



Análise do potencial de redução do consumo de água potável em unidades básicas de saúde

***Analysys of the potencial for reducing potable water consumption
in basic health units***

***Análisis del potencial de reducción del consumo de agua potable en
unidades básicas de salud***

SANTANA, Livia ¹

SANT'ANA, Daniel ²

¹ Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Instituto Federal de Goiás, Departamento de Áreas Acadêmicas,
Anápolis, Goiás, Brasil.
livia.santana@ifg.edu.br
ORCID: 0000-0001-6870-4993

² Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo,
Brasília, Distrito Federal, Brasil.
dsantana@unb.br
ORCID: 0000-0002-9020-081X

Recebido em 18/03/2023 Aceito em 24/07/2023



Resumo

A conservação da água tem se tornado um componente essencial para a gestão dos recursos hídricos diante do atual cenário de incertezas quanto à disponibilidade de água. Devido a necessidade de implementar ações que promovam a redução da demanda, essa pesquisa teve como objetivo realizar um diagnóstico do consumo de água em unidades básicas de saúde do Distrito Federal e apresentar soluções eficazes na redução do consumo de água potável pelo emprego de equipamentos economizadores de água e de sistemas prediais de água não potável. O método adotado, fez uso de diferentes técnicas de auditoria do consumo de água e mostrou ser capaz de identificar o perfil do consumo predial, caracterizar os usos finais de água, gerar indicadores de consumo predial diário e de usos finais de água e identificar o potencial de redução do consumo de água potável. Os resultados evidenciaram que 33% do consumo das unidades básicas de saúde é proveniente das bacias sanitárias e ainda, que o potencial de redução do consumo de água potável pode alcançar 51% com o emprego de equipamentos economizadores de água, 57% com sistema de aproveitamento de água de chuva e 14% com sistema de reúso de águas cinzas.

Palavras-Chave: Uso racional de água, Aproveitamento de água de chuva, Reúso de águas cinzas; Usos finais de água, Unidade básica de saúde.

Abstract

Water conservation has become an essential component for water management, considering current scenario of uncertainties regarding water availability. This research aimed to perform a diagnosis of water consumption in basic health units in the Federal District and to present effective solutions to reduce water consumption by using water-saving equipment and non-potable water systems. The method made use of different water consumption auditing techniques, showed to be able to identify the profile of building consumption, characterize water end uses, generate indicators of daily building consumption and water end uses, and identify the potential for reducing water consumption. Results showed that 33% of the consumption of basic health units comes from sanitary basins, and also, that the potential to reduce water consumption can reach 51% with the use of water-saving equipment, 57% with a rainwater harvesting system, and 14% with a graywater reuse system.

Key-Words: Water efficiency, Rainwater harvesting, Greywater reuse, Water end uses, Primary health care unit.

Resumen

La conservación del agua se ha convertido en un componente esencial para la gestión de los recursos hídricos en el escenario actual de incertidumbre sobre su disponibilidad. Debido a la necesidad de implementar acciones que promuevan la reducción de la demanda, esta investigación tuvo como objetivo realizar un diagnóstico del consumo de agua en unidades básicas de salud del Distrito Federal y presentar soluciones eficaces para reducir el consumo de agua potable mediante el uso de equipos ahorradores y sistemas constructivos de agua no potable. El método adoptado utilizó diferentes técnicas para auditar el consumo de agua y demostró ser capaz de identificar el perfil de consumo de los edificios, caracterizar los usos finales del agua, generar indicadores de consumo diario de los edificios y de los usos finales del agua e identificar el potencial de reducción del consumo de agua potable. Los resultados mostraron que el 33% del consumo en las unidades sanitarias básicas procede de los aseos y también que el potencial de reducción del consumo de agua potable puede alcanzar el 51% con el uso de equipos de ahorro de agua, el 57% con un sistema de recogida de aguas pluviales y el 14% con un sistema de reutilización de aguas grises.

Palabras clave: Equipos de ahorro; Uso de aguas pluviales; Reutilización de aguas grises; Usos finales del agua; Unidad básica de salud.

1. Introdução

A conservação da água é um componente essencial no planejamento dos recursos hídricos (AWWA, 2005) e caracteriza-se como um conjunto de ações que promovam a redução do consumo de água potável, a redução do desperdício, maior eficiência de uso e busca por fontes alternativas de água (ANA; FIESP; SINDUSCON-SP, 2005). A prática da conservação de água pode reduzir investimentos na busca por novas fontes de água para suprir a demanda, preservar os recursos hídricos e possibilitar o atendimento de um maior número de pessoas com a mesma oferta de água (BUONO, 2018).

Em uma perspectiva mundial, vários governos e concessionárias públicas afetadas por crises hídricas estão investindo no desenvolvimento e na implementação de sistemas que adotam práticas de conservação para garantir as demandas de água futuras (WILLIS *et al.*, 2010) e para que suas operações não prejudiquem a saúde humana e o meio ambiente (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2009). Nesse sentido, é de fundamental importância avaliar o desempenho de diferentes estratégias para incentivar a conservação de água pelo emprego de medidas que auxiliem no controle da demanda.

A implementação de ações conservadoras de água em unidades básicas de saúde poderá promover a redução do consumo de água potável no estabelecimento, além da diminuição das despesas com a prestação dos serviços de abastecimento de água pela concessionária. Entre as estratégias estão os sistemas de aproveitamento de água de chuva, reúso de águas cinzas e uso racional da água pelo emprego de equipamentos economizadores.

Os equipamentos economizadores de água são capazes de promover a eficiência do uso da água e o controle da demanda (ANA; FIESP; SINDUSCON-SP, 2005). O emprego desses equipamentos, como torneiras automáticas, bacias sanitárias de volume de descarga reduzido, descargas sanitárias de acionamento duplo, chuveiros eficientes, reguladores e restritores de vazão são capazes de promover a redução do consumo predial quando comparados aos equipamentos hidrossanitários convencionais.

Os sistemas prediais de água não potável utilizam fontes alternativas de água para abastecimento das edificações em usos que não oferecem risco à saúde humana (SANT'ANA; AMORIM, 2007), como os sistemas de aproveitamento de água de chuva e sistemas de reúso de águas cinzas. Para a adoção desses sistemas, são indicados tratamentos eficazes para alcançar os padrões de qualidade da água não potável para uso em descargas sanitárias, lavagem de roupas, lavagem de pisos, irrigação paisagista e outros.

