

# REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:  
Investigación, desarrollo y práctica.

## ANÁLISE DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA O APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA NO ESTADO DO MARANHÃO, BRASIL

Ellen Soares Ferreira Marques<sup>1</sup>  
\* Mariane Furtado Gonçalves<sup>1</sup>  
Claudio José Cavalcante Blanco<sup>1</sup>  
Josias da Silva Cruz<sup>1</sup>

## ANALYSIS OF WATER AVAILABILITY FOR THE USE OF RAIN WATER IN THE STATE OF MARANHÃO, BRAZIL

Recibido el 15 de octubre de 2020. Aceptado el 21 de junio de 2021

### Abstract

*The capture of rainwater is used as an alternative way to reduce the consumption of water produced by concessionaires, which for low-income consumers means important savings. In this context, the seasonality of rainfall was studied for use and reuse in the state of Maranhão, Brazil. For this, rain series of 12 rainfall gauge stations were analyzed, following the methodology used in the Climatological Norms of Brazil. The six months with the highest and lowest rainfall levels were taken to generate the total rainfall in the rainy season and the total dry period, respectively. The monthly volume of water collected was calculated according to the area of residential roofs in the rainy and dry periods. Thus, the possible reduction in water consumption by the concessionaire was compared and verified in both periods of the year for households with 2, 4 and 6 people. It was found that for the State of Maranhão the quantity of rainwater for reuse can be used for non-potable purposes, aiming to reduce the production of potable water by the concessionaire and the value of the population's bills.*

**Keywords:** water reuse, non-potable purposes, environmental feasibility, seasonality.

<sup>1</sup> Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil.

\* *Autor correspondente:* Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Côrrea, 1, 66075-110, Belém, Pará, Brazil. Email: [marianefg@ufpa.br](mailto:marianefg@ufpa.br)

## Resumo

A captação de água da chuva é usada como forma alternativa para redução do consumo de água produzida pelas concessionárias, que para consumidores de baixa renda significa economia importante. Nesse contexto, a sazonalidade das chuvas foi estudada para aproveitamento e reuso no estado do Maranhão, Brasil. Para isso, séries de chuvas de 12 estações foram analisadas, seguindo a metodologia utilizada nas Normas Climatológicas do Brasil. Os seis meses com maiores e menores índices pluviométricos foram tomados para gerar o total de precipitação do período chuvoso e o total do período seco, respectivamente. O volume mensal de água captada em função da área de telhados residenciais nos períodos chuvoso e seco foi calculado. Assim, comparou-se e se verificou a possível redução no consumo de água da concessionária em ambos os períodos do ano para residências com 2, 4 e 6 pessoas. E, constatou-se, que para o Estado do Maranhão, o quantitativo de água da chuva para reuso pode ser usado para fins não potáveis, visando reduzir a produção de água potável pela concessionária e o valor das faturas da população.

**Palavras chave:** reuso de água, fins não potáveis, viabilidade ambiental, sazonalidade.

## Introdução

A exploração dos recursos hídricos ameaça à segurança alimentar e o bem-estar da humanidade. Isso é devido ao aumento da pressão populacional, mudança nos padrões de consumo de água e fenômenos ocasionados pelas mudanças climáticas, como exemplo alterações na disponibilidade de recursos hídricos, desertificação, impactos na saúde e bem-estar da população (Kummu *et al.*, 2016). O aumento da demanda hídrica mundial é estimado em 55%, principalmente, devido à crescente demanda do setor industrial, dos sistemas de geração de energia elétrica e dos usuários domésticos (WWAP, 2015). O uso de sistemas de aproveitamento de água é boa alternativa ao combate às enchentes, funcionando como uma medida não estrutural no sistema de drenagem urbana. Além disso, esse sistema proporciona o aumento da oferta de água para as edificações e, assim reduz o consumo de água potável. Segundo Calheiros *et al.* (2014), existem dois motivos para a utilização de água de chuva em áreas urbanas: i) a redução do consumo de água potável e ii) a melhor distribuição da carga de águas pluviais imposta ao sistema de drenagem urbana.

As variáveis de projeto de sistema de aproveitamento de água podem levar a um determinado volume obtido no dimensionamento e, assim permiti utilizar esta água para atender à demanda local por alguns dias, alguns meses ou por todo o ano. Segundo Amorim e Pereira (2008), geralmente os cálculos procuram garantir o atendimento de toda a demanda pelo maior período possível com o menor custo de implantação. Chaib *et al.* (2015), mostraram que, em Belo Horizonte nos períodos de estiagem são desfavoráveis ao armazenamento de água de chuva. Locais cujas chuvas apresentam maior consistência ao longo do ano permitem melhores resultados hidráulicos e econômicos. Fewkes (2015) avaliou o desempenho de sistemas de captação de água de chuva em Nottingham, Inglaterra, e considerou como variáveis de entrada: séries históricas pluviométricas diárias, área do telhado e período de armazenamento, com objetivo de avaliar a eficiência de uso de águas pluviais para usos residenciais não potáveis.

Alguns estudos têm sido realizados no Brasil para o aproveitamento de água de chuva, por exemplo, Cardoso *et al.* (2019), que avaliaram projetos de sistemas de captação de água da chuva em dois edifícios públicos da Universidade Federal do Pará - UFPA, com diferentes áreas de captação, demanda de água não potável e número de usuários. Este estudo também forneceu dados importantes para a tomada de decisão de gestores públicos e empresas privadas sobre os aspectos técnicos e econômicos da viabilidade de instalação de sistemas de captação de água da chuva, contribuindo para criação de políticas que incentivam o uso sustentável da água no Brasil. Piratoba *et al.* (2017) citam o consumo de água captada diretamente do rio (sem tratamento) pela população de algumas comunidades da região insular de Belém, capital do estado do Pará. Esse fato motiva outros autores a realizarem estudos de implantação de sistemas de utilização de água da chuva na região.

Outro estudo realizado anteriormente, no caso de Rezende e Tecedor (2017), que avaliaram a viabilidade do aproveitamento de água da chuva em tanques experimentais, utilizados para ensaios de modelos reduzidos de embarcações da Faculdade de Tecnologia de Jaú, SP. Este trabalho permitiu o máximo aproveitamento da água da chuva e resultou na maior redução possível da demanda de água potável do sistema de abastecimento público. Teixeira *et al.* (2016) verificaram a possibilidade de aproveitamento da água da chuva em uma indústria metalmeccânica localizada no município de São José dos Pinhais, região metropolitana de Curitiba. Eles consideraram em sua pesquisa o volume de chuvas, a necessidade da indústria, as características de qualidade da água de chuva da região, além de realizarem uma simulação da cobrança pelo uso da água e emissão dos seus efluentes lançados em um córrego próximo. Nesta avaliação, verificaram que o aproveitamento de água da chuva poderia ser viável devido ao comportamento hidrológico da região estudada e a qualidade dessa água, verificada por ensaios de laboratório.

