



Avaliação do consumo de água em um edifício de um campus universitário

Evaluation of water consumption in a university building

***Evaluación del consumo de agua en un edificio de un campus
universitario***

GNOATTO, Eloise Leonora¹

KALBUSCH, Andreza²

HENNING, Elisa³

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Joinville, Santa Catarina, Brasil.

eloisegnoatto@gmail.com

ORCID: 0000-0001-8345-4822

² Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Tecnológicas, Departamento de Engenharia Civil. Joinville, Santa Catarina, Brasil.

andreza.kalbusch@udesc.br

ORCID: 0000-0002-4770-1758

³ Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Tecnológicas, Departamento de Matemática. Joinville, Santa Catarina, Brasil.

elisa.henning@udesc.com

ORCID ID: 0000-0002-7754-9451

Recebido em 27/02/2023 Aceito em 18/05/2023



Resumo

A avaliação do consumo de água em edificações é importante para o planejamento de ações com objetivo de promover o uso racional da água. Este artigo apresenta a avaliação do consumo de água em um edifício de salas de aula localizado em um campus universitário com o objetivo de identificar o potencial de redução do consumo de água após a substituição dos acabamentos das válvulas de descarga das bacias sanitárias por modelos com mecanismo de duplo acionamento. Foram realizadas medições de consumo nos equipamentos hidrossanitários da edificação por meio da instalação de medidores de consumo com registro de dados em *data logger*. O consumo diário de água é apresentado, além do número de acionamentos em torneiras de lavatório e em bacias sanitárias. Os resultados mostram que a redução média do consumo diário de água em bacias sanitárias foi de 24,63% nos banheiros femininos e de 31,56% nos banheiros masculinos. Considerando o consumo de água total no edifício, quando comparados os dados dos dois períodos de medições, a redução de consumo foi de 22,94%.

Palavras-Chave: Consumo de água, bacia sanitária, torneira, universidade.

Abstract

The assessment of water consumption in buildings is important for planning actions to promote water conservation. This article presents the assessment of water consumption in a classroom building located on a university campus to identify the potential for reducing water consumption with the installation of dual-flush devices in toilets. Consumption measurements were conducted by installing consumption meters equipped with a data logger in the building plumbing system. Daily water consumption is shown, in addition to the number of uses on lavatory taps and toilets. The results show that the average reduction in daily water consumption in toilets was 24.63% in women's bathrooms and 31.56% in men's bathrooms. Considering the total water consumption in the building, the consumption reduction was 22.94%.

Key-Words: water consumption, toilets; lavatory taps, university campus.

Resumen

El análisis de consumo de agua en edificios es importante para crear acciones con el objetivo de hacer un uso racional de agua. En este artículo, se presenta un estudio del consumo de agua de un edificio situado en un campus universitario con el objetivo de identificar el potencial de reducción del consumo de agua con el uso de un mecanismo de doble accionamiento en sanitarios. Se realizaron mediciones en las instalaciones sanitarias de la construcción, registrando los datos con medidores en modo "data logger". El consumo de agua es mostrado, sumando la cantidad de usos del grifo y váter. Los resultados mostraron que se produjo una reducción del 24,63% en la media de los baños femeninos y una del 31,56% en los masculinos. Considerando el consumo total del edificio, comparado con los dos períodos de análisis el ahorro en el consumo fue de 22,94%.

Palabras clave: Consumo de agua, váter, grifo, universidad.

1. Introdução

O desenvolvimento de estratégias, políticas e modelos eficazes para conservação da água é essencial para gestão dos recursos hídricos urbanos (MAKKI *et al.*, 2013). Estratégias para economia de água não apenas contribuem para diminuição do estresse hídrico, mas também contribuem para redução do consumo de energia elétrica associado aos sistemas de tratamento e distribuição de água e de coleta e tratamento de esgoto sanitário (KUSKI *et al.*, 2020). Nas áreas urbanas, a eficiência no uso da água em edificações é essencial para alcance da sustentabilidade. O uso racional da água em edifícios de diferentes tipologias pode contribuir significativamente para redução da demanda de água urbana e para promoção da sustentabilidade a longo prazo nas cidades (KONTOKOSTA e JAIN, 2015).

Com relação ao consumo de água em instituições de ensino, Fasola *et al.* (2011) ressaltam a importância das ações para conservação de água nessa tipologia de edificações. O uso racional da água pode contribuir de maneira considerável para promoção da sustentabilidade em campi universitários, gerando economia financeira e de recursos naturais (MARINHO *et al.*, 2014). Campi universitários são, em geral, grandes consumidores de recursos como energia e água, podendo causar impactos ambientais significativos (ABDELALIM *et al.*, 2015). Yagoub *et al.* (2019) relatam iniciativas que podem ser tomadas pelas universidades para promover o uso racional de água, como campanhas educacionais voltadas a alunos, professores e funcionários, a medição de consumo em tempo real e a adoção de equipamentos economizadores de água.

A avaliação de medidas para promoção do uso racional da água é importante, podendo ter impactos em inovação tecnológica e em questões comportamentais (MARINHO *et al.*, 2014). Além disso, a obtenção de informações sobre o consumo de água predial permite o planejamento de ações para uso eficiente da água (KUSKI *et al.*, 2020). Honorato e Campos (2019) mencionam ainda a importância do conhecimento dos hábitos dos usuários em edificações e a caracterização dos perfis de consumo para o projeto de sistemas prediais.

Diante deste contexto, o objetivo deste artigo é determinar o consumo de água em um edifício de salas de aula localizado em um campus universitário e avaliar o potencial de redução do consumo de água após a substituição dos acabamentos das válvulas de descarga das bacias sanitárias por modelos com mecanismo de duplo acionamento. O consumo de água nas bacias sanitárias é avaliado em dois períodos distintos, com acabamentos simples e com mecanismo de duplo acionamento instalados nas válvulas de descarga de modo a verificar o desempenho do sistema economizador de água nos banheiros femininos e masculinos da edificação.

