

Modelagem de previsão de acúmulo de água pluvial para reserva técnica de incêndio pela utilização de bases de dados de sensoriamento remoto por satélite

Marcos Guedes do Nascimento¹, Raimundo Aprígio de Menezes² e Bruno César Bezerra Nóbrega de Souza³

¹Universidade Federal da Paraíba. Centro de Ciências Exatas e da Natureza. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio ambiente. *Campus I*. João Pessoa-PB, Brasil (CEP 58051-900). E-mail: fisiconascimento@hotmail.com.

²Universidade Federal da Paraíba. Centro de Energias Alternativas e Renováveis. Departamento de Engenharia de Energias Renováveis. *Campus I*. João Pessoa-PB, Brasil (CEP 58051-900).

³Universidade Federal da Paraíba. Centro de Ciências Exatas e da Natureza. Departamento de Física. *Campus I*. João Pessoa-PB, Brasil (CEP 58051-900).

Resumo. A captação de água pluvial tem sido adotada para reduzir o consumo de água potável. Sob esta ótica, o presente trabalho busca analisar o acúmulo de água pluvial para Reserva Técnica de Incêndio do prédio do PRODEMA, localizado nas dependências da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil. Para realização do estudo, foram utilizadas informações pluviométricas relativas a 15 pontos da cidade, de 2015 a 2020, adquiridas nas bases de dados dos produtos de sensoriamento remoto por satélite PFLDAS, PGLDAS e TERRACLIMATE, pela emprego da ferramenta computacional de nuvem *Google Earth Engine*. Como resultados, verificou-se que a PFLDAS e a TERRACLIMATE apresentaram valores em patamares próximos, enquanto que a PGLDAS traz valores inferiores aos destas bases. No período de março a agosto, a pluviosidade mostrou-se alta, com variações entre 250 e 350 mm, enquanto que, de setembro a dezembro, ocorreram as menores pluviosidades, com médias entre 20 e 30 mm. Ficaram nítidas as discrepâncias entre os dados das bases, principalmente em razão dos valores destoantes da PGLDAS em relação às demais. Contudo, isto não compromete os resultados, pois a utilização de precipitações médias, a partir de informações das três bases, mitigam de maneira aceitável tais divergências. Os volumes médios anuais acumuláveis na edificação considerada, podem chegar a 927 m³ em anos menos chuvosos e a 1.390 m³ nos anos de maior incidência de chuva. Sendo assim, para um sistema de hidrantes tipo 1, com RTI de 5 m³ e para um sistema de hidrantes tipo 2, cuja RTI seja 10 m³, será possível abastecê-lo em, no máximo, 2 a 4 dias, a depender do sistema de hidrante utilizado. Mesmo num mês seco, em que o

Recebido
21/09/2021


Aceito
18/04/2022


Publicado
30/04/2022

 Acesso aberto



ORCID

 0000-0003-4551-8463
Marcos Guedes do
Nascimento

 0000-0002-2311-1278
Raimundo Aprígio de
Menezes Júnior

volume médio acumulado diariamente é de $0,5 \text{ m}^3$, a RTI será totalmente atendida entre 10 e 20 dias. Deste modo, ficou evidenciado que a RTI pode ser devidamente suprida pela água da chuva, desde que se garanta a manutenção permanentemente do seu nível. Sugere-se para isto, que o reservatório seja elevado e que extravase a água excedente a um reservatório maior, localizado no solo e conectado permanentemente a ele. A partir daí, deve-se avaliar que, caso a RTI seja total ou parcialmente esvaziada, haja reabastecimento imediato com a água do segundo reservatório, por meio de bombeamento hidráulico.

Palavras-chave: Água de chuva; Captação de água; Sensoriamento remoto; RTI; Segurança contra incêndio.

Abstract. *Rainwater accumulation forecast modeling for technical fire reserve by using satellite remote sensing databases.*

Rainwater harvesting has been adopted to reduce drinking water consumption. From this perspective, the present work seeks to analyze the accumulation of rainwater for the Technical Fire Reserve of the PRODEMA building, on the premises of the Federal University of Paraíba, João Pessoa, Brazil. To carry out the study, rainfall information was used for 15 points of the city, from 2015 to 2020, purchased from the satellite remote sensing product databases PFLDAS, PGLDAS and TERRACLIMATE, by the use of cloud computing tool Google Earth Engine. In the results, it was found that PFLDAS and TERRACLIMATE show values at close levels, while PGLDAS brings values lower than these bases. In the period from March to August, rainfall showed up high, with variations between 250 and 350 mm, while that, from September to December, there was the low rainfall, with averages between 20 and 30 mm. The discrepancies between the bases' data are notorious, mainly due to differences in the level of values PGLDAS in relation to the others. However, this does not compromise the results, as the use of medium precipitation, from on information from the three bases, acceptably mitigate the existing divergences. The average annual volumes that can be accumulated in the considered building reach 927 m^3 in less rainy years and 1390 m^3 in years with higher rainfall. Thus, for a type 1 hydrant system, with an RTI of 5 m^3 and for a type 2 hydrant system, whose RTI is from 10 m^3 , it will be possible to supply them in a maximum of 2 or 4 days, a dependent of the hydrant system used. Even in a dry month, in which the average volume accumulated daily is 0.5 m^3 , the RTI will be fully answered between 10 and 20 days. In this way, it was evident that the RTI can be properly supplied by rainwater, as long as the permanent maintenance of its level is guaranteed. For this, it is suggested that there reservoir be elevated and that the excess water is released to a larger reservoir, located on the ground and permanently connected to it. From the non, it should be guaranteed that, if the RTI is totally or partially emptied, there be immediate replenishment with water from these condreservoir, by means of hydraulic pumping.

0000-0002-7533-6831
Bruno César Bezerra
Nóbrega de Souza

Keywords: Rainwater; Water catchment; Remote sensing; RTI; Fire safety.

Introdução

A humanidade sempre se valeu de recursos naturais para suprir necessidades, dentre eles os recursos hídricos. Porém, o rápido aumento da população mundial nos últimos séculos junto à elevação nos índices de produção e consumo, a relação entre demanda e disponibilidade de recursos tem sido levada ao desequilíbrio, inclusive no que concerne à disponibilidade de água potável (Galvão e Magalhães Júnior, 2016). O revés nesta relação tem gerado crises sem precedentes, por isso hoje, buscar o desenvolvimento sustentável é um dos maiores desígnios da ciência. Neste contexto, tem-se destacado o uso de recursos renováveis de modo socialmente benéfico, dando qualidade de vida a quem lhes usufrui; ecologicamente certo, reduzindo impactos ambientais e; economicamente viável, a curto, médio e longo prazo, otimizando o lucro e a produtividade e, compondo uma relação sustentável com colaboradores e meio ambiente.

