

Otimização de sistemas de aproveitamento de água pluvial para atendimento humano em áreas rurais

Optimization of rainwater harvesting systems for human supply in rural areas

Ana Caroline Bastos Lima de Souza¹ , Juliana Farias Araújo¹ ,
Anderson de Souza Matos Gadéa¹ , Eduardo Cohim¹ 

RESUMO

A precariedade do acesso à água de qualidade em comunidades rurais difusas da região semiárida brasileira torna fundamental o incentivo ao uso de técnicas de aproveitamento de água pluvial. Durante muitos anos, a implantação de sistemas de captação de água de chuva contribuiu para suprir as necessidades dos habitantes, entretanto a padronização do volume de armazenamento comprometeu a eficiência de atendimento da demanda. Levando em consideração a importância de um dimensionamento adequado, este trabalho apresenta um método de otimização de sistemas de aproveitamento de água pluvial para fins domésticos em áreas rurais, além de um recurso simplificado de cálculo da área de captação e do volume ideal com base em duas equações. O procedimento consistiu na determinação de valores médios de fração de demanda (F_D) e fração de reservação (F_R), capazes de fornecer a combinação mais econômica de área de captação e volume de reservatório, atendendo, ainda, a uma demanda hídrica com pelo menos 95% de eficiência. Em seguida, notou-se a existência de forte relação positiva entre a demanda diária e as variáveis área e volume ótimos, o que proporcionou a estimativa desses valores por meio de equações lineares que dependem apenas da demanda. Ambas as técnicas de dimensionamento fornecem valores ótimos e destacam-se pela facilidade de utilização.

Palavras-chave: captação e armazenamento de água de chuva; otimização; áreas rurais; abastecimento humano.

ABSTRACT

The precariousness of access to quality water in diffuse rural communities in the Brazilian semi-arid region makes it essential to encourage the use of rainwater harvesting techniques. For many years, the implementation of rainwater harvesting systems contributed to meet the needs of its inhabitants, however, the standardization of the storage volume compromised the efficiency of meeting the demand. Taking into account the importance of adequate sizing, this work presents a method for optimizing rainwater harvesting systems for domestic purposes in rural areas, in addition to a simplified resource for calculating the ideal catchment area and storage volume using two equations. The procedure consisted of determining the average values of Demand Fraction (DF) and Reserve Fraction (RF), capable of providing the most economical combination of catchment area and storage volume, also meeting a water demand with at least 95% efficiency. Then, it was noticed the existence of a strong positive relationship between the daily demand and the variables optimal area and volume, which allowed the estimation of these values through linear equations that depend only on the demand. Both sizing techniques provide optimal values and stand out for their ease of use.

Keywords: rainwater harvesting system; optimization; rural areas; human water supply.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil está entre os países de maior reserva de água doce do mundo, com disponibilidade hídrica *per capita* variando de 1.835 m³/hab./ano, na bacia hidrográfica do Atlântico Leste, a 628.938 m³/hab./ano, na bacia Amazônica (FREITAS e SANTOS, 1999). No entanto, em razão da sua

elevada extensão territorial e diversidade climática, algumas regiões enfrentam graves problemas de escassez de água, especialmente o semiárido nordestino.

Com precipitação média anual igual ou inferior a 800 mm, a região semiárida é marcada por chuvas concentradas em poucos meses do ano e distribuídas de forma

¹Universidade Estadual de Feira de Santana - Novo Horizonte (BA), Brasil.

*Endereço para correspondência: Endereço para correspondência: Rua Calamar, 340, Conceição I. Feira de Santana, BA. CEP: 44065-706. e-mail: anacarolinebxstos@gmail.com

irregular ao longo do seu território. Além disso, as altas temperaturas levam a um índice de evaporação de cerca de 3.000 mm por ano, provocando um déficit hídrico desafiador para os seus 27 milhões de habitantes (IBGE, 2017; ASA, 2021). Esse quadro torna-se ainda mais preocupante em função da concentração de solutos nas fontes hídricas superficiais e subterrâneas, comprometendo a qualidade das águas disponíveis e limitando usos considerados nobres (BRITO, SILVA e PORTO, 2007). Nesse sentido, alternativas para o convívio com o semiárido ganham importância, como o aproveitamento de água da chuva.