Para definir a melhor estratégia conservadora de água é importante compreender o uso específico da água. Segundo Sant'Ana e Mazzega (2018) a compreensão detalhada dos padrões de consumo de água abre o caminho para a identificação de soluções eficazes na redução do consumo de água em edificações. Para o Distrito Federal, diferentes estudos caracterizaram os usos finais de água em edificações residenciais (SANT'ANA, 2011; SANT'ANA; MAZZEGA, 2018; BOMFIM; SANT'ANA, 2021), de ensino (SANT'ANA *et al.*, 2013; SANTANA; SANT'ANA, 2017; BARBOSA; BEZERRA; SANT'ANA, 2018), comerciais (NASCIMENTO; SANT'ANA, 2015; TOTUGUI *et al.*, 2019) e de transporte (SANTOS; SANT'ANA, 2019), abrindo o caminho para a análise do potencial de redução do consumo de água potável pelo emprego de tecnologias de conservação de água (CÁCERES; RAMOS; SANT'ANA, 2019; SANT'ANA, 2006; SANT'ANA, 2012; SANTOS *et al.*, 2019; SANTOS; SANTANA; RAMOS, 2020).

Estudos prévios foram realizados em hospitais para identificar o potencial de redução do consumo de água com o emprego de equipamentos economizadores (CALZA; NOGUEIRA; SIQUEIRA, 2012; DURANTE; MOREIRA; STIZ, 2017; GAITÁN; TEIXEIRA, 2020; OLIVEIRA, 1999; ORITA; SERINOLLI, 2017), sistemas de aproveitamento de água de chuva (BAK; DAO; HAN, 2020; FONSECA, 2016;

FULTON, 2018; GAITÁN; TEIXEIRA, 2020) e sistemas de reúso (AGAR *et al.*, 2009; BONI, 2009; CALZA; NOGUEIRA; SIQUEIRA, 2012; HOAG, 2008; JECKY; ANDRIO; SASMITA, 2018; LOPES, 2017; TARRASS; BENJELLOUN; BENJELLOUN, 2008).

Porém, até onde vai a literatura, os estudos foram realizados apenas na tipologia hospital e não foram caracterizados os usos finais de água. Alguns estudos analisaram os padrões de consumo de água dos hospitais por setor e não desagregaram os usos finais de água (OLIVEIRA, 1999; VACCARI *et al.*, 2017), outros não realizaram uma auditoria de consumo detalhada ou não apresentaram informações suficientes para validar os resultados (COLLETT *et al.*, 2016; VACCARI *et al.*, 2017), e ainda podem ser citados aqueles que utilizaram dados de usos finais de água de edificações comerciais e industriais (GAITÁN; TEIXEIRA, 2020) e indicadores de consumo obtidos a partir de outras pesquisas (PRASETYADI; KOONSRIK, 2020), o que pode não representar a realidade brasileira.

A avaliação do desempenho de diferentes estratégias conservadoras de água é fundamental quantificar o consumo de água em seus usos finais. Diante desse contexto, esse estudo teve como objetivo realizar um diagnóstico do consumo de água em unidades básicas de saúde do Distrito Federal e apresentar soluções eficazes na redução do consumo de água potável pelo emprego de equipamentos economizadores de água e de sistemas prediais de água não potável.

2. Método

O método adotado foi capaz de caracterizar os usos finais de água e identificar o potencial de redução do consumo de água em unidades básicas de saúde (UBS) do Distrito Federal (DF). Está estruturado em três etapas, sendo que na primeira são utilizadas abordagens metodológicas quantitativas e qualitativas para a coleta de dados primários e secundários; a segunda etapa consiste na composição do modelo representativo e; na última são identificados os potenciais de redução do consumo de água potável pelo uso das estratégias conservadoras de água (equipamentos economizadores, sistemas de aproveitamento de água de chuva e reúso de águas cinzas).

2.1. Levantamento qualitativo

Inicialmente foi solicitada autorização para realização da pesquisa em uma unidade básica de saúde do Distrito Federal. Em seguida, foi realizada uma reunião com a gerente da UBS para compreender as atividades desenvolvidas, obter as contas de água, informações sobre os padrões de ocupação e agendar um cronograma para a realização de uma vistoria hidráulica, instalação e desinstalação dos equipamentos de medição do consumo de água e entrevistas com as pessoas responsáveis pelo serviço de limpeza.

Com a vistoria das condições existentes no sistema hidráulico e sanitário da UBS, foram levantados todos os pontos de uso de água, realizadas as medições de vazão dos aparelhos consumidores e detectadas as ineficiências e vazamentos para estimar as perdas. As vazões foram identificadas por meio da técnica de medição do tempo necessário para encher um recipiente de um litro. Para os demais usos, as vazões (ou volume por uso) foram definidas conforme as especificações do manual do fabricante. Nos vazamentos aparentes identificados foi utilizado como técnica um medidor de vazamento de água do tipo bécquer graduado, da marca DECA. O medidor foi posicionado nos pontos de uso de água que apresentaram vazamento e cronometrado cinco segundos para verificar, através da graduação do medidor, a perda de água diária.

As informações específicas sobre serviços de limpeza, irrigação da horta e uso da edificação foram obtidas através de entrevistas semiestruturadas com a gerente administrativa e a chefe de limpeza. Por

meio de observações *in loco* foi possível acompanhar o serviço de limpeza dos pisos durante um dia de serviço e levantar as frequências de uso das bacias sanitárias. A equipe de pesquisa monitorou o número de acionamentos durante um dia, entre 7h e 19h.

O volume de água utilizado no processo de lavagem dos pisos foi obtido pelo produto entre a vazão das torneiras de uso geral e o tempo de abertura. (Equação 1). O volume utilizado em cada aparelho sanitário foi estimado conforme o número de acionamentos e sua respectiva vazão, indicada pelo manual do fabricante (Equação 2).

$$D_{lav} = t \times q \quad (1)$$

D_{lav} = Demanda de lavagem de pisos (L/d)

t = Tempo de abertura da torneira (s)

q = Vazão (L/s)

$$D_{bs} = nu \times q_{bs} \quad (2)$$

D_{BS} = Demanda da bacia sanitária (L/d)

nu = Número de usos

q_{bs} = Vazão do aparelho sanitário (L/s)

Foram realizadas medições diárias do hidrômetro geral no cavalete de entrada da edificação para registrar o consumo predial durante um período de quinze dias. O consumo diário foi conferido ao longo da semana e permitiu a identificação de possíveis perdas por vazamentos. Esta verificação foi realizada ao comparar a leitura do hidrômetro com a soma dos usos de água por uso final, obtidos com as medições específicas. As leituras do hidrômetro foram registradas diariamente por um responsável do estabelecimento, aproximadamente no mesmo horário, e as fotografias enviadas através de aplicativo de celular.

