SISPRED 2021

XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais

Gestão, Eficiência e Sustentabilidade

18 e 19 de novembro de 2021

SISPRED 2021
Book of Papers

Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Catalão
Catalão - GO - 18 e 19 de novembro de 2021 [Evento On-line]

ORGANIZAÇÃO:

PPGEC
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Universidade Federal de Catalão UFCat

EECA
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

UFCAT
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO

UFG
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

APOIO:

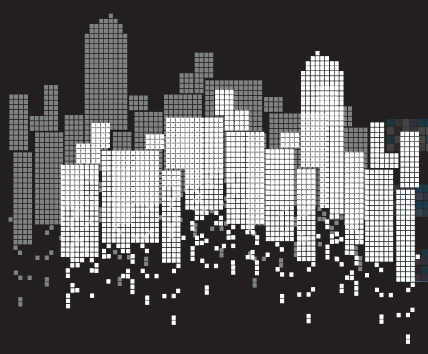
antac

YouTube

@sispred2021

www.sispred2021.com
https://eventos.antac.org.br/

ANAIS DO
Proceedings of



SISPRED 2021

XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade

Catalão - GO
18 e 19 de novembro de 2021
[Evento On-line]

HOSTER

Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Catalão

ORGANIZAÇÃO

Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Catalão
Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás

ORGANIZADORES / EDITORES

Prof. Dr. Heber Matins de Paula (FENG-UFCAT)
Prof. Dr. Ricardo Prado Abreu Reis (EECA-UFG)

COMITÊ CIENTÍFICO / EDITORES CIENTÍFICOS

Profa. Dra. Lúcia Helena de Oliveira (EP-USP)
Prof. Dr. Orestes Marracini Gonçalves (EP-USP)
Prof. Dr. Ricardo Prado Abreu Reis (EECA-UFG)
Profa. Dra. Vera Maria Cartana Fernandes, (UPF)
Profa. Dra. Eliane Aparecida Justino (FENG-UFCAT)
Prof. Dr. Ed Carlo Rosa Paiva (FENG-UFCAT)
Prof. Dr. Marcus André Siqueira Campos (EECA-UFG)
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana (FAU-UnB)
Prof. Dr. Armando Traini Ferreira, (DCC-IFSP)
Prof. Dr. Douglas Barreto (DECiv-UFSCar)
Profa. Dra. Andreza Kalbusch, (CCT-UDESC)

COMITÊ ORGANIZADOR

Prof. Dr. Heber Matins de Paula (FENG-UFCAT)
Prof. Dr. Ricardo Prado Abreu Reis (EECA-UFG)

SISPRED 2021

XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade

Catalão - GO
18 e 19 de novembro de 2021
[Evento On-line]

ISBN: 978-65-996726-0-6

EDITORA / PUBLISHER:
Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Catalão

ENDEREÇO / ADDRESS:
Campus da Universidade Federal de Catalão,
Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Catalão,
Curso de Engenharia Civil.
Av. Dr. Lamartine Pinto de Avelar, n° 1.120, Bloco O, Setor Universitário
CEP 75.704-020 - Catalão - GO - Brasil.

EDITORES / EDITORS:
Prof. Dr. Heber Martins de Paula (FENG-UFCAT)
Prof. Dr. Ricardo Prado Abreu Reis (EECA-UFG)

EDITORES CIENTÍFICOS / SCIENTIFIC EDITORS:
Profa. Dra. Lúcia Helena de Oliveira (EP-USP)
Prof. Dr. Orestes Marracini Gonçalves (EP-USP)
Prof. Dr. Ricardo Prado Abreu Reis (EECA-UFG)
Profa. Dra. Vera Maria Cartana Fernandes, (UPF)
Profa. Dra. Eliane Aparecida Justino (FENG-UFCAT)
Prof. Dr. Ed Carlo Rosa Paiva (FENG-UFCAT)
Prof. Dr. Marcus André Siqueira Campos (EECA-UFG)
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana (FAU-UnB)
Prof. Dr. Armando Traini Ferreira, (DCC-IFSP)
Prof. Dr. Douglas Barreto (DECiv-UFSCar)
Profa. Dra. Andreza Kalbusch, (CCT-UDESC)

