos de El Niño e La Niña no regime de precipitação do Agreste de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 6, p. 1995-2009, 2017.

SALGUEIRO, J. H. P. B.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; PINTO, E. J. de A.; SILVA, B. B. da; SOUZA, W. M. de; OLIVEIRA, L. M. M. de. Influence of oceanic-atmospheric interactions on extreme events of daily rainfall in the Sub-basin 39 located in Northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 21, n. 4, p. 685-693, 2016.

SANTOS, C. A. C.; BRITO, J. I. B. Análise dos índices de extremos para o Semi-Árido do Brasil e suas relações com TSM e IVDN. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, n. 3, p. 303-312, 2007.

SANTOS, C. A. C.; BRITO, J. I. B.; RAO, T. V. R.; MENEZES, H. E. A. Tendências dos índices de precipitação no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 1, p. 39-47, 2009.

SANTOS, C. A. C.; MELO, M. M. S.; BRITO, J. I. B. de. Tendências de índices de extremos climáticos para o estado do Amazonas e suas relações com a TSM dos oceanos tropicais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 1, p. 1-10, 2016.

SANTOS, C. A. C. dos; RAMOS, A. R. D. Avaliação dos eventos extremos de precipitação no estado do Piauí. **Agrometeoros**, v. 25, n. 1, p. 47-57, 2017.

SANTOS, D. N. dos; SILVA, V. de P. R. da; SOUSA, F. de A. S.; SILVA, R. A. Estudo de alguns cenários climáticos para o Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 5, p. 492-500, 2010.

SANTOS, S. R. Q. dos; CUNHA, A. P. M. do A.; RIBEIRO NETO, G. G. Avaliação de dados de precipitação para o monitoramento do padrão espaço-temporal da seca no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 15, v. 25, p. 80-100, jul./dez. 2019.

SILVA, A. P. N.; MOURA, G. B. de A.; GIONGO, P. R.; MEDEIROS, S. R. R. Correlação entre as temperaturas da superfície do mar e a quantidade da precipitação na estação chuvosa no nordeste do estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 1, p. 149-156, 2011.

SILVA, E. R. L. D. G.; SILVA, M. E. S. Memória de eventos Enos na precipitação da América do Sul. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 30, p. 34-55, 2015.

SILVA, R. O. B.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SOUZA, W. M. Tendências de mudanças climáticas na precipitação pluviométrica nas bacias hidrográficas do estado de Pernambuco. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, n. 3, p. 579- 589, 2017.

SNEATH, P. H. A.; SOKAL, R. R. **Numerical taxonomy**: the principles and practice of numerical classification. San Francisco: W. H. Freeman, 1973. 573 p.

SOPPA, M. A.; PEZZI, L. P.; SOUZA, R. B. Variabilidade das anomalias de temperatura da superfície do mar no Oceano Atlântico Sudoeste e sua relação com o fenômeno El Nino-Oscilação Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 3, p. 375-391, 2011.

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V. Índices de detecção de mudanças climáticas derivados da precipitação pluviométrica e das temperaturas em Recife-Pe. **Revista Brasileira de Geografia Fisica**, v. 5, n. 1, p. 143-159, 2012.

ANEXOS

Anexo 1. Equações de regressão lineares das correlações significativas entre as anomalias de TSM (°C) e o volume de água (m³) acumulada nos reservatórios, em nove períodos climáticos específicos, com o grau de variância (r²) das equações significativas ao nível de 5% (p < 0,05).