Portanto, a motivação para o estudo encontra-se na pouca literatura disponível para o aproveitamento de água da chuva no estado Maranhão, no qual são encontrados dois biomas, Amazônia, mais úmida e Cerrado, mais seco (Correia Filho *et al.*, 2019). Assim, o objetivo deste estudo é avaliar a disponibilidade hídrica e a possível redução do consumo de água potável, e consequentemente, a redução de custos para a população. A análise leva em consideração o reuso de água para fins não potáveis e a sazonalidade das chuvas.

## Material e métodos

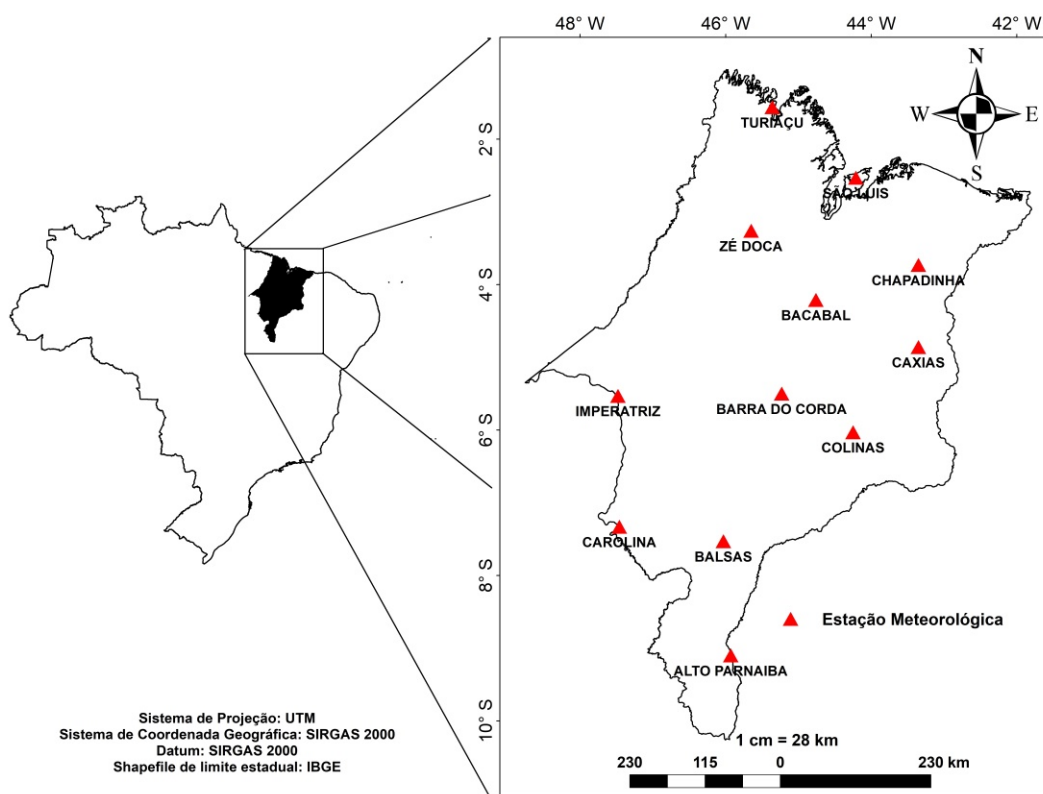
### Área de estudo e dados pluviométricos

O Estado do Maranhão está localizado no litoral norte do Brasil (Figura 1), ocupando uma área de 333,365.6 km<sup>2</sup>, limitando-se ao Norte com o oceano Atlântico. Nas outras regiões, o estado limita-se com outros estados brasileiros. Para identificação e análise dos dados, foram utilizadas

informações das Estações Meteorológicas (Tabela 1) do Estado do Maranhão, encontradas no Banco de Dados Meteorológicos para ensino e pesquisa- BDMEP do Instituto Nacional de Meteorologia- INMET. Todas as séries de dados pluviométricos analisadas pertencem ao período de 1986-2016 (INMET, 2017).

### Tratamento dos dados

Para o tratamento dos dados, foi utilizada a metodologia que é aplicada às Normais Climatológicas (INMET, 2017). Assim, para se determinar as normais de uma variável X para determinada estação meteorológica, computa-se inicialmente o valor  $X_{ij}$  correspondente a cada mês  $i$  e cada ano  $j$  pertencente ao período de interesse – no caso, o período de 1961 a 1990. Para confecção, das figuras foi utilizado o Software Microsoft Excel® e para as confecções dos mapas foi utilizado o Software ArcGis® 10.7.



**Figura 1.** Mapa do Brasil e estado do Maranhão, com as respectivas estações meteorológicas.

Fonte: INMET/BDMEP (2017) – Banco de Dados Meteorológicos para ensino e pesquisa. Brasília, DF/2017. Acesso em: 13 set, 2017, disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>

**Tabela 1.** Nome, código (BDMEP do INMET) e coordenadas geográficas das estações meteorológicas.

Nome da Estação	Código	Latitude (°)	Longitude (°)	Desvio Padrão
Alto Parnaíba	82970	-9.1	-45.93	94.86
Bacabal	82460	-4.21	-44.76	137.14
Balsas	82768	-7.53	-46.03	80.46
Barra do Corda	82571	-5.5	-45.23	80.34
Carolina	82765	-7.33	-47.46	111.60
Caxias	82476	-4.86	-43.35	119.28
Chapadinha	82382	-3.73	-43.35	130.24
Colinas	82676	-6.03	-44.25	84.71
Imperatriz	82564	-5.53	-47.48	100.40
São Luís	82280	-2.53	-44.21	16345
Turiaçu	82198	-1.56	-45.36	15901
Zé doca	82376	-3.26	-45.65	128.66

Fonte: INMET/BDMEP (2017) – Banco de Dados Meteorológicos para ensino e pesquisa. Brasília, DF/2017. Acesso em: 13 set, 2017, disponível em:<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>