Medições específicas do uso da água foram realizadas em lavatórios, chuveiros, pias, tanques e torneiras de uso geral. Para tanto, foram instalados equipamentos de medição, composto por medidor de fluxo e módulo data logger, em pontos de uso para registrar eventos de consumo de água, conforme apresentado na Figura 1. Com as informações resultantes foi possível extrair dados do volume de água por uso em litros (L), tempo de uso em segundos (s), vazão de água durante o uso (L/s) e frequência de uso diário (nº de vezes ao dia).

Figura 1: Medidores de fluxo instalados em lavatórios, chuveiros e torneiras, conectados a módulos data logger



Todos os pontos de uso dos setores administrativo, assistência médica, banheiros (pacientes e funcionários) e lavagem de pisos foram monitorados (lavatórios, chuveiros, pia, torneira de uso geral e de jardim). Como os consultórios (setor de atendimento) são ambientes padrões, foi selecionado apenas

um banheiro representativo para instalação do equipamento de medição.

2.2. Levantamento quantitativo

Foram coletados dados do consumo predial de água, população (fixa e flutuante), áreas (construída e cobertura) e número dos principais aparelhos sanitários foram coletados de 97 UBS localizadas nas regiões administrativas do Distrito Federal. As áreas construídas e o número de aparelhos sanitários (lavatório, pia, chuveiro e bacia sanitária) foram fornecidas pela Secretaria de Estado de Saúde – SES/DF e as áreas de cobertura foram calculadas a partir de imagens aéreas disponíveis no Google Earth®.

Para identificar o perfil do consumo de água das unidades básicas de saúde foi realizada uma análise documental das contas de água por um período de 24 meses (2015 e 2016). Esses dados de consumo foram fornecidos pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB. Os dados referentes à população fixa (número de servidores e funcionários terceirizados) foram fornecidos pela Secretaria de Infraestrutura de Saúde do Distrito Federal – SINFRA/SES-DF. Os dados relativos à produção ambulatorial (número de consultas, exames e cirurgias) foram obtidos na Sala de Situação/SES-DF (SIA/SUS) e possibilitaram identificar a população flutuante.

2.3. Análise de dados para composição do modelo representativo

Com as informações do levantamento qualitativo foram gerados indicadores de consumo por uso final de água em litros por funcionário por dia (L/fun/d) e litros por paciente por dia (L/pac/d) (Equação 3).

$$\overline{IC} = \frac{\overline{D}_d}{x} \quad (3)$$

\overline{IC} = Indicador de consumo de água por uso final

\overline{D}_d = Demanda diária por uso final (L/d)

x = variável (paciente ou funcionário)

A demanda diária por uso final foi obtida pela razão entre o somatório dos eventos de consumo por uso final dos equipamentos hidráulicos e os dias em que foram monitorados. Para essa análise foram retiradas as ocorrências que não registraram uso durante a medição (Equação 4). A partir dos dados coletados de volume de água consumido por uso final e frequência de uso foram identificadas as vazões médias dos equipamentos hidráulicos (Equação 5).

$$\overline{D}_d = \frac{1}{d} \sum_{i=1}^n V_i \quad (4)$$

\overline{D}_d = Demanda diária por uso final (L/d)

d = Número de dias de consumo

V = Volume consumido por uso final (L)

$$\overline{q} = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n \frac{V_i}{t_i} \right) \quad (5)$$

\overline{q} = Vazão média de equipamento hidráulico (L/s)

V = Volume de água consumido (L)

t = Tempo de uso (s)

Os dados obtidos com o levantamento quantitativo foram analisados estatisticamente. Nesse processo, os valores atípicos identificados foram retirados da amostra e, em seguida, avaliada a média e desvio

padrão. Com isso, foi possível gerar indicadores de consumo predial *per capita* (L/p/d) e por área construída (L/m²/d) baseado nas medianas de consumo faturado, população (fixa e flutuante) e área construída (Equação 6).

$$IC = \frac{V}{x} \quad (6)$$

IC = Indicador de consumo de água
V = Volume de água consumido (L)
x = variável (população ou área construída)

Para obter uma melhor representatividade do modelo para UBS, os resultados passaram por um processo de calibração e os dados de usos finais de água foram ajustados. Para isso, foi utilizado um fator de correção obtido pela razão entre o consumo diário médio faturado (levantamento quantitativo) e o consumo médio diário estimado (levantamento qualitativo) (Equação 7).

O fator de correção foi aplicado ao consumo estimado por uso final para que a sua somatória resultasse em dados mais próximos ao consumo faturado e, com isso, fossem gerados indicadores de consumo por uso final de água. Assim, foram obtidos os consumos base (D_b) (Equação 8) e os indicadores de consumo base por uso final (IC_b) das unidades básicas de saúde (Equação 9).

$$F_c = \frac{V}{\bar{D}_d} \quad (7)$$

F_c = Fator de consumo
V = Volume de água consumido (L)
 \bar{D}_d = Demanda diária por uso final (L/d)

$$D_b = \bar{D}_d \times F_c \quad (8)$$

D_b = Demanda base (L/d)
 \bar{D}_d = Demanda diária por uso final (L/d)
 F_c = Fator de consumo

$$IC_b = \frac{D_b}{x} \quad (9)$$

IC_b = Indicador de consumo base de água por uso final (L/p/d)
 D_b = Demanda base diária (L/d)
x = variável (paciente ou funcionário)

2.4. Potencial de redução do consumo de água potável

O potencial de redução de água potável (P) foi calculado a partir dos dados de consumo base (D_b) e economia de água (E_a) no período de um ano (Equação 10). Para os equipamentos economizadores de água, a economia de água foi obtida após a simulação da troca de equipamentos convencionais por economizadores, devido à redução de vazão. E para os sistemas de aproveitamento de água de chuva e sistemas de reúso de águas cinzas, a economia foi obtida em função do balanço hídrico (oferta e demanda) para cada cenário simulado.

$$P = \frac{E_a}{D_b} \times 100 \quad (10)$$

P = Potencial de redução do consumo de água potável (%)
 D_b = Demanda base por uso final (m³/ano)
 E_a = Economia de água (m³/ano)

