

SISTEMA INTELIGENTE PARA AUTOMAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA DOS PONTOS DE UTILIZAÇÃO NO CAMPUS DA UFCG DE CAMPINA GRANDE-PB.

Igor Antônio de Paiva Brandão ¹
Antônio Leomar Ferreira Soares ²
Luísa Eduarda Lucena de Medeiros ³
Andréa Carla Lima Rodrigues ⁴
Dayse Luna Barbosa ⁵

RESUMO

A escassez dos recursos hídricos e a crescente demanda por estes contribuem para o surgimento de novas tecnologias que permitam maior controle e monitoramento das demandas de consumo. Assim, este trabalho tem como objetivo apresentar um dispositivo de medição inteligente de água de baixo custo, visando o monitoramento automatizado de consumo em pontos de utilização em instituições de ensino. A pesquisa foi realizada no Campus central da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), sendo desenvolvido um protótipo micromedidor que utiliza linguagem de programação própria do Arduino e microcontrolador tipo NodeMCU com Wi-Fi integrado; o sensor de fluxo foi do tipo turbina com contagem de pulsos, além dos acessórios necessários ao funcionamento. Os medidores automatizados foram instalados no Laboratório de Hidráulica II bloco da instituição, em pontos hidráulicos de consumo individualizado, sendo eles: chuveiro, lavatório, mictório, bacia sanitária e pia da cozinha. Para os pontos de utilização monitorados, o maior consumo foi da pia da copa 45%, seguido da bacia sanitária 43% e depois o lavatório do banheiro 12%, valores divergentes do apresentado pela literatura que são de 17%, 29%, e 6% respectivamente. O desenvolvimento do medidor inteligente para monitoramento do consumo de água teve baixo custo, no valor de R\$ 100,30, inferior ao apresentado por Horsburgh et al. (2017) de aproximadamente R\$ 485,00. Monitorando as curvas geradas foi possível observar o padrão de consumo, além de identificar possíveis perdas e desperdícios em tempo real.

Palavras-chave: Micromedição de água, Automação, Gestão de demanda.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural limitado e indispensável não só para o desenvolvimento da vida na terra, como também é um elemento fundamental para as atividades econômicas que sustentam as sociedades.

¹ Graduado em Eng. Civil, Univ. Federal de Campina Grande (UFCG), igorantonio.eng@gmail.com;

² Engenheiro Civil da Univ. Federal de Campina Grande (UFCG), antoniroleomar@msn.com;

³ Doutoranda em Recursos Naturais, UFCG, lu.mdeiros@hotmail.com;

⁴ Professora do Curso de Engenharia Civil, UFCG, andreaufcg@gmail.com;

⁵ Professora do Curso de Engenharia Civil, UFCG, dayseluna15@gmail.com.

Gerir recursos hídricos já escassos de forma eficiente, efetiva e sustentável é um desafio para o serviço público de cidades. As cidades são vulneráveis à escassez de água devido à incompatibilidade espacial existente entre a disposição de recursos hídricos e a concentração da população em pontos localizados (STAVENHAGEN *et. al.*, 2018).

Assim, é necessária uma melhor Gestão da Demanda de Água (GDA), que monitore o consumo de água e busque reduzi-lo, implante práticas de reutilização de água para fins que não exijam água potável, entre outras que possam minimizar o desperdício de água. A falta de gestão dos recursos hídricos é apontada como a principal responsável pelo colapso dos reservatórios. As perdas na distribuição de água no sistema de Campina Grande são da ordem de 31,26% (SNIS, 2017), que podem decorrer de vazamentos, provocados por deficiências nos equipamentos, envelhecimento das tubulações e conexões, operação e manutenção inadequadas de todo o sistema e ausência de monitoramento.