A utilização de reservatórios para armazenar água em tempos chuvosos é bastante antiga e ganhou destaque no Brasil com o programa Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC), que, desde o seu início em 2003, proporcionou a construção de mais de 620 mil cisternas de placa nas áreas rurais da região semiárida (ASA, 2021). Cada cisterna tem capacidade para armazenar 16 m³ de água, no entanto estudos demonstram tendência à diminuição da eficiência dos sistemas quando se padroniza o volume do reservatório e/ou área de captação, visto que não se consideram o regime pluviométrico local, o número de usuários e a área de captação disponível (GHISI, 2010; CAMPISANO e MODICA, 2012; ANDRADE NETO, 2013; ARAUJO e COHIM, 2016; COHIM SILVA e ORRICO, 2015).

Grandes reservatórios reduzem a probabilidade de falhas no abastecimento durante períodos de estiagem, no entanto podem criar, na maior parte do tempo, um volume ocioso significativo, tornando-se excessivamente caros. O subdimensionamento, por sua vez, resulta em reservatórios de custos reduzidos, porém mais propensos a falhas no atendimento à demanda. Tendo em vista que, em um sistema de aproveitamento de água de chuva (SAAC), o reservatório é normalmente o componente mais custoso (CAMPISANO e MODICA, 2012; SEVERIS *et al.*, 2019), a determinação do volume de armazenamento deve ser feita de forma criteriosa, buscando-se uma solução que promova maior economia e eficiência.

Algumas pesquisas têm se voltado ao desenvolvimento de técnicas de otimização de sistemas de captação e armazenamento de água de chuva. Entre as variáveis otimizadas, o custo aparece com maior frequência, e a abordagem mais comum avalia o custo de água do tratamento centralizado que

seria deslocado em consequência do uso da água de chuva (SEMAAN *et al.*, 2020). Entretanto, esse procedimento não é apropriado para a população que não tem acesso às redes de abastecimento de água, o que no estado da Bahia corresponde a 46% da população rural (SNIS, 2018). Assim, uma análise que relacione a eficiência de atendimento à demanda com um sistema ótimo seria mais recomendada para as regiões semiáridas que não são atendidas pelas redes de abastecimento.

Desse modo, trabalhos que proponham metodologias de dimensionamento otimizado de sistemas de aproveitamento de água pluvial para fins domésticos em áreas rurais têm um apelo técnico e científico relevante, possibilitando o maior retorno econômico e social para os investimentos na infraestrutura hídrica da região.

Neste trabalho, demonstra-se a aplicação de uma técnica de otimização do dimensionamento de SAAC, com base em um estudo de caso feito para a cidade de Ibotirama-BA. Inserido na zona do Polígono das Secas, o município está sujeito a longos períodos de estiagem, tornando essencial a implantação de tecnologias sociais para o aproveitamento da água de chuva (BRASIL, 2010).

2. METODOLOGIA

A metodologia proposta norteia-se pela técnica de otimização econômica de sistemas de captação de água de chuva apresentada por Giffoni e Cohim Silva (2019), que determina a combinação de menor custo entre diferentes arranjos de área de captação e volume de reservatório capazes de atender a determinada demanda. Neste caso, o dimensionamento do reservatório é realizado por meio de um modelo comportamental com balanço hídrico de intervalo diário (FEWKES, 2000), constituído pelas Equações 1, 2 e 3.

$$Q_{(t)} = P_{(t)} \cdot A \cdot C \quad (1)$$

$$Y_{(t)} = \min \left\{ \begin{array}{l} D_{(t)} \\ V_{(t-1)} + \theta Q_{(t)} \end{array} \right. \quad (2)$$

$$V_{(t)} = \min \left\{ \begin{array}{l} (V_{(t-1)} + Q_{(t)} - \theta Y_{(t)}) - (1 - \theta) Y_{(t)} \\ R - (1 - \theta) Y_{(t)} \end{array} \right. \quad (3)$$

Em que:

$Q_{(t)}$ = quantidade de água, em litros, que flui para o reservatório no intervalo de tempo t (dia);

$P_{(t)}$ = precipitação nesse mesmo período (mm);
 A = área de captação (m^2);
 C = coeficiente de escoamento superficial (*Runoff*), que neste caso equivale a 0,8.