A economia de água potável gerada pelo emprego de equipamentos economizadores resultou da diferença entre consumo base e consumo reduzido (Equação 11). Por sua vez, o consumo reduzido foi obtido pela razão entre o produto da vazão reduzida e o consumo base, pela vazão base, conforme indicado na Equação 12.

$$E_a = D_b - D_r \quad (11)$$

E_a = Economia de água (m³/ano)
 D_b = Demanda base por uso final (m³/ano)
 D_r = Demanda de água reduzida (m³/ano)

$$D_r = \frac{q_r \times D_b}{q_b} \quad (12)$$

D_r = Demanda de água reduzida (m³/ano)
 D_b = Demanda base (m³/ano)
 q_r = vazão reduzida (L/s)
 q_b = vazão base (L/s)

Para identificar a economia de água potável gerada com a implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva (AAC) e sistema de reúso de águas cinzas (RAC) foram avaliados três cenários: lavagem de pisos (cenário 1), descarga sanitária: bacia sanitária e expurgo (cenário 2) e lavagem de pisos & descarga sanitária: bacia sanitária e expurgo (cenário 3).

Com os dados da oferta de água de chuva (Equação 13) e as demandas de água por uso final para os diferentes cenários, foram realizadas simulações de desempenho de diferentes capacidades de reservatórios baseadas em intervalos de tempo diários, simulando fluxos de massa com algoritmos específicos utilizando o modelo comportamental da Equação 14 considerando a regra operacional *yield after spillage* da Equação 15 (FEWKES, 1999).

$$Q_t = P_t \times A \times C_e \times C_f \quad (13)$$

Q_t = Oferta de água de chuva (litros) no intervalo de tempo, t
 P_t = Precipitação média (mm) no intervalo de tempo, t
 A = Área da cobertura
 C_e = Coeficiente de escoamento
 C_f = Coeficiente de aproveitamento (perdas)

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad (14)$$

Sujeito a $0 \leq V_{t-1} \leq C$

V_t = Água de chuva armazenada no intervalo de tempo, t
 V_{t-1} = Água de chuva armazenada no intervalo de tempo, $t-1$
 Q_t = Oferta de água de chuva no intervalo de tempo, t
 D_t = Demanda de água de chuva no intervalo de tempo, t
 C = Capacidade de armazenamento

$$Y_t = \min \left\{ \begin{array}{l} D_t \\ V_{t-1} + Q_t \end{array} \right. \quad (15)$$
$$V_t = \min \left\{ \begin{array}{l} V_{t-1} + Q_t - Y_t \\ C \end{array} \right.$$

Y_t = Coleta de água de chuva no intervalo de tempo, t

A economia de água potável gerada com o sistema de reúso de águas cinzas foi obtida a partir do balanço hídrico para diferentes cenários, apoiada nos dados da oferta para diminuir a demanda. A

demanda foi estimada com base nos dados de usos finais do consumo de água do modelo representativo. As unidades de tratamento dos efluentes foram determinadas de acordo com a estimativa do volume diário de águas cinzas a serem tratadas para sistemas disponíveis comercialmente no mercado brasileiro. Nesse sentido, o tratamento é realizado apenas para a quantidade de água cinza necessária para cada demanda.

3. Resultados e Discussão

3.1. Indicadores de consumo por uso final de água

Os resultados demonstraram um consumo predial médio de 1.190,50 m³/ano, com uma demanda mensal equivalente a 99,21 m³/mês e foram obtidos indicadores de consumo per capita (17,98 L/p/d) e por área (4,02 L/m²/d).

Tabela 1: Indicadores de usos finais de água.

USOS FINAIS DE ÁGUA	Q	T	F	C	IC
Administrativo e copa					1,08 L/fun/d
Lavatório (2)	0,04 L/s	16 s	9	6,15 L/d	0,10 L/fun/d
Pia de cozinha com filtro (1)	0,06 L/s	7 s	159	61,66 L/d	0,98 L/fun/d
Atendimento					3,83 L/fun/d
Lavatório (15)	0,05 L/s	18 s	160	152,21 L/d	2,42 L/fun/d
Pia (4)	0,03 L/s	11 s	127	48,73 L/d	0,77 L/fun/d
Bacia sanitária (3)	9,00 L/s	---	47	522,00 L/d	0,64 L/fun/d
Assistência Médica					0,03 L/pac/d
Lavatório (1)	0,05 l/s	10 s	5	2,54 L/d	0,02 L/pac/d
Pia (3)	0,03 l/s	6 s	8	1,51 L/d	0,01 L/pac/d
Banheiro dos pacientes					7,88 L/pac/d
Lavatório (5)	0,27 L/s	17 s	50	236,41 L/d	2,00 L/pac/d
Bacia sanitária (4)	9,00 L/pf	---	62	696,00 L/d	5,88 L/pac/d
Banheiro dos funcionários					13,38 L/fun/d
Lavatório (6)	0,06 L/s	17 s	137	138,54 L/d	2,20 L/fun/d
Chuveiro (4)	0,08 L/s	106 s	1	8,64 L/d	0,14 L/fun/d
Bacia sanitária (4)	9,00 L/pf	---	62	696,00 L/d	11,05 L/fun/d
Lavagem de pisos					0,43 L/m²/d
Tanque (2)	0,09 L/s	44 s	59	225,14 L/d	0,28 L/m ² /d
Torneira de uso geral (5)	0,27 L/s	22 s	20	122,37 L/d	0,15 L/m ² /d
Irrigação					3,33 L/m²/d
Torneira de jardim (1)*	0,24 L/s	1800 s	1	525,69 L/d	3,33 L/m ² /d
Vazamento					
Lavatório (1)	0,001 L/s	86400 s	1	65,32 L/d	---
Ducha higiênica (2) **	0,00001 L/s	86400 s	1	0,96 L/d	---

Em parêntesis, o número de aparelhos hidrossanitários.

L/s = litro por segundo; L/pf = litro por fluxo; s = tempo por uso em segundos; L/d = litro por dia; L/fun/d = litro por funcionário por dia; L/pac/d = litro por paciente por dia; L/m²/d = litro por área de superfície por dia

* Irrigação realizada apenas 1 vez ao dia.

** As duchas higiênicas da sala de curativos e do banheiro dos pacientes não registram consumo durante o monitoramento, mas apresentaram vazamentos.

A Tabela 1 faz um resumo dos valores medianos de vazão (Q), tempo por uso (T), frequência diária (F), consumo diário (C) e indicadores de consumo de água (IC) para cada aparelho consumidor. Os dados de frequência apresentados na tabela referem-se à somatória do número de usos por dia de todos os equipamentos com as mesmas características do estabelecimento.