| Período | Reservatório | Equação de regressão | r ² |
|-----------|----------------|---------------------------------|----------------|
| 1997-1998 | Orós | Volume = 839,72 + 747,02 * ITAS | 0,84 |
| 1997-1998 | Araras | Volume = 303,09 + 273,50 * ITAS | 0,81 |
| 1997-1998 | São Gonçalo | Volume = 12,21 + 9,49 * ITAS | 0,63 |
| 1997-1998 | Boqueirão | Volume = 84,35 + 171,62 * ITAS | 0,82 |
| 1997-1998 | Caldeirão | Volume = 34,87 + 18,84 * ITAS | 0,61 |
| 1997-1998 | Barreiras | Volume = 6,18 + 5,75 * ITAS | 0,82 |
| 1997-1998 | Bocaina | Volume = 32,1 + 30,62 * ITAS | 0,62 |
| 1997-1998 | Mendobim | Volume = 20,28 + 16,8 * ITAS | 0,67 |
| 1997-1998 | Itans | Volume = 23,31 + 15,35 * ITAS | 0,67 |
| 1997-1998 | Sabuji | Volume = 2,9 + 11,33 * ITAS | 0,83 |
| 1997-1998 | Marechal Dutra | Volume = 14,54 + 7,29 * ITAS | 0,73 |
| 1997-1998 | Pentecoste | Volume = 53,22 + 124,57 * ITAS | 0,8 |
| 1997-1998 | Eng. Ávidos | Volume = 49,85 + 59,22 * ITAS | 0,82 |
| 1997-1998 | Mãe Água | Volume = 669,03 + 374,42 * ITAS | 0,84 |
| 1999-2001 | Barreiras | Volume = 4,45 - 1,24 * Nino 3 | -0,36 |
| 1999-2001 | Barreiras | Volume = 3,86 - 2,06 * Nino 4 | -0,81 |
| 1999-2001 | Barreiras | Volume = 3,81 - 1,87 * Nino 3,4 | -0,64 |
| 1999-2001 | Barreiras | Volume = 5,59 - 3,24 * ITAN | -0,51 |
| 1999-2001 | Barreiras | Volume = 4,15 + 4,26 * ITAN | 0,46 |
| 1999-2001 | Bonfim | Volume = 1,74 - 0,91 * Nino 3 | -0,42 |
| 1999-2001 | Bonfim | Volume = 1,48 - 1,26 * Nino 4 | -0,79 |
| 1999-2001 | Bonfim | Volume = 1,39 - 1,22 * Nino 3,4 | -0,67 |
| 1999-2001 | Bonfim | Volume = 2,48 - 1,4 * ITAN | -0,36 |

Continua...

Anexo 1. Continuação..

| Período | Reservatório | Equação de regressão | r ² |
|-----------|----------------|------------------------------------|----------------|
| 1999-2001 | Bonfim | Volum = 1,46 + 3,36 * ITAS | 0,58 |
| 1999-2001 | Várzea do Boi | Volume = 1,06 - 0,52 * Nino 3 | -0,44 |
| 1999-2001 | Várzea do Boi | Volume = 0,95 - 0,66 * Nino 4 | -0,76 |
| 1999-2001 | Várzea do Boi | Volume= 0,88 - 0,67 * Nino 3,4 | -0,67 |
| 1999-2001 | Várzea do Boi | Volume = 1,49 - 0,87 * ITAN | -0,41 |
| 1999-2001 | Orós | Volume = 586,02 - 234,1 * Nino 4 | -0,63 |
| 1999-2001 | Orós | Volume = 621,5 - 159,1 * Nino 3,4 | -0,38 |
| 1999-2001 | Orós | Volume = 804,86 - 587,4 * ITAN | -0,64 |
| 1999-2001 | São Gonçalo | Volume = 20,25 + 13,87 * ITAS | 0,4 |
| 1999-2001 | Caldeirão | Volume = 41,72 + 23,2 * ITAS | 0,65 |
| 1999-2001 | Sabuji | Volume = 2,66 + 5,76 * ITAS | 0,49 |
| 1999-2001 | Marechal Dutra | Volume = 13,57 - 7,85 * ITAN | -0,53 |
| 2002-2003 | Caldeirão | Volume = 49,34 - 6,29 * Nino 1+2 | -0,56 |
| 2002-2003 | Caldeirão | Volume = 50,8 - 7,42 * Nino 3 | -0,59 |
| 2002-2003 | Caldeirão | Volume = 51,34 - 6,67 * Nino 3,4 | -0,48 |
| 2002-2003 | Bocaina | Volume = 61,06 - 5,52 * Nino 3 | -0,51 |
| 2002-2003 | Bocaina | Volume = 61.876 - 5.794 * Nino 3,4 | -0,48 |
| 2002-2003 | Salinas | Volume = 381,47 - 11,41 * Nino 3 | -0,61 |
| 2002-2003 | Salinas | Volume = 389,43 - 20,92 * Nino 4 | -0,47 |
| 2002-2003 | Salinas | Volume = 383,32 - 12,35 * Nino 3,4 | -0,60 |
| 2002-2003 | Orós | Volume = 731,48 - 450,9 * Nino 4 | -0,70 |
| 2002-2003 | Orós | Volume = 543,92 - 153,1 * Nino 3,4 | -0,51 |
| 2002-2003 | Orós | Volume = 366,41 + 305,31 * ITAS | 0,47 |
| 2002-2003 | Araras | Volume = 855,59 - 136,1 * Nino 4 | -0,41 |
| 2002-2003 | Araras | Volume = 804,42 - 112,5 * ITAN | -0,43 |
| 2002-2003 | Araras | Volume = 730,77 + 136,06 * ITAS | 0,40 |
| 2002-2003 | Marechal Dutra | Volume = 21,54 - 16,15 * Nino 4 | -0,63 |

Continua...