O coeficiente adimensional θ , presente nas Equações 2 e 3, varia de 0 a 1. Adota-se $\theta = 0$ quando a demanda diária é totalmente consumida antes que o escoamento de água de chuva no intervalo de tempo seja adicionado ao tanque, e $\theta = 1$ quando o consumo é feito posteriormente. Foi utilizado $\theta = 0,5$ com o intuito de abordar uma situação intermediária. Quanto às outras variáveis, todas estão expressas em litros: $D_{(t)}$ refere-se à demanda diária total no período t ; $Y_{(t)}$ é o volume de água utilizado para suprir a demanda naquele período; $V_{(t)}$ é o volume armazenado no reservatório no mesmo período; e R é a capacidade do reservatório.

Utilizou-se uma série diária de precipitação com 33 anos de observações, com dados disponíveis no Portal HidroWeb, da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), e no Banco de Dados de Recursos Hídricos (BDRH), do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia (Inema).

Foi considerado o total de quatro moradores por residência, com base em cálculos feitos para o contexto rural baiano, conforme o Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010). A fim de representar cenários com baixo e alto consumo de água, foram simuladas demandas *per capita* diárias de: 15, 30, 45, 60, 75 e 90 L. Com relação à área de captação, adotou-se o valor inicial de $20 m^2$, que sofria acréscimos de $5 m^2$ até que determinada eficiência de atendimento fosse atingida. Como este estudo buscou retratar o cenário em que a água de chuva era a única fonte de abastecimento, adotou-se 95% como valor mínimo de eficiência, o qual representa o percentual da demanda no período simulado que poderia ser atendido com água de chuva.

O procedimento de dimensionamento do reservatório consistiu, portanto, na obtenção de volumes que suprissem a quantidade de água solicitada, considerando-se o valor mínimo de eficiência e diferentes áreas de captação. Para cada demanda, foram geradas combinações de área de captação e volume de reservatório.

Diante da variedade de parâmetros utilizados nesse método, julgou-se necessário normalizar essas combinações de valores por meio de fatores adimensionais. Para isso, utilizou-se a ideia proposta por Fewkes (2000) e calcularam-se a fração de demanda (F_D) e a fração de reservação (F_R), parâmetros estes obtidos conforme as Equações 4 e 5.

$$F_D = \frac{D}{A \cdot P} \quad (4)$$

$$F_R = \frac{V}{A \cdot P} \quad (5)$$

Em que:

D = demanda anual (L);

V = volume do reservatório (L);

A = área de captação (m^2);

P = precipitação média anual (mm).

A concepção do SAAC baseou-se na cartilha publicada pelo Centro de Desenvolvimento Agroecológico Sabiá (SANTOS, MEDEIROS e ANGOLA, 2013), em que se utiliza como tecnologia de aproveitamento de água de chuva a chamada “Cisterna Telhadão”. Nesse sistema, a estrutura de captação de água é um telhado em forma de galpão, que possibilita às famílias a utilização do espaço para outros fins, como estocagem de alimentos, armazenamento de ferramentas e criação de animais. Foi considerado um telhado constituído por telhas de fibrocimento apoiadas em estrutura de madeira e pilares de alvenaria. A água de chuva é encaminhada por meio de calhas e tubos para uma cisterna de placas de concreto, onde se prevê a instalação de uma bomba de repuxo manual para a retirada de água pelos usuários.

Os custos das partes de captação e de armazenamento foram estimados por meio do banco de dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2021), atualizado para janeiro de 2021, e do Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe (ORSE, 2021), atualizado para dezembro de 2020. Foram feitas composições de custo para a construção de cisternas e telhados de diferentes tamanhos, com volume variando de 5 a $100 m^3$ e área de 50 a $300 m^2$. As despesas relacionadas

à contratação de mão de obra, como armador, pedreiro e servente, foram contabilizadas, porém não foram considerados os custos de manutenção do sistema.