DATA DE PUBLICAÇÃO / PUBLICATION DATE:
18 DE NOVEMBRO DE 2021

SUMÁRIO

PAINEL 1: DESEMPENHO DE SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA QUENTE E PATOLOGIAS EM SISTEMAS PREDIAIS		
SISPRED 854	DECAIMENTO DE TEMPERATURA EM TUBULAÇÕES DE PPR PN 25 DE DIFERENTES DIÂMETROS PARA CONDUÇÃO DE ÁGUA QUENTE *Armando Traini Ferreira* *Takashi Uehara* *César Henrique Britto Nascimento*	1-10
SISPRED 855	DECAIMENTO DE TEMPERATURA EM TUBULAÇÕES PEX PARA CONDUÇÃO DE ÁGUA QUENTE *Armando Traini Ferreira* *César Henrique Britto Nascimento* *Takashi Uehara*	11-18
SISPRED 915	IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA EM EDIFÍCIOS VERTICAIS DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL *Fernando Luz Rodrigues* *Daniel Setrak Sowmy*	19-25
SISPRED 1189	VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMA PARA REDUÇÃO DO DESPERDÍCIO DE ÁGUA EM SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA QUENTE: UM ESTUDO DE CASO EM EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES *Marcelo Dalmédico Ioris* *Enedir Ghisi*	26-34
SISPRED 866	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM SISTEMAS PREDIAIS HIDROSSANITÁRIOS: ESTUDO DE CASO EM ESCOLAS DO MUNICÍPIO DE CRATEÚS – CE *Amanda Jéssica Alves Bezerra* *Tatiane Lima Batista* *Luis Felipe Cândido* *Heloina Nogueira da Costa*	35-41
SISPRED 1022	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM BANHEIROS DE HOTÉIS COM PAREDES DE ALVENARIA E GESSO CARTONADO *Taciane Roberta Franceacatto* *Douglas Barreto*	42-55
PAINEL 2: Manutenção e Patologias em Sistemas Prediais e Gestão de Demanda de Água		
SISPRED 1078	ANÁLISE DE PATOLOLOGIA EM SISTEMAS PREDIAIS DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS COM TUBOS DE COBRE *Liria Daniela Martins Marangoni* *Lúcia Helena de Oliveira*	56-63

PAINEL 2: Manutenção e Patologias em Sistemas Prediais e Gestão de Demanda de Água		
SISPRED 1089	AVALIAÇÃO DE OCORRÊNCIA DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM SISTEMAS PREDIAIS HIDROSSANITÁRIOS NOS PRIMEIROS ANOS DE USO E OPERAÇÃO *Lucas Salomão Rael de Morais* *Heber Martins de Paula* *Ricardo Prado Abreu Reis*	64-73
SISPRED 1088	ANÁLISE DOS REGISTROS DE MANUTENÇÃO DE SISTEMAS PREDIAIS HIDROSSANITÁRIOS CONSIDERANDO O IMPACTO DA PANDEMIA DO SARS-COV-2 (COVID-19) *Lucas Salomão Rael de Morais* *Heber Martins de Paula* *Ricardo Prado Abreu Reis*	74-84
SISPRED 1069	USOS FINAIS DE ÁGUA EM UM EDIFÍCIO DE UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO *Andreza Kalbusch* *André Vitisin Estrada* *Elisa Henning*	85-91
SISPRED 1101	USOS FINAIS DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES NÃO-RESIDENCIAIS: UM MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA *Larissa Rega* *Daniel Sant'Ana* *Louise Boeger Viana dos Santos*	92-99
SISPRED 1237	TÉCNICAS DE AUDITORIA DO CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES *Livia Ferreira Santana* *Daniel Sant'Ana*	100-110
PAINEL 3: Conservação, Desempenho Ambiental e Novas Tecnologias Aplicadas aos Sistemas Prediais		
SISPRED 1238	POTENCIAL DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA PARA DIFERENTES TIPOLOGIAS ARQUITETÔNICAS NA BACIA DO RIO TRAPICHEIRO, RJ *Celí Kiyomi Okumura* *Silvana Barbeitas Lourenço Rodrigues* *Fabiana Ferreira de Carvalho* *Luciana Fernandes Guimarães* *Aline Pires Veról*	111-118