Uma das premissas do combate ao desperdício, é a adoção de medidas que estabeleçam uma efetiva redução na taxa de consumo da água potável (Gauzin-Muller, 2006) e uma delas consiste no uso de água da chuva para suprimento de demandas que possam ser atendidas com água não potável, sendo recomendado a edificações em conglomerados urbanos (Roebuck et al., 2011; Vieira, 2012; Gomes et al., 2014). Em ambiente comunitário, a água pluvial pode ser usada na irrigação de jardins, lavagem de ruas e suprimento de lagos e reservas para combate a incêndio. Já em meio doméstico e comercial, são úteis em descargas sanitárias, lavagem de utensílios, roupas e cômodos e quaisquer outras atividades, nas quais a potabilidade da água seja dispensável (Neves et al., 2006).

Frente à escassez de água potável e à possibilidade de se armazenar água de chuva nas edificações, a água pluvial coletada em uma edificação baixa no Município de João Pessoa, Brasil, é suficiente para atender a demanda hídrica de sua Reserva Técnica de Incêndio (RTI)? A fim de responder a tal questionamento, este artigo tem como principal objetivo estimar a capacidade de suprimento à demanda da Reserva Técnica de Incêndio através do armazenamento de água da chuva no prédio do Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) instalado nas dependências da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

E para se chegar ao objetivo da pesquisa, pretende-se: mensurar a RTI necessária ao prédio do PRODEMA/UFPB, com base nas normas vigentes; levantar dados pluviométricos correspondentes a 2015 até 2020, a partir de três bases de sensoriamento remoto em 15 pontos espalhados no Município de João Pessoa; estimar a quantidade máxima de volume médio anual de água de chuva que pode ser captado através do escoamento desta água pelo telhado da edificação e; determinar, por comparação, se o volume médio de água da chuva captado na estrutura consegue suprir à necessidade prevista para RTI. Ao final deste trabalho, espera-se que a quantidade de água possível de ser coletada por meio do sistema de captação de água para o prédio do PRODEMA/UFPB, seja suficiente para abastecer a RTI deste tipo de edificação.

Revisão de literatura

A coleta de água da chuva é realizada por vários povos desde a antiguidade. Na China, existem cacimbas e tanques no Planalto de Loess de mais de dois mil anos, construídos para acúmulo desta água (Zhu, 2009). Na Índia, há métodos milenares de coleta de água de chuva, perpetrados nas diversas regiões do país (Agarwal e Narain,

1997). Onde hoje é Israel e Jordânia, o povo hasmoneu usava sistema de captação e manejo de água pluvial na agricultura (Evenari et al., 1982). Há indícios de que se coletava água pluvial no Irã há séculos, através de sistemas comunitários denominados *abanbars*, além de evidências do uso de águas pluviais por maias e astecas (Gnadlinger, 2005). Na Ásia, China, África e Caribe, ainda existem grupos que dependem da captação desta água para viver (Kahinda et al., 2007; Han e Ki, 2010; Özdemir et al., 2011; Rowe, 2011).

Porém, as novas tecnologias de provimento de água na modernidade, como o armazenamento em barragens, técnicas de aproveitamento de águas de lençóis freáticos e instalação de sistemas encanados de abastecimento, fizeram a prática de coleta e uso de água da chuva nos centros urbanos sofrer considerável redução e, em alguns lugares, ela deixou de ser vista como alternativa de obtenção de água (Annicchini, 2005). Mas com a escassez das últimas décadas, esta prática voltou a ser incentivada e diversos países adotaram políticas de captação e manejo de água pluvial, tanto para fins potáveis quanto não potáveis (Ly et al., 2017). Em casas de países como Alemanha, Estados Unidos e Japão, a água pluvial é coletada para consumo humano (Coombes et al., 2000; Herrmann e Schmida, 2000; Zaizen et al., 2000). Em Barcelona/Espanha, a captação e o armazenamento adequados de água pluvial são capazes de suprir todas as demandas não potáveis (Domenech e Saurí, 2011). Em 2014, cerca de 15% dos franceses usavam água de chuva em atividades que dispensam potabilidade, economizando água potável em cerca de 11% (Belmeziti et al., 2014).

Ao se organizar uma estrutura para realizar este tipo de coleta, é preciso atentar à origem da água a ser coletada, para se aproveitar apenas a água que provém de telhados e paredes, pois há poluentes no solo que prejudicam sua qualidade. É também indicado por normas brasileiras, o emprego para fins não potáveis, não sendo recomendado a atividades que exijam potabilidade, exceto se houver tratamento adequado para isto, devido poluentes na atmosfera, sobretudo em grandes cidades. Por fim, é necessário o correto dimensionamento do reservatório, observando para isto, área do telhado e índice pluviométrico (ABNT NBR 15.527:2007). Um dos destinos não potáveis desta água é a Reserva Técnica de Incêndio (RTI), que é constituída pelo volume de água a ser mantido para uso em caso de ocorrência destes sinistros (Neves et al., 2006; Negrisolo et al., 2019). A depender do uso, é recomendado que a água pluvial passe por tratamento específico, conforme informações contidas na tabela abaixo.

Tabela 1. Diferentes níveis de tratamento de água exigido conforme o uso.

Uso de água da chuva	Tratamento da água
Rega de Jardins	Não é necessário
Irrigadores, combate a incêndio, ar condicionado	É necessário para manter os equipamentos em boas condições
Fontes e lagoas, banheiros, lavação de roupas e carros	É necessário, pois a água entra em contato com o corpo humano
Piscina/banho, para beber e para cozinhar	Desinfecção necessária, pois a água é ingerida direta ou indiretamente

Fonte: Group Raindrops (2002).

O uso não potável desta água não requer técnica apurada de tratamento, sendo suficiente o emprego de processos de sedimentação e filtragem simples (May e Prado, 2004). Quando destinada ao combate a incêndio, o tratamento requerido serve apenas a contenção de resíduos, com propósito de manter equipamentos em boas condições

(Tabela 1). Descartar os primeiros volumes de água precipitados, usar telas de retenção de resíduos e empregar a decantação para deposição de particulados são medidas que atendem a contento as exigências. Já em relação aos telhados, aqueles não ocupados por animais e pessoas são os mais indicados à utilização de técnicas de coleta, pois acumulam menos resíduos (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação e tipo de uso de acordo com o tipo da área de coleta.

Grau de purificação	Área de coleta da chuva	Uso da água da chuva
A	Telhados (lugares não ocupados por pessoas ou animais)	Lavar banheiros, regar as plantas, a água filtrada é potável.
B	Telhados (lugares frequentados por pessoas e animais).	Lavar banheiros, regar as plantas, a água não pode ser usada para beber
C	Terraços e terrenos impermeabilizados, áreas de estacionamento	Mesmo para os usos não potáveis, necessita de tratamento.
D	Estradas, vias férreas elevadas	Mesmo para os usos não potáveis, necessita de tratamento.

Fonte: Group Raindrops (2002).