Anexo 1. Continuação..

| Período | Reservatório | Equação de regressão | r ² |
|-----------|----------------|-----------------------------------|----------------|
| 2002-2003 | Marechal Dutra | Volume = 14,61 - 5,05 * Nino 3,4 | -0,42 |
| 2002-2003 | Marechal Dutra | Volume = 7,92 + 12,56 * ITAS | 0,48 |
| 2002-2003 | Castanhão | Volume = 939,38 - 667,8 * Nino 4 | -0,52 |
| 2002-2003 | Castanhão | Volume = 369,50 + 539,90 * ITAS | 0,42 |
| 2002-2003 | Várzea do Boi | Volume = 14,01 - 14,25 * Nino 4 | -0,45 |
| 2002-2003 | Várzea do Boi | Volume = 0,89 + 14,4 * ITAS | 0,45 |
| 2002-2003 | Sumé | Volume = 11,04 - 9,6 * Nino 4 | -0,45 |
| 2002-2003 | Sumé | Volume = 2,28 + 9,36 * ITAS | 0,44 |
| 2002-2003 | São Gonçalo | Volume = 30,45 - 12,16 * ITAN | -0,57 |
| 2002-2003 | Barreiras | Volume = 3,0 + 14,5 * ITAS | 0,42 |
| 2002-2003 | Sabuji | Volume = 8,98 + 9,64 * ITAS | 0,45 |
| 2002-2003 | Pentecoste | Volume = 239,68 + 178,06 * ITAS | 0,51 |
| 2004-2005 | Boqueirão | Volume = 374,44 - 19,87* Nino 1+2 | -0,48 |
| 2004-2005 | Boqueirão | Volume = 397,79 - 30,67 * Nino 4 | -0,47 |
| 2004-2005 | Araras | Volume = 866,83 - 227,1 * ITAN | -0,43 |
| 2004-2005 | Bocaina | Volume = 90,651 - 20,93 * ITAN | -0,42 |
| 2004-2005 | Itans | Volume = 79,037 - 39,49 * ITAN | -0,53 |
| 2004-2005 | Sabugi | Volume = 60,177 - 25,85 * ITAN | -0,43 |
| 2004-2005 | Marechal Dutra | Volume = 38,0 - 14,78 * ITAN | -0,5 |
| 2004-2005 | Trairi | Volume = 33,32 - 13,88 * ITAN | -0,46 |
| 2004-2005 | Pentecoste | Volume = 392,91 - 174,4 * ITAN | -0,48 |
| 2004-2005 | Salinas | Volume = 412,98 - 98,21 * ITAN | -0,51 |
| 2004-2005 | Riacho Paulo | Volume = 20,53 - 8,03 * ITAN | -0,41 |
| 2006-2007 | Araras | Volume = 480,66 + 310,73 * ITAS | 0,46 |
| 2006-2007 | Bocaina | Volume = 59,66 + 48,46 * ITAS | 0,53 |
| 2006-2007 | Bonfim | Volume = 1,22 + 2,65 * ITAS | 0,49 |
| 2006-2007 | Mendobim | Volume = 54,3 + 34,37 * ITAS | 0,47 |

Continua...

Anexo 1. Continuação..