Para gerar os indicadores de consumo por funcionário (L/fun/d) e paciente (L/pac/d) foi considerada a

população total. Os indicadores mais expressivos foram verificados nas bacias sanitárias dos banheiros dos funcionários (11,05 L/fun/d) e bacias sanitárias dos banheiros dos pacientes (5,88 L/pac/d).

3.2. Indicadores de consumo por uso final de água do modelo representativo

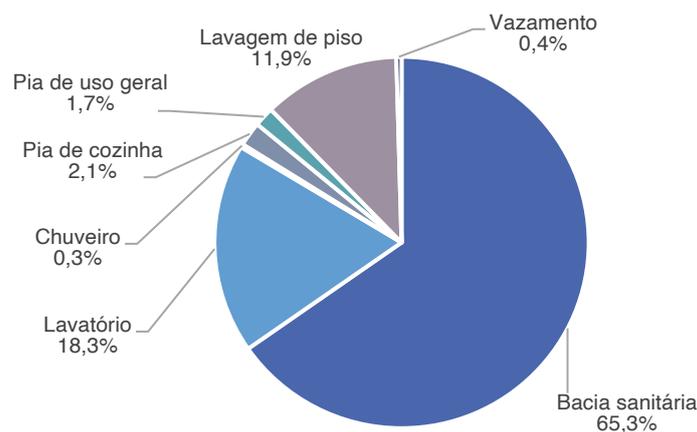
O modelo representativo das unidades básicas de saúde do Distrito Federal foi construído com base em suas características tipológicas (Tabela 2) e consumo de água (Figura 1). Em geral, as UBS possuem apenas um pavimento, com área de cobertura de 910 m², área construída de 811 m² e uma população de 52 pessoas, realizando, em média 2.262 atendimentos (produção ambulatorial) e com um consumo predial mensal de 44,83 m³/mês, um consumo per capita equivalente a 31,74 L/p/d e consumo por área de 3,80 L/m²/d.

Tabela 2: Características tipológicas das unidades básicas de saúde

CARACTERÍSTICAS TIPOLÓGICAS	UBS (N = 97)		
	Mínimo	Máximo	Mediana
Área construída (m ²)	44,30	3.426,66	811,00
Área cobertura (m ²)	178,00	1.521,00	910,00
População	7	157	52
Produção ambulatorial	49	54.154	2.262
Consumo predial (m ³ /mês)	4,33	421,95	44,83
Indicador de consumo per capita (L/p/d)	5,63	169,18	31,74
Indicador de consumo por área (L/m ² /d)	0,17	13,17	3,8

A Figura 1 apresenta a proporção dos usos finais de água em unidades básicas de saúde do Distrito Federal. As estimativas de usos finais corrigidas, após utilização do fator de correção, indicaram que os consumos mais elevados foram registrados nas bacias sanitárias (827 L/d), lavatórios (232 L/d) e lavagem de pisos (150 L/d) e geraram indicadores de consumo por uso final de 15,9 L/p/d, 4,5 L/p/d e 0,2 L/m²/d, respectivamente.

Figura 1: Usos finais de água do modelo representativo

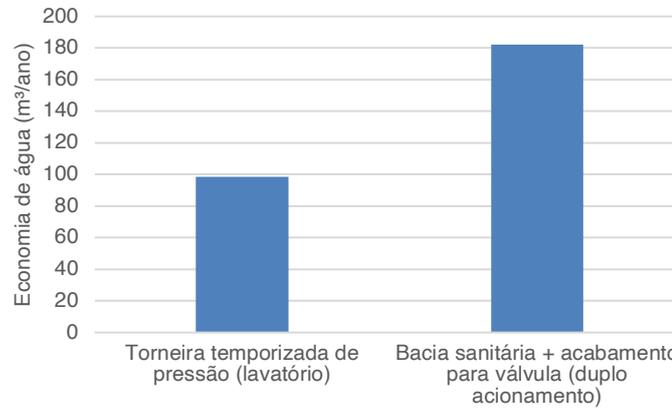


3.3. Potencial de redução do consumo de água potável

A simulação do uso de torneiras temporizadas de pressão para os lavatórios da UBS e, da troca das bacias sanitárias com consumo de 9 litros por fluxo pelas bacias sanitárias com consumo de 6 litros por fluxo, juntamente com o acabamento para válvula contendo a tecnologia de duplo acionamento, resultou em uma economia de água potável de 281 m³/ano. O maior potencial de redução do consumo de água

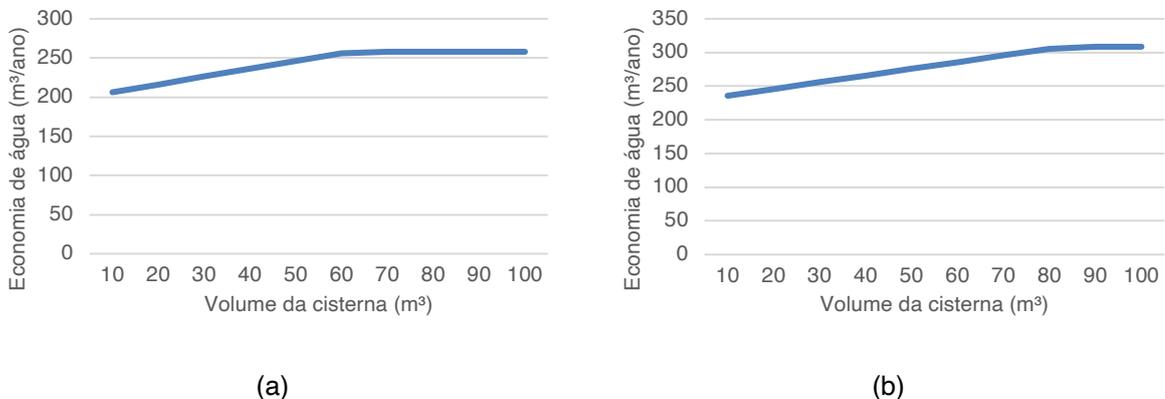
potável foi verificado com o uso da bacia sanitária (33%), Figura 2. Equipamentos como torneiras para cozinhas e copas não foram considerados para a análise por causa do baixo consumo. Não foi proposto a troca dos chuveiros por duchas devido a necessidade de grandes intervenções no sistema hidráulico e de aquecimento.