2. Método

Neste estudo, a avaliação do consumo de água de um edifício de um campus universitário é realizada por meio da aquisição de dados de consumo de água com a instalação de medidores de consumo com registro em *data logger*. Os medidores foram instalados de modo a determinar o consumo diário de água total da edificação, o consumo de água em cada lavatório, além do consumo de água em bacias sanitárias dos banheiros masculinos e femininos. O edifício possui 18 salas de aula, dois banheiros masculinos e dois banheiros femininos, distribuídos em dois pavimentos. Cada banheiro masculino possui três lavatórios equipados com torneiras acionadas mecanicamente e com ciclo de fechamento automático, quatro bacias sanitárias, cinco mictórios e um bebedouro. Os banheiros femininos possuem quatro bacias sanitárias, quatro lavatórios equipados com torneiras acionadas mecanicamente e com ciclo de fechamento automático, uma torneira de limpeza e um bebedouro cada. Devido à configuração Sistema Predial de Água Fria existente, foi possível a instalação de um medidor de consumo com registro

em *data logger* para cada torneira de lavatório, além de um medidor de consumo com registro em *data logger* para as bacias sanitárias dos banheiros femininos e outro para as bacias sanitárias dos banheiros masculinos. O consumo de água dos demais equipamentos hidrossanitários foi medido por meio de um medidor de consumo com registro em *data logger* exclusivo para os banheiros femininos e outro exclusivo para os banheiros masculinos. Trata-se de um edifício projetado exclusivamente para salas de aula, assim todos os equipamentos hidrossanitários desta edificação estão nos banheiros em que foram realizadas as medições. A ocupação do edifício é variável durante os dias da semana, com número médio de 1415 alunos por dia, com aulas em três turnos (matutino, vespertino e noturno). Dos alunos que possuem aulas na edificação em análise, 68,6% se identificam como do gênero masculino e 31,4%, como do gênero feminino. Como é um edifício de salas de aula, sem laboratórios ou dependências administrativas, considerou-se para fins da pesquisa a população de alunos, considerada a variável mais representativa desta tipologia de edifícios (OLIVEIRA e GONÇALVES, 1999).

Inicialmente, determinou-se a vazão dos equipamentos hidrossanitários instalados nos banheiros (com exceção de mictórios e bacias sanitárias) pelo método gravimétrico de medição de vazão. A medição foi realizada três vezes em cada torneira e também nos bebedouros, sendo a vazão adotada no estudo a média aritmética desses três valores. As vazões encontradas para cada equipamento hidrossanitário estão descritas na Tabela 1. Essas medições objetivaram determinar os tipos de medidores a serem instalados em cada ponto de utilização de água de acordo com a vazão de cada equipamento hidrossanitário. Para determinação dos modelos de medidores a serem instalados no caso das bacias sanitárias e mictórios, como não foi possível a realização da medição de vazão, foram consideradas as vazões mencionadas na versão de 1998 da NBR 5626 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1998), vigente quando da instalação dos medidores.

Tabela 1: Vazões médias nos equipamentos instalados na edificação antes da colocação dos medidores de consumo de água com registro em *data logger* e desvios padrão (*s*).

Equipamento	Vazão média (L/min)			
	Pavimento inferior		Pavimento superior	
	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino
Bebedouro	1,480 (<i>s</i> = 0,020)	0,298 (<i>s</i> = 0,001)	0,716 (<i>s</i> = 0,018)	0,504 (<i>s</i> = 0,012)
Torneira (limpeza)	*	3,636 (<i>s</i> = 0,539)	*	4,992 (<i>s</i> = 0,651)
Torneira de lavatório 1	3,699 (<i>s</i> = 0,052)	7,526 (<i>s</i> = 0,190)	6,619 (<i>s</i> = 0,106)	3,362 (<i>s</i> = 0,037)
Torneira de lavatório 2	3,632 (<i>s</i> = 0,036)	9,457 (<i>s</i> = 0,150)	2,725 (<i>s</i> = 0,015)	2,738 (<i>s</i> = 0,053)
Torneira de lavatório 3	9,794 (<i>s</i> = 0,176)	7,497 (<i>s</i> = 0,015)	9,500 (<i>s</i> = 0,056)	7,744 (<i>s</i> = 0,307)
Torneira de lavatório 4	**	8,811 (<i>s</i> = 0,149)	**	2,816 (<i>s</i> = 0,099)

Notas:

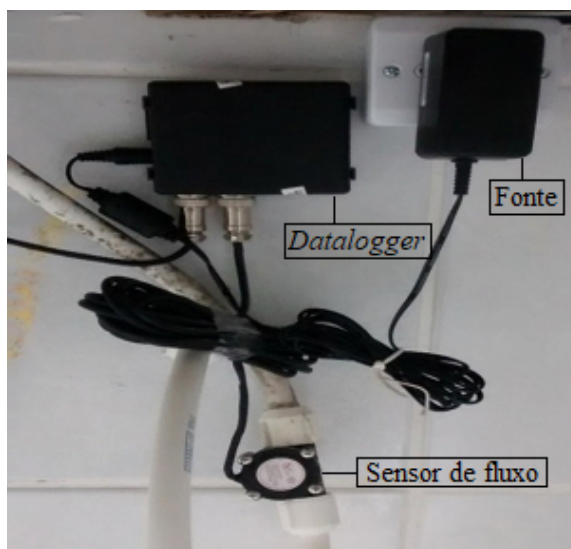
* Os banheiros masculinos não possuem torneira de limpeza.

** Os banheiros masculinos possuem somente três torneiras de lavatório.

Todas as válvulas de descarga instaladas no edifício eram do mesmo fabricante, no entanto, de maneira geral, os demais equipamentos hidrossanitários instalados na edificação não apresentavam uniformidade no que concerne a marcas e modelos. Todas as torneiras de lavatório apresentavam acionamento mecânico e ciclo de fechamento automático, sendo necessário que o botão presente na torneira fosse pressionado para que o fluxo de água fosse liberado para o usuário. As torneiras de limpeza possuíam volante para abertura e fechamento mecânico e os bebedouros eram equipamentos de pressão, equipados com válvula de jato e de copo. Os mictórios eram equipados com válvulas acionadas mecanicamente e com ciclo de fechamento automático. As medições de consumo de água

foram realizadas em dois períodos: com acabamentos para válvula de descarga das bacias sanitárias com mecanismo simples (período 1) e de duplo acionamento (período 2). Os ajustes e a troca dos acabamentos foram realizados por engenheiros cedidos pela empresa fabricante desses acabamentos. Desta forma, no período de análise, a única alteração realizada foi a substituição dos acabamentos das válvulas de descarga das bacias sanitárias por modelos com mecanismo de duplo acionamento. A etapa inicial de medições ocorreu do dia 27/03/2017 até o dia 03/07/2017 e segunda etapa teve início no dia 08/08/2017 e término no dia 22/10/2017. Foram excluídas as medições realizadas aos finais de semana, e assim, o período 1 contou com 71 dias e o período 2, com 54 dias. Os modelos de medidores de consumo de água com registro em *data logger* instalados podem ser vistos na Figura 1. As informações obtidas pelos medidores de consumo de água, salvas em cartão de memória, consistiam no volume de água consumido em cada acionamento, data e hora do acionamento, além da duração de cada evento (acionamento). Quando das leituras, o banheiro era interditado por curto espaço de tempo, os cartões eram lidos pelos pesquisadores em computador portátil e o cartão era devolvido ao equipamento para realização de novas leituras. Desta forma, foi possível obter o número de acionamentos diários, o volume por acionamento e o volume total consumido.