Então, foi possível interpolar os resultados e obter equações que permitem calcular o custo associado à construção do telhado e à construção do reservatório em função da área de captação e do volume de armazenamento. Os valores de área e volume encontrados para cada uma das demandas analisadas foram substituídos nessas equações, obtendo-se, no fim, um custo total para cada combinação. O ponto ótimo corresponde à combinação de menor custo total.

A identificação do ponto ótimo foi realizada para os diferentes valores de demanda. Com os valores ótimos de F_D e F_R , foram obtidos dois parâmetros característicos do município: as frações médias de demanda e reservação. Por meio das Equações 4 e 5, foram estimadas as áreas de captação e volumes de reservatório associados a esses valores médios.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As composições de custo forneceram uma função de caráter linear (Equação 6) para a construção do telhado e uma função com comportamento exponencial (Equação 7) para a construção do reservatório.

$$C_A = 93 \cdot A \quad (6)$$

$$C_R = 1481 \cdot V^{0,48} \quad (7)$$

Em que:

C_A = custo de construção da área de captação (R\$);

A = área de captação (m^2);

C_R = custo de construção do reservatório (R\$);

V = volume de armazenamento (m^3).

O processo de identificação do ponto ótimo pode ser visualizado na **Tabela 1** e na **Figura 1**, que apresentam os resultados para a demanda de 120 L na cidade de Ibotirama/BA. Ao se aplicarem as equações do modelo comportamental, percebe-se que o aumento da cobertura provoca a redução do volume da cisterna, o que acaba

Tabela 1 - Determinação do ponto ótimo (realçado em cinza) para a demanda diária de 120 L na cidade de Ibotirama, Bahia.

Área (m^2)	Volume (m^3)	Custo da área (R\$ 1.000)	Custo do reserv. (R\$ 1.000)	Custo Total (R\$ 1.000)	F_R	F_D
75	33,4	6,98	7,98	14,95	0,616	0,807
80	26,9	7,44	7,20	14,64	0,466	0,757
85	24,5	7,91	6,87	14,78	0,398	0,712
90	23,0	8,37	6,67	15,04	0,354	0,673
95	22,2	8,84	6,56	15,39	0,323	0,637
100	21,6	9,30	6,48	15,78	0,299	0,605
105	21,3	9,77	6,42	16,19	0,280	0,577
110	21,1	10,23	6,39	16,62	0,265	0,550

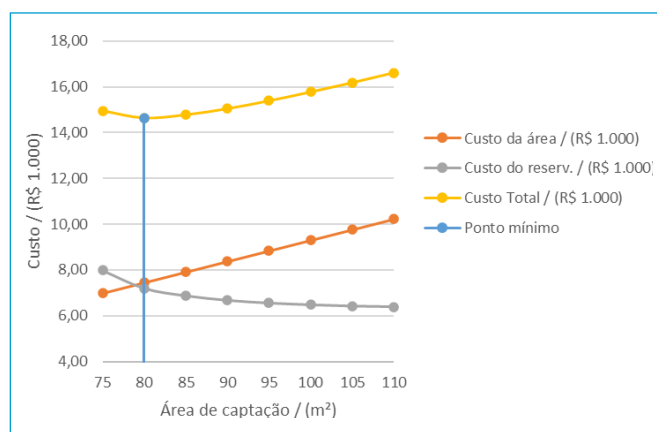


Figura 1 - Custos em função da área de captação para demanda diária de 120 L na cidade de Ibotirama, Bahia.

refletindo nos seus respectivos custos e produzindo um valor mínimo de custo total. Todas as combinações apresentadas atendem à eficiência mínima de 95%, entretanto uma promove maior economia. Nessa situação, o sistema mais econômico possui área de captação de $80 m^2$, reservatório de $26,9 m^3$ e custo total equivalente a R\$ 14.640.

Para a demanda de 120 L (**Tabela 1**), o valor mínimo de área de captação necessário para suprir a solicitação hídrica com 95% de eficiência é de $75 m^2$. Sistemas com áreas menores que isso precisariam de reservatórios de elevadas dimensões e, ainda assim, não atingiriam o potencial de atendimento desejado.

É possível aproveitar como área de captação a cobertura já existente de uma residência. Se o telhado for menor que a área ótima, demonstra-se a utilização do reservatório com volume ótimo e a construção de uma área adicional.