Em geral, o reservatório precisa conter chave de nível ou alarme que mostre quando o nível fica abaixo do previsto, além de garantir a reposição da efetiva capacidade a taxa mínima de 1 L/min a cada metro cúbico para o combate. Quanto à localização, o reservatório pode ser ao nível do solo, subterrâneo e elevado, tendo a vantagem de suprir os hidrantes mesmo na ausência de bomba hidráulica. Se a RTI for conjugada à reserva de consumo, a capacidade do reservatório deverá ser a soma destes volumes e a saída do volume de consumo deverá estar acima do nível de água destinado ao combate, preservando-se a qualidade da água (ABNT NBR 13.714:2000). Neste tipo de reservatório, é preciso garantir também que, em caso de haver captação de água da chuva, a recepção desta e da água da rede sejam conduzidas por sistemas independentes, além de garantir a potabilidade, com tratamento da água pluvial antes de chegar ao reservatório principal (ABNT NBR 5.696:1998). No caso desta pesquisa, particularmente, a água coletada se destina ao uso não potável, sendo indicada para reservatórios separados.

No Brasil, cada Estado Federativo tem uma norma própria para definir o RTI adequado, que varia a depender do tipo de edificação, cuja classificação neste caso, tem como critérios principais natureza da ocupação, altura, carga de incêndio e área construída (Negrissolo et al., 2019). No caso do Município de João Pessoa, a legislação vigente que concerne à segurança contra incêndio é aquela definida pelas Normas Técnicas do Corpo de Bombeiros Militar da Paraíba. Em nível de Brasil, geralmente considera-se que a quantidade mínima de água prevista para Reserva Técnica de Incêndio (V) é definida pela Equação 1:

$$V = Q \cdot t \quad (1)$$

Onde **Q** é o a vazão de duas saídas do sistema de hidrantes (Tipo 1, 2 e 3) em litros por minuto e **t** é o tempo de 60 min para sistemas dos tipos 1 e 2 e de 30 min para sistema do tipo 3 (ABNT NBR 13.714:2000). No caso da edificação considerada, temos um edifício cujas especificações se enquadram no previsto para construção do tipo E1 (edificação dedicada ao ensino) e, conforme a legislação paraibana, por ter menos de 2.500 m², deve-

se aplicar o sistema de hidrantes do tipo 1 ou 2 e o volume da RTI é de 5 m³, sem ser necessário realizar cálculo para obtenção deste valor, já que ele é predeterminado na norma estadual (Paraíba, 2013; 2016).

Para o cálculo do volume de água a ser coletado e o dimensionamento do reservatório, é preciso conhecer a área, o tipo de superfície em que esta água irá incidir, o material nela usado e a pluviosidade da região. Para o cálculo do volume afluente V_{af} em uma região, considera-se a área da projeção horizontal A da superfície de captação, pois o nível pluviométrico H , medido em milímetros, tem por base a superfície horizontal. Deve-se observar ainda, o coeficiente C , relativo às perdas ocorridas durante o escoamento por fatores diversos, assumindo valores entre 0 e 1 (Neves et al., 2006). Para efetuar o cálculo do volume utilizável V_{util} , deve-se subtrair do volume afluente V_{af} , o volume rejeitado V_{rej} , rejeitado durante as primeiras chuvas e, o volume descarregado V_{desc} , extravasado quando o reservatório chega ao limite. Com base nestes dados, as expressões matemáticas que descrevem o volume utilizável são as Equações 2 e 3:

$$V_{util} = (C.A.H) - V_{rej} - V_{desc} \quad (2)$$

$$V_{af} = C.A.H \quad (3)$$

Onde V_{util} é o volume acumulado no reservatório; V_{rej} é o volume rejeitado; V_{af} é o volume afluente e V_{desc} , volume descartado (Neves et al., 2006). Na proposta trazida neste trabalho, não haverá preocupação em relação aos volumes rejeitados e descartados, pois são considerados iguais a zero; logo, o volume utilizável será igual ao volume afluente. Quanto ao coeficiente C , nota-se que não há variações relevantes nos tempos de retorno usados na microdrenagem, nem com a mudança de intensidade nas precipitações. Os possíveis valores deste coeficiente, de acordo com o tipo de superfície urbana, seguem relacionados na Tabela 3 (Paraná, 2002, p. 33). Para o caso do telhado do PRODEMA/UFPB, o valor de C varia entre 0,90 e 0,95, sendo recomendado o valor de C igual a 0,95 (Tabela 3).

Tabela 3. Valores de coeficiente de escoamento C para superfícies urbanas.

Tipo de superfície	Valor recomendado	Faixa de variação
Concreto, asfalto e telhado	0,95	0,90-0,95
Paralelepípedo	0,70	0,58-0,81
Blockets	0,78	0,70-0,89
Concreto e asfalto poroso	0,03	0,02-0,05
Solo compactado	0,66	0,59-0,79
Matas, parques e campos de esporte	0,10	0,05-0,20
Gramma solo arenoso	0,10	0,08-0,18
Gramma solo argiloso	0,20	0,15-0,30

Fonte: Paraná (2002, p. 33).

Conhecendo-se a área de projeção horizontal A da superfície de captação e o coeficiente de escoamento C da superfície do telhado, resta somente a mensuração do nível pluviométrico da região, para que seja possível estimar o volume de água que poderá ser captado. Para se fazer esta estimativa, “tradicionalmente, são utilizados dois métodos para medir a precipitação: os medidores pontuais (pluviômetros e pluviógrafos) e os radares

meteorológicos” (Mol, 2005, p. 7). Os pluviômetros medem apenas a pluviosidade, enquanto que os pluviógrafos registram esta medida, a lâmina precipitada e a duração da precipitação. Já os radares meteorológicos aferem a pluviosidade, pela medição da intensidade reflexiva de pulso eletromagnético advindo de uma antena, que varia se este pulso encontra ou não gotas de água e cristais de gelo na atmosfera. São capazes de captar a distribuição espacial da precipitação, mas é comum apresentarem erros ligados à calibração, ao efeito de curvatura da terra sobre a reflexão, dentre outros (Barrett e Martin, 1981; Calvetti et al., 2003). A alternativa usada para superar as limitações dos medidores pontuais e dos radares, tais como interferências em determinadas regiões e inconsistências, é o sensoriamento remoto (Scofield e Kuligowski, 2003).

O sensoriamento remoto de um sistema físico ou virtual, inserido em um meio material ou um evento, consiste no monitoramento destes e a aquisição de dados sobre eles, sem que para isto haja contato físico; em se tratando de dados hidrológicos e climáticos, este recurso possibilita o monitoramento de áreas em escalas espaciais e temporais diversas (Jensen, 2009). Dados de bases de satélites têm sido bastante usadas para estimar eventos hidrológicos, tal como a evapotranspiração real em bacias hidrográficas paulistas (Silva et al., 2019) ou no território brasileiro como um todo (ANA, 2020) para fins de estudos de balanço hídrico. Apesar do alto potencial do uso de sensoriamento remoto em pesquisas hidroclimáticas, é preciso armazenar organizadamente os dados, tratá-los e operacionalizá-los, que são ações complexas que permitem pesquisadores realizarem suas atividades. O *Google Earth Engine* (GEE) é uma ferramenta computacional em nuvem que realiza bem estas ações e, por isso, tem sido frequentemente utilizada pela comunidade acadêmica dedicada à área da geotecnologia (Magnoni, 2020).