Figura 1: Medidores de consumo de água instalados em uma torneira



Para avaliação do consumo de água nos períodos de análise, o consumo diário total de água na edificação foi determinado por meio da soma dos consumos dos medidores instalados nos lavatórios, bacias sanitárias e demais equipamentos hidrossanitários. Propõe-se ainda detalhar o consumo de água diário nas bacias sanitárias e nas torneiras de lavatório, considerando os banheiros femininos e masculinos da edificação. No caso das bacias sanitárias, como houve substituição dos acabamentos com mecanismo simples por acabamentos com mecanismo de duplo acionamento nas válvulas de descarga, o número de acionamentos nos dois períodos foi avaliado. Isso é importante para determinar se os usuários continuaram utilizando o sistema ou se uma possível redução de consumo diário teria se dado por uma redução na utilização das bacias sanitárias. Além disso, o consumo por acionamento nos dois períodos de análise também foi determinado.

Para comparar as diferenças entre o consumo e frequência de acionamentos nos dois períodos analisados foi aplicado o Teste de Wilcoxon-Mann-Whitney. Este teste foi aplicado em razão dos dados do consumo e frequência não apresentarem distribuição normal (WALPOLE *et al.*, 2009). A verificação da normalidade dos dados foi feita por meio do teste Shapiro-Wilk. A análise estatística foi feita com o

software R (R CORE TEAM, 2022) e o nível de significância adotado foi igual a 5%.

3. Resultados e Discussão

3.1. Análise do consumo de água em bacias sanitárias

Na tubulação responsável pelo abastecimento das bacias sanitárias havia um medidor de consumo instalado com dois sensores. Um sensor era responsável pela medição do consumo de água das bacias sanitárias para os 2 banheiros femininos e o outro sensor, para as bacias sanitárias dos 2 banheiros masculinos. A Figura 2 mostra a evolução do consumo diário nas bacias sanitárias dos banheiros femininos nos dois períodos analisados (com acabamentos para válvula de descarga com mecanismo simples e de duplo acionamento). A Figura 3 apresenta o consumo diário das bacias sanitárias dos banheiros masculinos nos dois períodos de medições.

Figura 2: Consumo diário de água nas bacias sanitárias dos banheiros femininos (BSF) e valor médio nos dois períodos analisados

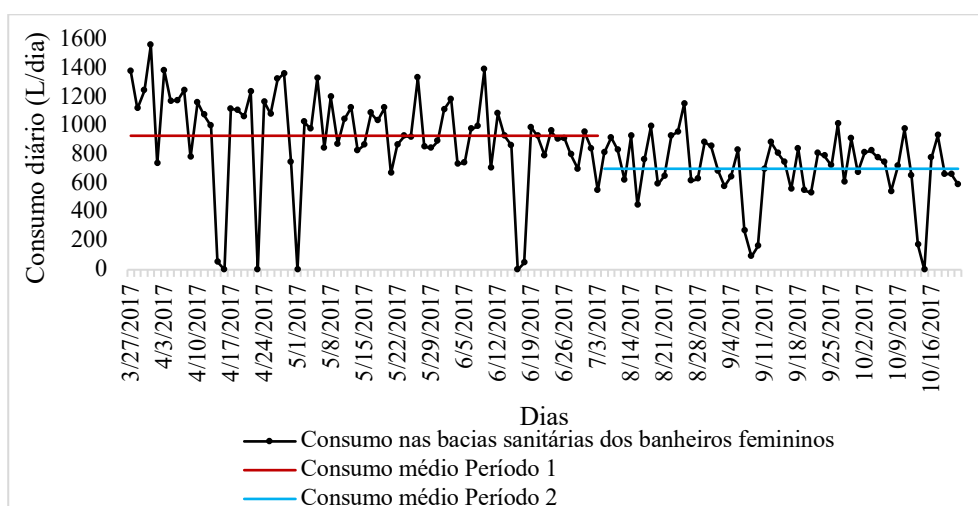
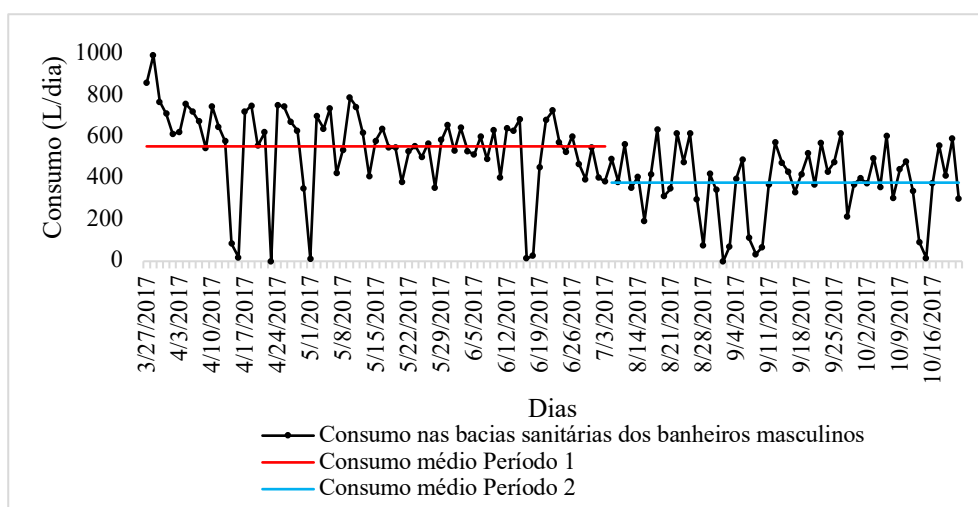


Figura 3: Consumo diário das bacias sanitárias dos banheiros masculinos (BSM) e valor médio nos dois períodos analisados



As medidas resumo para o consumo de água nas bacias sanitárias dos banheiros femininos e masculinos, nos dois períodos de medições, são apresentadas na Tabela 2. Houve uma diminuição no

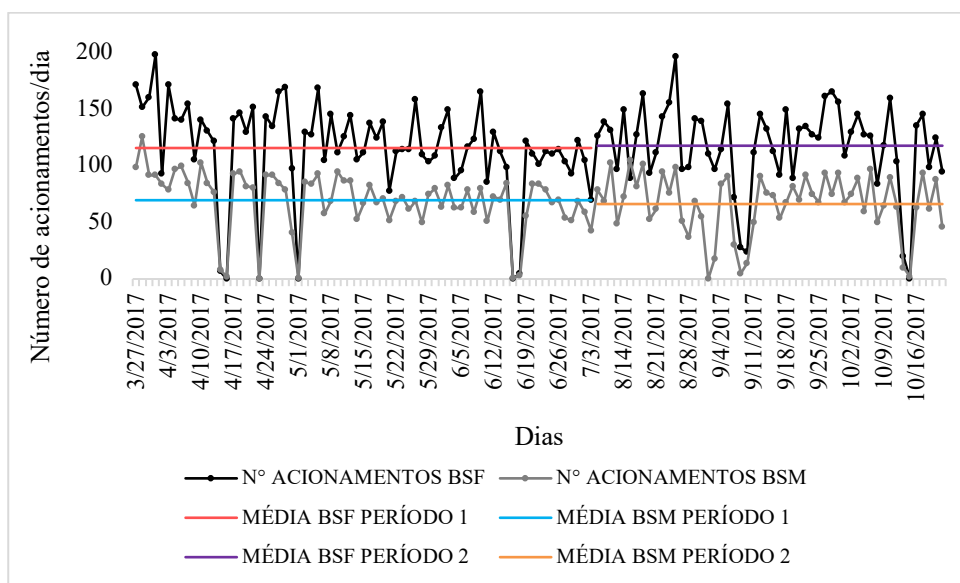
consumo de água tanto nos banheiros femininos (p-valor < 0,001) quanto nos banheiros masculinos (p-valor < 0,001).