PAINEL 3: Conservação, Desempenho Ambiental e Novas Tecnologias Aplicadas aos Sistemas Prediais		
SISPRED 1224	MORADIA ESTUDANTIL DO CERRADO (MUC) E OS CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE CONFORME CERTIFICAÇÃO SELO AZUL *Luciana de Andrade Bento* *Lucas Salomão Rael de Morais* *Heber Martins de Paula* *Rigley César Matias Gonçalves*	119-128
SISPRED 1097	DETECÇÃO DE ANOMALIAS DE CONSUMO DE ÁGUA ATRAVÉS DE AUTOMAÇÃO PREDIAL *Lucas Sampaio Barbosa* *Brenda Chaves Coelho leite*	129-135
SISPRED 1236	MÉTODO DE VERIFICAÇÃO EM CAMPO DE PRESSÕES DINÂMICAS EM PONTOS DE CONSUMO DE SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA FRIA E QUENTE *Marco Yamada* *Lúcia Helena de Oliveira*	136-145
SISPRED 1240	REALIDADE AUMENTADA EM SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS RESIDENCIAIS *João Pedro Endres* *Vandré Barbosa Brião* *Vera Maria Cartana Fernandes*	146-155
SISPRED 1184	KITS HIDRÁULICOS PREDIAIS INDUSTRIALIZADOS *Giulia Di Ruzza Fresschi*	156-162

PAINEL 4: Aproveitamento e Controle de Escoamento de Águas Pluviais, Experiência BIM		
SISPRED 1096	IMPACTOS DOS CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS NO COMPORTAMENTO DOS SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL *Gabriela Cristina Ribeiro Pacheco* *Conceição de Maria Albuquerque Alves*	163-170
SISPRED 1100	DIRETRIZES ARQUITETÔNICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIÁIS: UM MAPEAMENTO DE LITERATURA *Marcus André Siqueira Campos* *Renata Lima Barros*	171-179

PAINEL 4: Aproveitamento e Controle de Escoamento de Águas Pluviais, Experiência BIM

SISPRED 1156	APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL CAPTADA DE UM PAVIMENTO PERMEÁVEL PARA UTILIZAÇÃO NO SISTEMA DE HIDRANTES E EM USOS NÃO POTÁVEIS DE UMA EDIFICAÇÃO *Lucas Niehuns Antunes* *Enedir Ghisi* *João Carlos Souza*	180-188
SISPRED 1102	ESTUDO BIBLIOMÉTRICO DA LITERATURA SOBRE O SISTEMA SIFÔNICO DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS *Marcus André Siqueira Campos* *Uiara Talita Martins Araújo Morgado*	189-200
SISPRED 1103	EXPERIÊNCIA DE PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS EM BIM DURANTE O ENSINO NÃO PRESENCIAL *Carlos Eduardo Leepkaln* *Inaê da Silva Rosa* *Milena de Mesquita Brandão*	201-209

PAINEL 5: Concepção e Desempenho de Sistemas Prediais Hidrossanitários

SISPRED 1242	GESTÃO E CONCEPÇÃO DOS PROJETOS HIDROSSANITÁRIOS INTEGRADOS COM OS DEMAIS PROJETOS ELABORADOS NA CIDADE DE GOIÂNIA-GO *Douglas Pereira da Silva Pitaluga* *Letícia Leal Amaral*	210-216
SISPRED 1241	ESTUDO DE CASO DAS CONDIÇÕES DO TANQUE SÉPTICO DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DO CAMPUS DO ARAGUAIA *Lucas Jorge Marinho* *Deise Possati* *Thamires Ferreira*	217-225
SISPRED 1081	ESTUDO COMPARATIVO DOS ASPECTOS TÉCNICO E ECONÔMICO DO SISTEMA DE AQUECIMENTO INDIRETO PARA PISCINAS *Allison Lopes Rocha* *Daniel Setrak Sowmy*	226-237
SISPRED 1243	ESTUDO DA ENERGIA DISSIPADA NA VÁLVULA REDUTORA DE PRESSÃO VISANDO SEU REAPROVEITAMENTO NA EDIFICAÇÃO *Douglas Pereira da Silva Pitaluga* *Brenda Marcelly Rios da Silva* *Dalcio Ricardo Botelho Alves*	238-245

SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

DECAIMENTO DE TEMPERATURA EM TUBULAÇÕES DE PPR PN 25 DE DIFERENTES DIÂMETROS PARA CONDUÇÃO DE ÁGUA QUENTE

Temperature decay in PPR PN 25 pipes of different diameters for conducting hot water

UEHARA, Takashi[1]; NASCIMENTO, César Henrique Britto[2]; FERREIRA, Armando Traini[3]

Recebido em 15 de julho de 2021, aprovado em 06 de setembro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

RESUMO: O Polipropileno Copolímero Random (PPR) é um material muito usado em instalações prediais e industriais de água fria e quente. No transporte de água quente, a água perde temperatura entre o início e o fim de um trecho de tubulação analisado, o que ocasiona perda de energia em forma de calor para o ambiente. Este trabalho analisa o decaimento de temperatura em tubulações de PPR PN 25 nos diversos diâmetros existentes, com métodos iterativos e simulações computacionais. Os resultados obtidos no Excel e no Ansys Fluent apresentaram diferenças menores que 0,2%, sendo que as maiores diferenças (0,154%) ocorreram na análise com regime turbulento no Ansys Fluent. Este artigo apresenta resultados preliminares da pesquisa que necessitará de mais estudos para alcançar resultados mais precisos.

ABSTRACT: Polypropylene Copolymer Random (PPR) is a material widely used in building and industrial installations of cold and hot water. In the transport of hot water, the water loses temperature between the beginning and the end of an analyzed pipe section, which causes loss of energy in the form of heat to the environment. In this paper it was analyzed the temperature decay in PPR PN 25 pipes in the various existing diameters, using iterative methods and computational simulations. The results obtained in Excel and Ansys Fluent showed differences lower than 0.2%, and the largest differences (0.154%) occurred in the turbulent regime analysis in Ansys Fluent. This article presents preliminary results of the research that will need further studies to achieve more accurate results.

Palavras-chave:

Decaimento de Temperatura,

Polipropileno Copolímero Random,

PPR PN 25.

Keywords:

Temperature Decay,

Random Copolymer Polypropylene,

PPR PN 25.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **UEHARA, Takashi.** *Estudante de Engenharia Civil. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus São Paulo. takashi.u@aluno.ifsp.edu.br.*

[2] **NASCIMENTO, César Henrique Britto.** *Estudante de Engenharia Civil. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus São Paulo. cesarbritto13@gmail.com.*

[3] **FERREIRA, Armando Traini.** *Engenheiro Civil, Doutor, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus São Paulo. traini@ifsp.edu.br.*

1 INTRODUÇÃO

Conforme Danieletto (2007), o polipropileno é obtido pela "polimerização do propileno, em reator na presença de solventes, catalizadores, hidrogênio e comonômeros quando for o caso. O catalizador entra no processo para desencadear a reação e propiciar a estereoespecificidade, ou seja, fazer com que as unidades básicas se interliguem na conformação desejada (daí o termo catalizador estereosespecífico), enquanto o hidrogênio (H_2) entra como elemento finalizador ou limitador de comprimento de macromoléculas (...). Os polipropilenos copolímeros randômicos possuem os grupos C_3H_6 e os grupos C_2H_4 de forma aleatória, não caracterizando blocos".

Ao conduzir água quente, há um decaimento de temperatura ao longo de uma tubulação, ocasionando perda de energia em forma de calor para o ambiente. Por esse motivo, é de grande importância o uso de sistemas que minimizem o decaimento de temperatura da água para evitar a necessidade de um aumento no consumo de energia a fim de atender a temperatura requerida para utilização.

O Polipropileno Copolímero Random (PPR) é uma resina poliolefinica que possui baixa condutividade térmica sendo, portanto, um isolante térmico. Diante disso, este material é muito usado para fabricação de tubos condutores de água quente, visto que a baixa condutividade térmica permite um menor decaimento de temperatura do fluido transportado.