Figura 2: Economia de água potável com emprego de equipamentos economizadores



Com relação ao sistema de aproveitamento de água de chuva, resultados demonstraram que o uso da água para lavagem de pisos não é viável devido à pequena demanda. No entanto, os demais cenários analisados indicaram que a economia de água potável variou entre 206 e 258 m³/ano para o uso em descarga sanitária e 236 e 309 m³/ano, para lavagem de pisos & descarga sanitária, Figura 3.

Figura 3: Economia anual de água por volume de cisterna: descarga sanitária (a) e lavagem de pisos & descarga sanitária (b)



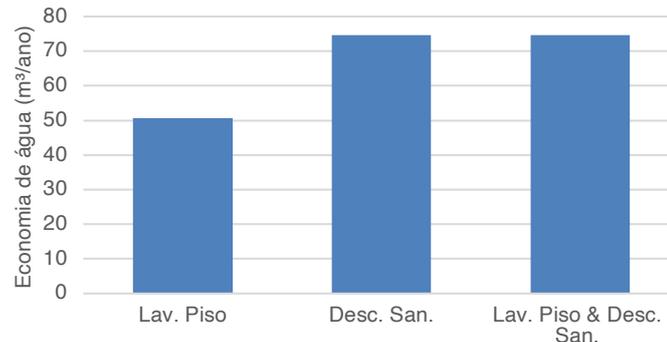
O sistema de aproveitamento de água de chuva mostrou-se viável quando foram utilizadas cisternas de 10, 20, 30, 40, 50 e 60 m³ para atender à demanda em descargas sanitárias e cisternas de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 m³ para atender à demanda em lavagem de pisos e descargas sanitárias. Observa-se que na medida em que há um aumento da capacidade de armazenamento da cisterna, as economias geradas pelo aproveitamento de água de chuva também aumentam. Porém, existe um ponto em que por mais que aumente o volume da cisterna, as economias geradas pelo sistema ficam estagnadas. Isso é devido ao limite da oferta (área de cobertura disponível) e demanda (usos não potáveis).

Com isso, a capacidade de armazenamento ideal foi definida com o menor volume de água pluvial (V_c) capaz de promover o maior nível de economia de água. Em situações em que a demanda de água não potável foi superior a 50% da oferta de água de chuva, a implementação do sistema de aproveitamento

foi considerada inviável tecnicamente por não possuir uma área de cobertura grande o suficiente.

Com relação ao sistema de reúso de águas cinzas, verificou-se que a oferta de águas cinzas para o uso em lavagem de pisos pode gerar uma redução de água potável de 51 m³/ano. No entanto, o sistema apresentou melhor aproveitamento para o uso em descarga sanitária, promovendo uma economia de água de 75 m³/ano. Como a demanda para lavagem de pisos & descarga sanitária é maior que a oferta, a proposta é inviável devido à economia assemelhar-se ao cenário anterior, Figura 4.

Figura 4: Economia de água potável pelo reúso de águas cinzas



Considerando as estratégias conservadoras de água avaliadas, verificou-se que o emprego de equipamentos economizadores de água em unidades básicas de saúde pode gerar uma economia (E_a) no consumo de água potável de 281 m³/ano, enquanto o sistema de aproveitamento de água de chuva pode alcançar uma economia de até 309 m³/ano, dependendo do volume de cisterna a ser utilizado, e o sistema de reúso de águas cinzas, 75 m³/ano para o Cenário 2 (descarga sanitária), conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Potencial de redução de água potável pelo emprego das estratégias conservadoras de água

ESTRATÉGIA	EQUIPAMENTOS ECONOMIZADORES / CENÁRIOS AAC OU RAC	P (%)	E_a (m ³ /ano)
Eq. Economizador	Torneira temporizada de pressão (lavatório)	18	99
Eq. Economizador	Bacia sanitária + acabamento para válvula descarga (duplo acionamento)	33	182
AAC (V_c 60 m ³)	Descarga sanitária	47	256
AAC (V_c 90 m ³)	Lavagem de pisos & descarga sanitária	57	309
RAC	Lavagem de pisos	9	50,61
RAC	Descarga sanitária	14	74,63
RAC	Lavagem de pisos & Descarga sanitária	14	74,63

AAC: Sistema de aproveitamento de água de chuva

RAC: Sistema de reúso de águas cinzas

Eq. Economizador: Equipamento economizador de água

4. Conclusão

As unidades básicas de saúde do Distrito Federal possuem, em média, uma área construída de 811 m², 52 pessoas e realiza 2.262 atendimentos. Com um consumo anual de 537,96 m³/ano, os estabelecimentos de saúde apresentaram indicadores de consumo per capita de 31,74 L/p/d e por área de 3,80 L/m²/d. Os maiores consumos por uso final de água foram identificados nas bacias sanitárias (827 L/d) e geraram indicadores de consumo por uso final de 15,9 L/p/d.

O potencial de redução de água potável com a troca dos equipamentos convencionais por economizadores pode chegar a 51% na UBS. O maior potencial de redução de água potável foi resultante da bacia sanitária com acabamento para válvula de descarga com duplo acionamento (33%),

seguido pela torneira temporizada de pressão para lavatório (18%). Por sua vez, o sistema de reúso de águas cinzas resultou em um potencial de redução de apenas 14%.

Em relação ao sistema de aproveitamento de água de chuva, o potencial de redução de água pode chegar a 47%, com cisterna de 60 m³ (cenário 2) e 57%, com cisterna de 90 m³ (cenário 3). No entanto, apesar das cisternas com maiores volumes promoverem os maiores potenciais de redução do consumo de água potável, as cisternas com menores capacidades podem alcançar os melhores índices de retorno do investimento (SANTANA, 2022).

O emprego dos equipamentos economizadores em unidades básicas de saúde provou ser a estratégia mais viável quando comparado aos sistemas prediais de água não potável (AAC e RAC). Como os estudos prévios analisaram apenas a tipologia hospital, não foi possível comparar os resultados do potencial de redução de água potável identificados nesta pesquisa.

Apesar da limitação do estudo quanto ao recurso disponível, tempo disponibilizado pelos gestores para instalação/medição dos equipamentos no estabelecimento de saúde e precisão dos medidores de fluxo, a pesquisa contribui para criação de uma base de dados de consumo predial e usos finais de água das unidades básicas de saúde do Distrito Federal. Essas informações são essenciais para o dimensionamento de sistemas prediais de água, previsão da demanda de água, implementação de programas de conservação de água, gestão dos recursos hídricos e criação de políticas públicas.