| Período | Reservatório | Equação de regressão | r ² |
|-----------|----------------|---------------------------------|----------------|
| 2006-2007 | Marechal Dutra | Volume = 15,34 + 21,73 * ITAS | 0,45 |
| 2006-2007 | Trairi | Volume = 11,93 + 10,36 * ITAS | 0,41 |
| 2006-2007 | Eng. Ávidos | Volume = 115,91 + 183,87 * ITAS | 0,54 |
| 2006-2007 | Mãe Água | Volume = 1109,3 + 499,79 * ITAS | 0,55 |
| 2008 | Orós | Volume = 1406,8 + 628,96 * ITAS | 0,59 |
| 2008 | Araras | Volume = 499,16 + 463,88 * ITAS | 0,67 |
| 2008 | São Gonçalo | Volume = 13,15 + 39,54 * ITAS | 0,92 |
| 2008 | Boqueirão | Volume = 324,8 + 111,04 * ITAS | 0,61 |
| 2008 | Caldeirão | Volume = 38,2 + 18,66 * ITAS | 0,63 |
| 2008 | Barreiras | Volume = 18,11 + 10,75 * ITAS | 0,74 |
| 2008 | Bonfim | Volume = 1,34 + 3,08 * ITAS | 0,67 |
| 2008 | Mendobim | Volume = 49,36 + 34,81 * ITAS | 0,63 |
| 2008 | Itans | Volume = 40,42 + 54,41 * ITAS | 0,83 |
| 2008 | Sabuji | Volume = 35,53 + 41,74 * ITAS | 0,84 |
| 2008 | Trairi | Volume = 25,65 + 11,64 * ITAS | 0,72 |
| 2008 | Eng. Ávidos | Volume = 104,64 + 139,26 * ITAS | 0,76 |
| 2008 | Mãe Água | Volume = 1094,8 + 311,7 * ITAS | 0,63 |
| 2008 | Salinas | Volume = 356 + 39,05 * ITAS | 0,62 |
| 2008 | Serrinha | Volume = 224,42 + 172,45 * ITAS | 0,81 |
| 2008 | Cachoeira | Volume = 11,41 + 12,81 * ITAS | 0,69 |
| 2008 | Entremontes | Volume = 136,57 + 111,4 * ITAS | 0,77 |
| 2009-2010 | Araras | Volume = 767,28 - 141,7 * ITAN | -0,57 |
| 2009-2010 | Barreiras | Volume = 19,96 - 2,11 * ITAN | -0,68 |
| 2009-2010 | Mendobim | Volume = 67,66 - 11,17 * ITAN | -0,62 |
| 2009-2010 | Itans | Volume = 68,23 - 12,53 * ITAN | -0,54 |
| 2009-2010 | Sabuji | Volume = 53,38 - 14,24 * ITAN | -0,59 |
| 2009-2010 | Marechal Dutra | Volume = 35,43 - 9,87 * ITAN | -0,81 |

Continua...

Anexo 1. Continuação..

| Período | Reservatório | Equação de regressão | r ² |
|-----------|--------------|------------------------------------|----------------|
| 2009-2010 | Castanhão | Volume = 5562,2 - 695,2 * ITAN | -0,63 |
| 2009-2010 | Mãe Água | Volume = 1266,4 - 108,1 * ITAN | -0,67 |
| 2009-2010 | Poço da Cruz | Volume = 460,48 - 81,73 * ITAN | -0,91 |
| 2009-2010 | Salinas | Volume = 378,22 - 9,48 * ITAN | -0,53 |
| 2009-2010 | Serrinha | Volume = 281,18 - 26,69 * ITAN | -0,53 |
| 2009-2010 | Entremontes | Volume = 128,11 - 27,66 * ITAN | -0,64 |
| 2009-2010 | Rosário | Volume = 26,19 - 3,06 * ITAN | -0,49 |
| 2011-2014 | Orós | Volume = 1400 - 174,9 * Nino 3 | -0,31 |
| 2011-2014 | Orós | Volume = 1388,3 - 394,8 * Nino 4 | -0,72 |
| 2011-2014 | Orós | Volume = 1359,8 - 289,6 * Nino 3,4 | -0,51 |
| 2011-2014 | Araras | Volume = 428,39 - 159 * Nino 3 | -0,37 |
| 2011-2014 | Araras | Volume = 422,5 - 298,9 * Nino 4 | -0,72 |
| 2011-2014 | Araras | Volume = 399,41 - 226,9 * Nino 3,4 | -0,53 |
| 2011-2014 | São Gonçalo | Volume = 19,77 - 11,42 * Nino 3 | -0,51 |
| 2011-2014 | São Gonçalo | Volume = 19,58 - 18,53 * Nino 4 | -0,83 |
| 2011-2014 | São Gonçalo | Volume = 17,68 - 16,32 * Nino 3,4 | -0,71 |
| 2011-2014 | Boqueirão | Volume = 251,07 - 93,59 * Nino 3 | -0,47 |
| 2011-2014 | Boqueirão | Volume = 248,84 - 160,4 * Nino 4 | -0,81 |
| 2011-2014 | Boqueirão | Volume = 234,51 - 131,2 * Nino 3,4 | -0,64 |
| 2011-2014 | Barreiras | Volume = 10,54 - 3,14 * Nino 3 | -0,44 |
| 2011-2014 | Barreiras | Volume = 10,45 - 5,55 * Nino 4 | -0,81 |
| 2011-2014 | Barreiras | Volume = 9,95 - 4,55 * Nino 3,4 | -0,63 |
| 2011-2014 | Bocaina | Volume = 40,83 - 18,33 * Nino 3 | -0,44 |
| 2011-2014 | Bocaina | Volume = 40,24 - 33,34 * Nino 4 | -0,81 |
| 2011-2014 | Bocaina | Volume = 37,13 - 27,89 * Nino 3,4 | -0,66 |
| 2011-2014 | Bonfim | Volume = 1,58 - 0,66 * Nino 3 | -0,31 |
| 2011-2014 | Bonfim | Volume = 1,53 - 1,5 * Nino 4 | -0,69 |