Este trabalho justifica-se pela necessidade de maiores informações sobre o desempenho do tubo de PPR PN 25 na condução de água quente, pois não consta, nos catálogos dos fabricantes dessa tubulação, o gráfico do decaimento de temperatura em função do diâmetro, sendo essa uma informação importante para os projetistas hidráulicos.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é determinar o decaimento de temperatura no transporte de água quente nos tubos de PPR nas diferentes configurações de diâmetro disponíveis, considerando a classe de pressão PN 25 (25 kgf/cm²).

3 FUNDAMENTAÇÃO

Segundo Borgnakke e Sonntag (2018), o calor é definido como a transferência de energia de um sistema, em uma dada temperatura, para outro, com temperatura inferior. Há três modos de transferência de calor em um meio ou entre meios: condução, convecção e radiação. A condução se dá através de meios estacionários sólidos ou fluidos, a convecção ocorre entre uma superfície em contato com um fluido em movimento e a radiação ocorre entre duas superfícies a diferentes temperaturas.

Em uma tubulação de água quente sem isolamento térmico, onde a temperatura ambiente é inferior a temperatura da água, as transferências de calor ocorrem por convecção entre a água e a superfície interna do tubo, por condução através da parede do tubo, por convecção entre a superfície externa do tubo e o ar e por radiação entre a superfície externa da tubulação e uma superfície vizinha podendo ser, por exemplo, uma parede.

Para os cálculos da primeira parte deste trabalho, considerou-se apenas o processo de transferência de calor por condução na parede da tubulação para obtenção de resultados preliminares da pesquisa.

A condução é a transferência de energia das partículas mais energéticas para as menos energéticas de uma substância devido às interações entre partículas. Esse modo de transferência de calor tem como mecanismo a difusão de energia devido ao movimento molecular aleatório (INCROPERA *et al.*, 2008).

A taxa de transferência de calor por condução para uma tubulação sem isolamento térmico é expressa por meio da Equação 1:

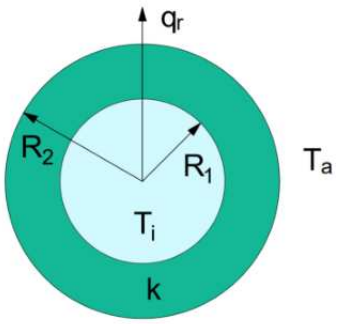
$$q_r = -\frac{2k\pi L(T_a - T_i)}{\ln(R_2/R_1)} \quad \text{(Eq. 1)}$$

sendo:
q_r, a taxa de transferência de calor por condução na direção radial (W);
k, a condutividade térmica do material da tubulação (W/m/K);
L, o comprimento do trecho de tubulação (m);
T_i, a temperatura da água na tubulação (°C);
T_a, a temperatura ambiente (°C);
R_1, o raio interno da tubulação (mm);
R_2, o raio externo da tubulação (mm).
Para um trecho de tubulação de comprimento L, a temperatura da água no fim do trecho é expressa por meio da Equação 2:

$$T_{i+1} = T_i - \frac{T_i - T_a}{Q \cdot c}\left[\frac{2k\pi L}{\ln(R_2/R_1)}\right] \quad \text{(Eq. 2)}$$

sendo:
T_{i+1}, a temperatura da água no fim do trecho (°C);
T_i, a temperatura da água no início do trecho (°C);
Q, a vazão (L/s);
c, o calor específico da água (J/kg/K).
A Equação 2 apresenta um processo iterativo, sendo possível determinar a variação da temperatura em "n" distâncias ao longo da tubulação.

Figura 1 – Transferência de calor por condução através da tubulação



Fonte: Autor (2021)

4 MÉTODO

Para determinar o decaimento de temperatura na tubulação, foram feitas simulações numéricas utilizando o software Microsoft Excel(R) e a licença estudantil do software Ansys Fluent(R), com intuito de comparar os resultados.