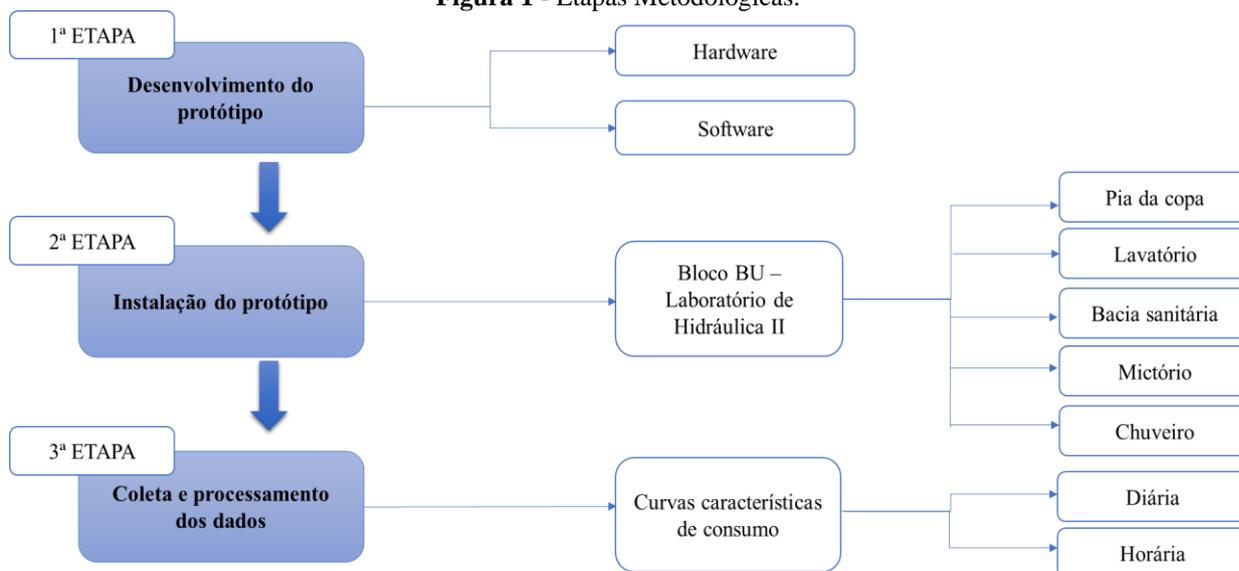
Nesse sentido, é necessário que sejam realizadas ações para otimizar o consumo da água de maneira consciente, a partir da adoção de medidas de cunho legal e de caráter tecnológico, econômico e educacional de modo a promover a GDA, principalmente em ambientes públicos, para garantir o uso racional de água para a atual e as futuras gerações

Partindo desse pressuposto, este trabalho apresenta um dispositivo – hardware e software – de baixo custo para monitoramento automatizado do consumo de água em pontos de utilização, bem como identificar eventuais variações e possíveis perdas físicas em instalações prediais a partir da análise dos consumos de água em pontos individuais de uma edificação (Bloco BU) da UFCG, com automação dos medidores.

METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho subdivide-se em três etapas fundamentais. O fluxograma da Figura 1 apresenta cada uma delas.

Figura 1 - Etapas Metodológicas.



Fonte: Autoria própria.

Na primeira etapa foi desenvolvido o protótipo, que é composto por diversos componentes de hardware e software. Já na etapa 2 é descrita a área de estudo e os pontos nos quais foram instalados os protótipos automatizados. Por fim, a Etapa 3 no qual foi realizado coleta e processamento dos dados de medição gerados nos medidores.

Etapa 1 – Desenvolvimento do protótipo

O desenvolvimento do protótipo subdivide-se em dois componentes fundamentais: hardware e software. O site SIGA (Sistema de Gerenciamento de Água) foi criado por meio de um projeto de pesquisa realizado em parceria com o curso de Ciência da Computação da UFCG. Neste site são disponibilizadas as informações coletadas pelo protótipo em tempo real para o usuário monitorar o consumo de água. Os componentes do hardware do protótipo estão descritos na Tabela 1.

Com relação ao software, este foi desenvolvido utilizando linguagem de programação e IDE própria do Arduino, compatível com o microcontrolador usado na pesquisa (NodeMCU). Essa linguagem é muito similar com a linguagem C, porém existem algumas diferenças, como bibliotecas e funções.