Tabela 2: Medidas resumo para o consumo de água (L/dia) das bacias sanitárias dos banheiros femininos e masculinos (BSM) nos dois períodos de medições

Período	Bacias sanitárias	Mediana	Média	s	Mín	Máx	p-valor
1	Feminino	979,20	931,99	344,57	0,00	1561,00	< 0,001
2		735,00	702,46	233,20	0,00	1155,00	
1	Masculino	584,30	553,37	202,91	0,00	991,80	< 0,001
2		398,10	378,74	168,64	0,00	635,20	

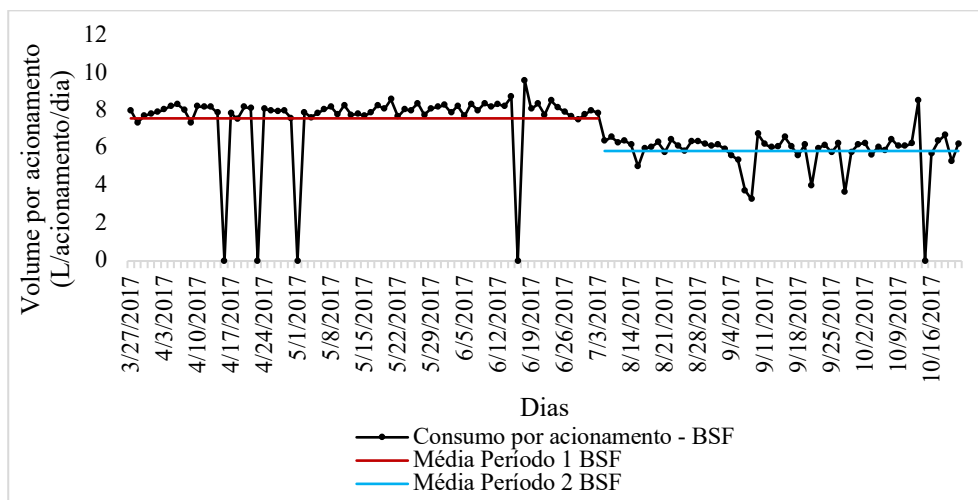
A redução média do consumo diário de água entre os dois períodos de análise foi de 24,63% nos banheiros femininos e de 31,56% nos banheiros masculinos. Apesar do consumo ter diminuído nas bacias sanitárias, tanto nos banheiros femininos (p-valor < 0,001) quanto nos banheiros masculinos (p-valor < 0,001), com a troca dos acabamentos das válvulas de descarga para modelos com mecanismo de duplo acionamento, o número de acionamentos das bacias sanitárias não sofreu grandes alterações para nenhum dos banheiros analisados, conforme Figura 4.

Figura 4: Número de acionamentos e média por dia nas bacias sanitárias dos banheiros femininos (BSF) e masculinos (BSM) nos dois períodos analisados



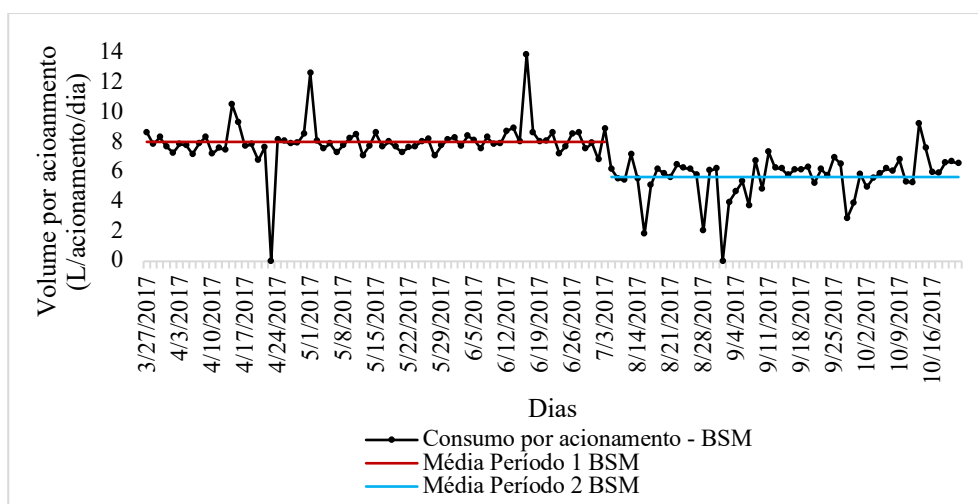
Este resultado é corroborado pelo Teste de Wilcoxon-Mann-Whitney com p-valor = 0,9146 para as bacias sanitárias dos banheiros femininos e p-valor = 0,4868 para as bacias sanitárias dos banheiros masculinos. Nas bacias sanitárias dos banheiros femininos (BSF) o número médio de acionamentos era de 116 por dia ($s = 43$ acionamentos/dia) no primeiro período de medições e passou a ser de 118 acionamentos/dia ($s = 38$ acionamentos/dia) no segundo período. Nas bacias sanitárias dos banheiros masculinos (BSM) o número médio de acionamentos era de 70 por dia ($s = 26$ acionamentos/dia) e passou a ser de 66 por dia ($s = 27$ acionamentos/dia) no primeiro e segundo período de medições, respectivamente. A Figura 5 mostra o consumo médio diário por acionamento das bacias sanitárias nos banheiros femininos. Nos feriados o consumo é igual a zero. O consumo por acionamento é menor no segundo período de medições, em que os acabamentos das válvulas de descarga possuem mecanismo de duplo acionamento.

Figura 5: Consumo diário por acionamento das bacias sanitárias dos banheiros femininos (BSF) e valor médio nos dois períodos analisados



O consumo por acionamento também se mostrou menor nas bacias sanitárias dos banheiros masculinos no período em que estavam instalados acabamentos com mecanismo de duplo acionamento nas válvulas de descarga (Figura 6). Em alguns feriados houve um número pequeno de acionamentos das bacias sanitárias dos banheiros masculinos, o que pode indicar a utilização pelos membros da equipe de segurança patrimonial da Universidade.

Figura 6: Consumo diário por acionamento das bacias sanitárias dos banheiros masculinos (BSM) e valor médio nos dois períodos analisados



A redução média do volume por acionamento considerando os dois períodos de análise foi de 22,86% nos banheiros femininos e de 29,39% nos banheiros masculinos. A redução do volume por acionamento foi verificada por meio do Teste de Wilcoxon-Mann-Whitney nos banheiros femininos (p -valor $< 0,001$) e nos banheiros masculinos (p -valor $< 0,001$).

3.2. Análise do consumo de água em lavatórios

O consumo diário para as 8 torneiras instaladas nos lavatórios dos banheiros femininos e para as 6 torneiras instaladas nos lavatórios dos banheiros masculinos nos dois períodos de medições é apresentado nas Figuras 7 e 8. É importante ressaltar que, ao contrário do que ocorreu com as bacias

sanitárias, no caso das torneiras, não houve substituição dos equipamentos ao longo dos dois períodos de medições.

Figura 7: Consumo diário das torneiras instaladas nos banheiros femininos nos períodos analisados

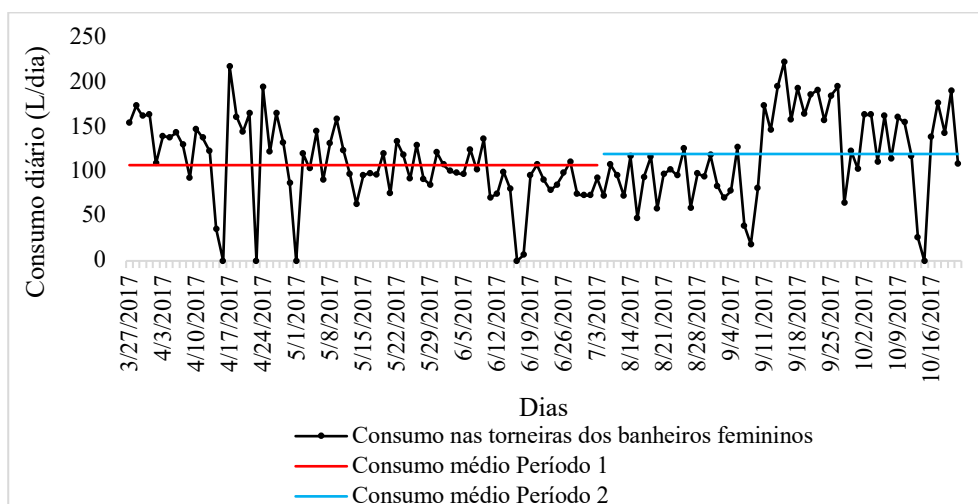
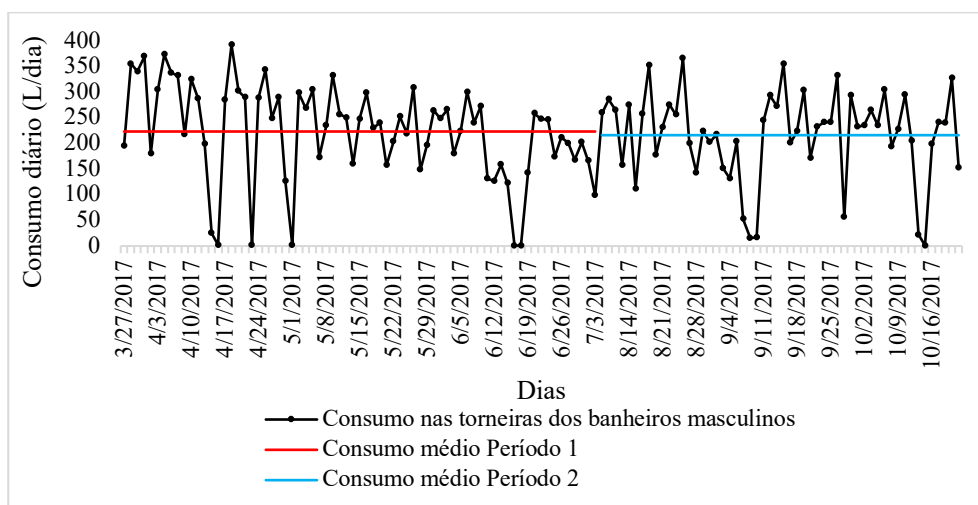
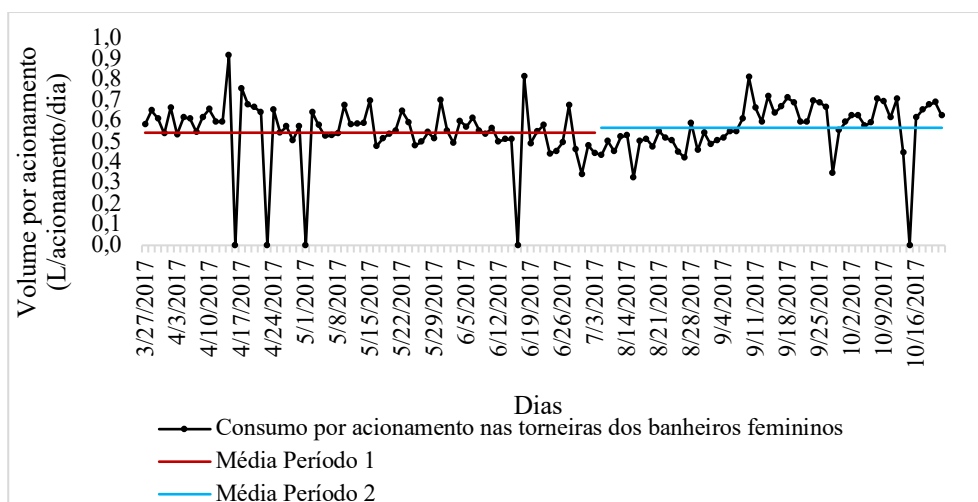


Figura 8: Consumo diário das torneiras instaladas nos banheiros masculinos nos períodos analisados



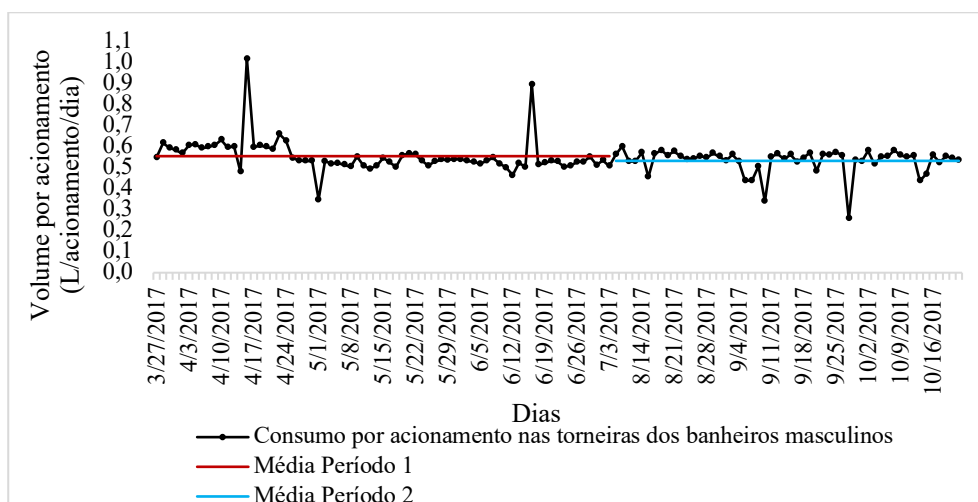
Os valores médios encontrados para as torneiras instaladas nos lavatórios dos banheiros femininos no período inicial e no período final de medições foram de 107,328 L/dia ($s = 43,846$ L/dia) e 119,827 L/dia ($s = 51,227$ L/dia), respectivamente. Para as torneiras dos lavatórios dos banheiros masculinos os valores médios encontrados foram de 224,147 L/dia ($s = 95,080$ L/dia) para o período inicial e de 216,988 L/dia ($s = 87,931$ L/dia) para o segundo período de medições. O consumo médio diário por acionamento dos lavatórios nos banheiros femininos é mostrado na Figura 9. O consumo por acionamento apresentou pouca variação nos dois períodos analisados, sendo igual a zero nos feriados que ocorreram durante as medições.