Para pesquisas futuras, recomenda-se a avaliação dos benefícios financeiros pelo emprego dos equipamentos economizadores e dos sistemas prediais de água não potável. Além de avaliar o potencial de redução do consumo de água, é importante analisar os custos de implantação de cada estratégia conservadora de água. Outra indicação, é a replicação do método para outras regiões, como também, para outras tipologias de estabelecimentos assistenciais de saúde.

Agradecimentos

Agradecemos à Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB, pelo fornecimento dos dados de consumo de água; à Secretaria de Infraestrutura do Distrito Federal – SINFRA/DF, pelo suporte para o levantamento dos dados quantitativos dos estabelecimentos assistenciais de saúde; ao Laboratório de Sustentabilidade aplicada à Arquitetura e ao Urbanismo – LaSUS e Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído – AAC; à Fundação Universidade de Brasília – UnB e Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos – FINATEC, pelas bolsas de apoio à pesquisa.

Referências

AGAR, J. W. M. *et al.* Using water wisely: New, affordable, and essential water conservation practices for facility and home hemodialysis. **Hemodialysis International**, v. 13, n. 1, p. 32–37, 2009.

ANA; FIESP; SINDUSCON-SP. **Conservação e reúso de água em edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.

AWWA. **Emergency Water Supply Planning Guide for Hospitals and Health Care Facilities**. Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services, 2012.

BAK, G.; DAO, A. D.; HAN, M. Improving the hydrological performance of a rainwater for drinking (RFD) system at a rural hospital in Vietnam. **Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development**, v. 10, n. 4, p. 916–926, 2020.

BARBOSA, G. G.; BEZERRA, S. P.; SANT'ANA, D. Indicadores de consumo de água e análise comparativa entre o aproveitamento de águas pluviais e o reúso de águas cinzas em edificações de



ensino do Campus Darcy Ribeiro - UnB. **Paranoá**, Brasília, n. 22, p. 1–15, 2018. DOI: <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n22.2018.01>.

BONI, S. DA S. N. **Gestão de água em edificações**: formulação de diretrizes para o reúso de água para fins não potáveis. 2009. 258 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2009.

CÁCERES, P. S.; RAMOS, S. R.; SANT'ANA, D. Potencial de redução da exploração dos recursos hídricos locais pelo aproveitamento de água pluvial em residências no Distrito Federal. **Paranoá**, Brasília, n. 23, p. 11–19, 2019. DOI: <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n23.2019.02>.

CALZA, L. F.; NOGUEIRA, C. E. C.; SIQUEIRA, J. A. C. Diagnóstico preliminar e proposta de adequação para o uso eficiente da água no hospital universitário do oeste do Paraná. **Acta Iguazu**, v. 1, n. 4, p. 27–35, 2012.

COLLETT, S.; SAMARIN, I.; BHALCHANDRA, R.; SOUNDARANAYAGAM, J. R.; GARAI, S.; CHANDY, M.; BHATTACHARYA, S. Water usage in a multi-speciality hospital and its effective management. **Journal of The Academy of Clinical Microbiologists**, v. 18, n. 2, p. 135, 2016.

DURANTE, L. C.; MOREIRA, J. V. R.; STIZ, W. DE O. Consumo de água e equipamentos hidrossanitários eficientes em unidades de saúde. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 5, n. 36, p. 105–121, 2017.

FEWKES, A. Modelling the performance of rainwater collection systems: towards a generalised approach. **Urban Water**, v. 1, n. 4, p. 323–333, 1999.

FONSECA, M. DE C. **Análise financeira de um sistema de aproveitamento de água de chuva em unidade hospitalar**. 2016. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

FULTON, L. V. A simulation of rainwater harvesting design and demand-side controls for large hospitals. **Sustainability**, v. 10, n. 5, 2018.

GAITÁN, M. C. P.; TEIXEIRA, B. A. D. N. Aproveitamento de água pluvial e sua relação com ações de conservação de água: estudo de caso em hospital universitário, São Carlos (SP). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, n. 1, p. 133–144, 2020.

HOAG, L. S. A. **Reuso de água em hospitais**: o caso do hospital “Santa Casa de Misericórdia de Itajubá”. 2008. 217 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) - Universidade Federal de Engenharia de Itajubá, Minas Gerais, 2008.

JECKY, A.; ANDRIO, D.; SASMITA, A. Planning of Eka Hospital Pekanbaru wastewater recycling facility. In: IOP Conference Series. **Materials Science and Engineering**, v. 345, n. 1, p. 1–7, 2018.

LOPES, C. M. **Estudo da viabilidade do reúso da água rejeitada pelo sistema de osmose reversa em um serviço de hemodiálise**. 2017. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

NASCIMENTO, E. A. A.; SANT'ANA, D. Caracterização dos usos-finais do consumo de água em edificações do Setor Hoteleiro de Brasília. **Revista de Arquitetura IMED**, Passo Fundo, v. 3, n. 2, p. 156-167, fev. 2015. DOI: <https://doi.org/10.18256/2318-1109/arqimed.v3n2p156-167>.

OLIVEIRA, L. H. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios**. 1999. 366 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

ORITA, M. R.; SERINOLLI, M. I. Redução do Consumo de Água em um Hospital privado da capital Paulista com base na instalação de registro regulador de vazão em torneiras de fechamento automático. **Revista Inovação, Projetos e Tecnologias**, v. 5, n. 1, p. 111–123, 2017.

PRASETYADI, A.; KOONSRIK, A. Minimization of Energy and Water Cost for the Main Building of Suranaree University of Technology Hospital (SUTH). In: 10th TSME – International Conference on



Mechanical Engineering. IOP Conference Series: **Materials Science and Engineering**, v. 886, n. 1, p. 1-14, 2020.

SANT'ANA, D. Rainwater harvesting in Brazil: investigating the viability of rainwater harvesting for a household in Brasília. In: **Eco-Architecture: Harmonization Between Architecture and Nature**. 1ed. Southampton: WIT Press, 2006, v. 86, p. 381-390. DOI: <https://doi.org/10.2495/ARC060381>

_____. **A socio-technical study of water consumption and water conservation in Brazilian dwellings**. 2011. 411 f. Tese (Doutorado) - Oxford Brookes University, Oxford, 2011.

_____. Domestic water end-uses and water conservation in multi-storey buildings in the Federal District, Brazil. In: International Conference in Passive and Low Energy Architecture, 28., 2012, Lima. **Proceedings [...]**. Lima: PLEA, 2012. p. 1-6, 2012.