Tomando como referência Ibotirama, a demanda diária de 120 L e uma casa com telhado de 75 m², por exemplo, o custo total seria decorrente da despesa com os 5 m² de ampliação, ou seja, R\$ 465, e da construção do reservatório de 26,9 m³, levando ao total de R\$ 7.665. Adotar esse procedimento traz mais economia do que manter a cobertura inicial e investir em um reservatório maior de custo equivalente a R\$ 7.980, como exibido na primeira linha da **Tabela 1**.

As simulações para demandas de 60 a 360 L mostraram que os valores de F_D e de F_R para as combinações ótimas associadas às diferentes demandas tinham pouca variação, justificando-se a análise da possibilidade de se usarem valores médios para esses parâmetros, o que traria maior simplicidade nos cálculos para casos diversos na área de influência do posto pluviométrico. Desse modo, foram calculados F_D e F_R médios, que, ao serem aplicados nas Equações 4 e 5, forneceram novos valores de área de captação e volume de armazenamento para cada demanda.

Conforme observado na **Tabela 2**, os erros entre os custos totais reais e aqueles obtidos pela utilização de F_D e F_R médios correspondem a menos de 1%. Assim sendo, é possível utilizar F_D médio = 0,763 e F_R médio = 0,479 para realizar o dimensionamento do sistema localizado em Ibotirama de forma mais prática e direta. Verificou-se, também, a existência de forte relação linear positiva entre a demanda diária e as variáveis área e volume ótimos. O coeficiente de correlação de Pearson atingiu $r = 1,000$ e $r = 0,998$ para o primeiro e segundo caso, respectivamente. Além disso, pelo processo de regressão linear, foram encontrados valores de R-quadrado aproximadamente iguais a 1

para ambos os casos, confirmando que é possível realizar estimativas de área e volume ótimos por meio de equações que dependem apenas da demanda.

Essa conclusão tem grande relevância, visto que apresenta um recurso simplificado de dimensionamento ótimo do SAAC. Nessa circunstância, não é necessário conhecer as frações médias de demanda e reservação e a precipitação média anual do local, sendo preciso apenas substituir a demanda desejada em equações lineares. Para Ibotirama, são utilizadas as Equações 8 e 9.

$$A = 0,66 \cdot D \quad (8)$$

$$V = 0,23 \cdot D \quad (9)$$

Em que:

A = área ótima (m²);

V = volume ótimo (m³);

D = demanda diária total (L).

Como exemplo de aplicação, considera-se o caso de uma família cuja demanda diária equivale a 200 L, residindo na zona rural do município de Ibotirama (precipitação média anual de 723,4 mm) em uma casa de aproximadamente 70 m². Recorrendo-se às frações médias de demanda e reservação, 0,763 e 0,479, respectivamente, o dimensionamento do sistema começa com o cálculo da razão entre a demanda anual e o produto de F_D médio e da precipitação média anual, o que fornece uma área ótima de 132,2 m². Multiplicando-se essa área pelo F_R médio e pela precipitação média, encontra-se o volume de 45,8 m³.

Tabela 2 - Aplicação do método de otimização para a cidade de Ibotirama, Bahia.

Demanda diária (l)	F_R ótimo	F_D ótimo	A ótima (m ²)	¹ A _{FM} (m ²)	V ótimo (m ³)	² V _{FM} (m ³)	Custo Total ótimo (R\$ 1000)	³ Custo Total FM (R\$ 1000)	Erro (%)
60	0,464	0,757	40	39,7	13,4	13,8	8,87	8,90	0,37
120	0,466	0,757	80	79,4	26,9	27,5	14,64	14,65	0,10
180	0,464	0,757	120	119,1	40,2	41,3	19,89	19,90	0,10
240	0,464	0,757	160	158,8	53,8	55,0	24,91	24,90	-0,01
300	0,514	0,776	195	198,4	72,5	68,8	29,71	29,74	0,11
360	0,503	0,773	235	238,1	85,6	82,5	34,39	34,46	0,22

¹Área de captação obtida por meio de F_D e F_R médios; ²volume de armazenamento obtido por meio de F_D e F_R médios; ³custo total resultante do dimensionamento feito com F_D e F_R médios.