Continua...

Anexo 1. Continuação..

| Período | Reservatório | Equação de regressão | r ² |
|-----------|----------------|------------------------------------|----------------|
| 2011-2014 | Bonfim | Volume = 1,41 - 1,17 * Nino 3,4 | -0,52 |
| 2011-2014 | Mendobin | Volume = 42,27 - 8,08 * Nino 3 | -0,34 |
| 2011-2014 | Mendobin | Volume = 41,93 - 15,69 * Nino 4 | -0,66 |
| 2011-2014 | Mendobin | Volume = 40,82 - 11,4 * Nino 3,4 | -0,47 |
| 2011-2014 | Itans | Volume = 30,77 - 12,36 * Nino 3 | -0,31 |
| 2011-2014 | Itans | Volume = 30,08 - 26,16 * Nino 4 | -0,68 |
| 2011-2014 | Itans | Volume = 28,1 - 19,67 * Nino 3,4 | -0,50 |
| 2011-2014 | Marechal Dutra | Volume = 17,99 - 9,23 * Nino 3 | -0,38 |
| 2011-2014 | Marechal Dutra | Volume = 17,67 - 17,08 * Nino 4 | -0,72 |
| 2011-2014 | Marechal Dutra | Volume = 16,25 - 13,48 * Nino 3,4 | -0,55 |
| 2011-2014 | Trairi | Volume = 14,98 - 8,16 * Nino 3 | -0,43 |
| 2011-2014 | Trairi | Volume = 14,73 - 14,74 * Nino 4 | -0,81 |
| 2011-2014 | Trairi | Volume = 13,39 - 12,12 * Nino 3,4 | -0,64 |
| 2011-2014 | Castanhão | Volume = 3675,3 - 805,3 * Nino 3 | -0,42 |
| 2011-2014 | Castanhão | Volume = 3652,8 - 1422 * Nino 4 | -0,75 |
| 2011-2014 | Castanhão | Volume = 3538,2 - 1102 * Nino 3,4 | -0,56 |
| 2011-2014 | Poço da Cruz | Volume = 140,22 - 86,54 * Nino 3 | -0,48 |
| 2011-2014 | Poço da Cruz | Volume = 138,38 - 145,5 * Nino 4 | -0,82 |
| 2011-2014 | Poço da Cruz | Volume = 124,48 - 123,3 * Nino 3,4 | -0,67 |
| 2011-2014 | Sumé | Volume = 22,89 - 7,37 * Nino 3 | -0,34 |
| 2011-2014 | Sumé | Volume = 22,48 - 15,58 * Nino 4 | -0,74 |
| 2011-2014 | Sumé | Volume = 21,12 - 12,59 * Nino 3,4 | -0,58 |
| 2011-2014 | Salinas | Volume = 326,61 - 27,48 * Nino 3 | -0,41 |
| 2011-2014 | Salinas | Volume = 325,51 - 52,70 * Nino 4 | -0,78 |
| 2011-2014 | Salinas | Volume = 321,2 - 41,17 * Nino 3,4 | -0,59 |
| 2011-2014 | Serrinha | Volume = 164,63 - 54,03 * Nino 3 | -0,37 |
| 2011-2014 | Serrinha | Volume = 162,26 - 106,2 * Nino 4 | -0,75 |

Continua...