SANT'ANA, D.; AMORIM, C. N. D. Reúso de água em edificações: premissas e perspectivas para o contexto brasileiro. **Sistemas Prediais**, v. 1, p. 32–37, 2007.

SANT'ANA, D.; BOEGER, L.; MONTEIRO, L. Aproveitamento de águas pluviais e o reúso de águas cinzas em edifícios residenciais de Brasília - parte 1: reduções no consumo de água. **Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo**, Brasília, v. 10, n. 10, p. 77–84, 2013. DOI: <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n10.2013.12125>.

SANT'ANA, D.; MAZZEGA, P. Socioeconomic analysis of domestic water end-use consumption in the Federal District, Brazil. **Sustainable Water Resources Management**, v. 4, n. 4, p. 921–936, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40899-017-0186-4>

SANTANA, L. **Soluções viáveis para a conservação de água em estabelecimentos assistenciais de saúde**. 2022. 197 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Brasília, 2022.

SANTANA, P. M.; SANT'ANA, D. Water use and conservation in educational centres of the Federal District, Brazil. In: International Conference in Passive and Low Energy Architecture, 33., **Proceedings [...]**. Edinburgh: PLEA, 2017. v. 3, p. 5173-5180, 2017.

SANT'ANNA, R. et al. Análise do consumo de água em escola pública do Distrito Federal. In: SEABRA, Giovanni (org.). **Terra: qualidade de vida, mobilidade e segurança nas cidades**. João Pessoa: Editora Universitária UFPB, 2013. v. 3, p. 1231-1243.

SANTOS, S.; SANT'ANA, D. Análise do potencial de redução do consumo de água potável pelo aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas na Rodoviária do Plano Piloto de Brasília - DF. **Paranoá**, Brasília, n. 23, p. 84-92, 2019. DOI: <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n23.2019.08>.

SANTOS, P. S.; SANT'ANA, D.; RAMOS, S. R. Uso racional de água: análise do potencial de redução do consumo em escolas públicas. In: Eco Urbano, Fundación. Encuentro Latinoamericano y Europeo Sobre Edificaciones y Comunidades Sostenibles (EUROelecs 2019), 3., 2019, Buenos Aires. **Acta [...]**. Buenos Aires: AJEA, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33414/ajea.3.633.2019>.

SANTOS, S.; SANT'ANA, D.; TOTUGUI, N.; SANTANA, L. Aproveitamento de água pluvial no Aeroporto Internacional de Brasília: estimando o potencial de redução do consumo de água potável em irrigação e lavagem de pisos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS, 1., 2019. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2019. DOI: 10.46421/sispred.v1i.1594.

SOUZA, R. C. DE. **Tratamento de efluentes de lavanderia hospitalar para fins de reúso**. 2012. 118 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2012.

TARRASS, F.; BENJELLOUN, M.; BENJELLOUN, O. Recycling Wastewater After Hemodialysis: An Environmental Analysis for Alternative Water Sources in Arid Regions. **American Journal of Kidney Diseases**, v. 52, n. 1, p. 154–158, 2008.

TOTUGUI, N.; SANT'ANA, D.; SANTOS, S.; SANTANA, L. Caracterização dos usos-finais de água de edifícios comerciais: estudo de caso de um café em Brasília-DF. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS, 1., 2019. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2019. DOI:



10.46421/sispred.v1i.1595.

VACCARI, M.; MONTASSER, W.; TUDOR, T.; LEONE, L. Environmental audits and process flow mapping to assess management of solid waste and wastewater from a healthcare facility: an Italian case study. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 189, n. 5, 2017.

WILLIS, R. M.; STEWART, R. A.; PANUWATWANITCH, K.; JONES, S.; KYRIAKIDES, A. Alarming visual display monitors affecting shower end use water and energy conservation in Australian residential households. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, n. 12, p. 1117–1127, 2010.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Healthy hospitals, healthy planet, healthy people**: Addressing climate change in healthcare settings, 2009. 32 p. Disponível em: <https://www.who.int/docs/default-source/climate-change/healthy-hospitals-healthy-planet-healthy-people.pdf?sfvrsn=8b337cee_1>. Acesso em: 25 jun. 2021.



Livia Santana

Doutora em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Brasília (PPG-FAU/UnB). Mestre em Arquitetura e Urbanismo (PPG-FAU/UnB). Graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC/GO) e Técnica em Edificações pelo Instituto Federal de Goiás (IFG). Foi docente na Pontifícia Universidade Católica de Goiás (2009 a 2011) e no Instituto Federal de Goiás (2010). Atualmente faz parte do corpo docente do Instituto Federal de Goiás e é pesquisadora do grupo de pesquisa Água Ambiente Construído (CNPq). Experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em Tecnologia, Ambiente e Sustentabilidade, atuando principalmente nos seguintes temas de ensino, pesquisa e extensão: Conservação de água, Sistemas Prediais de Água Não Potável (Aproveitamento de Água de Chuva e Sistema de Reúso de Águas Cinzas), Uso Racional de Água, Projeto Executivo de Arquitetura, Desenho Técnico e Tecnologia das Construções.

Contribuição de coautoria: Concepção; Curadoria de dados; Análise; Coleta de dados; Supervisão; Validação; Visualização; Redação – rascunho original; Redação - revisão e edição.

Daniel Sant'Ana

Possui doutorado em Uso e Conservação de Água em Edificações pela Oxford Brookes University - Inglaterra (2010), mestrado em Eficiência Energética e Sustentabilidade em Edificações pela Oxford Brookes University - Inglaterra (2005) e graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas (2002). Atualmente, é Professor Associado na Universidade de Brasília (UnB) e líder do grupo de pesquisa Água & Ambiente Construído. Em sua atuação na área de Sustentabilidade, seu enfoque está direcionado à Conservação de Água, com especial atenção aos temas de Planejamento, Gestão e Governança da Água, Demanda Urbana e Usos-Finais de Água, Uso Racional de Água e Sistemas Prediais de Água Não Potável.

Contribuição de coautoria: Concepção; Metodologia; Supervisão.

Como citar: SANTANA, Livia; SANT'ANA, Daniel. Análise do potencial de redução do consumo de água potável em unidades básicas de saúde. **Paranoá**. n.34, jan/jun 2023. DOI <http://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n34.2023.15>.

Editores responsáveis: Ronaldo Rodrigues Lopes Mendes, Sílvio Roberto Magalhães Orrico e Thiago Alberto da Silva Pereira.