Tabela 1 - Descrição dos componentes utilizados

COMPONENTE	IMAGEM	DESCRIÇÃO
NodeMCU		É um microcontrolador, dispositivo eletrônico programável, que permite a obtenção, tratamento e disponibilização de dados ou ações de acordo com a programação desenvolvida e sensores utilizados. Possui associado uma placa da família ESP 8266, possibilitando a conexão com a internet via WiFi.
Sensor de fluxo		É conectado na linha de uma tubulação de ½”, capaz de medir o fluxo do líquido que circula. Envia pulsos elétricos para o NodeMCU, que converte para vazão com a programação apropriada.
Display LCD		Display LCD com duas linhas e 16 segmentos em cada linha, alimentado com uma tensão de 5 volts, permite a visualização do consumo instantaneamente, além de auxiliar na instalação e manutenção do equipamento.
I2C para LCD		Utilizado juntamente com o display LCD para que a comunicação seja feita via protocolo I2C, dessa forma utiliza-se apenas dois pinos do microcontrolador e dois pinos para a alimentação.
Caixa para proteção do hidrômetro		Caixa utilizada para envelopar e proteger o sistema de qualquer interferência externa, além de proteger os usuários por não deixar nenhuma tomada de alta tensão exposta.

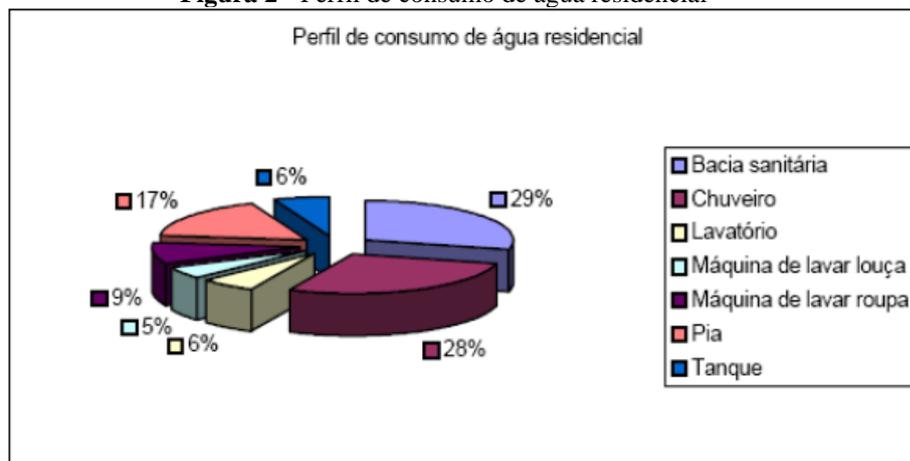
Fonte: Adaptado de automatizacg.com, (2019).

Etapa 2 – Área de estudo

A área de estudo foi o Laboratório de hidráulica II, situado no bloco BU, que abriga salas de professores, espaço para estudantes de graduação e pós-graduação, copa e banheiros, com área de 450 m². Esse prédio é abastecido por fonte de água limpa para as pias e chuveiros e por reuso de água pluvial para sanitários e mictórios. O bloco possui ainda a utilização de água de captação da chuva para realização dos experimentos, não utilizando água limpa da companhia para este fim. Com relação ao consumo per capita e a população estimada da área de estudo, Gomes (2013) admite um consumo médio *percapita* de 33,8 l/hab.dia e uma população média de 29 pessoas, totalizando um consumo diário de 980,2 litros.

Dentro de uma edificação os usos finais da água são diversos. Tratando-se de prédios administrativos os usos ficam mais concentrados em bacias sanitárias, lavatórios e pias. Já em laboratórios podem surgir consumos provenientes de equipamentos e máquinas. Segundo Guedes (2009) para residências, os maiores consumidores são as bacias sanitárias e os chuveiros, conforme Figura 2.

Figura 2 - Perfil de consumo de água residencial



Fonte: Guedes (2009).

Em sua pesquisa, Kiperstok *et al.* (2009) apresentaram valores aproximados de consumo dos principais aparelhos hidráulicos, conforme ilustrado na Tabela 02, valores de referências usados para comparação neste trabalho.

Peças hidráulicas	Consumo (l/dia)
Lavatório	127
Bacias sanitárias	285
Mictórios	53
Chuveiros	50

Fonte: Kiperstok *et al.* (2009).

Etapa 3 – Coleta e processamento dos dados

Para coleta de dados de vazão foi definido um intervalo de 1 segundo para captura de novas informações. Esses dados são armazenados no próprio dispositivo e a um intervalo de tempo pré-fixado (15 minutos), enviados para o servidor juntamente com a data, hora e minuto do consumo.

Foi instalado o sensor nas tubulações que se desejava medir o consumo e ao lado fica posicionado o microcontrolador juntamente com um visor para acompanhamento das informações. Esse equipamento foi instalado em cada tubulação dos aparelhos sanitários estudados. O sensor utilizado foi o descrito na Tabela 1, que possui dimensão de ½ polegada e em alguns casos foi necessário usar redutores ou luvas para encaixe do sensor na tubulação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O circuito montado para instalação nas peças de utilização do Bloco BU é alimentado com a energia elétrica convencional da edificação e foram utilizados displays de LCD para melhor visualização dos dados pelo usuário. Os componentes do protótipo estão mostrados na Tabela 3.

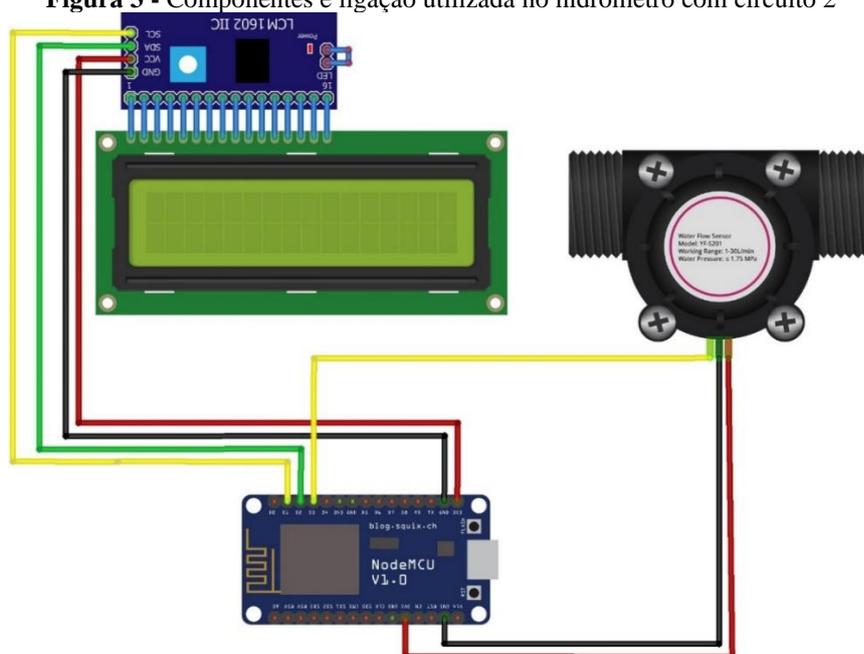
Tabela 3 - Componentes e preços utilizados no hidrômetro digital com circuito 2

COMPONENTE	PREÇO
NodeMCU	R\$ 32,00
Sensor de fluxo	R\$ 27,90
Display LCD	R\$ 14,00
I2C para LCD	R\$ 4,50
Caixa Protetora	R\$ 21,90
TOTAL	R\$ 100,30

Fonte: Autoria própria (2019).

Conforme descrito na Tabela 3, o valor final para a composição do protótipo foi de R\$ 100,30. O circuito desenvolvido correspondente é ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Componentes e ligação utilizada no hidrômetro com circuito 2



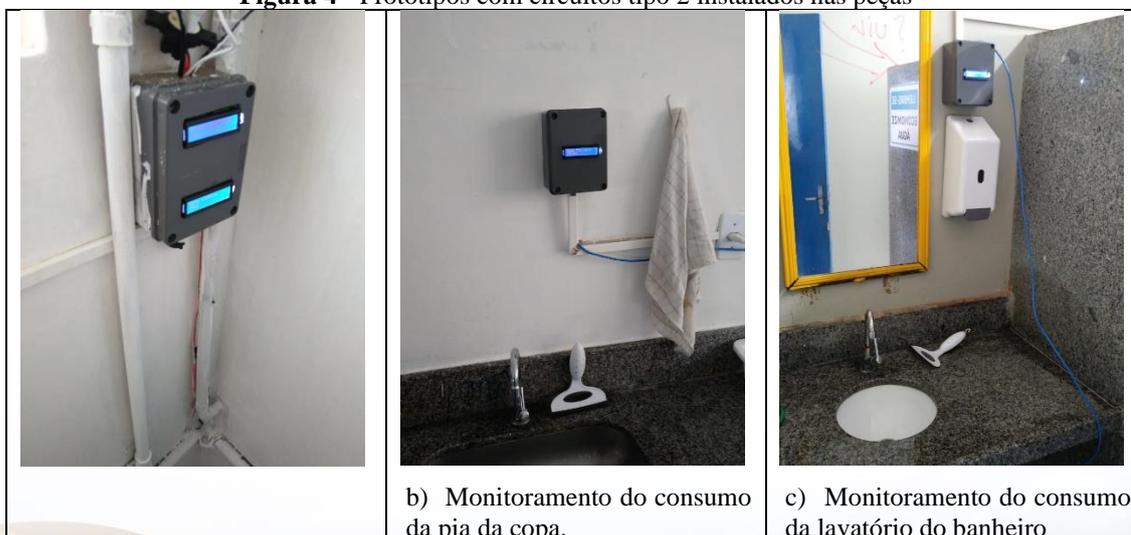
Fonte: Autoria própria (2019).

Na Figura 3, o sensor de fluxo é ligado na porta digital D3 do NodeMCU, além de ser conectado na alimentação de 3,3 volts e no GND (pino negativo). Já o display LCD é conectado no I2C com todos os pinos em sequência, dessa forma, foi possível fazer a solda direta do I2C no LCD. O I2C é ligado na tensão de 5 volts e conectado no pino negativo, os pinos SCL e SDA são conectados respectivamente nas portas D1 e D2 do NodeMCU.

Horsburgh et al. (2017), criaram um dispositivo equivalente a este, com o objetivo final de monitorar o consumo de peças em um banheiro de uma universidade, com um custo de aproximadamente R\$ 485,00, valor superior ao dispositivo criado nesse trabalho.

A instalação dos protótipos foi realizada nos banheiros e cozinha do Bloco BU, conforme Figura 4.

Figura 4 - Protótipos com circuitos tipo 2 instalados nas peças



(83) 3322.3222

contato@congresso-conimas.com.br

www.congresso-conimas.com.br

a) Monitoramento do consumo geral de água limpa e água pluvial		
		
d) Monitoramento do consumo do mictório e do sanitário masculino	e) Monitoramento do consumo do sanitário feminino	f) Monitoramento do consumo do chuveiro

Fonte: Autoria própria (2019).

Consumo de água nos aparelhos

Os Gráficos de consumo de água para os aparelhos sanitários abordados na pesquisa foram gerados no SIGA a partir dos dados coletados pelos protótipos durante o período de oito dias, compreendido entre 19/06/2019 e 27/06/2019.

- Pia copa

Esse aparelho é abastecido com água da CAGEPA. Os gráficos ilustrados na Figura 5 descrevem as curvas características do consumo de água para a pia da copa durante o período estudado.

Figura 5 - Consumo diário e detalhado para a pia da copa



Fonte: Autoria própria (2019).

A partir da análise da Figura 5, é possível identificar um consumo total de 245 litros durante o período de análise. Pode-se inferir ainda o consumo nulo durante os dias 22/06 a 24/06, que compreende dias sem funcionamento da instituição de ensino, o que indica a inexistência de vazamentos na peça. Já o consumo detalhado permite a análise do consumo por hora, podendo-se perceber que o consumo diário inicia e finaliza nos mesmos horários registrados no hidrômetro geral da água da CAGEPA, sem registros de madrugada, finais de semana ou feriados. Nota-se também que o pico de consumo desse aparelho, geralmente ocorre entre 12 e 13 horas, o que pode ser explicado pela utilização da cantina do bloco para aquecimento de refeições e consumo no local.

- Lavatório

Este aparelho também é alimentado com água proveniente da CAGEPA. O protótipo instalado nesse equipamento teve seus registros influenciados por falhas na comunicação de dados, o que justifica a sua variação anormal como pode ser visto na Figura 6. Essas falhas podem ter sido causadas por falta de energia ou falta de internet no período de 12:00 do dia 25/06 até 12:00 do dia 26/06.



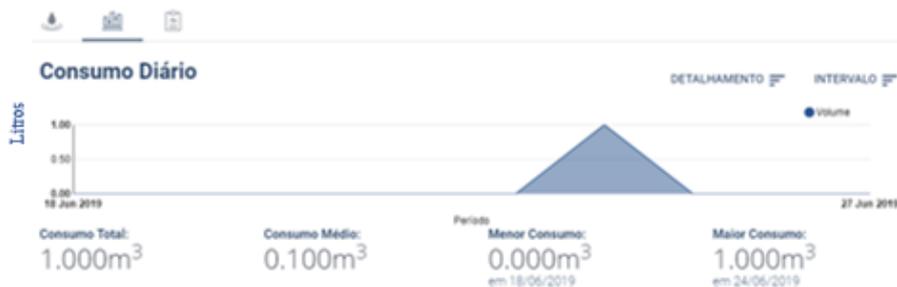
Fonte: Autoria própria (2019).

Ainda com relação à Figura 5, percebe-se que na curva do consumo detalhado, mesmo com as falhas na comunicação no período registrado, os valores registrados de consumo são aceitáveis, já que não houve consumo aos fins de semana, feriados e em horários fora do funcionamento normal do bloco, registrando-se um consumo de 64 litros nesse período.

- Consumo do mictório

O mictório é abastecido com água de captação de água da chuva. Ao analisar o seu consumo no período estudado (Figura 7), percebe-se que o consumo é praticamente nulo durante todo esse período.

Figura 7 - Consumo diário e detalhado para o mictório



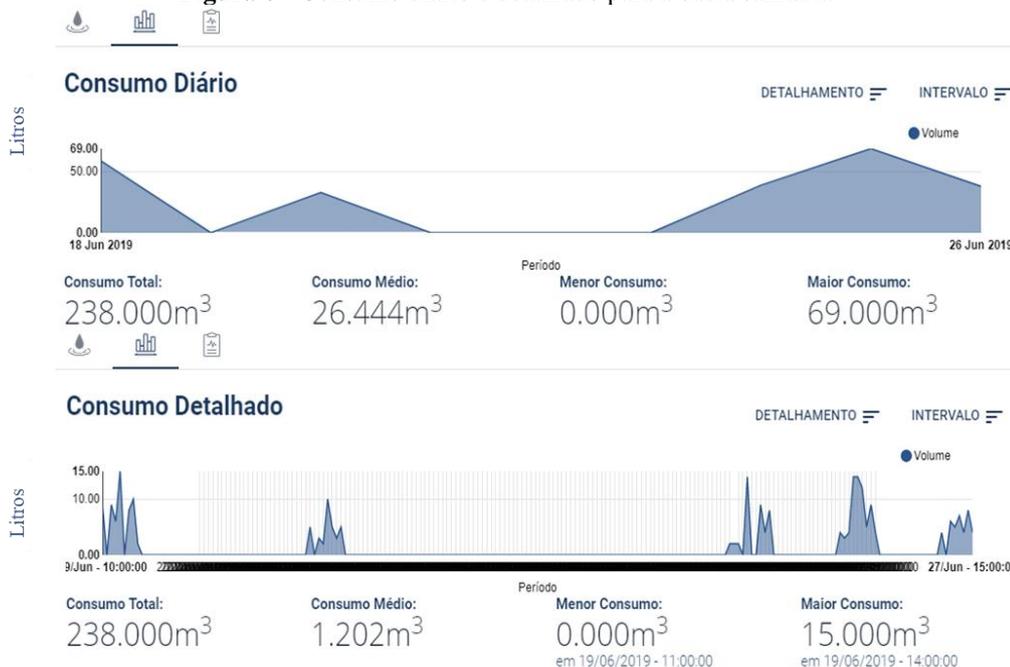
Fonte: Autoria própria (2019).

Ainda com relação a Figura 7, apenas no dia 25/06/2019, houve o consumo de um litro. Esse comportamento de consumo pode ser explicado pelo fato de a maioria dos usuários optarem por usar a bacia sanitária, localizado ao lado, e/ou quando usam o mictório o volume de água gasto pode ser inferior a 1 litro, não sendo registrado pelo sistema.

- Consumo da bacia sanitária

Este aparelho é abastecido com água de captação da chuva. A curva de consumo da bacia sanitária é mostrada na Figura 8.

Figura 8 - Consumo diário e detalhado para a bacia sanitária



Fonte: Autoria própria (2019).

Ao analisar o consumo detalhado por hora, ilustrado na Figura 8, percebe-se que os registros de consumo se iniciam entre 7 e 8 horas, e finalizam-se entre 18 e 19 horas, além de ter registros nulos durante a madrugada como era esperado.

- Consumo do chuveiro

Durante o período de consumo estudado não houve nenhum consumo registrado para esse aparelho, isso indica que este aparelho não possui uso frequente no bloco, conforme Figura 9.

Figura 9 - Consumo diário e detalhado para o chuveiro



Fonte: Autoria própria (2019).

Para as peças individuais, conforme Figura 10, o maior consumo foi da pia da copa 45%, seguido da bacia sanitária 43% e depois o lavatório do banheiro 12%, valores diferentes do apresentado por Guedes (2009) que são de 17% para a pia, 29% para a bacia sanitária e 6% para o lavatório, considerando uma residência.

Figura 10 - Comparação das peças que possuem consumo mais elevado



Fonte: Autoria própria (2019).

De acordo com o gráfico descrito na Figura 10, é possível comparar os percentuais de consumo registrado nos protótipos com aqueles descritos na literatura por Guedes (2019) e, sendo possível identificar divergências, como a pia registrando o maior consumo e não o chuveiro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os pontos internos do Bloco BU (pia da copa, bacia sanitária, lavatório, mictório e chuveiro) receberam medição inteligente que contribui para a formação do banco de dados de

consumo dessas peças, além de informar ao usuário o quanto está sendo gasto em tempo real. Os registros nos pontos internos do BU mostram que os pontos se comportam da mesma forma que os consumos gerais do prédio – CAGEPA e pluvial, portanto não há vazamentos nesses pontos por filetes ou gotejamento. O estudo mostrou que a pia da copa é o que registra maior consumo, divergindo dos estudos similares, além do consumo nulo do chuveiro, equipamento que segundo a literatura também apresenta grande consumo, mas no período desse estudo o equipamento em discussão não foi utilizado

REFERÊNCIAS

GOMES, Viviane Lucena. **Uso eficiente de água em campus universitário: o caso da Universidade Federal de Campina Grande**. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental). Unidade Acadêmica de Engenharia Civil. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2013.

GUEDES, M. J. F. **Gerenciamento da Demanda de Água: Proposta de Alternativas na Escala de uma Cidade**. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental). Unidade Acadêmica de Engenharia Civil. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2009.

HORSBURGH, Jeffery S; LEONARDO, Miguel E; ABDALLAH, Adel M; ROSENBERG, David E. **Measuring water use, conservation, and differences by gender using an inexpensive, high frequency metering system**. 2017

KIPERSTOK, A.; OLIVEIRA, P. C.; COHIM, E.; VIARO, V. L. **Uso Racional de Água em Sanitários Públicos**. **25º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 20-25 de Setembro de 2009, 13 p. Recife.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos 2016**. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2016>. Acesso em: jun./2018

STAVENHAGEN, M; BUURMAN, J; TORTAJADA, C. **Saving water in cities: Assessing policies for residential water demand management in four cities in Europe**. **Elsevier Journal**, v. 79, p. 187-195, set. 2018.