

XV SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO SEMIÁRIDO CEARENSE: ESTUDO DE CASO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ EM CRATEÚS.

Hian Melo Sales¹ & Tatiane Lima Batista²

RESUMO – As instituições de ensino apresentam grande potencial para implantação de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP) devido a disposição de vasta área para captação. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi analisar o potencial de economia de água potável pela implantação de um modelo de Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais de cobertura para fins não potáveis em duas edificações da Universidade Federal do Ceará, Campus Crateús. Com base no levantamento de dados pluviométricos locais e de informações sobre a demanda de água não potável foi realizada uma investigação sobre o potencial de captação e aproveitamento de águas pluviais. Foram verificadas as condições da estrutura de calhas e condutores existente e foram dimensionados outros componentes do sistema como reservatórios e dispositivos de pré-tratamento. Os resultados indicaram que a captação e utilização de águas pluviais proporcionaria uma redução do consumo de água potável da ordem de 68,7 %, suprimindo toda a demanda para as bacias sanitárias, mictórios, atividades de limpeza e de irrigação.

ABSTRACT– Educational institutions have great potential for implementing Rainwater Utilization Systems due to the provision of a vast area for catchment. In this sense, the objective of the present work was to analyze the potential for saving drinking water by implementing a model of a rainwater cover system for non-drinking purposes in two buildings at the Federal University of Ceará, Campus Crateús. Based on the survey of local rainfall data and information on the demand for non-potable water, an investigation was carried out on the potential for capturing and using rainwater. The conditions of the existing gutter and conductor structure were checked and other components of the system were dimensioned, such as reservoirs and pretreatment devices. The results indicated that the capture and use of rainwater would provide a reduction in the consumption of drinking water in the order of 68.7 %, supplying all the demand for sanitary basins, urinals, cleaning and irrigation activities.

Palavras-Chave – Conservação da água. Usos não potáveis. Captação e armazenamento de águas pluviais.

1) Afiliação: Universidade Federal do Ceará, BR 226, Km 4-Venâncios, Crateús- CE, (88)3691-9700, hianmsales@gmail.com

2) Afiliação: Universidade Federal do Ceará, BR 226, Km 4-Venâncios, Crateús- CE, (88) 3691-9700, tatiane@crateus.ufc.br

1 - INTRODUÇÃO

O Brasil possui 12 % da água doce do planeta. No entanto, o que se percebe é um desequilíbrio hídrico entre as regiões e um aumento considerável do consumo nas últimas décadas. (ANA, 2018; IBGE, 2010). Nesse contexto, a implantação de técnicas de conservação da água torna-se importante para manutenção da estabilidade hídrica. Para Marinovski e Ghisi (2008), a utilização das águas pluviais para fins não potáveis apresenta-se como uma boa alternativa.

A NBR 15527 (ABNT, 2019) apresenta as características e os componentes de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP) para uso em atividades de menores exigências de qualidade, como descarga de aparelhos sanitários, lavagem de veículos e pisos, reserva técnica de incêndio e irrigação. Silva, Carvalho e Barbosa (2017), expõem que além da redução do consumo de água potável, o uso de águas pluviais pode trazer, ainda, reduções nas contas de água.

Os espaços públicos com grandes áreas, como instituições de ensino, se apresentam com potencial de implantação de SAAPs, já que dispõem de vasta área de captação. Diante disso, este estudo tem como objetivo analisar o potencial de economia de água potável pela implantação de um modelo SAAP de cobertura para fins não potáveis na UFC, Campus de Crateús.

2 - METODOLOGIA

O local de aplicação deste estudo foi o Campus da Universidade Federal do Ceará (UFC) localizado no município de Crateús no estado do Ceará, região de clima semiárido no Nordeste do Brasil. No semestre 2019.2, período de realização do estudo, a quantidade de frequentadores ativos era de 746, sendo estes compostos por alunos, docentes e funcionários. O abastecimento de água da universidade é ofertado pela Companhia de Águas e Esgotos do Ceará (CAGECE). A universidade ainda dispõe de 3 poços profundos, que são utilizados apenas em momentos de falha no fornecimento da CAGECE. O estudo foi realizado nas duas edificações principais do Campus, uma de atribuições administrativas e uma de atribuições acadêmicas. A seguir são apresentadas as etapas do estudo realizado.