O GEE contém imagens e dados do planeta, coletados remotamente por satélites para fins vários, fornecendo dados matematicamente tratados aos seus usuários. Dentre os tipos de satélites classificados quanto à destinação, destacam-se no contexto deste estudo, os modelos hidroclimáticos *Famine Early Warning Systems Network Land Data Assimilation System* (FLDAS), *Global Land Data Assimilation System* (GLDAS) e *Monthly Climate and Climatic Water Balance for Global Terrestrial Surfaces* (TERRACLIMATE). Todas estas bases possuem cobertura global no GEE e reúne produtos de variáveis utilizáveis a hidrologia, agrometeorologia e hidrogeologia, dentre as quais, encontra-se a estimativa de precipitações (Magnoni, 2020).

O FLDAS apresenta informações úteis a estudos de hidroclimatologia relativas a mais de 30 anos, disponibilizadas tanto pela NASA, através do Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center, quanto pelo GEE (McNally et al., 2017, 2019). Tais dados estão em escala mensal e resolução espacial de 0,1 grau (McNally e NASA/GSFC/HSL, 2018). O GLDAS faz estimativas globais que ajudam a prever o clima, a hidrologia e os ciclos da água (Magnoni, 2020), dispondo de dados de aproximadamente 20 anos, com escala temporal de 3 h e resolução espacial de 0,25 grau (Beaudoing et al., 2020). O TERRACLIMATE, por sua vez, traz um grupo de dados que reflete o balanço mensal climático e hídrico na superfície da terra, incluindo nestes balanços, a precipitação. Os dados desta base têm uma escala temporal mensal e resolução espacial de 4 km, sendo disponibilizadas estas informações desde o ano de 1958 (Rodell et al., 2004; Abatzoglou et al., 2018).

Materiais e métodos

A edificação considerada para estimativa de cálculo do volume médio mensal e anual de água de chuva passível de ser coletada foi o prédio do Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), localizado nas dependências da Universidade Federal da Paraíba, no Município de João Pessoa, Paraíba, Brasil. O prédio

tem formato retangular e, contabilizando as dimensões do beiral, o edifício tem um comprimento de 54,4 m e largura de 14,2 m, totalizando uma área de projeção horizontal do telhado de 772,48 m².



Figura 1. Vista aérea e frontal do Prédio do PRODEMA/UFPB. Fonte: Google Maps (2021).

As condições exigidas para que a água da chuva chegue ao RTI com a devida qualidade são suficientemente atendidas, pois se trata de um teto coberto por telhas constituída de material cerâmico, não ocupado por pessoas e animais, o que garante não haver contaminação da água do telhado por tais razões. Embora seja recomendado o descarte das primeiras chuvas, neste estudo toda precipitação será considerada apta à captação para RTI. Pelas normas vigentes no Estado da Paraíba, a edificação é classificada como E-1, por ser uma estrutura destinada ao Ensino e, embora apresente em um de seus compartimentos, um laboratório, no mesmo não há manipulação de químicos ou fármacos e, portanto, se enquadra dentro da mesma classificação que o restante da edificação (Paraíba, 2013).

As informações sobre pluviosidade foram obtidas nas bases de dados hidroclimáticas PFLDAS, GLDAS e TERRACLIMATE, pelo uso da ferramenta de computação em nuvem *Google Earth Engine* (GEE). Dentre as estratégias empregadas para disposição e apresentação dos dados, inicialmente, foi realizado o levantamento dos dados pluviométricos mensais de 15 pontos distribuídos no Município de João Pessoa, entre os anos de 2015 a 2020 e, a partir do cálculo da média dos valores de pluviosidade destes pontos para cada base, foram traçados gráficos expressando a precipitação média anual, contendo o nível de pluviosidade por mês em cada ano, onde cada curva do gráfico representa os valores fornecidos por uma base.

Após esta etapa, foram calculadas as médias pluviométricas mensais, utilizando-se dos três valores médios fornecidos por cada base, ficando explicitado em cada novo gráfico traçado, não mais três curvas características, mas apenas uma indicando a média de pluviosidade mensal por ano, assim como as discrepâncias que há entre os dados fornecidos pelas bases, concebidas nos gráficos *box-plot*, que foram os adotados nesta seção. Ao se observar a pluviosidade média total e o valor de 100 m² área de projeção

horizontal da superfície do telhado, foi calculado a pluviosidade e o volume médios por mês, sendo traçado um gráfico para cada ano, estando expresso em cada um deles, uma curva de pluviosidade média e uma curva de volume médio, com os valores de cada uma destas grandezas destacados, mês a mês.

Com estas informações, traçou-se o último gráfico, constituído por barras verticais que indicam o volume médio de chuva precipitado no Município de João Pessoa em cada ano, para cada 100 m² de área de projeção horizontal de superfície de telhado. Considerando a Equação 2 e atribuindo ao coeficiente de escoamento o valor de 0,95, conforme recomendado para este tipo de telhado (Tabela 3), foram calculados os volumes de água possíveis de serem captados na edificação em estudo, a cada ano e nos meses mais escassos. Por fim, foram comparados aos valores de referência de volume previstos para RTI, conforme a norma vigente no Estado da Paraíba, para que, a partir desta análise, fosse possível determinar se a quantidade de água a ser captada é ou não suficiente para suprir a demanda de água necessária à RTI.

Resultados e discussão

O primeiro conjunto de gráficos traz os valores de precipitação, em milímetros, captados por cada uma das bases. As cores verde, azul e laranja indicam os dados contidos nas bases TERRACLIMATE, PFLDAS e PGLDAS, respectivamente. Observando os gráficos, nota-se que as leituras contidas no TERRACLIMATE e no PFLDAS apresentam valores próximos, exceto em alguns meses nos quais as diferenças entre eles acabam atingindo níveis fora da normalidade, principalmente em um mês que sucede queda ou crescimento abrupto na pluviosidade em relação ao mês anterior, como em junho de 2015, quando ocorreu uma rápida elevação desta grandeza em relação ao mês de maio ou como no mês de junho de 2016, no qual foi percebida uma queda vertiginosa na pluviosidade se comparado ao mês que o antecedeu.

Entre os anos de 2015 a 2017, a base de dados PGLDAS traz valores inferiores aos registrados pelas outras bases, exceto nos meses menos chuvosos. A partir de 2018, os valores medidos por esta base sofreram uma elevação considerável, passando a patamares próximos daqueles medidos pelo TERRACLIMATE e PFLDAS, os quais mantiveram uma regularidade durante os seis anos considerados. Convém destacar que, apesar das divergências ora pontuadas, as tendências de aumento ou diminuição da pluviosidade mês a mês, são semelhantes nas três bases. Sobre a pluviosidade propriamente dita, pode-se dizer que no período entre março e agosto ocorrem as maiores incidências de chuva, com valores que podem chegar a 350 mm nas bases TERRACLIMATE e pelo PFLDAS e a 250 mm na base PGLDAS. Já de setembro até dezembro, ocorrem os menores índices de pluviosidade, com valores que variam de 20 a 30 mm em todas as bases. Em 2017 e 2020, a pluviosidade atingiu níveis acima da média, tanto que em meses mais chuvosos, a pluviosidade chegou a mais de 500 mm, já em meses com incidência de chuva menor, o valor mínimo ficou em torno de 50 mm.