O Ansys Fluent é um software de simulação que usa técnicas de Dinâmica dos Fluidos Computacionais (CFD do inglês, *Computational Fluid Dynamics*) e utiliza o método dos volumes finitos para obter as soluções das equações matemáticas que descrevem problemas que envolvem escoamentos de fluidos (VERSTEEG e MALALASEKERA, 2007).

A simulação no Excel consistiu em aplicar a Equação de Fourier de forma iterativa (Eq. 2) em trechos de 0,1 m de uma tubulação de 1,0 m de comprimento para cada diâmetro, considerando apenas o processo de transferência de calor por condução na parede do tubo.

Para a simulação no Ansys Fluent foi modelado uma tubulação de 1,0 m de comprimento para cada diâmetro transportando água quente e determinou-se a temperatura de saída da água no final do trecho estudado, considerando também a transferência de calor por convecção e radiação.

5 RESULTADOS

Os tubos de PPR PN 25 abordados neste trabalho possuem as dimensões especificadas pela NBR 15813-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018), apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Dimensões do tubo PPR PN 25

Diâmetro nominal	Diâmetro externo (mm)	Diâmetro interno (mm)
DN20	20	13,2
DN25	25	16,6
DN32	32	21,2
DN40	40	26,6
DN50	50	33,4
DN63	63	42,0
DN75	75	50,0
DN90	90	60,0
DN110	110	73,4
DN125	125	83,4
DN140	140	93,4
DN160	160	106,8

Fonte: NBR 15813-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018)

Segundo Amanco (2010) e Tigre (2012), a 20 °C, a condutividade térmica do PPR é igual a 0,24 W/m/K e o calor específico é igual a 2000 J/kg/K.

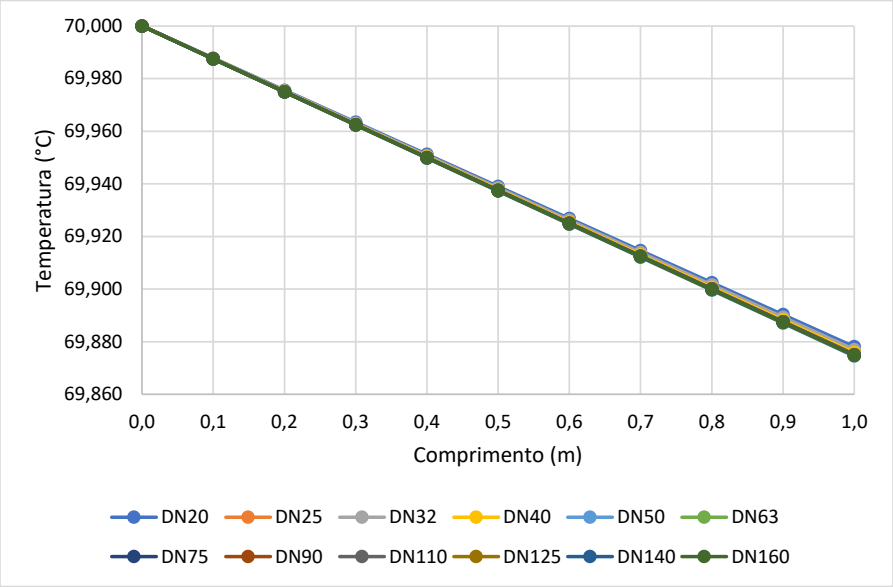
Para a determinação do decaimento de temperatura na tubulação no Excel, considerou-se os seguintes dados:

- tubulação linear sem isolamento térmico;
- comprimento da tubulação igual a 1,0 m;

- vazão constante de 0,355 L/s para todos os diâmetros, considerando-se como parâmetro v = 2,5 m/s para DN20;
- temperatura da água no início do trecho igual a 70 °C;
- temperatura ambiente constante e igual a 20 °C;
- propriedades termofísicas do PPR constante;
- calor específico da água constante e igual a 4191 J/kg/K (INCROPERA *et al.*, 2008).

A Figura 2 apresenta os resultados obtido com a Equação 2 no Excel.