Figura 9: Consumo diário por acionamento nos lavatórios dos banheiros femininos nos dois períodos analisados



O consumo diário por acionamento nos lavatórios dos banheiros masculinos nos dois períodos de medição pode ser visto na Figura 10.

Figura 10: Consumo diário por acionamento dos lavatórios nos banheiros masculinos nos dois períodos analisados

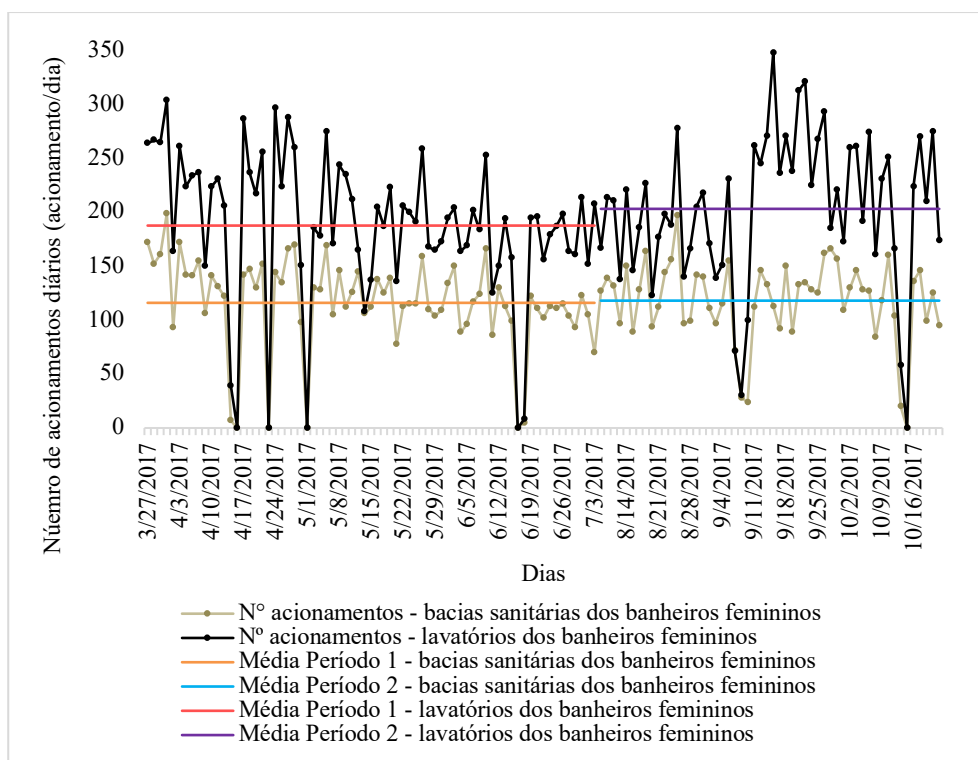


O volume por acionamento sofreu pequena variação durante os dois períodos de medições nos lavatórios dos banheiros masculinos e femininos, conforme verificado por meio do Teste de Wilcoxon-Mann-Whitney nos banheiros femininos (p -valor = 0,372) e nos banheiros masculinos (p -valor = 0,636). Este resultado era esperado, uma vez que não houve substituição das torneiras nos períodos de medições.

3.3. Número de acionamentos em bacias sanitárias e lavatórios

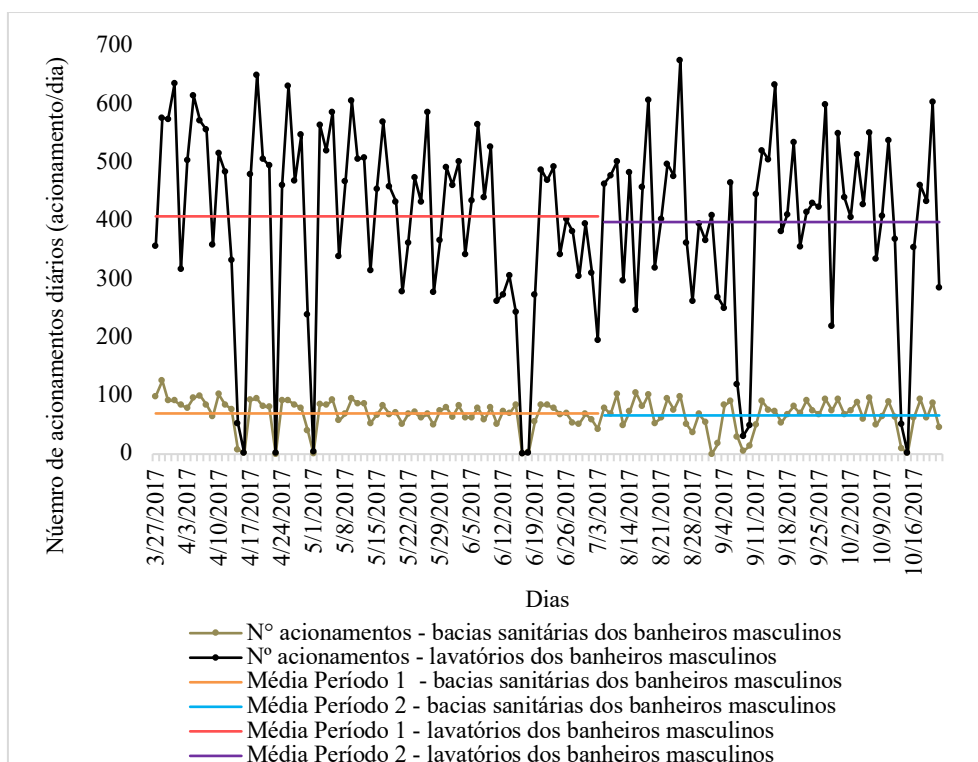
A Figura 11 mostra o número de acionamentos das bacias sanitárias e dos lavatórios nos banheiros femininos. Os números médios de acionamentos diários nas bacias sanitárias e lavatórios dos banheiros femininos no primeiro período de medições são 116 e 188, respectivamente. No segundo período de medições as bacias sanitárias dos banheiros femininos foram acionadas, em média, 118 vezes por dia e os lavatórios, 203 vezes por dia.

Figura 11: Número de acionamentos das bacias sanitárias e lavatórios nos banheiros femininos em cada período analisado



A Figura 12 mostra o número de acionamentos das bacias sanitárias e dos lavatórios nos banheiros masculinos. No caso dos banheiros masculinos, as bacias sanitárias foram acionadas, em média, 70 vezes por dia no primeiro período de medições, enquanto os lavatórios foram acionados 408 vezes por dia. No segundo período de medições nos banheiros masculinos, o número médio de acionamentos diários foi de 66 nas bacias sanitárias e de 398 nos lavatórios.

Figura 12: Número de acionamentos das bacias sanitárias e lavatórios nos banheiros masculinos em cada período analisado



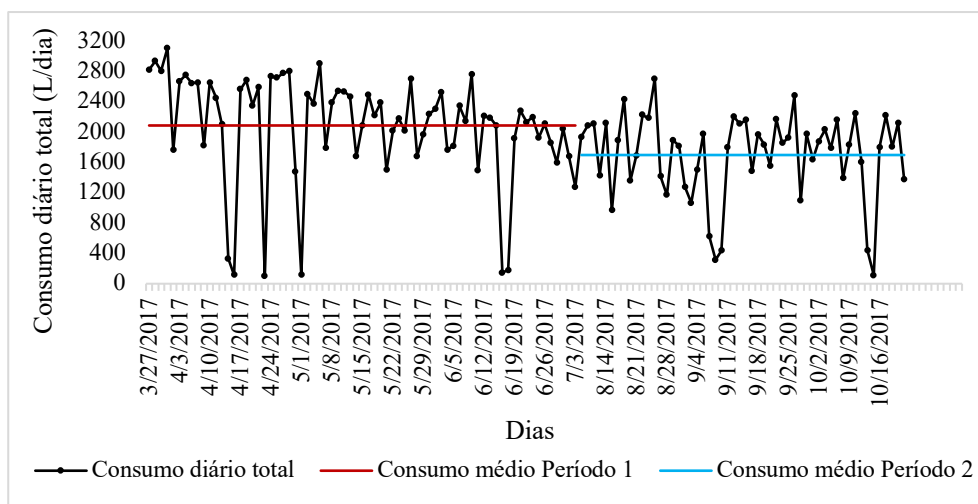
A diferença no número de acionamentos em bacias sanitárias e lavatórios no banheiro masculino se justifica pela presença de mictórios. Uma das limitações desta pesquisa foi a impossibilidade de instalação dos medidores de consumo de água nos mictórios por conta das características do sistema predial existente e de outros elementos construtivos da edificação.

Com relação ao número de acionamentos em lavatórios dos banheiros femininos e masculinos, a diferença acompanha o número de alunos que utilizam a edificação. No período de análise os alunos que se identificavam como do gênero masculino e feminino representavam, respectivamente, 68,6% e 31,4% dos alunos matriculados em disciplinas que ocorriam na edificação diariamente. Houve, no total, 74.792 acionamentos nos lavatórios neste período. Deste número, 67,5% ocorreram em banheiros masculinos e 32,5%, em banheiros femininos. Com relação às bacias sanitárias, o número total de acionamentos no período de análise foi de 23.161. Neste caso, 63,1% dos acionamentos ocorreram nos banheiros femininos e 36,9%, nos banheiros masculinos. Isso pode ser explicado pela presença de mictórios nos banheiros masculinos.

3.4. Análise do consumo de água na edificação

O consumo de água total (em litros/dia) na edificação, incluindo todos os equipamentos hidrossanitários instalados nos banheiros masculinos e femininos nos dois períodos de medições, pode ser visto na Figura 13. O maior consumo de água registrado foi de 3112,568 litros/dia. A média de consumo de todos os equipamentos instalados no bloco de salas de aula ficou em 2089,338 litros/dia ($s = 715,612$ litros/dia) para o período inicial e 1699,485 litros/dia ($s = 562,778$ litros/dia) no período final de medições, excluindo os finais de semana nos dois períodos. Os menores consumos presentes na Figura 13 representam os feriados existentes ao longo do período de medições.

Figura 13: Consumo diário total da edificação nos dois períodos de medições



O consumo de água no período inicial de medições foi superior ao consumo determinado no segundo período de medições, em média 22,94%. As medidas resumo dos dados de consumo de água no edifício são apresentadas na Tabela 3. A diminuição no consumo de água da edificação foi significativa de acordo com o resultado do teste de Wilcoxon-Mann-Whitney (p-valor < 0,001).

Tabela 3: Medidas resumo para o consumo de água (L/dia) da edificação nos dois períodos de medições

Período	Mediana	Média	s	Mín	Máx	p-valor
1	2214,193	2089,338	715,612	96,725	3112,568	< 0,001
2	1837,110	1699,485	562,778	111,631	2705,178	

A diminuição no consumo de água no edifício pode ser explicada pela adoção de aparelhos economizadores no segundo período de medições, por meio da troca dos acabamentos das válvulas de descarga de mecanismo simples para mecanismo de duplo acionamento, conforme análise apresentada na seção 3.1. Alguns estudos mostram que as bacias sanitárias são responsáveis por parcela significativa do consumo de água em diferentes tipologias de edifícios (ODURO-KWARTENG *et al.*, 2009; FASOLA *et al.*, 2011; GATO-TRINIDAD *et al.*, 2011). No estudo desenvolvido por Barbosa *et al.* (2018), que caracterizou os usos finais de água em edificações de ensino superior do Campus Universitário Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília, as bacias sanitárias apresentaram a maior parcela do consumo predial na maior parte das edificações avaliadas.

De acordo com Marinho *et al.* (2014) um dos fatores que afetam o consumo de água em edifícios universitários é a qualidade dos sistemas prediais e sua manutenção. Para os autores, esse fator não depende do usuário e sim de decisões institucionais, ou seja, quanto melhor a qualidade dos dispositivos e do sistema de manutenção, menores são as perdas de água. Além disso, segundo Fuentes *et al.* (2018) os padrões de consumo de água são diferentes para diferentes tipologias de edifícios, e assim, a caracterização detalhada do perfil de uso de água de um edifício é importante para o planejamento de estratégias de gestão da demanda.