Anexo 1. Continuação..

| Período | Reservatório | Equação de regressão | r ² |
|-----------|--------------|------------------------------------|----------------|
| 2011-2014 | Serrinha | Volume = 153,8 - 81,84 * Nino 3,4 | -0,56 |
| 2011-2014 | Entremontes | Volume = 28,68 - 8,97 * Nino 3 | -0,52 |
| 2011-2014 | Entremontes | Volume = 28,76 - 11,74 * Nino 4 | -0,69 |
| 2011-2014 | Entremontes | Volume = 27,17 - 12,21 * Nino 3,4 | -0,70 |
| 2011-2014 | Entremontes | Volume = 28,06 + 11,72 * ITAS | 0,31 |
| 2011-2014 | Rosário | Volume = 11,87 - 6,01 * Nino 3 | -0,41 |
| 2011-2014 | Rosário | Volume = 11,66 - 11,25 * Nino 4 | -0,78 |
| 2011-2014 | Rosário | Volume = 10,69 - 9,02 * Nino 3,4 | -0,61 |
| 2011-2014 | Sabugi | Volume = 23,56 - 19,98 * Nino 4 | -0,66 |
| 2011-2014 | Sabugi | Volume = 22,01 - 15,23 * Nino 3,4 | -0,49 |
| 2011-2014 | Cachoeira | Volume = 9,22 - 4,89 * Nino 4 | -0,47 |
| 2011-2014 | Caldeirão | Volume = 48,06 - 9,16 * ITAN | -0,31 |
| 2011-2014 | Caldeirão | Volume = 43,48 + 10,55 * ITAS | -0,33 |
| 2015-2016 | Cachoeira | Volume = 9,85 - 3,23 * ITAN | -0,95 |
| 2015-2016 | Orós | Volume = 892,10 - 19,66 * Nino 1+2 | -0,88 |
| 2015-2016 | Orós | Volume = 922,37 - 65,31 * Nino 3,4 | -0,84 |
| 2015-2016 | Boqueirão | Volume = 86,28 - 6,17 * Nino 1+2 | -0,94 |
| 2015-2016 | Boqueirão | Volume = 86,28 - 6,17 * Nino 1+2 | -0,87 |
| 2015-2016 | Boqueirão | Volume = 96,11 - 21,0 * Nino 3,4 | -0,93 |
| 2015-2016 | Itans | Volume = 7,32 - 0,15 * Nino 1+2 | -0,89 |
| 2015-2016 | Itans | Volume = 7,54 - 0,48 * Nino 3,4 | -0,83 |
| 2015-2016 | Castanhão | Volume = 1547,7 - 101,5 * Nino 1+2 | -0,89 |
| 2015-2016 | Castanhão | Volume = 1701,3 - 333,0 * Nino 3,4 | -0,85 |
| 2015-2016 | Poço da Cruz | Volume = 32,33 - 2,74 * Nino 1+2 | -0,92 |
| 2015-2016 | Poço da Cruz | Volume = 33,71 - 5,05 * Nino 3 | -0,82 |
| 2015-2016 | Poço da Cruz | Volume = 36,44 - 8,93 * Nino 3,4 | -0,87 |
| 2015-2016 | Sumé | Volume = 9,69 - 0,87 * Nino 1+2 | -0,87 |

Fonte: Adaptado de Nóbrega e Santiago (2014) e Alves et al. (2017).

Anexo 2. Equações de regressão lineares das correlações significativas entre as variáveis ambientais regionais (pluviosidade e evaporação) e o volume de água acumulada em reservatórios, durante nove períodos climáticos específicos, com o grau de variância (r^2) das equações significativas ao nível de 5% ($p < 0,05$). Foram selecionadas as correlações dos resultados teoricamente esperados.