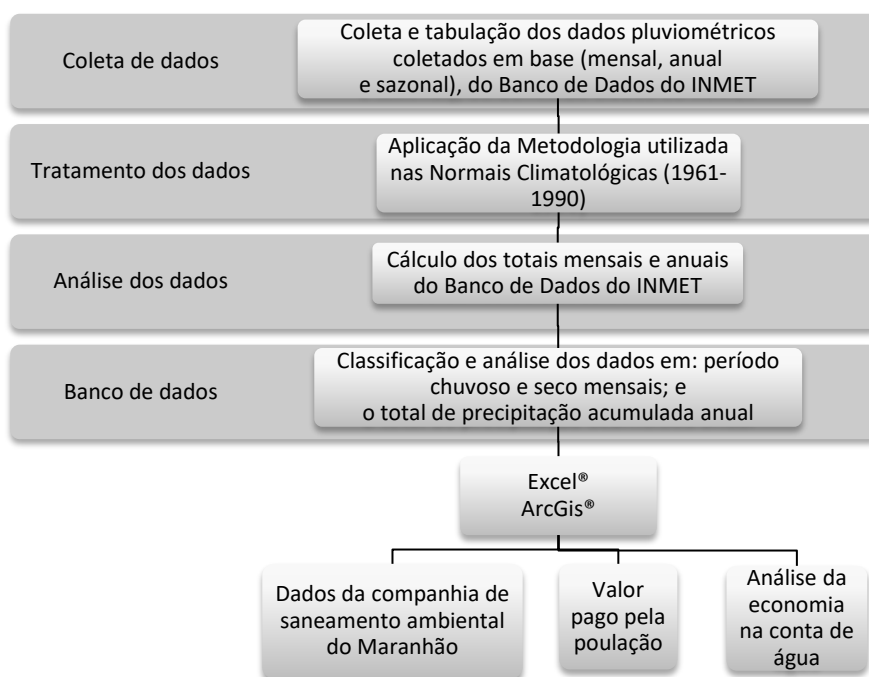
### Sazonalidade das chuvas

Para análise da sazonalidade, foram obtidos totais mensais de precipitação no período chuvoso, utilizando-se a somatória das médias mensais do semestre cujo meses apresentaram maiores índices pluviométricos. Já para obtenção da precipitação total do período seco, foi considerada a somatória das médias dos meses com menores índices pluviométricos. Tanto no período chuvoso quanto no período seco foram utilizados os dados das 12 estações meteorológicas analisadas.

### Redução no valor das contas de água

Como forma de analisar a viabilidade de economia devido ao reuso de água no estado do Maranhão, buscou-se o valor pago pela população no consumo de água à Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão - CAEMA. Sendo foi utilizada a categoria Residencial, em que se considerou um consumo mensal básico de até 10 m<sup>3</sup>/mês, com o pagamento de uma tarifa de R\$ 20.84. Caso o consumo mensal ultrapasse 10 m<sup>3</sup>, considera-se a adição de um valor em reais de acordo com o consumo excedente. Por exemplo: de 10-20 m<sup>3</sup>/mês, adiciona-se o valor de R\$ 4.22 ao consumo básico; de 20-30m<sup>3</sup>/mês, adiciona-se um valor de R\$ 6.69; de 30-50 m<sup>3</sup>/mês, adiciona-se um valor de R\$ 8.49; e acima de 50 m<sup>3</sup>/mês, adiciona-se um valor de R\$ 13.33 (CAEMA, 2017). Assim, foi gerada e analisada a diferença entre o consumo mensal de uma residência e o provável volume bruto de água da chuva captado, com o intuito de se conhecer a provável economia produzida pelo reuso de água da chuva. Para o consumo de água em m<sup>3</sup> por dia/pessoa, foram tomados dados do Relatório de Gestão do Exercício de 2014 da Agência Nacional de Águas do Brasil - ANA, que considera um gasto per capta de 0.18 metros cúbicos ao dia (ANA, 2014).

Para buscar o consumo mensal em  $m^3$ , multiplicou-se o número de moradores de uma residência, pelo gasto per capita vezes 30 dias, obtendo assim o consumo mensal em  $m^3$ . Para analisar os dados e verificar a economia da população pela utilização de água da chuva, adotaram-se áreas de captação de telhados com 100, 70 e 40  $m^2$ . Dessa forma, utilizaram-se as informações do consumo mensal de água per capita, considerando de um a seis indivíduos por residência, subtraindo-se o volume mensal captado. E, ainda, foi verificado se houve alguma alteração na faixa de consumo ( $m^3$ ) e se houve alguma economia na fatura de água. A Figura 2 ilustra o processo metodológico do trabalho.



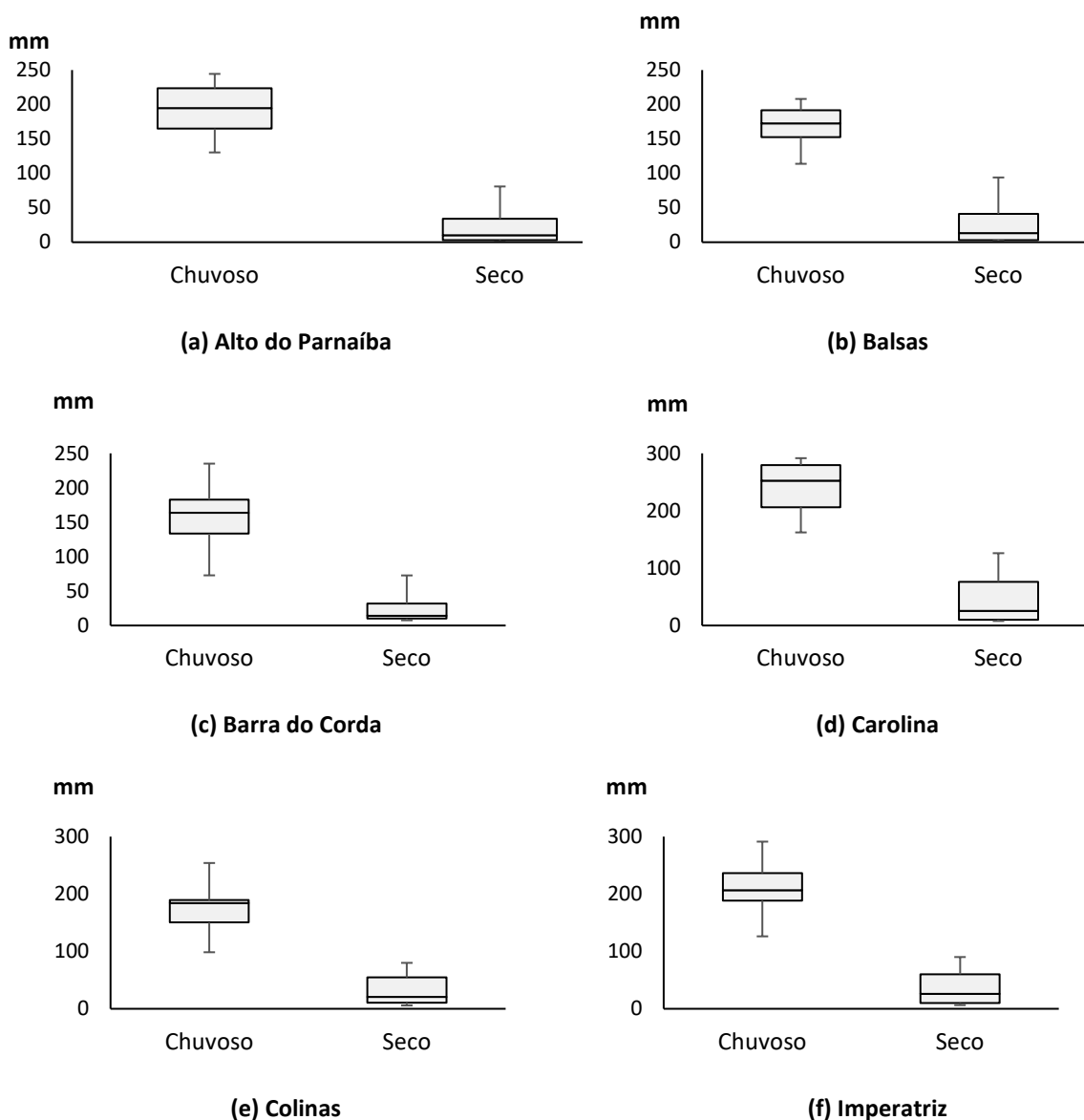
**Figura 2.** Fluxograma do processo metodológico da pesquisa.

## Resultados e discussão

### Regimes pluviométricos e sazonalidade

O estabelecimento dos períodos chuvoso e seco permitiu a observação de uma variação nos períodos de chuva e estiagem em todo estado. As estações de Alto do Parnaíba, Balsas, Barra do Corda, Carolina, Colinas e Imperatriz, apresentaram o mesmo período chuvoso, que vai de novembro a abril e de estiagem, indo de maio a outubro (Figura 3). Pode-se observar que

mesmo no período chuvoso, os índices pluviométricos mensais não ultrapassam 300 mm, sendo que as estações localizadas nos municípios de Carolina e Imperatriz apresentam os maiores índices pluviométricos (mês de maio) dentre as estações meteorológicas com este mesmo período de chuva.

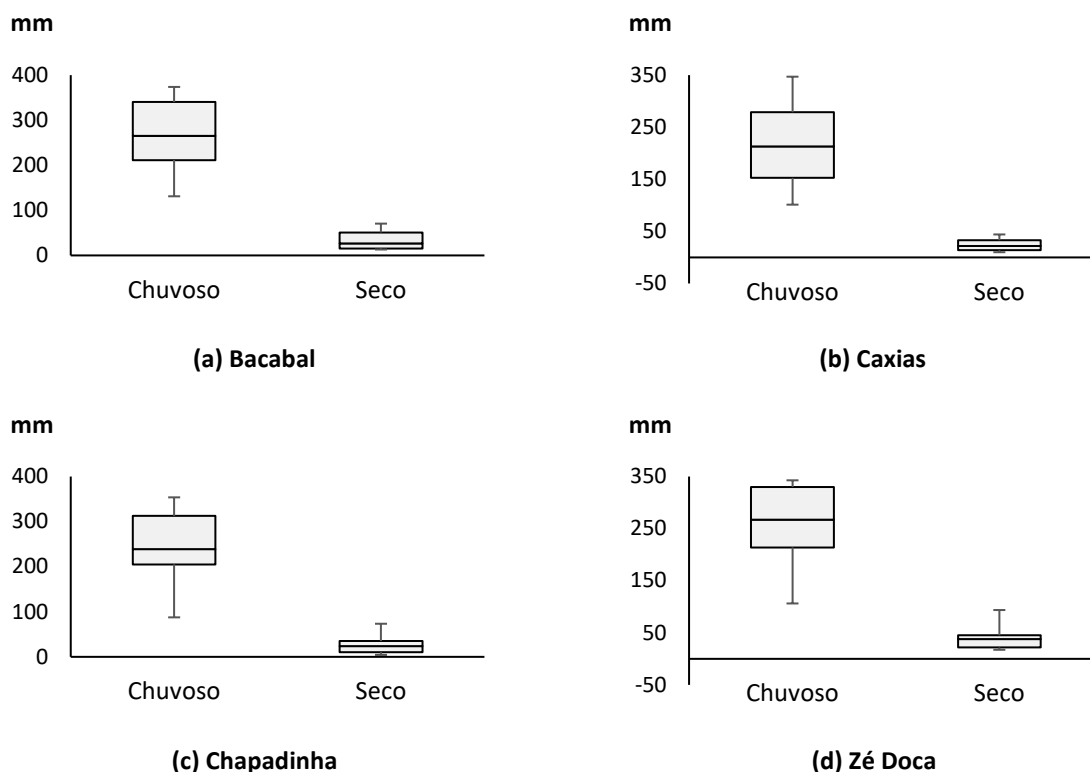


**Figura 2.** Boxplot dos dados de precipitação média mensal entre 1986-2016 das 6 estações pluviométricas com período chuvoso entre novembro e abril.



Excetuando-se a estação de Balsas, que tem seu maior índice pluviométrico, ocorrendo no mês de janeiro. As outras estações têm seu maior índice pluviométrico, ocorrendo no mês de março. Uma explicação para esse fato é a atuação da ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), que traz grande instabilidade, convergindo os ventos às camadas superiores da atmosfera, dando origem ao cinturão de nuvens pesadas de chuvas, isso ocorre justamente nos meses de março e abril. A estação Alto da Parnaíba apresentou menores índices pluviométricos, com média de precipitação mensal de 1 mm no mês de julho.

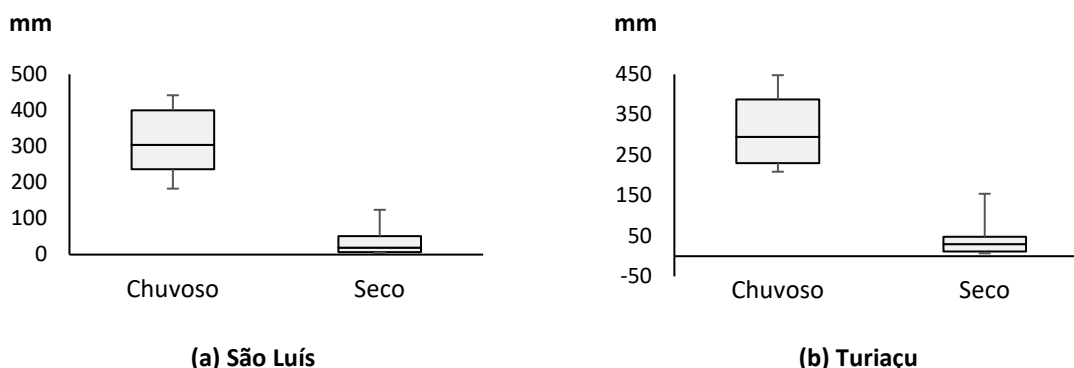
As estações meteorológicas de Bacabal, Caxias, Chapadinha e Zé Doca, encontram-se dentro do mesmo período chuvoso (dezembro a maio) e de estiagem (junho a novembro), como pode ser observado na Figura 4. Apenas a estação de Bacabal apresentou índices pluviométricos superiores a 350 mm/mês no período chuvoso. No período de estiagem essas estações não apresentaram médias de precipitação inferiores a 10 mm/mês, exceto a estação meteorológica do município de Chapadinha com 4.4 mm no mês de setembro.



**Figura 4.** Boxplot dos dados de precipitação média mensal entre 1986-2016 das 4 estações pluviométricas com período chuvoso entre dezembro e maio.



Notou-se ainda que as estações do município de São Luís e Turiaçu, localizadas ao norte do estado, encontram-se dentro do mesmo período chuvoso (janeiro a junho) e de estiagem (agosto a dezembro), como mostra a Figura 5.



**Figura 5.** Boxplot dos dados de precipitação média mensal entre 1986-2016 das 2 estações pluviométricas com período chuvoso entre janeiro e junho.

Essas estações apresentam maiores índices pluviométricos em comparação às outras estações estudadas, alcançando 450 mm no mês março. Entretanto, essas estações apresentam médias de precipitações mensais baixas nos meses de setembro a novembro, com média de precipitação inferior a 14 mm/mês.

Na Figura 6 é mostrado o mapa do estado do Maranhão com isoietas de precipitação média anual da série histórica de 1986 a 2016, realizado com método de interpolação Krigagem Ordinária. Observa-se que de norte a sul as precipitações diminuem. Os maiores totais pluviométricos da parte norte do estado, são explicados pela influência da ZCIT do atlântico sul. Os menores totais pluviométricos da parte sul do estado, são explicados pelo bioma cerrado, que ocupa essa região, fazendo fronteira com o semiárido nordestino.

Na Figura 7a é apresentado o mapa do estado do Maranhão com isoietas de precipitação média anual para o período chuvoso. Na Figura 7b tem-se o mesmo tipo de mapa, mas para o período seco. Analisando-se a Figura 7a (período chuvoso), observa-se que os totais pluviométricos diminuem de norte para o sul, a exemplo da análise da Figura 6. Já para o período seco (Figura 7b), observa-se que as regiões noroeste e sudoeste do estado do Maranhão apresentam maior índice pluviométrico, e que esse índice vai reduzindo em direção das regiões nordeste e sudeste.

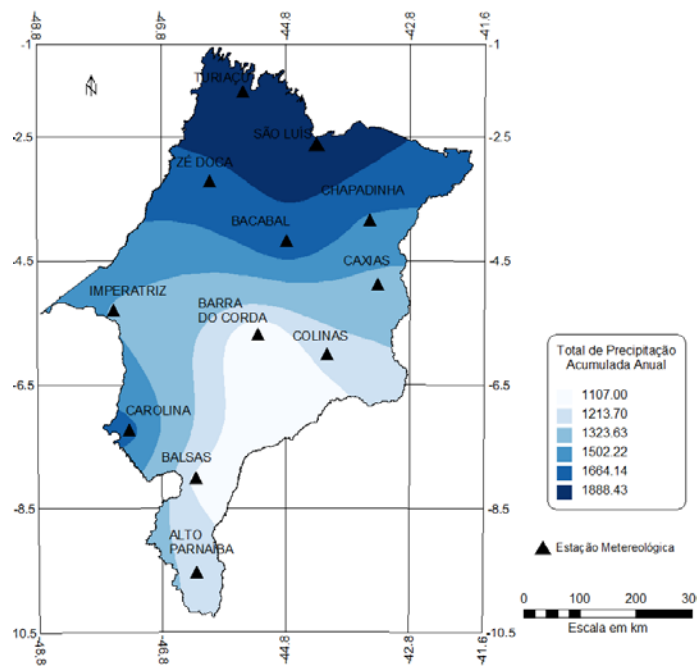
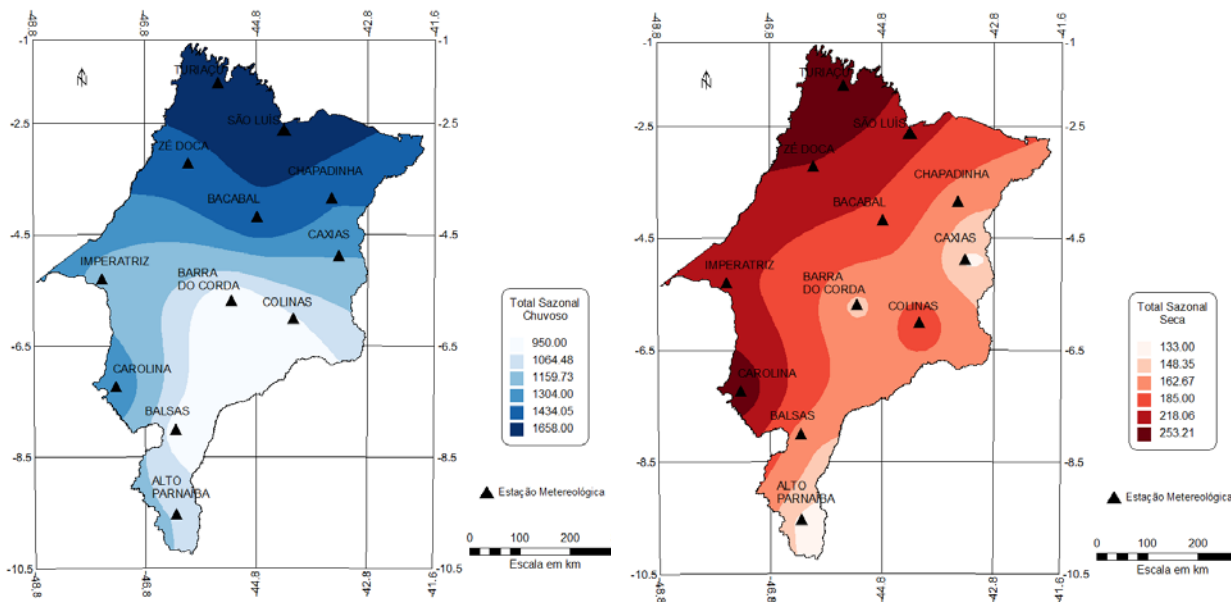


Figura 6. Mapa do estado do Maranhão com isoietas de precipitação média anual para o período de 1986 a 2016.



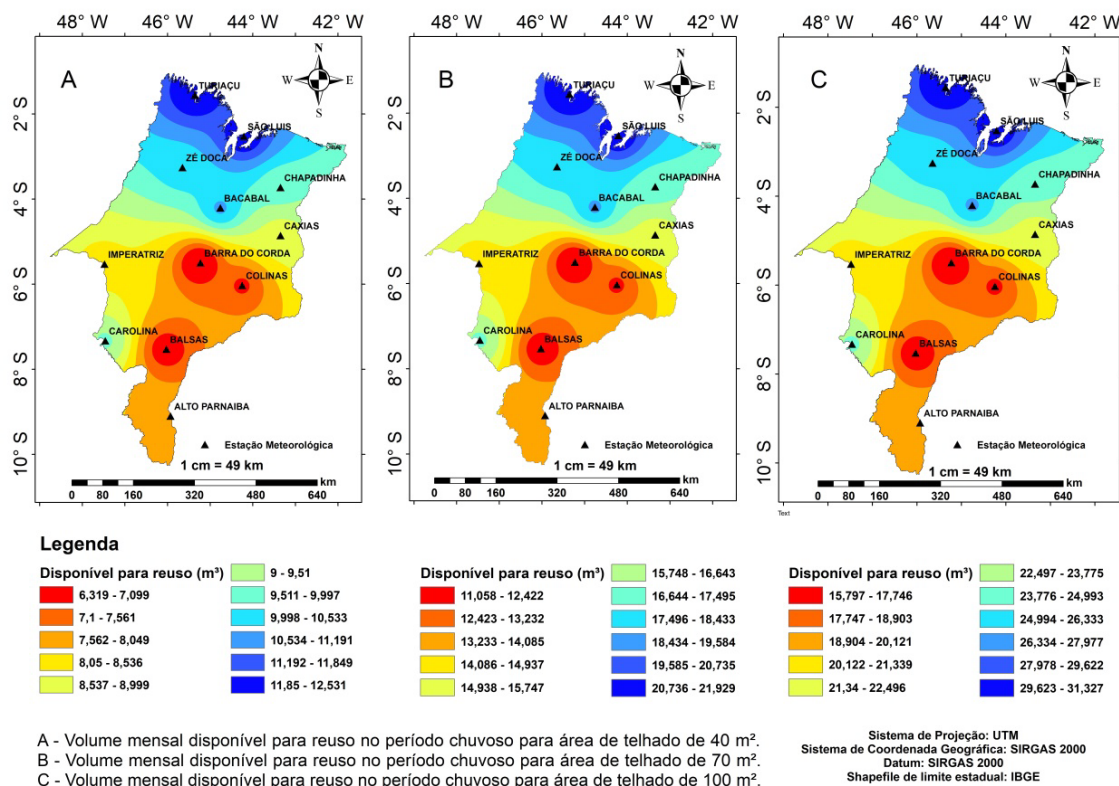
a) Precipitação anual no período Chuvoso

b) Precipitação anual no período Seco

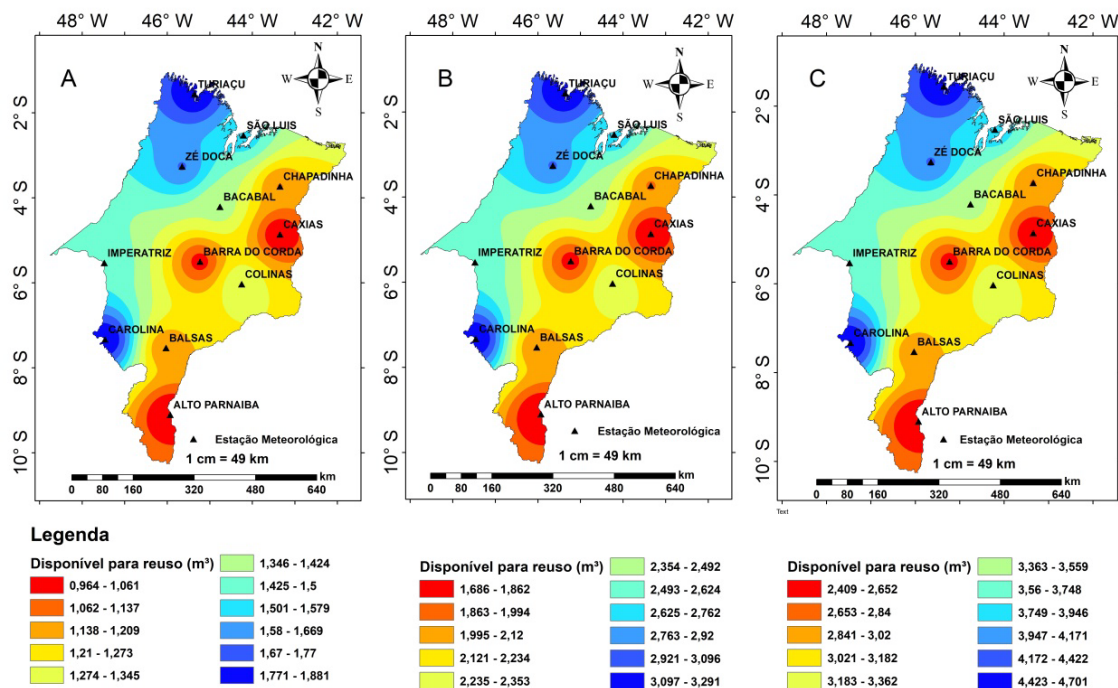
Figura 7. Precipitação total anual nos períodos chuvoso e seco entre 1986 e 2016.

### Redução no valor das contas de água

Com a diferença entre o provável volume bruto captado pelos telhados (advindo das chuvas médias mensais de cada estação meteorológica) e o consumo de água mensal das casas em função do número de residentes, calculou-se o volume mensal disponível para reuso. Esse volume é usado para a determinação da economia na tarifa de água. Assim, nas Figuras 8 e 9 são apresentados mapas do estado do Maranhão com isoietas de volumes para reuso no período chuvoso e seco, respectivamente, em função das áreas dos telhados (40, 70 e 100 m<sup>2</sup>). Analisando-se a Figura 8, percebe-se a maior disponibilidade hídrica para reuso na região norte do estado do Maranhão. Isso é devido aos maiores totais pluviométricos da parte norte do estado, que são explicados pela influência da ZCIT do atlântico sul. Os menores totais pluviométricos da parte sul do estado, são explicados pelo bioma cerrado, que ocupa essa região, fazendo fronteira com o semiárido nordestino. Já na Figura 9, percebe-se que os maiores volumes disponíveis para reuso encontram-se na região oeste do estado do Maranhão, influência do bioma Amazônia, mais úmido e, também, ainda da ZCIT do atlântico sul.



**Figura 8.** Mapas do estado do Maranhão com isoietas de volumes mensais para reuso no período chuvoso em função das áreas dos telhados das residências (40, 70 e 100 m<sup>2</sup>).



A - Volume mensal disponível para reuso no período seco para área de telhado de 40 m<sup>2</sup>.  
B - Volume mensal disponível para reuso no período seco para área de telhado de 70 m<sup>2</sup>.  
C - Volume mensal disponível para reuso no período seco para área de telhado de 100 m<sup>2</sup>.

**Figura 9.** Mapas do estado do Maranhão com isoietas de volumes mensais para reuso no período seco em função das áreas dos telhados das residências (40, 70 e 100 m<sup>2</sup>).

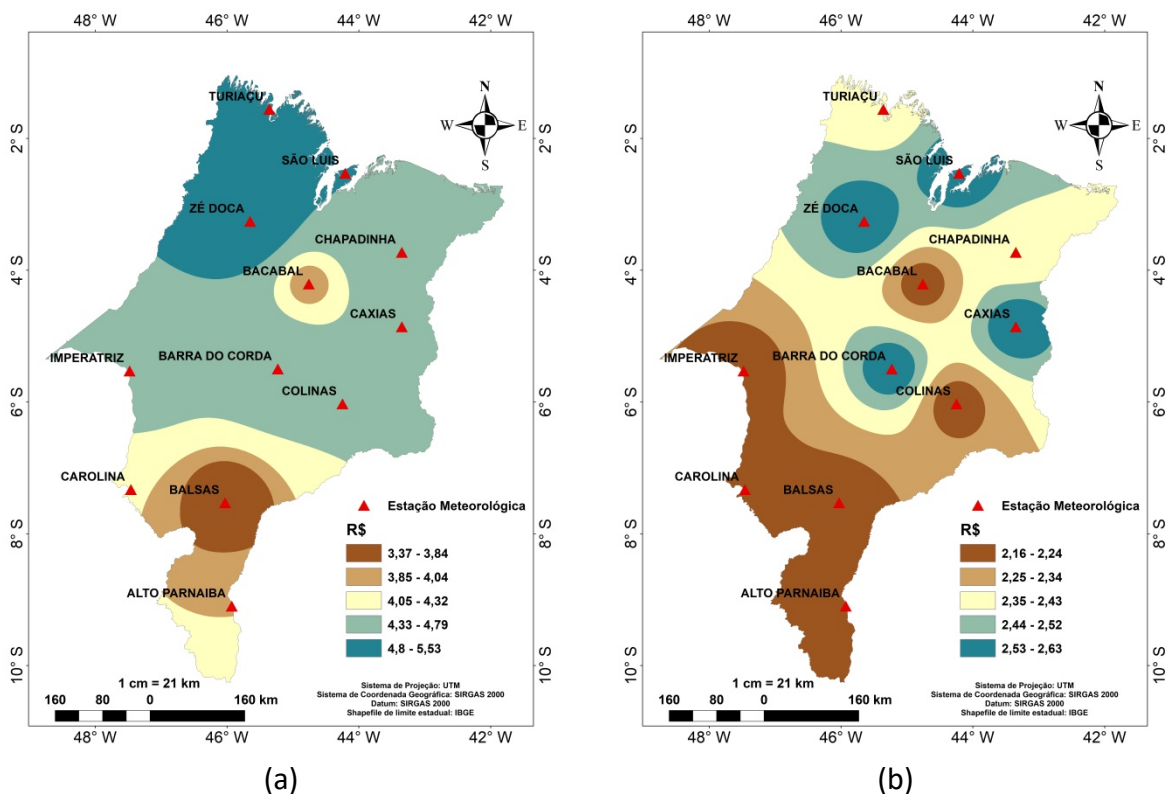
A Tabela 2 apresenta o valor da economia (R\$) na fatura de água, que pode ser proporcionado pelo reuso, em função das estações pluviométricas, dos períodos chuvoso e seco; das áreas dos telhados e do número de residentes. Observa-se que no período chuvoso, a maior economia foi de R\$ 8.49 mensais para residências com 6 residentes e 100 m<sup>2</sup> de telhado para metade das estações pluviométricas consideradas. Essa economia é importante, pois representa 30% de redução na fatura mensal. Em apenas 2 casos, estações Balsas e Barra do Corda, a economia foi nula no período chuvoso. Já para o período seco, a maior economia foi para residências com duas pessoas, com uma redução R\$ 4.22 ao mês (uma economia de 17% no valor da fatura mensal), não importando a área de captação do telhado para todas as estações pluviométricas consideradas no estudo. Entretanto, para residências com seis pessoas e 40 m<sup>2</sup> de telhado, não houve economia para nenhuma estação pluviométrica considerada no estudo. Buscando mostrar a distribuição espacial da economia, com o reuso, nas faturas de água do estado do Maranhão, o valor médio de economia para cada estação pluviométrica do estado do Maranhão (Tabela 2) foi tomado e a Figura 10 foi elaborada para período chuvoso (Figura 10a) e seco (Figura 10b).

**Tabela 2.** Valor da economia mensal média (R\$) na fatura de água em função das estações pluviométricas, das áreas dos telhados e do número de residentes.

Área do Telhado (m <sup>2</sup> )	PERÍODO CHUVOSO									Valor médio
	100			70			40			
Número de residentes	2	4	6	2	4	6	2	4	6	
Valor da tarifa (R\$)	25.06	27.53	29.33	25.06	27.53	29.33	25.06	27.53	29.33	
Alto do Parnaíba	4.22	6.69	4.27	4.22	6.69	1.80	4.22	2.47	1.80	4.04
Balsas	4.22	6.69	4.27	4.22	6.69	1.80	4.22	2.47	0.00	3.84
Barra do Corda	4.22	6.69	4.27	4.22	2.47	1.80	4.22	2.47	0.00	3.37
Carolina	4.22	6.69	8.49	4.22	6.69	4.27	4.22	2.47	1.80	4.79
Colinas	4.22	6.69	4.27	4.22	6.69	1.80	4.22	2.47	1.80	4.04
Imperatriz	4.22	6.69	4.27	4.22	6.69	4.27	4.22	2.47	1.80	4.32
Bacabal	4.22	6.69	8.49	4.22	6.69	4.27	4.22	2.47	1.80	4.79
Caxias	4.22	6.69	4.27	4.22	6.69	4.27	4.22	2.47	1.80	4.32
Chapadinha	4.22	6.69	8.49	4.22	6.69	4.27	4.22	2.47	1.80	4.79
Zé Doca	4.22	6.69	8.49	4.22	6.69	4.27	4.22	2.47	1.80	4.79
São Luís	4.22	6.69	8.49	4.22	6.69	4.27	4.22	6.69	4.27	5.53
Turialvo	4.22	6.69	8.49	4.22	6.69	4.27	4.22	6.69	4.27	5.53
	PERÍODO SECO									Valor médio
Alto do Parnaíba	4.22	2.47	1.8	4.22	2.47	0.00	4.22	0.00	0.00	2.16
Balsas	4.22	2.47	1.8	4.22	2.47	0.00	4.22	0.00	0.00	2.16
Barra do Corda	4.22	2.47	1.8	4.22	2.47	0.00	4.22	0.00	0.00	2.16
Carolina	4.22	2.47	1.8	4.22	2.47	1.80	4.22	2.47	0.00	2.63
Colinas	4.22	2.47	1.8	4.22	2.47	0.00	4.22	0.00	0.00	2.16
Imperatriz	4.22	2.47	1.8	4.22	2.47	1.80	4.22	2.47	0.00	2.63
Bacabal	4.22	2.47	1.8	4.22	2.47	1.80	4.22	0.00	0.00	2.36
Caxias	4.22	2.47	1.8	4.22	2.47	0.00	4.22	0.00	0.00	2.16
Chapadinha	4.22	2.47	1.8	4.22	2.47	0.00	4.22	0.00	0.00	2.16
Zé Doca	4.22	2.47	1.8	4.22	2.47	1.80	4.22	2.47	0.00	2.63
São Luís	4.22	2.47	1.8	4.22	2.47	1.80	4.22	0.00	0.00	2.36
Turialvo	4.22	2.47	1.8	4.22	2.47	1.8	4.22	2.47	0.00	2.63

Analisando-se a Figura 10, observa-se uma maior amplitude nos valores de economia nas faturas de água para o período chuvoso (Figura 10a) no estado do Maranhão. Isso se deve a maior variabilidade climática, inerente ao período chuvoso. Além disso, como as chuvas aumentam na direção sul-norte, a economia também segue essa direção. Já no período seco (Figura 10b), há uma menor amplitude nos valores de economia, pois as chuvas diminuem em todo o estado do Maranhão. Entretanto, a direção sul-norte de aumento de economia é mantida.





**Figura 10.** Mapas do estado do Maranhão com isoietas de valor mensal médio de economia na fatura de água nos períodos chuvoso (a) e seco (b) em função das áreas dos telhados (40, 70 e 100 m<sup>2</sup>) e do número de residentes (2, 4 e 6).

## Conclusão

Com base no estudo, constatou-se que o aumento da disponibilidade hídrica e a redução do valor da conta de água devido ao possível reuso de água da chuva, sendo similar ao regime pluviométrico do estado do Maranhão, que por sua vez também aumenta na direção sul-norte. A análise temporal, baseado na sazonalidade das chuvas, revela que no período chuvoso, a maior economia nas contas de água de R\$ 8.49 mensais para casas com 6 residentes e 100 m<sup>2</sup> de telhado para metade das estações pluviométricas. Essa economia representa 30% de redução na fatura mensal. Apenas nas estações de Balsas e Barra do Corda, a economia foi nula no período chuvoso. Para o período seco, a maior economia foi para residências com duas pessoas, com redução R\$ 4.22 ao mês (17% no valor da fatura mensal), não importando a área de captação do telhado para todas as estações pluviométricas consideradas no estudo. Entretanto, para residências com seis pessoas e 40 m<sup>2</sup> de telhado, não houve economia para as estações pluviométricas analisadas.

Com relação à questão ambiental do reuso de água da chuva no estado Maranhão, que por sua vez deixa de usar uma quantidade de água potável significativa, contribui para a recarga dos aquíferos, dando uma destinação mais adequada às águas pluviais, que normalmente sobrecarregam os sistemas de captação, que estão interligados a rede de esgoto. Acrescenta-se ainda aos âmbitos ambientais e socioeconômicos e que os resultados são satisfatórios, na redução no valor das contas de água da população com a utilização de água da chuva para fins não potáveis. Assim, a adoção de sistemas de captação de água da chuva para fins não potáveis pode ser adicionada à agenda dos gestores públicos do Maranhão, pois a viabilidade do reuso de água da chuva é favorável tanto no período chuvoso como no período seco.

## Referências

- Amorim, S. V., PEREIRA, D. J. A. (2008) Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial, *Ambiente Construído*, **8**(2), 53-66.
- ANA, Agência Nacional de Águas (2018) *Relatório de Gestão do Exercício 2014*. Acesso em: 14 mai, 2018, disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/todos-os-documentos-do-portal/documentos-aud/relatorio-de-gestao-do-exercicio-2013-2016/relatorio-de-gestao-do-exercicio-2014.pdf/view>
- Calheiros, H. C., Gomes, M. R., Estrella, P. M. A. (2014) Calidad de las águas meteóricas em la ciudad de Itajubá, Minas Gerais, Brasil, *Revista Ambiente & Água*, **9**(2), 336-346, <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1329>
- Cardoso, R.N.C., Blanco, C. J. C, Duarte, J. M. (2019) Technical and Economic Feasibility of Rainwater Harvesting Systems in Public Buildings in Amazon, Brazil, *Journal of Cleaner Production*.
- Chaib, E. B., Rodrigues, F. C., Maia, B. H., Nascimento, N. O. (2015) Avaliação do potencial de redução do consumo de água potável por meio da implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva em edificações unifamiliares, *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, **20**(3), 605-614.
- CAEMA, Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (2017), Apresentação Operação, São Luís (2009) Acesso em: 7 set, 2017, disponível em: [http://www.caema.ma.gov.br/portalaema/index.php?option=com\\_content&view=article&id=107&Itemid=115](http://www.caema.ma.gov.br/portalaema/index.php?option=com_content&view=article&id=107&Itemid=115)
- Correia, W. L. F. F., De Oliveira-Júnior, J., De Barros, D.S., Terassi, P. M.D.B., Teodoro, P. E., De Gois, G., Blanco, C. J. C., Souza, P. H. A., Costa, M. S., Gomes, H. B., Dos Santos, P. J.(2019) Rainfall variability in the Brazilian northeast biomes and their interactions with meteorological systems and ENSO via CHELSA product, *Big Earth Data*, **3**,315-337.
- Fewkes, A. (2015) The verification of a behavioural model for simulating the hydraulic performance of rainwater harvesting systems, In: MEMON, F, A.; WARD, S, (Eds.), *Alternative water supply systems*, London: IWA, 47-61.
- Ghisi, E., Ferreira, D. F. (2007) Potential for Potable Water Savings by Using Rainwater and Greywater in a Multi-storey Residential Building in Southern Brazil, *Building and Environment*, [S, l,], **42**(7), 2512-2522.
- Gonçalves, M. F., Blanco, C. J. C., Dos Santos, V. C., Oliveira, L. L. S., Pessoa, F. C. L. (2016) Identification of Rainfall Homogenous Regions taking into account El Niño and La Niña and Rainfall Decrease in the state of Pará, Brazilian Amazon, *Acta Scientiarum*, **35**(2), 237-245, Doi: 10.4025/actascitechnol, v28i2,26534.
- INMET, Instituto Nacional de Meteorologia (2017) BDMEP, Banco de Dados Meteorológicos para ensino e pesquisa (2017), Brasília, DF. Acesso em: 13 set, 2017, disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>
- INMET, Instituto Nacional de Meteorologia (2017), Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990, Brasília, DF (1990) Acesso em: 14 de abril de 2017, disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=publicacoes>



- Pereira, L. R., Pasqualetto, A., Minami, M.Y. M. (2008) *Viabilidade Econômico/Ambiental da Implantação de um Sistema de Captação e Aproveitamento de Água Pluvial em Edificação de 100 M<sup>2</sup> de Cobertura*, Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade Católica de Goiás, Goiânia.
- Piratoba, A. R. A., Ribeiro, H. M. C., Morales, G. P., Gonçalves, W. G. (2017) Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil, *Revista Ambiente & Água*, **12**(3), 435-456, <https://doi.org/10.4136/ambi-agua,1910>.
- Rezende, J. H., Tecedor, N. (2017) Aproveitamento de água de chuva de cobertura em edificações: dimensionamento do reservatório pelos métodos descritos na NBR 15527, *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, **12**(6)
- Teixeira, C. A., Zattoni, G. T., Nagali, A., Freira, F. B., Teixeira, S. H.C. (2016) Análise de viabilidade técnica e econômica do uso de água de chuva em uma indústria metalmeccânica na região metropolitana de Curitiba PR, *Gest, Prod.*, **23**(3) 638-648.
- Ward, J. H. (1963) Hierarchical grouping to optimize an objective function, *J, Am, Statist, Assoc*, **58**, 236-244.