2.1 - Determinação da vazão de projeto

A vazão de projeto (equação 1) foi calculada conforme a NBR 10844 (ABNT, 1989).

$$Q = \frac{I * A}{60} \quad (1)$$

Em que: Q é a vazão de projeto em L/min; I é a intensidade pluviométrica obtida pela equação Intensidade-Duração-Frequência (IDF), em mm/h e A é a área de contribuição em m².

Neste trabalho foi utilizada a equação IDF (equação 2) obtida por Batista (2018) para Crateús.

$$I = \frac{23,355*(Tr-2,200)^{0,110}}{(t+9,805)^{0,794}} \quad (2)$$

Em que: I é a intensidade (mm/min), Tr é o tempo de retorno (anos), t é a duração (min).

A duração da precipitação foi fixada em 5min e o tempo de retorno em 25 anos, segundo recomendações da NBR 10844 (ABNT,1989) e da NBR 15527 (ABNT,2019). Portanto, a intensidade de precipitação de projeto foi de 3,88 mm/min ou 232,60 mm/h.

A cobertura das edificações da UFC-Crateús apresenta platibanda em suas bordas, com altura superior à cumeeira da coberta. Dessa forma, as áreas de contribuição correspondem a área horizontal do telhado, segundo NBR 10844 (ABNT 1989).

2.2 - Verificação e dimensionamento de calhas e condutores

De acordo com a NBR 10844 (ABNT,1989) a vazão suportada pelas calhas (Q_{calha}) deve obedecer a fórmula de Manning-Strickler, apresentada na equação 3.

$$Q_{calha} = \frac{60.000*S*^3\sqrt{S/P^2}*\sqrt{i}}{n} \quad (3)$$

Em que: S é a área molhada em m² da calha; P é o perímetro molhado em m da calha; i é a declividade da calha em m/m e n é o coeficiente de rugosidade. Para o presente estudo $i= 0,005$ e $n = 0,011$ (para trechos de aço e fibrocimento) e $0,012$ (para trechos de concreto).

Já os condutores verticais, devem apresentar dimensões mínimas de 70mm e devem conduzir a água das calhas aos condutores horizontais. O processo de verificação foi realizado de acordo com o primeiro ábaco da Tabela 3 da NBR 10844 (ABNT, 1989), usando como dados de entrada: o diâmetro da tubulação (D), o comprimento do condutor vertical (L) e a altura da lâmina d'água na calha (H). Ao atingir a primeira de uma das curvas (L ou H) foi traçada uma reta vertical para baixo até atingir o eixo do horizontal da vazão, que deve ser superior à vazão de projeto.

Os condutores horizontais tem a função de conduzir as águas pluviais dos condutores verticais até o reservatório. Os trechos já existentes foram verificados e outros foram dimensionados. Esse processo foi realizado de acordo com a Tabela 4 da NBR 10844 (ABNT, 1989), considerando condutores horizontais de seção circular com altura de lâmina d'água igual a 2/3 do diâmetro e

inclinação de 0,5%.

A vazão suportada pelas calhas e condutores deve ser igual ou superior a vazão de projeto associada à sua respectiva área de contribuição para que não sejam necessários ajustes em suas dimensões.

2.3 - Cálculo da demanda de água não potável

Na Universidade Federal do Ceará a demanda de água não potável está relacionada a três usos: descarga em bacias sanitárias e mictórios, irrigação de jardins e lavagem de pisos. Para estimar a demanda relacionada ao primeiro uso, um questionário foi aplicado em uma amostra de 88 representantes de todos os setores da comunidade acadêmica (54 homens e 34 mulheres), o que resultou em um erro amostral de 10%, segundo a metodologia de Barbetta (2003). Para os demais usos foram realizadas entrevistas com todos os servidores da limpeza e da jardinagem.

Foi encontrado, então, o consumo total médio diário de água não potável conforme equação 5.

$$C_{mdt} = C_{mda} + C_{mdi} + C_{mdl} \quad (5)$$

Em que: C_{mdt} , C_{mda} , C_{mdi} , e C_{mdl} representam o consumo médio diário de água não potável (L/dia): total, nos aparelhos sanitários, para irrigação e para limpeza, respectivamente.

Essas médias diárias foram encontradas dividindo-se a média semanal de consumo por sete.

2.4 - Dimensionamento dos reservatórios

Para o dimensionamento do reservatório inferior, foi aplicado o método de Rippl, descrito a seguir, com base em Amorim e Pereira (2008):

Inicialmente, calcula-se o volume de água pluvial aproveitável por mês, conforme a equação 6:

$$Q_m = C * P_m * A_t \quad (6)$$

Em que: Q_m é o volume de água pluvial aproveitável no mês m (L); P_m é a precipitação média mensal (mm); A_t é a área total das coberturas (m²); C é o coeficiente de escoamento ou coeficiente de *Runoff*. Para este trabalho foi utilizado 0,9, segundo Tomaz (2011), já que o material das telhas é metálico.

Foram utilizados os dados pluviométricos da estação de número 540114 da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme), por ser a mais próxima da universidade e possuir mais de 46 anos de dados contínuos (1974-2019). A NBR 15527 (ABNT, 2019) estabelece que deve

ser feito o descarte da primeira chuva, sugerindo o valor de 2mm de desconto para cada chuva em locais sem dados referentes a qualidade da água.

Posteriormente, calcula-se o volume de água que deve ser armazenada no mês m (S_m), subtraindo a demanda mensal (D_m) do volume de água aproveitável (Q_m), conforme a equação 7.

$$S_m = D_m - Q_m \quad (7)$$

Por fim, calcula-se a capacidade do reservatório inferior (V), de acordo com a equação 8:

$$V = \sum S_m, \text{ somente para os valores em que } S_m > 0 \quad (8)$$

Já o reservatório superior é dimensionado para prover a demanda média diária de consumo de água não potável, de tal forma que reduza os custos com uma estrutura exagerada.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 - Estudo das séries históricas de precipitação pluviométrica

O gráfico da figura 1 apresenta a média das precipitações mensais ao longo dos 46 anos com e sem a redução dos 2mm de descarte da primeira chuva.

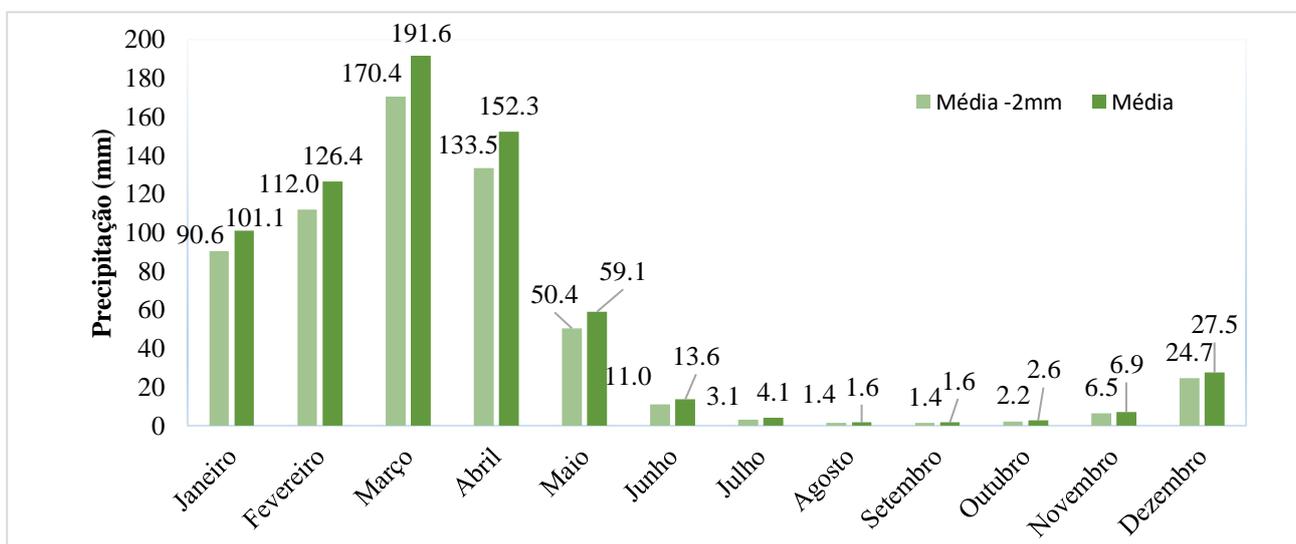


Figura 1 - Precipitação pluviométrica média mensal (mm), entre 1974-2019. Fonte: Autoria própria (2019).

Nele, é possível observar a grande variação ao longo dos meses do ano, existindo meses com considerável precipitação e outros com precipitações próximas de zero, sendo março o mês com a

maior média de precipitação. Foi extraído 2mm de cada chuva, restando assim 607,2 mm dos 688,4 mm precipitados passíveis de serem utilizados.

3.2 - Área de captação

As figuras 2 e 3 mostram as divisões realizadas nas áreas de captação para o projeto do SAAP.

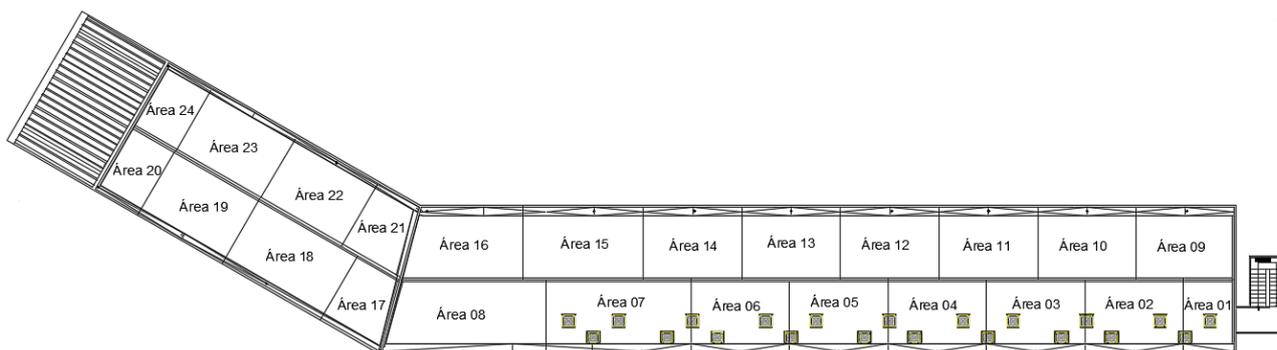


Figura 2 – Área de captação – Bloco Administrativo. Fonte: Autoria própria (2019).

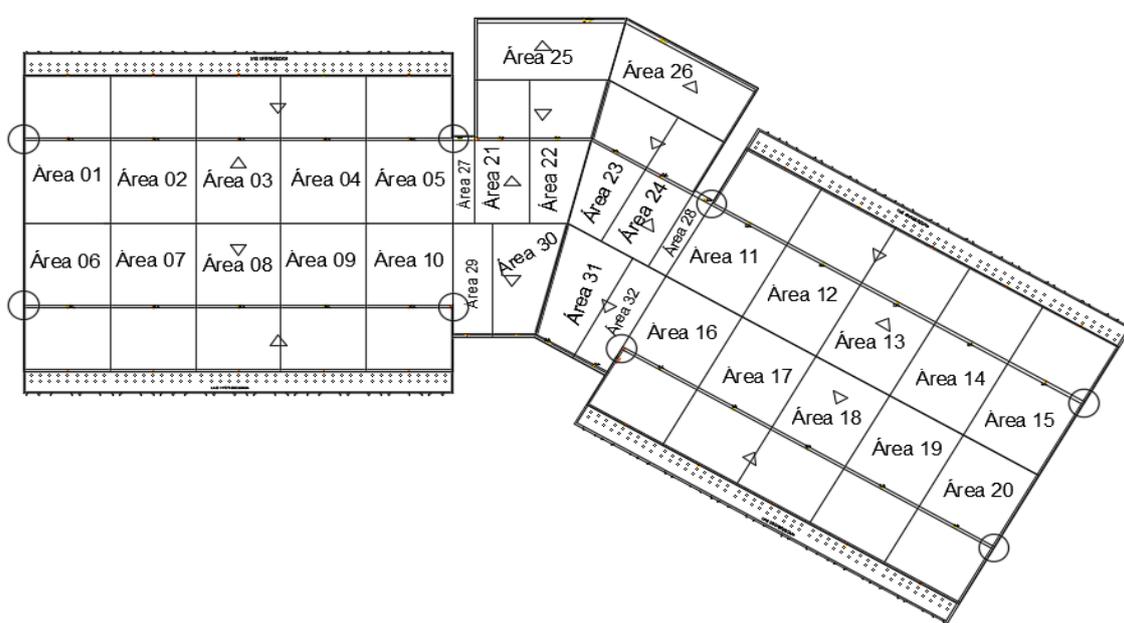


Figura 3 – Área de captação – Bloco Acadêmico. Fonte: Autoria própria (2019).

O bloco administrativo dispõe de 918,62 m² de cobertura e o bloco acadêmico dispõe de 3449,45 m² de cobertura o que totaliza 4368,07m². Cabe destacar que ambas as coberturas são executadas em material metálico, com uma inclinação de 5% e com calhas de formato retangular com dimensões variáveis ao longo dos trechos.

3.3 - Verificação e dimensionamento das calhas e condutores

As dimensões das calhas foram obtidas no projeto e conferidas *in loco*. No total, as calhas do bloco administrativo foram divididas em 24 trechos e as do bloco acadêmico em 32 trechos. As áreas de contribuição de cada trecho foram analisadas caso a caso com base nas divisões mostradas nas figuras 2 e 3. Em todos os trechos a vazão suportada pelas calhas e pelos condutores verticais foi superior à vazão de projeto, o que nos permite descartar a necessidade de realização de obras de correção. A quantidade total de condutores verticais é de 18 para o bloco administrativo e 34 para o bloco acadêmico.

Para os condutores horizontais já existentes, 9 trechos do bloco acadêmico e 1 trecho do bloco administrativo necessitam de alterações no diâmetro ou na inclinação para suportarem a vazão de projeto. Para conduzir as águas pluviais até o reservatório inferior foram propostos e dimensionados novos trechos de condutores horizontais.

3.4 - Demanda de água não potável

As Tabelas 1 e 2 resumem os valores da demanda de uso não potável das edificações. Para o cálculo do consumo mensal foi considerado que os meses contém 30 dias. Para os meses de pleno funcionamento da instituição, com a ocorrência de aulas, a demanda total de água não potável foi de 237.415 L ou 237,41 m³. Para os meses de janeiro, julho e dezembro, apenas os servidores foram considerados para o cálculo da demanda de água relacionada às descargas nos aparelhos sanitários. O consumo de irrigação e limpeza foi considerado constante. O valor total encontrado para estes períodos foi 75,43 m³ mensais.

O consumo total de água na universidade foi encontrado através das faturas mensais da CAGECE. Para o cálculo, foi considerada a média do consumo dos meses de setembro, outubro e novembro de 2019, período que representa condições normais de funcionamento da universidade. O consumo médio mensal de água encontrado foi de 345,7 m³. Sendo assim, foi possível estimar que o consumo médio de água não potável em um mês normal de funcionamento é de 68,7 % do total.

Tabela 1 - Demanda por equipamento sanitário. Fonte: Autoria própria.

Equipamentos sanitários	Número de usuários	Consumo diário per capita (L/dia*peessoa)	Consumo diário (L/dia)	Consumo mensal (L)
Bacia Sanitária	746	6,68	4.986,4	149.591,94
Mictório	508	2,66	1.353,6	40.609,20
Total	-	-	6.340	190.201,14

Tabela 2 – Demanda dos serviços de limpeza e irrigação. Fonte: Autoria própria.

Serviço	Número de servidores	Consumo diário (L/dia)	Consumo mensal (L)
Limpeza do Campus	5	473,8	14.213,6
Irrigação dos jardins	1	1100	33.000

3.5 - Dimensionamento dos reservatórios

A Tabela 3 mostra os resultados obtidos para o dimensionamento do reservatório inferior de acordo com o método de Rippl.

Em uma primeira análise, quando se compara o volume total passível de ser captado (2.387,13 m³), com a demanda anual de águas não potáveis (2.363,02 m³), pode-se perceber que o regime de precipitação médio local consegue suprir 100% do consumo de água não potável da instituição.

Para o dimensionamento do reservatório, foram realizados cálculos considerando duas situações: utilização das águas pluviais para suprir 100% e 50 % da demanda não potável de água para instituição, respectivamente.

Tabela 32 – Dimensionamento do reservatório inferior pelo método de Rippl. Fonte: Autoria própria.

Mês	Pm (mm)	At(m ²)	Qm (m ³)	Dm (m ³)		Sm(m ³)	
				100%	50%	100%	50%
Janeiro	90,58	4.368,07	356,10	75,43	37,71	-280,68	-318,39
Fevereiro	112,03	4.368,07	440,41	237,41	118,71	-203,00	-321,71
Março	170,44	4.368,07	670,05	237,41	118,71	-432,64	-551,35
Abril	133,52	4.368,07	524,91	237,41	118,71	-287,50	-406,21
Mai	50,37	4.368,07	198,03	237,41	118,71	39,38	-79,33
Junho	11	4.368,07	43,22	237,41	118,71	194,19	75,48
Julho	3,14	4.368,07	12,34	75,43	37,71	63,09	25,37
Agosto	1,37	4.368,07	5,38	237,41	118,71	232,03	113,32
Setembro	1,38	4.368,07	5,41	237,41	118,71	232,00	113,29
Outubro	2,24	4.368,07	8,81	237,41	118,71	228,60	109,89
Novembro	6,45	4.368,07	25,36	237,41	118,71	212,05	93,34
Dezembro	24,69	4.368,07	97,05	75,43	37,71	-21,62	-59,34
Total	-	-	2.387,10	2.362,98	1.181,52	1.201,31*	530,70*

(*) Somatório apenas dos valores positivos.