| Período | Reservatório | Equação de regressão | r^2 |
|-----------|----------------|---------------------------------------|-------|
| 1997-1998 | Bonfim | Volume = 3,56 – 0,003 * Evaporação | -0,91 |
| 1997-1998 | Bonfim | Volume = 2,52 + 0,003 * Precipitação | 0,61 |
| 1997-1998 | Araras | Volume = 606,77 – 1,55 * Evaporação | -0,91 |
| 1997-1998 | Araras | Volume = 390,87 – 0,69 * Precipitação | 0,73 |
| 1997-1998 | Orós | Volume = 1584,1 – 1,67 * Evaporação | -0,71 |
| 1997-1998 | Pentecoste | Volume = 193,72 – 0,72 * Evaporação | -0,92 |
| 1997-1998 | Pentecoste | Volume = 91,98 + 0,33 * Precipitação | 0,75 |
| 1997-1998 | Eng. Ávidos | Volume = 130,57 – 0,14 * Evaporação | -0,68 |
| 1997-1998 | Eng. Ávidos | Volume = 73,59 + 0,39 * Precipitação | 0,69 |
| 1997-1998 | Mãe Água | Volume = 1166,7 – 0,84 * Evaporação | -0,67 |
| 1997-1998 | Mãe Água | Volume = 820,56 + 2,42 * Precipitação | 0,68 |
| 1997-1998 | São Gonçalo | Volume = 35,56 – 0,07 * Evaporação | -0,79 |
| 1997-1998 | Marechal Dutra | Volume = 27,4 – 0,03 * Evaporação | -0,82 |
| 1997-1998 | Mendobim | Volume = 60,14 – 0,15 * Evaporação | -0,73 |
| 1999-2001 | Barreiras | Volume = 6,4 – 0,005 * Evaporação | -0,37 |
| 1999-2001 | Bonfim | Volume = 3,07 – 0,003 * Evaporação | -0,39 |
| 1999-2001 | Caldeirão | Volume = 51,79 – 0,03 * Evaporação | -0,51 |
| 1999-2001 | Pentecoste | Volume = 102,58 – 0,27 * Evaporação | -0,38 |
| 1999-2001 | Várzea do Boi | Volume = 1,18 + 0,004 * Precipitação | 0,47 |
| 1999-2001 | Boqueirão | Volume = 270,67 – 1,06 * Evaporação | -0,61 |

Continua...

Anexo 2. Continuação..

| Período | Reservatório | Equação de regressão | r ² |
|-----------|----------------|---------------------------------------|----------------|
| 1999-2001 | Boqueirão | Volume = 106,63 + 0,19 * Precipitação | 0,57 |
| 1999-2001 | Eng. Ávidos | Volume = 129,58 – 0,15 * Evaporação | -0,41 |
| 1999-2001 | Marechal Dutra | Volume = 21,48 – 0,03 * Evaporação | -0,66 |
| 1999-2001 | Trairi | Volume = 39,44 – 0,08 * Evaporação | -0,40 |
| 1999-2001 | Trairi | Volume = 18,84 + 0,23 * Precipitação | 0,34 |
| 2002-2003 | Caldeirão | Volume = 52,83 – 0,03 * Evaporação | -0,60 |
| 2002-2003 | São Gonçalo | Volume = 44,78 – 0,07 * Evaporação | -0,52 |
| 2004-2005 | Caldeirão | Volume = 56,64 – 0,06 * Evaporação | -0,71 |
| 2004-2005 | Araras | Volume = 846,35 – 1,46 * Evaporação | -0,51 |
| 2004-2005 | Pentecoste | Volume = 357,76 – 0,86 * Evaporação | -0,44 |
| 2004-2005 | Várzea do Boi | Volume = 50,35 – 0,02 * Evaporação | -0,49 |
| 2004-2005 | São Gonçalo | Volume = 62,96 – 0,16 * Evaporação | -0,80 |
| 2004-2005 | Sumé | Volume = 29,83 – 0,01 * Evaporação | -0,52 |
| 2004-2005 | Marechal Dutra | Volume = 38,02 – 0,033 * Evaporação | -0,46 |
| 2004-2005 | Mendobim | Volume = 73,23 – 0,02 * Evaporação | -0,43 |
| 2004-2005 | Sabugi | Volume = 67,11 – 0,08 * Evaporação | -0,59 |
| 2004-2005 | Trairi | Volume = 34,04 – 0,05 * Evaporação | -0,41 |
| 2006-2007 | Barreiras | Volume = 25,76 – 0,01 * Evaporação | -0,47 |
| 2006-2007 | Caldeirão | Volume = 52,98 – 0,067 * Evaporação | -0,50 |
| 2006-2007 | Araras | Volume = 617,24 – 0,87 * Evaporação | -0,42 |
| 2006-2007 | Castanhão | Volume = 4362,8 – 1,51 * Evaporação | -0,44 |
| 2006-2007 | Várzea do Boi | Volume = 30,52 – 0,02 * Evaporação | -0,42 |

Continua...