4. Considerações Finais

Este estudo analisou o consumo de água de um edifício de salas de aula localizado em um campus universitário antes e após a instalação de acabamentos para válvula de descarga com mecanismo de duplo acionamento nas bacias sanitárias. Concluiu-se que a instalação desses equipamentos mostrou

resultados consideráveis na redução do consumo de água do edifício. O consumo de água total no edifício no período inicial de medições foi superior, em média 22,94% ao consumo determinado no segundo período de medições. Considerando o consumo diário em bacias sanitárias, a redução média entre os dois períodos foi de 24,63% nos banheiros femininos e de 31,56% nos banheiros masculinos. Apesar da diminuição no consumo, o número de acionamentos das bacias sanitárias manteve-se constante mesmo após a troca dos acabamentos, o que reforça o desempenho dos acabamentos com mecanismo de duplo acionamento na diminuição do consumo de água. O consumo de água nos lavatórios não apresentou grandes mudanças nos dois períodos analisados. Este resultado era esperado uma vez que as torneiras instaladas na edificação não foram substituídas ou reguladas durante o estudo e também não passaram por manutenções rotineiras.

Este trabalho apresentou evidências de que a substituição dos acabamentos de válvulas de descarga com mecanismo simples por modelos de duplo acionamento levou à redução do consumo de água em uma edificação para fins educacionais. A análise também mostrou que, apesar do consumo ter diminuído, o número de acionamentos das bacias sanitárias não sofreu grandes alterações. Isso mostra que a substituição dos acabamentos das válvulas de descarga não levou a alteração significativa nos hábitos de uso dos equipamentos. O conhecimento dos sistemas prediais existentes, a identificação dos perfis de consumo e a medição do desempenho de equipamentos economizadores de água torna o planejamento com objetivo de promover o uso racional da água possível. O uso racional da água no ambiente construído requer uma abordagem plural, envolvendo aspectos tecnológicos e sociais e a implementação integrada dessas estratégias pode contribuir efetivamente para a conservação da água no ambiente urbano.

Agradecimentos

Omitido para revisão.

Referências

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5626 – Instalação predial de água fria. 1998.
- ABDELALIM, A.; O'BRIEN, W.; SHI, Z. Visualization of energy and water consumption and GHG emissions: A case study of a Canadian University Campus. **Energy and Buildings**, v. 109, p. 334-352, 2015. DOI: 10.1016/j.enbuild.2015.09.058.
- 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**, n. 22, p. 1–15, 2018. DOI: 10.18830/issn.1679-0944.n22.2018.01.
- FASOLA, G. B.; GHISI, E.; MARINOSKI, A.K.; BORINELLI, J. B. Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, v. 11, p. 65-78, 2011. DOI: 10.1590/S1678-86212011000400006.
- FUENTES, E.; ARCE, L.; SALOM, J. A review of domestic hot water consumption profiles for application in systems and buildings energy performance analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, p. 1530-1547, 2018. DOI: 10.1016/j.rser.2017.05.229.
- GATO-TRINIDAD, S.; JAYASURIYA, N.; ROBERTS, P. Understanding urban residential end uses of water. **Water Science and Technology**, v. 64, p. 36–42, 2011. DOI: 10.2166/wst.2011.436.



HONORATO, K. M.; CAMPOS, M. A. S. Análise das vazões de projeto de água fria em uma residência unifamiliar: Comparação entre métodos empíricos e probabilísticos. **Paranoá**, n. 27, p. 59–78, 2019. DOI: 10.18830/issn.1679-0944.n27.2020.04.

KONTOKOSTA, C. E.; JAIN, R. K. Modeling the determinants of large-scale building water use: Implications for data-driven urban sustainability policy. **Sustainable Cities and Society**, v. 18, p. 44-55, 2015. DOI: 10.1016/j.scs.2015.05.007.

KUSKI, L.; MAIA, E.; MOURA, P.; CAETANO, N.; FELGUEIRAS, C. Development of a decentralized monitoring system of domestic water consumption. **Energy Reports**, v. 6, p. 856-861, 2020. DOI: 10.1016/j.egyr.2019.11.019.

MAKKI, A.A.; STEWART, R.A.; PANUWATWANICH, K.; BEAL, C. Revealing the determinants of shower water end use consumption: enabling better targeted urban water conservation strategies. **Journal of Cleaner Production**, v. 60, p. 129-146, 2013. DOI: 10.1016/j.jclepro.2011.08.007.

MARINHO, M.; GONÇALVES, M. do S.; KIPERSTOK, A. Water conservation as a tool to support sustainable practices in a Brazilian public university. **Journal of Cleaner Production**, v. 62, p. 98-106, 2014. DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.06.053.

ODURO-KWARTENG, S.; NYARKO, K. B.; ODAI, S. N.; ABOAGYE-SARFO, P. Water conservation potential in educational institutions in developing countries: case study of a university campus in Ghana. **Urban Water Journal**, v.6, p. 449-455, 2009. DOI: 10.1080/15730620903108975.

OLIVEIRA, L. H de; GONÇALVES, O. M. Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/247, 1999.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2022. Disponível em: <https://www.r-project.org/>

WALPOLE, E.R.; MYERS, H.R.; MYERS, L.S.; YE, K. **Probabilidade & Estatística para engenharia e ciências**. 8ª Edição. Pearson: São Paulo, 2009.

YAGOUB, M.M.; ALSUMAITI, T.S.; EBRAHIM, L.; AHMED, Y.; ABDULLA, R. Pattern of Water Use at the United Arab Emirates University. **Water**, v. 11, 2019. DOI: 10.3390/w11122652.

Eloise Leonora Gnoatto

Mestre em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Santa Catarina (2018), com graduação em Engenharia Civil pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2014). Atualmente é assistente em administração na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos.

Contribuição de coautoria: Concepção, curadoria de dados, análise, coleta de dados, metodologia, software, visualização, redação – rascunho original, redação – revisão e edição.

Andreza Kalbusch

Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina (2011), Mestre em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo (2006), com graduação em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Santa Catarina (2001). Atualmente é professora do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Estado de Santa Catarina, Bolsista de Produtividade em Pesquisa



do CNPq e coordenadora do GT de Sistemas Prediais da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Seus temas de pesquisa são conservação de água, desempenho de sistemas prediais e consumo de água no ambiente construído e consumo de água no ambiente urbano.

Contribuição de coautoria: Concepção, análise, metodologia, supervisão, validação, visualização, redação – rascunho original, redação - revisão e edição.

Elisa Henning

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Santa Catarina (1992), mestrado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (1998), especialização em Matemática e Estatística (UFLA), mestrado em Estatística pela Universidade Aberta de Portugal (2014) e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (2010). Atualmente é professora do Departamento de Matemática na Universidade do Estado de Santa Catarina. Desenvolve pesquisas na área de métodos estatísticos e de aprendizado de máquina aplicados ao uso da água no ambiente urbano.

Contribuição de coautoria: Análise, metodologia, software, supervisão, validação, visualização, redação – rascunho original, redação - revisão e edição.

Agências de fomento da pesquisa: Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC [2021TR837]); Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico [423090/2021-6].

Como citar: GNOATTO et al. **Avaliação do consumo de água em um edifício de um campus universitário.** *Paranoá*. n.34, jan/jun 2023. DOI 10.18830/issn.1679-0944.n34.2023.10.

Editores responsáveis: Daniel Sant'Ana, Thiago Alberto Pereira e Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes.

Assistente editorial responsável: Richardson Moraes.