Figura 2. Precipitação média anual das bases TERRACLIMATE, PFLDAS e PGLDAS referentes ao Município de João Pessoa de 2015 a 2020.

No segundo conjunto de gráficos, foi apresentado para cada ano, um gráfico box-plot que expõe a média mensal dos valores de pluviosidade, calculada com o uso de todos os valores registrados nas três bases consultadas, destacando-se em cada um dos gráficos, o nível de discrepâncias existente entre os valores registrados, mês a mês. Percebeu-se que os dados são mais discrepantes, quanto mais elevados forem os níveis de pluviosidade registrados no mês e que, nestas situações, as diferenças entre os valores máximo e mínimo são expressivos. Ainda em relação a estes dados, fica nítido que o intervalo entre o primeiro e o terceiro quartil é mais espesso, demonstrando que há um alto nível de dispersão entre os valores coletados. Uma das razões para a ocorrência deste comportamento, é o conjunto de medidas feitas na base de dados PGLDAS durante os três primeiros anos, que destoa consideravelmente do conjunto de valores registrados pelas demais bases no mesmo período, tanto que ao se observar os três últimos anos, constata-se que as diferenças entre os valores máximo e mínimo de pluviosidade nos meses mais chuvosos, assim como o intervalo entre o primeiro e o terceiro quartil, são menores. A partir dos valores médios mensais expressos, foram realizados os cálculos para determinar o volume médio de chuva precipitado no Município de João Pessoa.

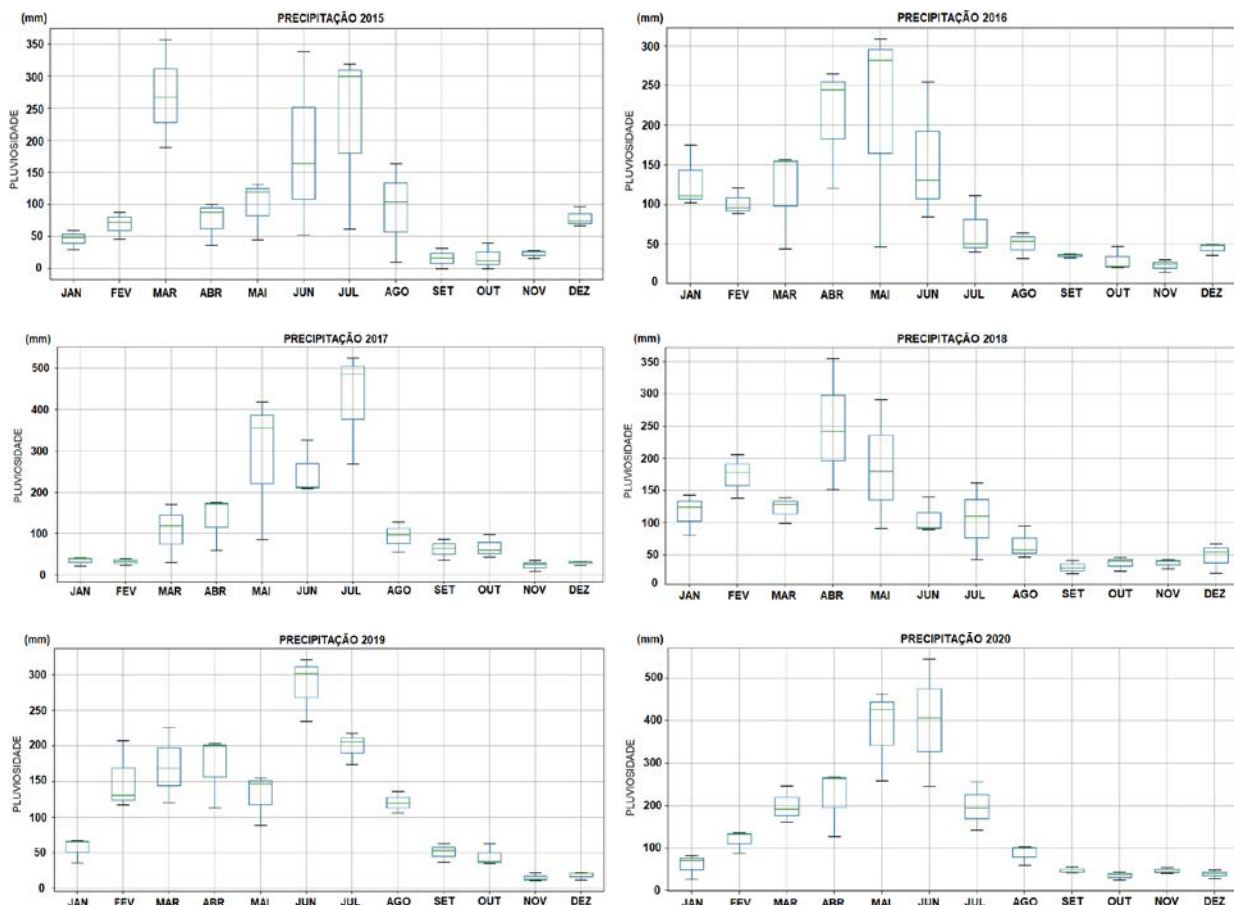


Figura 3. Precipitação anual média a partir de dados extraídos das bases TERRACLIMATE, PFLDAS e PGLDAS acerca da cidade de João Pessoa de 2015 a 2020.

Com os dados de precipitação média, traçou-se o terceiro conjunto de gráficos, cada um deles composto por duas curvas: uma azul, com os valores de precipitação média mensal e outra laranja, mostrando o volume médio acumulado durante cada mês. Convém destacar que, mesmo nos meses escassos de chuva, existe uma garantia de fornecimento hídrico por meio pluvial em quantidade considerável, passível de ser armazenada. Tanto que, para uma área de 100 m^2 em projeção horizontal do telhado, uma precipitação média de 20 mm em meses de escassez e um coeficiente de escoamento igual a 0,95, atendendo recomendação contida na Tabela 3, nota-se que de acordo com a Equação 2, o volume médio de água acumulada ao mês é cerca de $1,9 \text{ m}^3$. Assim, para a área total do PRODEMA, que é de $772,48 \text{ m}^2$, caso exista um sistema de coleta de água de chuva adequado, será possível acumular, aproximadamente, 15 m^3 de água durante um mês com pouca chuva.

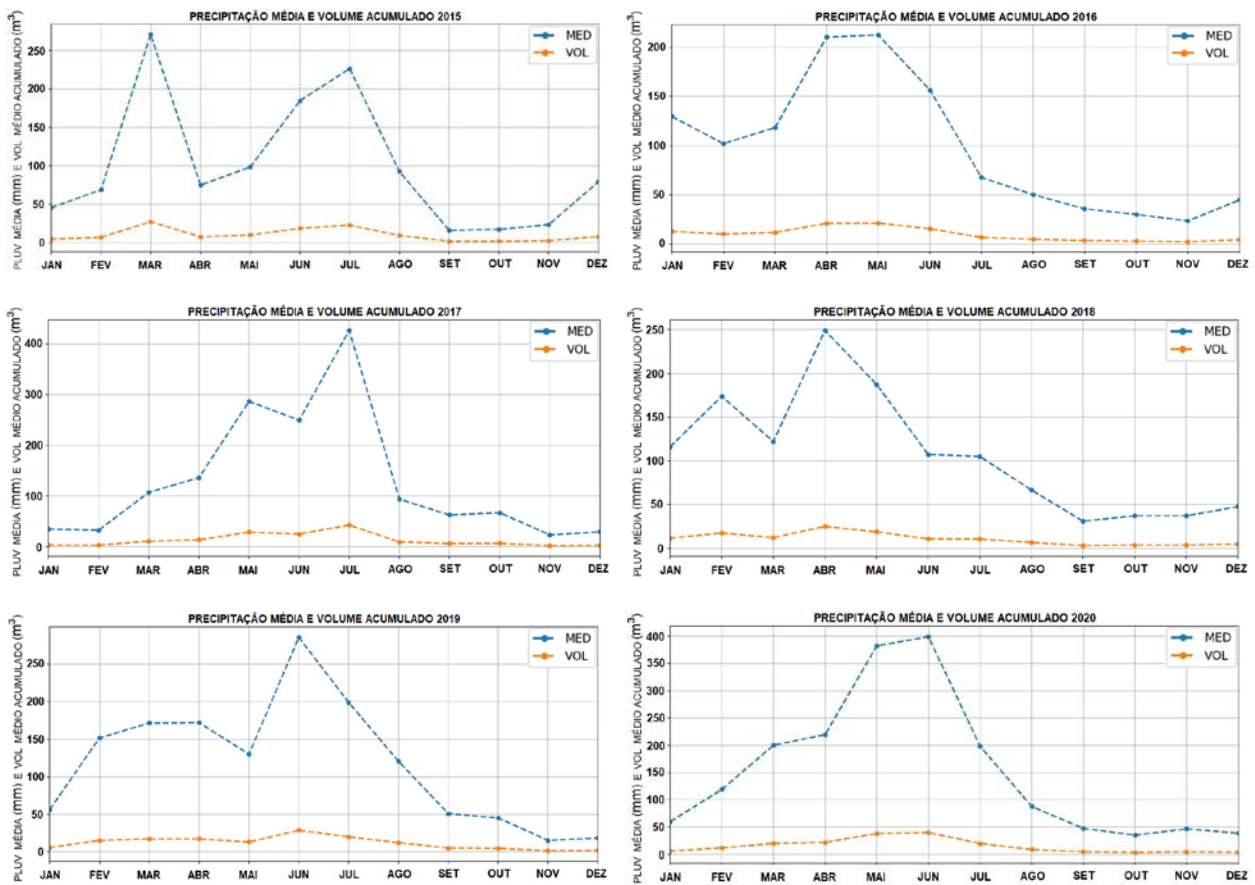


Figura 4. Precipitação e volume médios anuais calculados a partir de dados extraídos das bases TERRACLIMATE, PFLDAS e PGLDAS acerca da cidade de João Pessoa de 2015 a 2020.

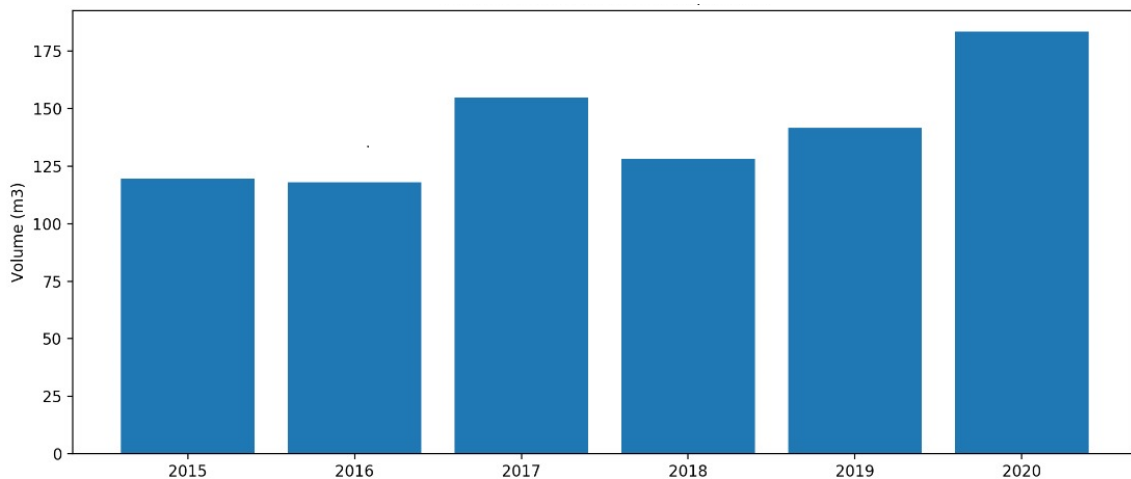


Figura 5. Volume médio acumulado por ano a cada 100 m² em projeção horizontal _2015-2020.

A Figura 5 mostra o volume médio anual precipitado na região de João Pessoa de 2015 a 2020, abalizado nas precipitações médias anuais calculadas a partir das informações das três bases de dados de sensoriamento remoto adotadas. Cada barra vertical corresponde ao volume médio de água de chuva precipitado em determinado ano, tendo como referência uma de área 100 m^2 em projeção horizontal da superfície do telhado. Estes volumes variaram entre 120 m^3 e 180 m^3 , sendo assim, caso o coeficiente de escoamento seja considerado igual a 0,95, conforme recomendação técnica para este tipo de telhado (Tabela 3) e sabendo que a área total do PRODEMA é igual a $772,48 \text{ m}^2$, utilizando a Equação 2, teremos um volume médio acumulado de 927 m^3 , aproximadamente, se o ano for menos chuvoso, podendo chegar a 1390 m^3 nos anos de maior incidência de chuva. Para se ter uma ideia desta quantidade, para a edificação em estudo, isto dá uma média de volume acumulado, por dia, de $2,5 \text{ m}^3$ para anos de pluviosidade baixa e $3,8 \text{ m}^3$ para os anos pluviosidade elevada.

Pelas normas vigentes no Estado da Paraíba, uma edificação tipo E-1, como é o caso do prédio do PRODEMA, deve manter em sua RTI, um volume de 5 m^3 , se o sistema de hidrante for do tipo 1 (mangotinho) ou um volume de 10 m^3 , se o sistema de hidrante for do tipo 2 (mangueira simples de $1 \frac{1}{2}$ polegada) (Paraíba, 2016). Fundamentado nestes dados, pode-se dizer que para abastecer completamente a RTI com hidrante do tipo 1, basta a captação de água entre 1,35 e 2 dias, em média. Já para abastecer a RTI com hidrante do tipo 2, serão necessários, em média, entre 2,5 e 4 dias. Durante um mês de menor incidência de chuva, no qual o volume acumulado é de cerca de $1,9 \text{ m}^3$ para uma área de 100 m^2 de projeção horizontal do telhado, é possível armazenar no prédio do PRODEMA, algo em torno de 15 m^3 ao mês, o que dá uma média $0,5 \text{ m}^3$ ao dia, deste modo, 10 dias serão suficientes para abastecimento da RTI com hidrantes do tipo 1 e 20 dias, o bastante para abastecer a RTI com hidrantes do tipo 2.

Considerações finais

A captação de água pluvial para composição da RTI do Prédio do PRODEMA mostrou ser algo recomendado, desde que sejam tomadas as devidas medidas para garantir a manutenção permanentemente do nível da RTI. O sistema contra incêndios não admite falhas, visto que é proposto para dá resposta a uma situação crítica, sendo assim, sugere-se que o reservatório seja do tipo elevado e que ao ter sua capacidade atingida, permita que a água excedente extravase para um reservatório maior, localizado no solo e conectado permanentemente a ela por dois sistemas de tubulação. Um para conduzir a água extravasada da RTI até ele e outro para reabastecimento da RTI, por meio de bombeamento hidráulico, caso ela seja total ou parcialmente esvaziada, por motivo de manutenção ou de uso, de modo que seja garantido um abastecimento perene.

Em se tratando de limitação, pode-se destacar a discrepância existente entre as informações hidroclimáticas fornecidas por bases de dados que trabalham com sensoriamento remoto, resultante das limitações de resolução dos sensores, de maneira que por mais que se tome pontos distantes uns dos outros, a variação média dos índices pluviométricos registrada entre eles é relativamente ampla. Para mitigar este problema, foram consideradas informações de três bases, de modo que esta limitação, apesar de deixarem lacunas de conhecimento, não impediram a realização da pesquisa.

Para sanar estas lacunas, recomenda-se, inicialmente, que seja feito o levantamento de informações coletadas por pluviômetros físicos instalados na região da grande João Pessoa, por meio de consulta a órgãos públicos responsáveis pelas estatísticas acerca do assunto, tais como a Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba (AESPA) e a Agência Nacional das Águas (ANA) e, a partir da análise dos dados da pluviosidade de 2015 e 2021, realizar a estimativa pluviométrica da região A seguir, pode-se comparar os resultados obtidos a partir das bases de dados advindas de pluviômetros físicos com

aqueles oriundos de bases de dados de sensoriamento remoto, para identificação das discrepâncias e emprego de ferramentas estatísticas para correção que sejam necessárias.

Após isto, pode-se pensar na possibilidade de construção de um pluviômetro de baixo custo que atenda às necessidades de levantamento de dados pluviométricos e, por um período mínimo de um ano, tabular dados de coleta e traçar gráficos da precipitação de água no local por semana, por mês e por ano. De posse destas informações, compará-las aos dados já consolidados da AESA e da ANA e, a partir desta comparação, estabelecer uma modelagem estatística, estabelecida por software, que seja capaz de fornecer a precipitação média em um ponto qualquer da região.

A área de estudo se mostrou relevante, por ser buscar soluções a uma preocupação de toda sociedade, pois a água potável é um recurso cada vez mais escasso, de modo que iniciativas para diminuir seu consumo, desde que viáveis, são bem vindas. Falando especificamente sobre o uso de água pluvial para o combate a incêndio, pensar nisto, não trará apenas uma benfeitoria à questão ambiental, mas também no campo econômico, pois resultará na redução considerável de custos com água da rede, cujo uso é oneroso, além do sistema de coleta a ser instalado ser de baixo custo, visto que não é preciso a implementação de tratamento específico para a água, quando destinada a este fim. O campo desta pesquisa é vasto e, de certo, este trabalho se refere apenas a uma iniciação que gera expectativas de benefícios para o futuro, tanto à comunidade acadêmica, quanto à sociedade em geral.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

Abatzoglou, J. T.; Dobrowski, S. Z.; Parks, S. A.; Hegewisch, K. C. TerraClimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958-2015. **Scientific Data**, v.5, Article number: 170191, 2018. <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.191>

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 13.714:2000 - Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio**. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 15.527:2006 - Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 5.626:1998 - Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

Agarwal, A.; Narain, S. **Dying wisdom: Rise, fall and potential of India's Traditional Water Harvesting Systems**. Nova Delhi: Center for Science and Environment, 1997.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Estimativas de evapotranspiração real por sensoriamento remoto no Brasil**. Brasília: ANA, 2020. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/23-estimativas-de-eva-potranspiracao-real-por-sensoriamento-remoto/view>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

Barrett, E. C.; Martin, D. W. **The use of satellite data in rainfall monitoring**. London: Academic Press, 1981.

Beaudoin, H.; Rodell, M.; NASA/GSFC/HSL. **GLDAS Noah Land Surface Model L4 3 hourly 0.25 x 0.25 degree V2.1 (GLDAS_NOAH025_3H)**. Greenbelt: Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center, 2020. <https://doi.org/10.1175/BAMS-85-3-381>

Belmeziti, A.; Coutard, O.; Gouvello, B. How much drinking water can be saved by using rainwater harvesting on a large urban area? Application to Paris Agglomeration. **Water Science & Technology**, v. 70, n. 11, p. 1782-1788, 2014. <https://doi.org/10.2166/wst.2014.269>

Calvetti, L.; Beneti, C.; Pereira Filho, A. J. Integração do radar meteorológico *doppler* do SIMEPAR e uma rede de pluviômetros para a estimativa da precipitação. Anais do XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisa e Estatística, 2003.

Coombes, P.; Argue, J.; Kuczera, G. Figtree Place: A case study in water sensitive urban development (WSUD). **Urban Water Journal**, v. 4, n. 1, p. 335-343, 2000. [https://doi.org/10.1016/S1462-0758\(00\)00027-3](https://doi.org/10.1016/S1462-0758(00)00027-3)

Domenech, L.; Saurí, D. A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multi-family buildings of the Metropolitan Area of Barcelona: Social experience, drinking water savings and economic costs. **Journal Cleaner Production**, v. 19, n. 6/7, p. 598-608, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.11.010>

Evenari, M.; Shanan, L.; Tadmor, N. **The Negev: The callange of a desert**. Cambridge: Harvard University Press, 1982.

Galvão, C. B.; Magalhães Júnior, C. A. O. A relação entre as representações sociais de professores sobre Educação Ambiental e os projetos relacionados à Conferência Nacional Infante Juvenil pelo Meio Ambiente. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 33, n. 2, p. 124-141, 2016.

Gauzin-Muller, D. **Arquitetura ecológica: 29 ejemplos europeos**. 1. ed. Barcelona: Gustavo Gili, 2003.

Gnadlinger, J. Estratégia para uma legalização favorável à captação e ao manejo de água de chuva no Brasil. Anais do 5º Simpósio Brasileiro sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva, Teresina, Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água da Chuva, 2005.