Anexo 2. Continuação..

| Período | Reservatório | Equação de regressão | r ² |
|-----------|-----------------|---------------------------------------|----------------|
| 2006-2007 | Cachoeira | Volume = 22,33 – 0,01 * Evaporação | -0,69 |
| 2006-2007 | Boqueirão | Volume = 446,65 – 0,82 * Evaporação | -0,56 |
| 2006-2007 | Mãe Água | Volume = 1410,2 – 0,7 * Evaporação | -0,69 |
| 2006-2007 | São Gonçalo | Volume = 73,66 – 0,19 * Evaporação | -0,86 |
| 2006-2007 | São Gonçalo | Volume = 25,32 + 0,05 * Precipitação | 0,58 |
| 2006-2007 | Riacho do Paulo | Volume = 15,18 – 0,03 * Evaporação | -0,41 |
| 2006-2007 | Riacho do Paulo | Volume = 9,27 + 0,03 * Precipitação | 0,42 |
| 2006-2007 | Mendobim | Volume = 72,96 – 0,03 * Evaporação | -0,61 |
| 2008 | Boqueirão | Volume = 490,49 – 1,1 * Evaporação | -0,60 |
| 2008 | São Gonçalo | Volume = 52,4 – 0,11 * Evaporação | -0,87 |
| 2008 | Itans | Volume = 98,98 – 0,22 * Evaporação | -0,75 |
| 2008 | Itans | Volume = 56,96 + 0,046 * Precipitação | 0,71 |
| 2008 | Sabugi | Volume = 70,37 – 0,07 * Evaporação | -0,63 |
| 2008 | Trairi | Volume = 38,47 – 0,05 * Evaporação | -0,69 |
| 2008 | Trairi | Volume = 29,15 + 0,01 * Precipitação | 0,63 |
| 2009-2010 | Barreiras | Volume = 20,54 – 0,007 * Evaporação | -0,43 |
| 2009-2010 | Araras | Volume = 863,36 – 2,62 * Evaporação | -0,66 |
| 2009-2010 | Araras | Volume = 624,84 + 0,43 * Precipitação | 0,46 |
| 2009-2010 | Castanhão | Volume = 5836 – 3,59 * Evaporação | -0,47 |
| 2009-2010 | Castanhão | Volume = 4962,8 + 2,68 * Precipitação | 0,46 |
| 2009-2010 | Entremontes | Volume = 164,43 – 0,15 * Evaporação | -0,60 |
| 2009-2010 | Rosário | Volume = 27,76 – 0,026 * Evaporação | -0,53 |

Continua...

Anexo 2. Continuação..

| Período | Reservatório | Equação de regressão | r ² |
|-----------|--------------|---------------------------------------|----------------|
| 2009-2010 | Rosário | Volume = 22,59 + 0,023 * Precipitação | 0,46 |
| 2009-2010 | Mãe Água | Volume = 1274,9 – 0,36 * Evaporação | -0,44 |
| 2009-2010 | São Gonçalo | Volume = 49,23 – 0,08 * Evaporação | -0,52 |
| 2009-2010 | Itans | Volume = 85,73 – 0,17 * Evaporação | -0,57 |
| 2009-2010 | Itans | Volume = 50,79 + 0,069 * Precipitação | 0,68 |
| 2009-2010 | Mendobim | Volume = 73,38 – 0,04 * Evaporação | -0,54 |
| 2009-2010 | Trairi | Volume = 25,61 – 0,02 * Precipitação | 0,50 |
| 2011-2014 | Barreiras | Volume = 15,61 – 0,016 * Evaporação | -0,36 |
| 2011-2014 | Caldeirão | Volume = 56,66 – 0,15 * Evaporação | -0,32 |
| 2011-2014 | Entremontes | Volume = 57,54 – 0,07 * Evaporação | -0,50 |
| 2011-2014 | Serrinha | Volume = 331,16 – 0,46 * Evaporação | -0,51 |
| 2011-2014 | Mãe Água | Volume = 1097,3 + 0,17 * Precipitação | 0,71 |
| 2011-2014 | São Gonçalo | Volume = 39,25 – 0,09 * Evaporação | -0,44 |
| 2011-2014 | São Gonçalo | Volume = 18,28 + 0,05 * Precipitação | 0,36 |
| 2011-2014 | Bocaina | Volume = 110,39 – 0,32 * Evaporação | -0,50 |
| 2011-2014 | Mendobim | Volume = 56,05 – 0,03 * Evaporação | -0,32 |

Embrapa

Meio-Norte

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL