



PKS

PUBLIC
KNOWLEDGE
PROJECT

REVISTA DE
GEOGRAFIA

Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPE

OJS

OPEN
JOURNAL
SYSTEMS

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia>

SIMULAÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA ÓRGÃOS PÚBLICOS: O CASO DA CIDADE UNIVERSITÁRIA PROFESSOR JOSÉ ALOÍSIO DE CAMPOS

Jocimar Coutinho Rodrigues Junior¹, <http://orcid.org/0000-0002-4033-3243>

Ester Milena dos Santos², <http://orcid.org/0000-0001-8937-3767>

Daniella Rocha³, <http://orcid.org/0000-0002-1936-2816>

¹ Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil *

² Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil **

³ Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, Brasil ***

Artigo recebido em 10/02/2022 e aceito em 01/08/2023

Publicado: 10/2023

RESUMO

A partir da atual crise hídrica mundial, que afeta diversos países no mundo, houve a necessidade de desenvolver diversas práticas sustentáveis como soluções de impactos ambientais e, dentre estas, destacam-se as atividades relacionadas ao aproveitamento e reuso de águas. Tendo em vista este cenário, o aproveitamento de água pluvial por órgãos públicos, como em instituições de ensino, para fins menos nobres, é essencial para reduzir o consumo de água originada das fontes de abastecimento público. Diante do exposto, esse trabalho tem como finalidade, simular um sistema de aproveitamento de água pluvial para a Cidade Universitária Professor José Aloísio de Campos, sede da Universidade Federal de Sergipe, a fim de averiguar o potencial econômico com a implementação desse sistema na redução do consumo e gasto com a água de abastecimento. A metodologia consistiu em realizar o levantamento da demanda total de água em edificações de salas de aula, dimensionamento de reservatórios conforme a ABNT/NBR 15527:2007 e, utilização do *software* Netuno para simular o referido potencial econômico com as devidas particularidades de projeto. As simulações realizadas mostram uma redução no consumo de água potável com o uso da água pluvial, além de indicar que a implementação do sistema, produz uma relevante economia na conta de água, com possibilidade de retorno financeiro em até 11 anos. Deste modo, constatou-se que a utilização da técnica de aproveitamento da água pluvial consiste em uma tecnologia potencialmente viável.

Palavras-chave: manejo de águas pluviais; drenagem sustentável; gestão de recursos hídricos; Sergipe.

* Engenheiro Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Sergipe (UFS). Doutorando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). E-mail: jocimar_junior@hotmail.com

** Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Sergipe (UFS). Doutoranda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). E-mail: esthermillena22@gmail.com

*** Doutora em Engenharia Civil (Interdisciplinar Meio Ambiente) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professora da Universidade Federal de Sergipe (UFS). E-mail: daniellarocha.ufs@gmail.com

SIMULATION OF A RAINWATER HARVESTING SYSTEM FOR PUBLIC AGENCIES: THE CASE OF THE UNIVERSITY CITY PROFESSOR JOSÉ ALOÍSIO DE CAMPOS

ABSTRACT

Since the current global water crisis, which affects several countries worldwide, there has been a need to develop several sustainable practices as solutions to environmental impacts and, among these, the activities related to water use and reuse stand out. In view of this scenario, the use of rainwater by public bodies, such as educational institutions, for less noble purposes is essential to reduce the consumption of water from public supply sources. The purpose of this study is to simulate a rainwater harvesting system for the University City Professor José Aloísio de Campos, headquarters of the Federal University of Sergipe, in order to assess the economic potential of implementing such a system to reduce water supply consumption and costs. The methodology consisted of a survey of the total water demand in classroom buildings, sizing of reservoirs according to ABNT/NBR 15527:2007, and use of Netuno software to simulate the referred economic potential with the proper project particularities. The simulations performed show a reduction in potable water consumption with the use of rainwater, and indicate that the implementation of the system produces significant savings in the water bill, with the possibility of financial return in up to 11 years. Thus, it was found that the use of rainwater harvesting is a potentially viable technology.

Keywords: stormwater management; sustainable drainage; water resources management; Sergipe.

SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE RECOGIDA DE AGUAS PLUVIALES PARA ORGANISMOS PÚBLICOS: EL CASO DE LA CIUDE UNIVERSITÁRIA PROFESOR JOSÉ ALOÍSIO DE CAMPOS

RESUMEN

Debido a la actual crisis global del agua, que afecta a varios países del mundo, surgió la necesidad de desarrollar varias prácticas sostenibles como soluciones a los impactos ambientales y, entre ellas, destacan las actividades relacionadas con el uso y reutilización del agua. Ante este panorama, la utilización de las aguas pluviales por parte de los organismos públicos, como los centros educativos, para fines menos nobles es fundamental para reducir el consumo de agua de las fuentes de abastecimiento público. El objetivo de este estudio es simular un sistema de recogida de aguas pluviales para la Ciudad Universitaria Professor José Aloísio de Campos, sede de la Universidad Federal de Sergipe, con el fin de evaluar el potencial económico de la implantación de dicho sistema para reducir el consumo y los costes de agua. La metodología consistió en el relevamiento de la demanda total de agua en los edificios de aulas, el dimensionamiento de los reservorios de acuerdo con la norma ABNT/NBR 15527:2007 y la utilización del software Netuno para simular el referido potencial económico con las debidas particularidades del proyecto. Las simulaciones realizadas muestran una reducción del consumo de agua potable con el uso del agua de lluvia, e indican que la implantación del sistema produce un ahorro significativo en la factura del agua, con posibilidad de retorno financiero en hasta 11 años. Por lo tanto, se comprobó que el uso de la recogida de agua de lluvia es una tecnología potencialmente viable.

Palabras clave: gestión de aguas pluviales; drenaje sostenible; gestión de recursos hídricos; Sergipe.

INTRODUÇÃO

Os processos de desenvolvimento urbano, bem como o crescimento populacional, são responsáveis por ocasionar significativas mudanças na ocupação do espaço e na dinâmica ambiental dos ecossistemas. Diante desse fenômeno, uma série de impactos ambientais surgem, envolvendo os problemas de escassez de água, de drenagem das águas pluviais e de poluição dos recursos hídricos (SANTOS, 2004; FRIEDE, 2020).

Em geral, a urbanização de uma localidade é constituída com a ocorrência de um conjunto de ações que envolve fatores como: a retirada relevante de parte da vegetação, abertura dos sistemas viários, obras de terraplenagem do solo, ocupação populacional intensa e adensada. Essas ações resultam em impactos que podem ser imensuráveis, implicando em processos erosivos, assoreamento de cursos d'água, alagamentos e enchentes (HELLER; PÁDUA, 2006; SANTOS et al., 2021).

Levando em consideração essa realidade, tornou-se necessária a elaboração e implementação de um planejamento urbano adequado que considere a dinâmica do ciclo hidrológico local, apontando estratégias de conservação e proteção do ecossistema. Para corrigir e minimizar os impactos decorrente da urbanização, surgiram diversos estudos acerca do tema, no que tange propostas para melhorias no desenvolvimento e planejamento de áreas urbanas.

Neste contexto, o grande objetivo da sociedade atual consiste na busca por práticas que aprimorem o uso e a utilização da água, envolvendo os programas e políticas de conservação e proteção, que tem como base a implementação de medidas técnicas mais sustentáveis. Essas medidas podem ser variadas, podendo ser implementadas por incentivos que vão desde ações de educação ambiental até a regulamentação de leis e de tarifas (APOLLARO; ALVIM, 2017).

De acordo com Lourenço (2014), até certo tempo, os sistemas de drenagem urbana convencionalmente eram planejados como os denominados sistemas clássicos, os quais foram concebidos tendo como base a permissão de deslocar e mover rapidamente as águas das chuvas das áreas urbanas, de forma a evitar as enchentes e inundações. Porém, com o grande crescimento das cidades, com o desenvolvimento urbano e industrial, essas técnicas revelaram ser ineficientes e limitadas, pois negligenciam aspectos da qualidade da água, do ciclo hidrológico e da capacidade hidráulica das localidades em que estão inseridas.

Na segunda metade do século XX, houve uma mudança na concepção destes sistemas clássicos, com a finalidade de reduzir impactos ambientais, ocorreu o surgimento de novas técnicas de gerenciamento da drenagem urbana de águas pluviais. Dessa maneira, novas medidas alternativas

começaram a ser implementadas, baseando-se na redução do escoamento superficial, na infiltração de água no solo, no tempo de retenção, entre outros fatores. Essas novas técnicas passaram a complementar os sistemas clássicos de drenagem urbana, aferindo novos mecanismos aos mesmos.

Neste ponto de vista, o aproveitamento de água pluvial surgiu como uma dessas alternativas mais sustentáveis para gerenciamento da drenagem e para suprir problemas de escassez de água. Segundo Perius et al. (2021), a água pluvial consiste em um recurso natural amplamente disponível em grande parte do Brasil, onde a mesma pode ser utilizada para variados objetivos não potáveis, como irrigação, lavagem de pisos, descargas de vasos sanitários. Ressalta-se que também é possível o uso da água da chuva para usos potáveis, porém, é necessário realizar um tratamento da mesma, para atingir os níveis de potabilidade exigidos.

Ademais, Salomão *et al.* (2019) aponta que a utilização da água da chuva ocasiona diversos benefícios, como a conservação da água e a redução da quantidade de água provida das fontes superficiais de abastecimento. Consequentemente, essa utilização resulta na redução do escoamento superficial, minimizando a poluição difusa, os problemas com inundações e enchentes, auxiliando de forma significativa a sustentabilidade urbana.

Diante disso, é possível com a implementação de sistemas de aproveitamento de água pluvial, em áreas urbanas, reduzir o consumo de água potável e a poluição difusa e, ao mesmo tempo, promover uma diminuição da água destinada ao sistema de drenagem convencional. Nessa conjuntura, se propõe uma solução aos problemas envolvendo o escoamento de água pluvial, não apenas de forma quantitativa, pois ocorre a redução das vazões a jusante, mas também de forma qualitativa, corroborando com a melhoria da qualidade das águas superficiais.

A captação de água pluvial em locais urbanizados, como campus universitários e cidades universitárias, consiste em uma tecnologia que pode conceder um fim adequado para a água da chuva pelos diversos usos não potáveis existentes nesses locais. Dentre as possibilidades de uso, se pode indicar a irrigação de jardins e gramados, descargas de vasos sanitários, bem como a lavagem de pisos, calçadas e áreas de estacionamento.

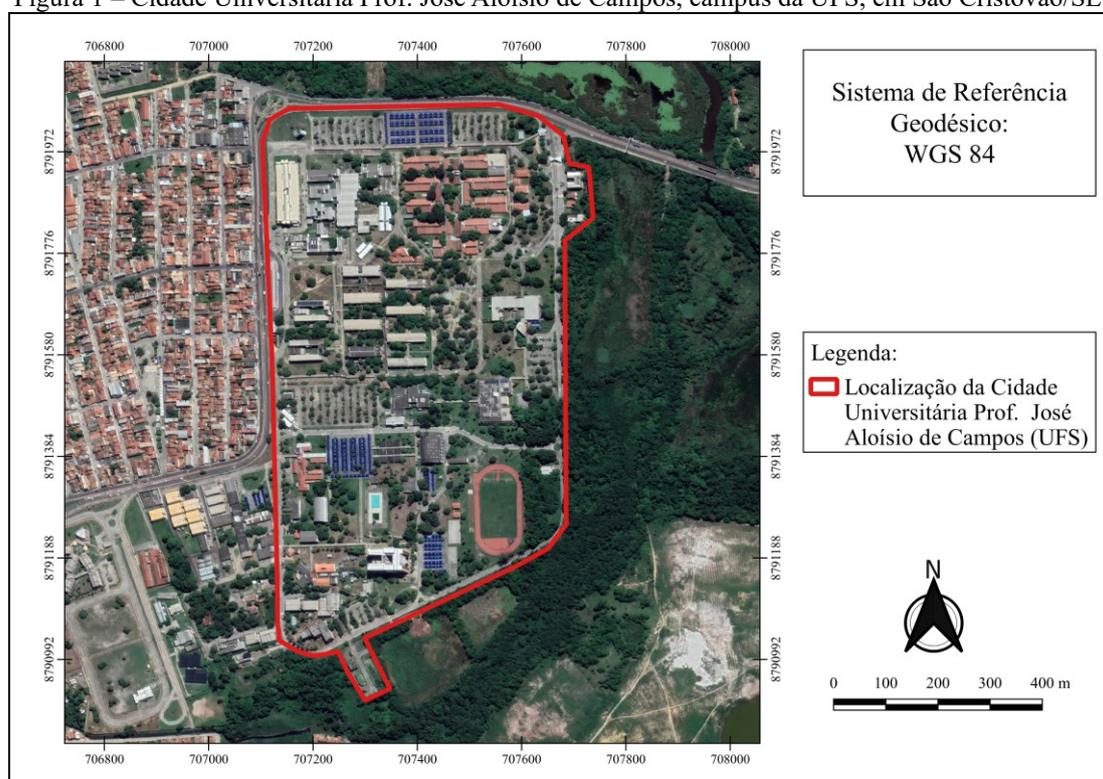
Diante dos benefícios oferecidos pelos sistemas de aproveitamento, o presente trabalho tem como objetivo dimensionar e simular um sistema de aproveitamento de água pluvial para a Cidade Universitária Professor José Aloísio de Campos (Universidade Federal de Sergipe - UFS) em São Cristóvão/SE, visando a utilização em fins não nobres, a fim de constatar a sua viabilidade econômica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área em estudo

A área em estudo consiste na Universidade Federal de Sergipe (UFS), especificamente o campus de São Cristóvão, denominado de Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos. O local possui aproximadamente 63,6 hectares de área, sendo dividido entre didáticas, departamentos, centros, biblioteca, restaurante universitário, entre outros, conforme mostra a Figura 1.

Figura 1 – Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos, campus da UFS, em São Cristóvão/SE.



Fonte: os autores (2022).

Dentre as didáticas, que são prédios destinados a salas de aulas e auditórios, existe as didáticas 1, 2, 3, 4, 5 e 6. As mesmas possuem salas de aulas, além de auditórios, laboratórios, salas destinadas a serviços administrativos, entre outros. A Figura 2 mostra a localização dessas áreas dentro do campus.

Para o dimensionamento e estudo do sistema de aproveitamento de água da chuva, foram realizadas visitas nas didáticas 1, 2, 3, 4, 5 e 6, com o objetivo de observar as instalações prediais. Além disso, foram obtidas as plantas desses prédios com a Prefeitura da UFS, na Divisão de Projetos

(DIPRO/UFS), para averiguar a área de cobertura dos mesmos, para realizar o cálculo da área de captação de água da chuva.

Figura 2 – Localização das didáticas 1, 2, 3, 4, 5 e 6.



Fonte: *Google earth*, 2019.

Análise da demanda de água nas didáticas

Inicialmente, foi definida a demanda de água per capita por habitante nas didáticas da UFS. Por se tratar de uma instituição de ensino, onde há grande frequência de alunos por período (matutino, vespertino, noturno), foi estabelecida a demanda diária per capita de 50 L/dia por pessoa, conforme define Florianópolis (2016) e Creder (2006).

Em geral, considerando a tipologia do estabelecimento, para fins de dimensionamento, se considera uma demanda per capita de água, para suprimento das necessidades básicas. No caso de universidades, se estabelece 50 L/dia por pessoa por dia, visando atender toda a demanda, incluindo os usos potáveis (alimentação). Assim, há a necessidade de tratamento dessa água, quando se tem o destino para os referidos fins nobres.

Foi adotado esse valor como demanda per capita também em razão da Organização Mundial de Saúde (OMS), que atesta que é necessário entre 50 a 100 litros de água por pessoa, por dia, para assegurar a satisfação das necessidades mais básicas e a minimização dos problemas de saúde (OHCHR; UN-HABITAT; WHO, 2010). De acordo com Gleick (1999), 50 L/hab.dia também consiste na quantidade mínima no que tange o consumo de água.

Com isso, este valor foi adotado neste trabalho, como a demanda de água no local de estudo. Esta decisão foi tomada com base no entendimento que os alunos e funcionários que frequentam a UFS, realizam atividades no local que não demandam tanta quantidade de água, haja vista que os mesmos não são tratados como moradores, mas sim como pessoas que frequentam a universidade diariamente, em um intervalo de tempo. Ademais, é válido salientar que o sistema de aproveitamento de água pluvial para a universidade, neste caso, tem como finalidade os usos em fins não potáveis, ou seja, utilização da água da chuva para suprimento de parte da demanda, envolvendo jardinagem, lavagem de pisos, descargas de banheiros e, outros fins que não necessitam de tratamento.

Com base nessas considerações e adotado o valor per capita de consumo de água, posteriormente, foi definida a demanda total de água nas didáticas. Para proceder o dimensionamento, tornou-se necessário saber a quantidade de pessoas que utilizam os espaços das mesmas diariamente. Assim, em cada didática foi realizado um levantamento da quantidade pessoas que a frequentam diariamente, dentre estudantes, professores e funcionários.

Foi realizado um levantamento com base na plataforma do Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas – SIGAA, que consiste na plataforma oficial utilizada pela UFS, para contabilizar a quantidade de alunos matriculados em cada sala de aula das didáticas nos últimos 4 semestres, entre 2018 e 2019. Convém salientar que o SIGAA registra a quantidade de alunos matriculados em cada didática por semestre, bem como os dias de aula das disciplinas. Com isso, foi possível contabilizar a quantidade de alunos por dia nas didáticas nos últimos 4 semestres e, deste modo, foi obtida uma média.

Todas as didáticas são utilizadas basicamente para salas de aulas, dentre os diversos cursos de graduação presentes na UFS, há salas de desenho técnico, laboratórios de informática, salas, auditórios, dentre outros. Apenas a Didática 2 possui sala destinadas a trabalhos administrativos, como secretarias e salas de chefias de programas de pós-graduação. Neste caso, foi efetuado um levantamento *in loco* para saber a quantidade de pessoas que frequentam o ambiente.

Para este estudo, no levantamento do número de pessoas, foi levado em consideração os alunos de graduação e os funcionários das didáticas como consumidores de água para as didáticas. Em relação aos alunos de pós-graduação e professores, os mesmos possuem gabinetes, salas de estudos, usufruem de laboratórios e salas de pesquisas em outros locais, como os prédios departamentais e multi departamentais da universidade.

Sendo assim, foram considerados apenas os alunos de graduação e os funcionários como usuários das edificações no dimensionamento da demanda de água total para as didáticas. Portanto, conhecida a demanda per capita do ambiente e a quantidade de pessoas que o frequentam diariamente, foi possível estimar a demanda de água total em cada didática, multiplicando estes dois dados, com base na Equação 1.

$$\text{Demanda total de água} = \text{per capita} \times \text{n}^\circ \text{ de habitantes} \quad (1)$$

Dimensionamento do reservatório

O reservatório, conforme já foi explicado consiste no componente mais importante do sistema de aproveitamento de água pluvial. Nesse contexto, a capacidade de armazenamento do referido reservatório vai ter total influência no custo e, conseqüentemente na eficiência do sistema. Os principais fatores que podem ser considerados no dimensionamento do volume são:

- A superfície da área de contribuição;
- O coeficiente de escoamento;
- A precipitação da localidade;
- A demanda de água não potável;
- Período de estiagem.

Para realizar o dimensionamento do reservatório, é necessário consultar a ABNT/NBR 15527:2007 (BRASIL, 2007), que apresenta diferentes métodos para estimar o volume do mesmo, referente ao sistema de aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para usos não potáveis. Neste trabalho, o dimensionamento foi dado por três métodos da norma, que são apresentados abaixo. Foram utilizados estes métodos, em razão da disponibilidade das variáveis presentes no equacionamento.

Método empírico brasileiro ou método de Azevedo Neto

Este modelo leva em consideração a precipitação da localidade e o período de estiagem. Assim, o volume do reservatório é calculado na Equação 2.

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (2)$$

Onde: P = precipitação média anual, em mm; T = número de meses de pouca chuva ou seca; A = área de captação, em m²; V = volume do reservatório, em litros.

Método empírico inglês

Neste modelo, se leva em consideração a precipitação e a área de contribuição do tralhado, não é influenciado pela demanda e nem pela estiagem. Assim, o volume é obtido pela Equação 3.

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (3)$$

Onde: P = precipitação média anual, em mm; A = área de captação, em m²; V = volume do reservatório, em litros.

Método empírico alemão

Neste modelo, se projeta o reservatório como 6% volume de consumo anual ou do volume anual de precipitação captada, devendo sempre adotar o menor valor entre os dois. Não se leva em consideração a precipitação. Assim, o volume é calculado com base na Equação 4.

$$V = \min(V_c; D) \times 0,06 \quad (4)$$

Onde: V_c = volume anual de água de chuva captada, em litros; D = demanda anual da água não potável, em litros; V = volume do reservatório, em litros.

Potencial econômico com a utilização do *software* Netuno

Para analisar o potencial econômico de redução do consumo de água das fontes de abastecimento, com a implementação do sistema de aproveitamento de água de pluvial nas didáticas da UFS, foi utilizado o *software* Netuno. O referido *software* consiste em um programa computacional desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina por Ghisi e Três (2004), tendo como finalidade, a estimativa do potencial de economia de água potável em função da capacidade de armazenamento de água do reservatório, por meio de

um sistema de aproveitamento de água pluvial para usos não nobres, como descarga de vasos sanitários, limpeza de pisos, lavagens de carros, entre outros.

De acordo com Ghisi e Cordova (2014), de forma geral, a metodologia do programa basicamente tem como base um histórico comportamental já conhecido, de determinados dados. Com isso, os seguintes dados de entrada devem ser fornecidos:

- Dados de precipitação diários para realizar as simulações;
- Descarte de escoamento inicial (água da chuva que “lava a cobertura” e é descartada);
- Demanda de água;
- Número de habitantes da edificação;
- Coeficiente de escoamento superficial;
- Tarifa de água local.

Os dados referentes a precipitação diária foram obtidos no Sistema de Monitoramento Agrometeorológico da EMBRAPA (AGRITEMPO, 2019), que consiste em um sistema de monitoramento climatológico e meteorológico, que dispõe de boletins e mapas com informações acerca da precipitação acumulada, temperaturas, tratamentos fitossanitários, necessidade de irrigação, em todos os biomas brasileiros. Estes dados diários foram obtidos entre janeiro de 2009 e dezembro de 2018, totalizando assim, 10 anos de análise das precipitações para inserir como dado de entrada no *software* Netuno. Ademais, as informações de precipitação são referentes a estação pluviométrica São Cristóvão - TRMM.4857, localizada no município de São Cristóvão, sob as coordenadas geográficas 11°0'0"S e 37°15'0"W.

De acordo com o Programa de Pesquisa em Saneamento Básico da Associação Brasileira de Engenharia Ambiental e Sanitária coordenado por Gonçalves (2009), aproximadamente 40% do total de água consumida é utilizada para objetivos não potáveis. Assim, se definiu que 40% da água consumida nas didáticas, pode ser substituída pela água pluvial, para usos não nobres.

A Tarifa de água no local foi obtida de acordo com Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO, 2019), que no seu quadro tarifário, atribui a seguinte tarifa para instituições públicas: até 10 m³ - R\$ 166,07; e mais de 10 m³: R\$ 25,38 / m³. A taxa de esgoto de acordo com o quadro tarifário, consiste em 80% do valor da conta de água. A partir destas considerações, foi possível executar e

aplicar no *software* Netuno as simulações para averiguar o potencial econômico para reduzir o consumo de água potável, alinhado ao aproveitamento de água pluvial.

Para averiguar o custo da instalação dos reservatórios que armazenarão a água pluvial, bem como a mão de obra para construção e equipamentos, foi utilizado o *software* ORSE – Orçamento de Obras de Sergipe. O ORSE consiste em um *software* que pode ser utilizado com gratuidade, desenvolvido pela CEHOP – Companhia Estadual de Habilitação e Obras Públicas de Sergipe, configurando como o maior *software* de orçamento de obras no estado. O mesmo possui um banco de dados que é composto por diversos insumos, serviços e composições atualizados de forma mensal pela CEHOP, possibilitando a realização de diferentes orçamentos para obras (CEHOP, 2019).

Dessa forma, a partir do custo de instalação dos reservatórios obtido com o ORSE e, com o potencial econômico que a implementação do sistema possivelmente proporcionará para a universidade, foi possível averiguar em quanto tempo essa economia irá suprir os custos com a instalação dos reservatórios e instalações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise da demanda de água nas didáticas

Considerando a demanda per capita de água considerada de 50 l/hab.dia, conforme é adotado pela Prefeitura de Florianópolis (2016) e por Creder (2006) para instituições de ensino, as quais não funcionam como internato e realizado o levantamento na plataforma na SIGAA para verificar a quantidade de pessoas matriculadas (alunos) que frequentam a unidade diariamente nos últimos 4 semestres, foram estimadas as demandas de água. A Tabela 1 mostra a quantidade de frequentadores das didáticas e, a partir desse levantamento da quantidade populacional e, considerando a referida demanda per capita, foi calculado a demanda total de água nas didáticas conforme mostra a Tabela 2.

É possível perceber que a didática 4, possui maior quantidade de alunos com disciplinas que são ministradas no local, resultando assim em uma maior demanda de água, seguida das didáticas 3, 5, 1, 6 e 2, respectivamente. É válido ressaltar que a didática 2 possui a menor demanda por ser tratar de uma didática que também funciona com atividades administrativas, tendo uma menor quantidade de aulas e, conseqüentemente, alunos. O espaço é destinado a outras atividades, diferente das outras didáticas.

Tabela 1 – Usos das didáticas e quantidade de pessoas que frequentam diariamente os locais.

DIDÁTICA	USOS	QUANT. DE FUNCIONÁRIOS	QUANT. DIÁRIA DE ALUNOS	TOTAL
DIDÁTICA 1	Sala de aula.	1	6285	6286
DIDÁTICA 2	Sala de aula, chefias de cursos de pós-graduação, salas administrativas de ensino à distância, laboratórios de informática.	101	187	288
DIDÁTICA 3	Salas de aula, auditórios, salas de desenho.	1	6620	6621
DIDÁTICA 4	Salas de aula, auditórios.	1	7895	7896
DIDÁTICA 5	Salas de aula, auditórios, sala administrativa do Serviço de Limpeza da UFS.	3	6597	6600
DIDÁTICA 6	Salas de aula, auditórios.	1	3780	3781

Fonte: os autores (2022).

Tabela 2 – Demanda total de água nas didáticas.

DIDÁTICA	QUANT. TOTAL DE PESSOAS / DIA	DEMANDA (l/hab.dia)	DEMANDA TOTAL (l/dia)	DEMANDA TOTAL (m ³ /dia)
DIDÁTICA 1	6286	50	314300	314,3
DIDÁTICA 2	288	50	14400	14,4
DIDÁTICA 3	6621	50	331050	331,05
DIDÁTICA 4	7896	50	394800	394,8
DIDÁTICA 5	6600	50	330000	330
DIDÁTICA 6	3781	50	189050	189,05

Fonte: os autores (2022).

Dimensionamento do reservatório

Para realizar o dimensionamento do reservatório, se adotou o método empírico inglês, método de Azevedo Neto (empírico brasileiro) e método empírico alemão, que são apresentados na ABNT/NBR 15.527:2007 (BRASIL, 2007) e, que dispõe as recomendações acerca do aproveitamento de água da chuva em coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.

A escolha dos referidos métodos foi acertada em razão da necessidade de um reservatório que venha a suprir a demanda de água não potável para todo o ano, principalmente, durante o ano letivo, levando em consideração também a área disponível para instalação. No município de São Cristóvão, o inverno tem muito mais pluviosidade que o verão. De acordo o Climate-Data (2018), o referido município tem uma pluviosidade média anual de 1372 mm. Além disso, o município, por se enquadrar em região de Mata Atlântica, possui o período de seca e de chuva bem definidos, sendo 6 meses de pouco chuva e 6 meses com índices pluviométricos maiores.

Diante disso, aplicando as equações dos referidos métodos de dimensionamento de reservatório utilizados e, levando em consideração a área de captação das didáticas, se obteve um valor de volume de reservatório para todas as didáticas por método usado, conforme é evidenciado nas Tabelas 3 a 7.

Como se pode visualizar nas referidas tabelas, o método de Azevedo Neto (Tabela 3) consiste no método que resulta no maior volume aproveitável, entre 170,02 e 246,65 m³, em razão de possivelmente considerar os meses de seca na região, diferentemente dos outros métodos. O método empírico inglês, como se revela na Tabela 4, resultou no menor volume, entre 33,73 e 48,94 m³, em razão de levar em consideração apenas os fatores de precipitação e a área de contribuição dos prédios em questão.

Para o método empírico alemão, o mesmo faz uma análise em relação ao volume de água que a demanda anual da edificação possui, bem como uma outra análise, a partir do volume de água que a área de contribuição tem o potencial de captar. Nesse sentido, se escolhe o menor volume entre estas duas análises, as Tabelas 5 e 6, mostram os valores do reservatório calculado pelo método empírico alemão, diante das análises de demanda e do volume captado anualmente pelas áreas de contribuição. A Tabela 7 especifica os volumes adotados entre os dois.

É pertinente ressaltar que os métodos empíricos alemão e inglês resultaram em volumes de reservatório parecidos, em razão das informações que os dois levam em consideração. Sendo assim, os dois mostraram valores factíveis, tendo em vista a construção de um reservatório.

Tabela 3 – Volume do reservatório pelo método de Azevedo Neto.

DIDÁTICA	ÁREA DE CONTRUIBIÇÃO	MÉTODO DE AZEVEDO NETO (l)	MÉTODO DE AZEVEDO NETO (m ³)
DIDÁTICA 1	491,74	170016,15	170,02
DIDÁTICA 2	632,88	218814,46	218,81
DIDÁTICA 3	632,88	218814,46	218,81
DIDÁTICA 4	579,90	200496,25	200,50
DIDÁTICA 5	713,38	246646,85	246,65
DIDÁTICA 6	713,38	246646,85	246,65

Fonte: os autores (2022).

Tabela 4 – Volume do reservatório pelo método de empírico inglês.

DIDÁTICA	ÁREA DE CONTRUIBIÇÃO	MÉTODO EMPÍRICO INGLÊS (l)	MÉTODO EMPÍRICO INGLÊS (m ³)
DIDÁTICA 1	491,74	33733,36	33,73
DIDÁTICA 2	632,88	43415,57	43,42
DIDÁTICA 3	632,88	43415,57	43,42
DIDÁTICA 4	579,90	39781,00	39,78
DIDÁTICA 5	713,38	48937,87	48,94
DIDÁTICA 6	713,38	48937,87	48,94

Fonte: os autores (2022).

Tabela 5 – Volume do reservatório pelo método de empírico alemão, considerando o volume anual de chuva coletado.

DIDÁTICA	ÁREA DE CONTRUIBIÇÃO (m ²)	VOLUME COLETADO ANUALMENTE EM LITROS (Vc)
DIDÁTICA 1	491,74	674667,28
DIDÁTICA 2	632,88	868311,36
DIDÁTICA 3	632,88	868311,36
DIDÁTICA 4	579,90	795620,06
DIDÁTICA 5	713,38	978757,36
DIDÁTICA 6	713,38	978757,36

Fonte: os autores (2022).

Tabela 6 – Volume do reservatório, método empírico alemão, considerando o volume da demanda anual.

DIDÁTICA	DEMANDA DIÁRIA EM LITROS	DEMANDA ANUAL EM LITROS	VOLUME DO RESERVATÓRIO PELO VOLUME COLETADO (m ³)	VOLUME DO RESERVATÓRIO PELA DEMANDA (m ³)
DIDÁTICA 1	314320,00	114726800,00	40,48	6883,61
DIDÁTICA 2	14415,00	5261475,00	52,10	315,69
DIDÁTICA 3	331050,00	120833250,00	52,10	7250,00
DIDÁTICA 4	394775,00	144092875,00	47,74	8645,57
DIDÁTICA 5	329980,00	120442700,00	58,73	7226,56
DIDÁTICA 6	189050,00	69003250,00	58,73	4140,20

Fonte: os autores (2022).

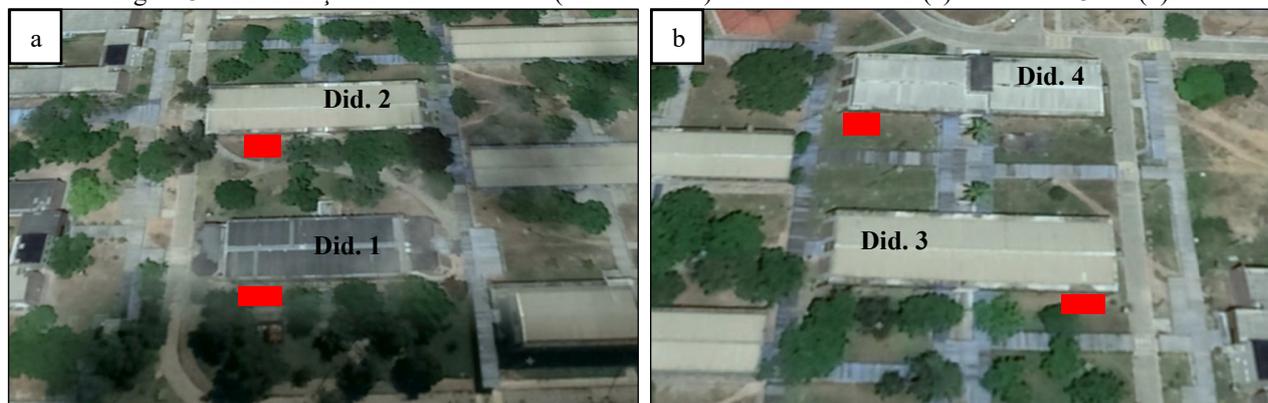
Tabela 7 – Volume adotado do reservatório pelo método de empírico alemão.

DIDÁTICA	VOLUME DO RESERVATÓRIO ADOTADO (m ³)
DIDÁTICA 1	40,48
DIDÁTICA 2	52,10
DIDÁTICA 3	52,10
DIDÁTICA 4	47,74
DIDÁTICA 5	58,73
DIDÁTICA 6	58,73

Fonte: os autores (2022).

No que se refere a localização dos reservatórios, que serão enterrados, sugere-se uma localização próxima às didáticas, conforme mostra as Figuras 3 e 4. Entre as didáticas há espaços vazios ou espaços verdes e, como os reservatórios serão enterrados, é possível a instalação dos mesmos nos destaques em vermelho. Os reservatórios enterrados são ideias para economizarem espaço, sendo a sugestão mais adequada para UFS, em razão de ser possível manter as áreas e espaços verdes na superfície, mesmo com a implementação destes.

Figura 3 – Localização dos reservatórios (em vermelho) das didáticas 1 e 2 (a) e didáticas 3 e 4 (b).



Fonte: Google earth, 2019.

Figura 4 – Localização dos reservatórios das didáticas 5 e 6.



Fonte: *Google earth*, 2019.

Simulações econômicas com o *software* Netuno

A partir do auxílio do *software* Netuno foram estimadas as possíveis economias no consumo e custo de água, com a implementação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para as didáticas da UFS.

Com dados de entrada, contidos na Tabela 8, foi estimado no *software* Netuno as economias de água em relação ao consumo e valor pago em cada didática. Salienta-se que o valor da área de captação de água pluvial de cada didática foi obtido em consulta nas plantas de cobertura dos referidos prédios a partir de arquivos repassados pelo DIPRO/UFS. Ademais, além desses dados que são específicos para cada didática, também foram considerados os seguintes dados para todas as didáticas:

- Dados de precipitação diários para realizar as simulações: série histórica AGRITEMPO de 2009-2019 para o município de São Cristóvão;
- Descarte de escoamento inicial: 1 mm, usado para levar os telhados e não carregar impurezas para os reservatórios;
- Demanda de água: 50 l/habitante dia;
- Substituição da demanda total por água pluvial: 40%;
- Coeficiente de escoamento superficial: 1 mm;
- Tarifa de água local: até 10m³ = R\$ 166,07, mais de 10m³ = R\$ 25,38 por m³;

- Tarifa de esgoto local: 80% do valor da conta de água.

Tabela 8 - Dados de entrada do *software* Netuno para cada didática.

DIDÁTICA	ÁREA DE CONTRUIBIÇÃO (m ²)	DEMANDA PER CAPITA (L/HAB.DIA)	QUANT. TOTAL DE PESSOAS / DIA	VOLUME DO RESERVATÓRIO ADOTADO (l)
DIDÁTICA 1	491,74	674667,28	6286	34000
DIDÁTICA 2	632,88	868311,36	288	44000
DIDÁTICA 3	632,88	868311,36	6621	44000
DIDÁTICA 4	579,90	795620,06	7896	40000
DIDÁTICA 5	713,38	978757,36	6600	49000
DIDÁTICA 6	713,38	978757,36	3781	49000

Fonte: os autores (2022).

Deste modo, foi utilizado o *software* Netuno, onde foram inseridos os dados de entrada. Estes dados são referentes a área de captação, quantidade de pessoas e volume de reservatório, foram preenchidos unicamente para cada didática conforme as informações da Tabela 8, realizando assim, 6 simulações. Salienta-se que para os volumes dos reservatórios, foram adotados os valores arredondados, obtidos com o método empírico inglês, em razão de ter sido o menor e factível.

Em relação a análise econômica, foram geradas tabelas no *software* Netuno para cada didática, cujo objetivo foi simular o potencial de atendimento da água pluvial. Assim, o sistema de aproveitamento de água pluvial cumpre o atendimento parcial, que consiste em certos dias dos meses, onde a água pluvial pode substituir parte da demanda de água total. Porém, não atende completamente a substituição de 40% da demanda total de água em nenhum dia de nenhum mês, apenas parcialmente, com exceção da didática 2, onde ocorre o atendimento total.

Este fato ocorre em razão das didáticas serem frequentadas por muitos alunos e funcionários, diariamente, variando de 3000 até quase 8000 mil pessoas. O atendimento da didática 2 consistiu no melhor resultado, em razão de ser a didática que mais funciona como um prédio departamental, possui menos alunos e mais funcionários.

Nesse sentido, a didática 2 como foi a única, onde o sistema de aproveitamento de água pluvial pode atender completamente em certa porcentagem a substituição da demanda por água da chuva. Ressalta-se que o cenário da mesma consiste no mais otimista. O atendimento parcial para didática 2 variou entre 16 e 37% dos dias dos meses e, o atendimento completo entre 0 e 20%, ao longo dos dias dos meses do ano.

Nas demais didáticas, os cenários foram bastante parecidos, sem atendimento completo, apenas com atendimento parcial variando de 14 a 52%, ao longo dos dias dos referidos meses. O potencial econômico em relação ao desconto na conta de água também foi calculado, com o fornecimento de dados referentes a tarifa de água e esgoto, o *software* Netuno estimou em reais, o possível desconto nas contas de água, conforme mostra as Tabela 9.

Tabela 9 – Estimativas de economia para cada didática.

MÊS	DID. 1	DID. 2	DID. 3	DID. 4	DID. 5	DID. 6
Jan	R\$256,06	R\$329,56	R\$329,56	R\$301,97	R\$371,48	R\$371,48
Fev	R\$599,69	R\$771,81	R\$771,81	R\$707,20	R\$869,99	R\$869,99
Mar	R\$648,46	R\$834,59	R\$834,59	R\$764,72	R\$940,74	R\$940,74
Abr	R\$2.662,60	R\$2.697,73	R\$3.426,82	R\$3.139,96	R\$3.862,70	R\$3.862,70
Mai	R\$2.581,26	R\$2.245,59	R\$3.322,13	R\$3.044,03	R\$3.744,69	R\$3.744,69
Jun	R\$527,40	R\$782,10	R\$678,78	R\$621,96	R\$765,12	R\$765,12
Jul	R\$466,11	R\$599,89	R\$599,89	R\$549,67	R\$676,19	R\$676,19
Ago	R\$181,21	R\$233,22	R\$233,89	R\$213,70	R\$262,89	R\$262,89
Set	R\$116,86	R\$150,40	R\$150,40	R\$137,81	R\$169,53	R\$169,53
Out	R\$567,69	R\$708,57	R\$730,63	R\$669,47	R\$823,57	R\$823,57
Nov	R\$772,58	R\$955,76	R\$994,33	R\$911,09	R\$1.120,80	R\$1.120,80
Dez	R\$618,68	R\$856,88	R\$796,25	R\$729,59	R\$897,53	R\$897,53
Total Anual	R\$ 9.998,60	R\$ 11.166,10	R\$ 12.869,08	R\$ 11.791,17	R\$ 14.505,23	R\$ 14.505,23

Fonte: os autores (2022).

Conforme é possível visualizar na Tabela 9, a didática 5 e 6, possui o maior potencial econômico (economia de R\$ 14.505,23 no ano), seguida das didáticas 3, 4, 2 e 1. Dessa forma, é válido enfatizar que esse potencial econômico depende de fatores que são diferentes para cada didática, como a área de contribuição, demanda total do ambiente, além de fatores que são os mesmos, como a precipitação, valor tarifário de água e esgoto, entre outros. Toda a água coletada pelo sistema de aproveitamento de água pluvial, poderia ser utilizada nos seguintes fins:

- Jardinagem;
- Lavagem de pisos;
- Irrigação;
- Descargas.

Como já foi informado, a fonte de água que abastece a Cidade Universitária Professor José Aloísio de Campos advém da Companhia de Saneamento Básico de Sergipe (DESO), além de haver poços que são utilizados para fins de jardinagem. Assim, o sistema de água da chuva poderia auxiliar no abastecimento, juntamente com esses poços. É necessário salientar que no campus há poucos poços e, os mesmos estão em processo de licenciamento e outorga. Além disso, atualmente está havendo utilização de apenas dois poços para ocorrer jardinagem em pontos isolados do campus.

A utilização da água pluvial para descargas e lavagem de pisos é ideal, pois como toda a Cidade Universitária Professor José Aloísio de Campos possui grandes extensão de calçadas, grande quantidade banheiros, se percebe que é adequada destinar a água de chuva para esses fins. A implantação de uma instalação hidráulica do reservatório para o sistema de descarga dos banheiros, possivelmente traria um grande custo-benefício pois, excluiria o consumo de água potável para este objetivo.

No que tange a instalação dos reservatórios, seus respectivos custos foram estimados com base no *software* ORSE (CEHOP, 2019). Como o mesmo já possui um banco de dados com diversos insumos e serviços, foi utilizada o banco de dados mais recentes para averiguar diretamente o serviço de construção de reservatório, incluindo os insumos, equipamentos e mão de obra. Nesse sentido, a Tabela 10 mostra os valores dos reservatórios disponíveis no ORSE para suprir as necessidades das didáticas, no que tange o sistema de aproveitamento de água pluvial.

Para as didáticas 1, 2, 3 e 4 pode ser destinado o conjunto de reservatórios que possuem volume superior de 18.000 litros e inferior de 27.000 litros para atender seus respectivos volumes calculados, já para as didáticas 5 e 6 pode ser destinado o conjunto de reservatórios que possuem volume superior de 36.000 litros e inferior de 24.000 litros. Ambos os conjuntos adotados, já estão englobando os seguintes custos: motor bomba centrífuga, com altura manométrica de 10 a 24 m; concreto simples com $f_{ck} = 25$ M5 mpa; barras de aço CA – 50; formas; mão de obra; boia elétrica; disjuntor; entre outros.

Tabela 10 – Valores dos Reservatórios.

DIDÁTICA	Vol. calculado adotado	Reservatório padrão	Valor (R\$)
DIDÁTICA 1	34000	Conjunto reservatório padrão, superior 18.000 litros / inferior 27.000 litros	110.712,62
DIDÁTICA 2	44000	Conjunto reservatório padrão, superior 18.000 litros / inferior 27.000 litros	110.712,62
DIDÁTICA 3	44000	Conjunto reservatório padrão, superior 18.000 litros / inferior 27.000 litros	110.712,62
DIDÁTICA 4	40000	Conjunto reservatório padrão, superior 18.000 litros / inferior 27.000 litros	110.712,62
DIDÁTICA 5	49000	Conjunto reservatório padrão, superior 24.000 litros / inferior 36.000 litros	125.936,45
DIDÁTICA 6	49000	Conjunto reservatório padrão, superior 24.000 litros / inferior 36.000 litros	125.936,45

Fonte: ORSE, 2019, elaboração própria.

Assim, os respectivos valores atendem os serviços de instalação e execução dos reservatórios. A Tabela 11 mostra o tempo em anos, onde as economias nas contas de água irão suprir os valores gastos com os referidos reservatórios. Ressalta-se que estes reservatórios e o sistema, ainda devem atender a ABNT/NBR 15.527:2007 no quesito limpeza e manutenção, que consistem em:

- Limpeza trimestral e inspeção mensal do dispositivo de descarte de detritos;
- Limpeza mensal do dispositivo de descarte do escoamento inicial;
- Manutenção semestral das calhas, condutores verticais e horizontais;
- Manutenção mensal das bombas;
- Limpeza e desinfecção anual do reservatório.

Tabela 11 – Retorno financeiro para a instalação do sistema.

DIDÁTICA	Valores dos conjuntos de reservatórios (R\$)	Economia anual com instalação do sistema (R\$)	Retorno financeiro (anos)
DIDÁTICA 1	110.712,62	9.998,60	11,1
DIDÁTICA 2	110.712,62	11.166,10	9,9
DIDÁTICA 3	110.712,62	12.869,08	8,6
DIDÁTICA 4	110.712,62	11.791,17	9,4
DIDÁTICA 5	125.936,45	14.505,23	8,7
DIDÁTICA 6	125.936,45	14.505,23	8,7

Fonte: os autores (2022).

Quanto ao retorno financeiro, este irá variar entre 8,7 e 11,1 anos, quando todos os gastos com as obras do serviço serão supridos. Levando em consideração que a cidade Universitária Professor José Aloísio de Campos, consiste em uma instituição pública de ensino, onde sua atividade

irá progredir por décadas, é factível o retorno financeiro com a instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Estes dados estão em concordância com os valores obtidos no trabalho de Cardoso (2018), que estudou a viabilidade econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações da Universidade Federal do Pará. Neste caso, o tempo de retorno do investimento, também foi estimado em cerca de 10 anos, assim como nas didáticas da UFS. No que tange a economia em residências unifamiliares, Chaib *et al.* (2015) apontam que em estudo no município de Belo Horizonte, o retorno financeiro chega a mais de 16 anos, em razão de fatores de precipitação e demanda de água total influenciarem nesse potencial.

Por conseguinte, se percebe que o sistema de aproveitamento é de grande utilidade e possui significativa importância e retorno financeiro em universidades e instituições de ensino. Assim, esse sistema é útil na prevenção de problemas de alagamentos e escassez de água que podem ocorrer em campus universitários, dando melhor destino para as águas da chuva, se tornando uma solução ambientalmente viável.

Deste modo, a captação de água pluvial pode atender a demandas sustentáveis da atualidade, que buscam viabilidade social, ambiental e econômica. Assim, a Cidade Universitária Professor José Aloísio de Campos poderia se tornar um campus que venha a usufruir de tecnologias sustentáveis, se tornando um modelo para adoção de técnicas com este viés.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, se pode concluir que o sistema de aproveitamento de água de chuva para a Cidade Universitária Professor José Aloísio de Campos, consiste em uma tecnologia viável, na qual, com a instalação desse sistema ambientalmente adequado, se pode armazenar uma quantidade considerável de água. Além disso, alguns órgãos públicos já possuem projetos envolvendo a utilização de água pluvial, tornando o sistema uma técnica bastante promissora para as gerações futuras.

No que se refere a economia do sistema, percebe-se que há um relevante potencial para reduzir o consumo de água potável, no âmbito da UFS, para suprir demandas não potáveis com a utilização de reservatórios de água pluvial, deixando em evidência a otimização do uso de recursos hídricos em órgãos públicos. A captação de água de chuva pode proporcionar uma economia que

levará em torno de uma década para ocorrer um *payback*. Nessa conjuntura, considerando o aumento populacional da UFS e sua prevalência como instituição de ensino por anos, esse retorno possivelmente será alcançado de forma real.

Seguindo o raciocínio que vem sendo difundido ao longo dos últimos anos, as tecnologias de drenagem sustentável, envolvendo os manuais de boas práticas, que englobam o aproveitamento da água de chuva, atendem a viabilidade econômica, social e ambiental, comprovando que são tecnologias sustentáveis. Para promover mais essa prática que consiste no aproveitamento de água de chuva, é válido ressaltar a legislação federal, que inclui essa técnica como um dos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, é responsável por promover a implementação deste sistema em edificações, que envolvem os órgãos públicos.

Nesta perspectiva, além da legislação federal, diversos estados já possuem legislação estadual específica para incentivar a implementação da referida tecnologia em edificações de órgãos públicos, difundindo também em âmbitos estaduais o sistema. Portanto, alinhando a água do sistema de aproveitamento de água pluvial com os usos não nobres, essa convergência pode auxiliar no combate à crise hídrica, bem como trazer um *payback* em um prazo que pode ser curto, dependendo do projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis**. Rio de Janeiro, 2007.

AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. Disponível em: <<https://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/Grafico/index.jsp?siglaUF=SE>>. Acesso em: jul. 2019.

APOLLARO, C.; ALVIM, A. B. **Planejamento urbano para a adaptação de cidades frente à mudança climática – Uma análise sobre o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo**. Tésis. Rio de Janeiro, v. 2, n. 4, pp. 118-137. 2017.

CARDOSO, R. N. C. **Viabilidade econômica de sistemas de captação de água da chuva para fins não potáveis em dois prédios da Universidade Federal do Pará**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belém, 2018.

CEHOP – Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas. **ORSE - Orçamento de Obras de Sergipe**. Disponível em: <<http://orse.cehop.se.gov.br/>>. Acesso em: jul. 2019.

CHAIB, E. B.; RODRIGUES, F. C.; MAIA, B. H.; NASCIMENTO, N. O. Avaliação do potencial de redução do consumo de água potável por meio da implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva em edificações unifamiliares. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Vol. 20, n. 3, Porto Alegre, jul./set. 2015, p. 605 – 614.

CLIMATE-DATA. **Clima São Cristóvão**. Disponível em: < <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sergipe/sao-cristovao-42963/> >. Acesso em jul. 2019.

CREDER, H. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. Editora Livros Técnicos e Científicos S. A. (LTC), 6ª Edição Edição, 423p, 2006.

DESO – Companhia de Saneamento de Sergipe. **Quadro Tarifário de 2019**. Disponível em: < <https://www.deso-se.com.br/v2/index.php/clientes/quadro-tarifario> >. Acesso em: jul. 2019.

FLORIANÓPOLIS. Prefeitura de Florianópolis. Secretaria municipal de saúde. **Orientação técnica: cálculo do consumo diário de água e de contribuição de esgoto**. Florianópolis, 2016.

FRIEDE, Reis. Aumento populacional e degradação ambiental: A conta que não quer fechar. **Revista Augustus**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 52, p. 82-93, nov. 2020/fev.

GHISI, E.; CORDOVA, M. M. **Netuno 4**. Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/>>. 2014.

GHISI, E.; TRÉS, A. C. R. **Netuno – Aproveitamento de águas pluviais no setor residencial**. Disponível em: <www.labeee.ufsc.br>. Programa computacional, 2004.

GLEICK, P. **The human right to water**. Instituto do Pacífico para Estudos para o Desenvolvimento, Meio Ambiente e Segurança. Política de Água, vol 1 pag 487-503. 1999.

GONÇALVES, R. F. (Coord.) **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. v. 1. 290 p.

HELLER, L.; PÁDUA, W. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: UFMG, 2006. p.859.

LOURENÇO, R. **Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentáveis**. 2014. 164 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, 2014.

OHCHR; UN-HABITAT; WHO. **The Right to Water - Fact Sheet No. 35**. Geneva. Office of the United Nations High Commissioner for Human Rights, United Nations Office, 2010.

PERIUS, C. F.; TASSI, R.; LAMBERTI, L. A.; SILVA, A. G.; BÖCK, L. E. *Influence of rainfall and design criteria on performance of rainwater harvesting systems placed in different Brazilian climatological conditions*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, **Brazilian Journal of Water Resources**. RBRH, Porto Alegre, v. 26, e33, 2021.

SALOMÃO, P. E. A.; ALMEIDA, T. G.; RHIS, A. R.; COELHO, S. S. F. Reaproveitamento de água pluvial: estudo de caso na Universidade Presidente Antônio Carlos-Teófilo Otoni-MG. **Research, Society and Development**. 8(5), 32. 2019.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Texto. 194p. 2004.

SANTOS, P. S.; SANTOS, M. E. G.; SANTOS, R. Uso e ocupação do solo: reflexão sobre impacto ambiental. **Agri-environmental sciences**, 7(1), 10. 2021.