Gomes, U. A. F.; Domènech, L.; Pena, J. L.; Heller, L.; Palmier, L. R. A captação de água de chuva no Brasil: novos aportes a partir de um olhar internacional. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 1, p. 7-16, 2014. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v19n1.p7-16>

Google Maps. Imagem de satélite do Prédio do Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, Brasil. 2021. Disponível em: <<https://www.google.com/maps/place/PRODEMA/@-7.1396502,-34.8448797,949m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x7acc2b97e426991:0x9a01949e16480b5!8m2!3d-7.1399669!4d-34.8443781>>. Acesso em: 18 set. 2021.

Group Raindrops. **Aproveitamento da água de chuva**. 1. ed. Curitiba: Organic Trading, 2002.

Han, M.; Ki, J. Establishment of sustainable water supply system in small islands through rainwater harvesting (RWH): Case study of Guja-do. **Water Science & Technology**, v. 62, n. 1, p. 148-153, 2010. <https://doi.org/10.2166/wst.2010.299>

Herrmann, T.; Schmida, U. Rainwater utilisation in Germany: Efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. **Urban Water**, v. 1, n. 4, p. 307-316, 2000. [https://doi.org/10.1016/S1462-0758\(00\)00024-8](https://doi.org/10.1016/S1462-0758(00)00024-8)

Jensen, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

Kahinda, J. M.; Taigbenu, A. E.; Boroto, J. R. Domestic rainwater harvesting to improve water supply in rural South Africa. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 32, p. 1050-1057, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2007.07.007>

Ly, H.; Ye, Q.; Liu, A.; Meng, F.; Zhang, W.; Xiong, W.; Wang, P.; Wang, C. Seeking urbanization security and sustainability: Multi-objective optimization of rainwater harvesting systems in China. **Journal of Hydrology**, v. 550, p. 42-53, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.04.042>

Magnoni, P. H. J. **Estimativa de recarga de águas subterrâneas por sensoriamento remoto e computação em nuvem**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, 2020. (Dissertação de Mestrado).

May, S.; Prado, R. T. A. Estudo da qualidade da água de chuva para consumo não potável em edificações. Anais do CLACS' 04 - I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04 - 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo, 2004. (CD ROM).

McNally, A.; Arsenault, K.; Kumar, S.; Shukla, S.; Peterson, P.; Wang, S.; Funk, C.; Peters-Lidard, C. D.; Verdin, J. P. A land data assimilation system for Sub-Saharan Africa food and water security applications. **Scientific Data**, v. 4, n. 1, p. 1-19, 2017. <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.12>

McNally, A.; NASA/GSFC/HSLFLDAS. **Noah Land Surface Model L4 Global Monthly 0.1 x 0.1 degree (MERRA-2 and CHIRPS)**. Greenbelt: Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center, 2018. Disponível em: <https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/FLDAS_NOAH01_C_GL_M_001/summary>. Acesso em: 18 maio 2021.

McNally, A.; Verdin, K.; Harrison, L.; Getirana, A.; Jacob, J.; Shukla, S.; Arsenault, K.; Peters-Lidard, C.; Verdin, J. P. Acute water-scarcity monitoring for Africa. **Water**, v. 11, n. 10, 1968, 2019. <https://doi.org/10.3390/w11101968>

Mol, J. M. D. **Estimativa de precipitação por meio de sensoriamento remoto**. Brasília: Universidade de Brasília, 2005. (Dissertação de mestrado).

Neves, M. V.; Bertolo, E.; Rossa, S. Aproveitamento e reutilização da água para usos domésticos. Anais da Primeira Jornada de Hidráulica Recursos Hídricos e Ambiente, Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2006.

Özdemir, S.; Elliott, M.; Brown, J.; Nam, P. K.; Hien, V. T.; Sobsey, M. D. Rainwater harvesting practices and attitudes in the Mekong Delta of Vietnam. **Journal of Water, Sanitation & Hygiene for Development**, v. 1, n. 3, p. 171-177, 2011. <https://doi.org/10.2166/washdev.2011.024>

Paraíba. **Norma Técnica CBMPB nº 004/2013**. Classificação das edificações quanto à natureza da ocupação, altura, carga de incêndio e área construída. Disponível em: <<https://bombeiros.pb.gov.br/wp-content/uploads/2013/10/NT-nº-0042013-CBMPB.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2021.

Paraíba. **Norma Técnica CBMPB nº 015/2016**. Sistemas de hidrantes e mangotinhos. Corpo de Bombeiros Militar da Paraíba, Disponível em: <<https://bombeiros.pb.gov.br/wp-content/uploads/2016/10/NT-CBMPB-nº-015-2016-SISTEMAS-DE-HIDRANTES-E-MANGOTINHOS.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2021.

Paraná. **Plano diretor de drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba**. Curitiba: Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2002. (Versão 1.0).

Rodell, M.; Houser, P. R.; Jambor, U.; Gottschalck, J.; Mitchell, K.; Meng, C.; Arsenault, K.; Cosgrove, B.; Radakovich, J.; Bosilovich, M.; Entin, J. K.; Walker, J. P.; Lohmann, D.; Toll, D. The global land data assimilation system. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 85, n. 3, p. 381-394, 2004. <https://doi.org/10.1175/BAMS-85-3-381>

Roebuck, R. M.; Oltean-Dumbrava, C.; Tait, S. Whole life cost performance of domestic rainwater harvesting systems in the United Kingdom. **Water and Environment Journal**, v. 25, n. 3, p. 355-365, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.2010.00230.x>

Rowe, M. P. Rain water harvesting in Bermuda. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 47, n. 6, p. 1219-1227, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2011.00563.X>

Scofield, R. A.; Kuligowski, R. J. Status and outlook of operational satellite precipitation algorithms for extreme-precipitation events. **Weather and Forecasting**, v. 18, n. 6, p. 1037-1051, 2003. [https://doi.org/10.1175/1520-0434\(2003\)018<1037:SAOOS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0434(2003)018<1037:SAOOS>2.0.CO;2)

Silva, C. O. F.; Manzione, R. L.; Albuquerque Filho, J. L. Combining remotely sensed actual evapotranspiration and GIS analysis for groundwater level modeling. **Environmental Earth Sciences**, v. 78, n. 15, Article number: 462, 2019. <https://doi.org/10.1007/S12665-019-8467-X>

Vieira, S. A. **Uso racional de água em habitações de interesse social como estratégia para a conservação de energia em Florianópolis**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2012. (Dissertação de mestrado).

Zaizen, M.; Urakawa, T.; Matsumoto, Y.; Takai, H. The collection of rainwater from dome stadiums in Japan. **Urban Water**, v. 1, n. 4, p. 355-359, 2000. [https://doi.org/10.1016/S1462-0758\(00\)00028-5](https://doi.org/10.1016/S1462-0758(00)00028-5)

Zhu, Q.; Yuanhong, L. A sustainable way for integrated rural development in the mountainous area in China. Anais do 7º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água da Chuva, Caruaru, 2009.



Informação da Licença: Este é um artigo Open Access distribuído sob os termos da Licença Creative Commons Attribution, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a obra original seja devidamente citada.