Para a primeira situação, faz-se necessário um reservatório de 1201,31 m³ de capacidade de armazenamento. Assim, a água armazenada no reservatório abasteceria os pontos de consumo mesmo

durante os 7 meses de menor precipitação (Maio – Novembro). Para a segunda situação, faz-se necessário um reservatório de 530,70 m³ de armazenamento. A opção por suprir 50% do consumo de água potável pode tornar-se bem mais atrativa financeiramente, já que o custo com a construção do reservatório é elevado. Porém, não está no escopo deste trabalho a realização desta análise, ficando restrito apenas a averiguar o potencial de aproveitamento das águas pluviais.

O reservatório superior deve possuir um volume de, no mínimo, 7,91 m³, o que corresponde a demanda diária de água não potável.

É possível estimar a economia gerada nas contas de água ao longo de um ano, utilizando a tarifa local de R\$ 14,07 /m³ da CAGECE (2019). A economia é de R\$ 33.248,00 por ano, considerando 100 % da demanda suprida por águas pluviais e de R\$ 16.623,83 por ano para 50%.

Para a remoção dos materiais grosseiros foi indicado o uso de ralos abacaxis em todas as saídas das calhas. Foi sugerido, também, a instalação de grades nas caixas de inspeção do SAAP e de reservatórios de descarte das primeiras chuvas. Para encontrar o volume dos reservatórios de descarte das primeiras chuvas foi considerada uma precipitação de 2mm. Foram dimensionados 20 reservatórios de descarte distribuídos entre os condutores horizontais com volumes que variam de 70 a 900L, conforme determinado pela NBR 15527(ABNT, 2019).

4 - CONCLUSÕES

A implantação de um SAAP na Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús, pode gerar uma redução no consumo de água potável na ordem de 68,7 %, suprimindo toda a demanda de água não potável, o que corresponde a uma economia anual de R\$ 33.247,60 aos cofres da instituição, levando-se em conta a redução do valor das contas de água.

Para atestar a viabilidade econômica do sistema caberia a realização de uma análise pautada no orçamento de implantação do sistema e dos custos gerados por ele, como consumo de eletricidade e manutenção das instalações, o que não foi possível realizar no âmbito deste trabalho.

De acordo com o estudo realizado, constatou-se a necessidade de execução de pequenas alterações nas estruturas de captação e condução das águas das coberturas. Os resultados encontrados neste trabalho podem servir como base para estudos semelhantes em outras instituições de ensino.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Quantidade de água. Brasília, 2018. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>. Acesso em: 17 ago. 2019.
- AMORIM, S.V.; PEREIRA, D.J.A. (2008) *Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial*. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, abr./jun. 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.844: *Instalações prediais de águas pluviais*. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.527: *Aproveitamento de águas de chuva de coberturas para fins não potáveis*. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.
- BARBETTA, P. A. (2003). Estatística aplicada às ciências sociais. Florianópolis: Ed. da UFSC. p. 340.
- BATISTA, T. L. (2018). *Geração de equações IDF dos municípios cearenses pelo método de desagregação por isozonas implementado em um programa computacional*. 94 f. Dissertação (Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- COMPANHIA DE ABASTACIMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ. Estrutura Tarifária. Fortaleza, 2019. Disponível em: <https://www.cagece.com.br/produtos-e-servicos/precos-e-prazos/estrutura-tarifaria/>. Acesso em 29 mai. 2020.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo 2010. Brasília, 2010. Disponível em: <https://mapasinterativos.ibge.gov.br/grade/default>. Acesso em: 20 set. 2019.
- MARINOSKI, A. K.; GHISI, E. (2008). *Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis-SC*. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p.67-84.
- SILVA, D.K.S.; CARVALHO, V.S. de; BARBOSA, I.M.B.R. (2018). *Elaboração de projeto de captação de águas pluviais no IFPE – Campus Recife*. Revista de Ciência, Tecnologia e Humanidades do IFCE: CINENTEC, Recife, v. 10, n. 1, p.47-64.
- TOMAZ, P. (2011). *Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis*. 4º ed. São Paulo: Navegar Editora, 2011. 208 p.