Aproveitando-se a cobertura já existente, é necessária a construção de uma área adicional de 62,2 m², levando a um sistema de captação e armazenamento de água pluvial de aproximadamente R\$ 15.069.

Se, em vez de se utilizarem as frações médias, fossem escolhidas as equações lineares, que para essa cidade são as Equações 8 e 9, bastaria substituir a demanda de 200 L em cada expressão para encontrar as dimensões ideais de telhado e reservatório. Assim, seria necessária uma área de captação ótima de 132 m² e um volume ótimo de 46 m³. Considerando-se o custo da área adicional de 62 m², o preço total do SAAC corresponderia a R\$ 15.070.

De maneira similar a este trabalho, Jin, Zhou e Lo (2018) também propuseram uma metodologia de dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água de chuva para atendimento doméstico em áreas rurais baseada na minimização dos custos. A determinação do volume de armazenamento foi feita por meio de um balanço hídrico e buscava satisfazer a taxa de eficiência mínima de 90%. Entre as diferentes combinações de área de captação e volume de armazenamento, o sistema ideal era definido como o de menor custo de construção. No entanto, esse procedimento requer tempo e esforço consideráveis para realizar as diversas simulações, não sendo, portanto, tão interessante em termos de aplicabilidade.

Silva e Maia (2021), por outro lado, desenvolveram equações empíricas que simplificam o processo de dimensionamento de reservatórios de água de chuva, determinando o volume e sua respectiva eficiência de atendimento. Todavia, essas equações não definem o melhor tamanho para o reservatório do SAAC, como o que promove maior economia, por exemplo. Assim, essa abordagem fornece informações para que os usuários possam escolher o volume

considerando o grau de dependência do sistema no atendimento de suas demandas. Diversos estudos seguem essa linha de dimensionamento, seja por meio de equações, seja por meio de representações gráficas ou ferramentas computacionais. Khan *et al.* (2017), por exemplo, em análise aplicada a três áreas específicas de Bangladesh, propuseram um *software* que determina o volume ótimo do reservatório para qualquer região, baseando-se no padrão de chuvas, na área e nas características da superfície de captação, bem como na demanda hídrica. No programa desenvolvido, o tamanho ideal para o tanque foi definido como o volume mínimo para o qual a relação de demanda máxima podia ser encontrada. Após a determinação das confiabilidades volumétrica e temporal em função do volume do reservatório, os usuários poderiam escolher qual o nível de serviço eles exigiriam, dependendo de sua capacidade e preferência de tempo ou custo.

4. CONCLUSÕES

Ambos os métodos desenvolvidos fornecem valores ótimos de área de captação e volume de armazenamento para sistemas de aproveitamento de água pluvial que visam suprir a demanda humana em áreas rurais não atendidas pelas redes de abastecimento. Além disso, simplificam o processo de dimensionamento do sistema de captação e armazenamento de água de chuva, já que dispensam o uso das equações do modelo comportamental, da série histórica de precipitação e das diferentes combinações de área e volume. Ao optar por utilizar as frações médias de demanda e reservação, o usuário necessitará desses dois parâmetros, do valor de precipitação anual média e da demanda hídrica. Caso recorra às equações de área e volume, precisará informar somente a demanda.

REFERÊNCIAS

ANDRADE NETO, C.O. Aproveitamento imediato da água de chuva. *Gesta*, v. 1, n. 1, p. 67-80, 2013. <https://doi.org/10.17565/gesta.v1i1.7106>

ARAUJO, J.F.; COHIM, E. Determinação do tamanho ótimo dos reservatórios de água pluvial em Araci na Bahia. *In*: SIMPÓSIO DE

RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 13, 2016. *Anais* [...]. Aracaju: ABRhídrico, 2016.

ARTICULAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO (ASA). *É no Semiárido que a vida pulsa!* Brasil: ASA. Disponível em: <http://asabrasil.org.br/> semiarido. Acesso em: 27 ago. 2021.

- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Secretaria de Desenvolvimento Territorial. *Plano Territorial de Desenvolvimento Sustentável do Velho Chico*. Bahia: SDT/MDA, 2010. Disponível em: <https://www.seplan.ba.gov.br/wp-content/uploads/PTDS-Territorio-Velho-Chico.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2021.
- BRITO, L.T.L.; SILVA, A.S.; PORTO, E.R. Disponibilidade de água e a gestão dos recursos hídricos. In: BRITO, L.T.L.; MOURA, M.S.B.; GAMA, G.F.B. (org.). *Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro*. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. p. 14-32.
- CAMPISANO, A.; MODICA, C. Optimal sizing of storage tanks for domestic rainwater harvesting in Sicily. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 63, p. 9-16, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.03.007>
- COHIM SILVA, E.; ORRICO, S.R.M. A confiabilidade do volume das cisternas da zona rural para reservar água de chuva. *Gesta*, v. 3, n. 2, p. 91-99, 2015. <https://doi.org/10.17565/gestav3i2.13975>
- FEWKES, A. Modelling the performance of rainwater collection systems: towards a generalised approach. *Urban Water*, v. 1, n. 4, p. 323-333, 2000. [https://doi.org/10.1016/S1462-0758\(00\)00026-1](https://doi.org/10.1016/S1462-0758(00)00026-1)
- FREITAS, M.A.V.; SANTOS, A.H.M. Importância da água e da informação hidrológica. In: FREITAS, M.A.V. (org.). *O estado das águas no Brasil: perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos*. Brasília: ANEEL/MME/MMA-SRH/OMM, 1999. p. 13-16.
- GHISI, E. Parameters influencing the sizing of rainwater tanks for use in Houses. *Water Resources Management*, v. 24, n. 10, p. 2381-2403, 2010. <https://doi.org/10.1007/s11269-009-9557-4>
- GIFFONI, V.V.; COHIM SILVA, E. Otimização de volumes de reservatórios de água de chuva para uso pecuário. *Gesta*, v. 7, n. 2, p. 151-159, 2019. <https://doi.org/10.9771/gestav7i2.30775>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo demográfico 2010*. Brasil: IBGE, 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-estatisticas.html>. Acesso em: 6 jan. 2021.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Semiárido Brasileiro*. Brasil: IBGE, 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15974-semiarido-brasileiro.html?=&t=sobre>. Acesso em: 5 jan. 2021.
- JIN, Y.Z.; ZHOU, L.W.; LO, K.F.A. Optimum matching model using long-term computing on safer rural domestic water supply based on rainwater harvesting. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 15, n. 12, p. 2864, 2018. <https://doi.org/10.3390/ijerph15122864>
- KHAN, S.T.; BAKSH, A.A.; PAPON, M.T.I.; ALI, M.A. Rainwater harvesting system: an approach for optimum tank size design and assessment of efficiency. *International Journal of Environmental Science and Development*, v. 8, n. 1, p. 37-43, 2017. <https://doi.org/10.18178/ijesd.2017.8.1.917>
- SANTOS, J.; MEDEIROS, C.M.; ANGOLA, C. *Cisterna telhadão: inovações para a convivência com o semiárido*. Recife: Centro Sabiá, 2013.
- SEMAAN, M.; DAY, S.D.; GARVIN, M.; RAMAKRISHNAN, N.; PEARCE, A. Optimal sizing of rainwater harvesting systems for domestic water usages: a systematic literature review. *Resources, Conservation & Recycling: X*, v. 6, p. 100033, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2020.100033>
- SEVERIS, R.M.; SILVA, S.A.; WAHRLICH, J.; SKORONSKI, E.; SIMIONI, F.J. Economic analysis and risk-based assessment of the financial losses of domestic rainwater harvesting systems. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 146, p. 206-217, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.040>
- SILVA, M.M.M.A.; MAIA, A.G. Equation for rainwater tank efficiency: Considering demand, roof area, tank size and pluvial regime. *Environmental Challenges*, v. 3, 100044, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100044>
- SISTEMA DE ORÇAMENTO DE OBRAS DE SERGIPE (ORSE). Disponível em: <http://orse.cehop.se.gov.br/>. Acesso em: 11 fev. 2021.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). *Mapa de Indicadores de Água*. SNIS, 2018. Disponível em: http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua_esgoto/mapa-agua. Acesso em: 9 nov. 2020.
- SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL (SINAPI). Portal.SINAPI. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_642. Acesso em: 12 fev. 2021.