Figura 2 – Decaimento de temperatura ao longo do trecho



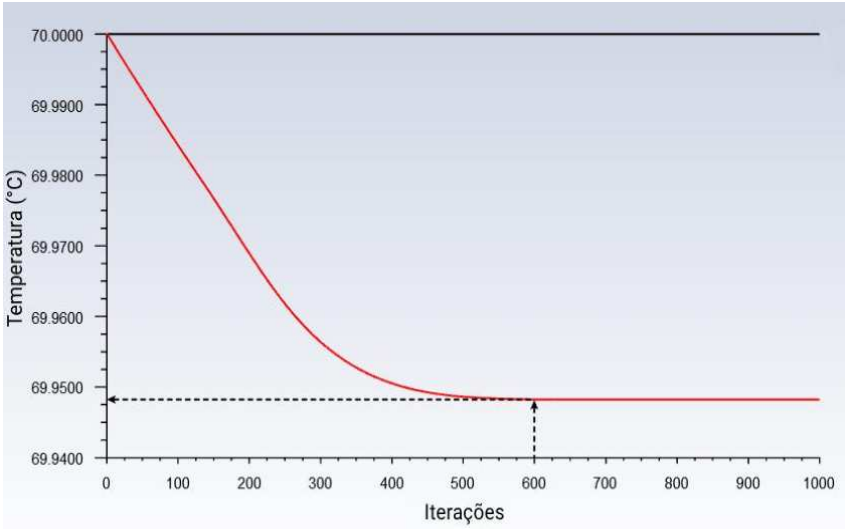
Fonte: Autor (2021)

Os resultados para temperatura no final do trecho obtido foram semelhantes, variando entre 69,875 °C para os tubos maiores e 69,878 °C para os menores. Essa semelhança pode ser explicada pelo fato de que os tubos PN 25 são da série S 2,5, que é um número adimensional que relaciona o diâmetro e a espessura de parede. Como esse valor calculado se assemelha para todos os tubos, a Equação 2, que depende da relação entre R_1 e R_2, apresenta resultados muito próximos para todos os diâmetros analisados.

Para a simulação do decaimento de temperatura no Ansys Fluent, considerou-se os mesmos dados usados no Excel. Para cada diâmetro de tubo foi feita uma simulação numérica com 1000 iterações. Usou-se o modelo de viscosidade laminar, porém foram feitas simulações utilizando também os modelos turbulentos $k-\varepsilon$, $k-\omega$ e SST com as configurações padrões do programa para o tubo DN20. Segundo Martins (2018), quanto maior a turbulência mais efetiva é a transferência de calor por convecção. Os modelos de turbulência usados modelam a energia cinética turbulenta k, sua dissipação ε, e a taxa de dissipação específica ω, e são amplamente usados em problemas de engenharia. O modelo $k-\omega$ entrega um tratamento preciso próximo à parede da tubulação, enquanto o modelo $k-\varepsilon$ possui um tratamento melhor nas regiões afastadas dela. Já modelo SST apresenta uma transição entre estes dois modelos (VERSTEEG e MALALASEKERA, 2007).

A Figura 3 apresenta o gráfico do resultado da temperatura (curva vermelha) no fim do trecho da tubulação ao longo das iterações para o tubo DN20 em regime laminar.

Figura 3 – Temperatura da água no fim do trecho para o tubo DN20 (regime laminar)



Fonte: Autor (2021)

Pelo gráfico, nota-se que foram necessárias aproximadamente 600 iterações para o resultado da temperatura convergir para o valor aproximado de 69,948 °C. O número de iterações necessárias para os demais tubos foram diminuindo com o aumento do diâmetro, chegando a 200 iterações para o tubo DN160.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados da temperatura no fim do trecho de 1,0 m obtidos no Excel e no Ansys Fluent para cada diâmetro, bem como as diferenças percentuais entre os valores.

Tabela 1 – Temperaturas no fim do trecho

Diâmetro nominal	Resultado obtido no Excel (°C)	Resultado obtido no Ansys Fluent (°C)	Diferença percentual entre os resultados (%)
DN20	69,878	69,948	0,100
DN25	69,876	69,939	0,090
DN32	69,877	69,925	0,069
DN40	69,876	69,911	0,050
DN50	69,875	69,896	0,030
DN63	69,875	69,878	0,004

Continua ...

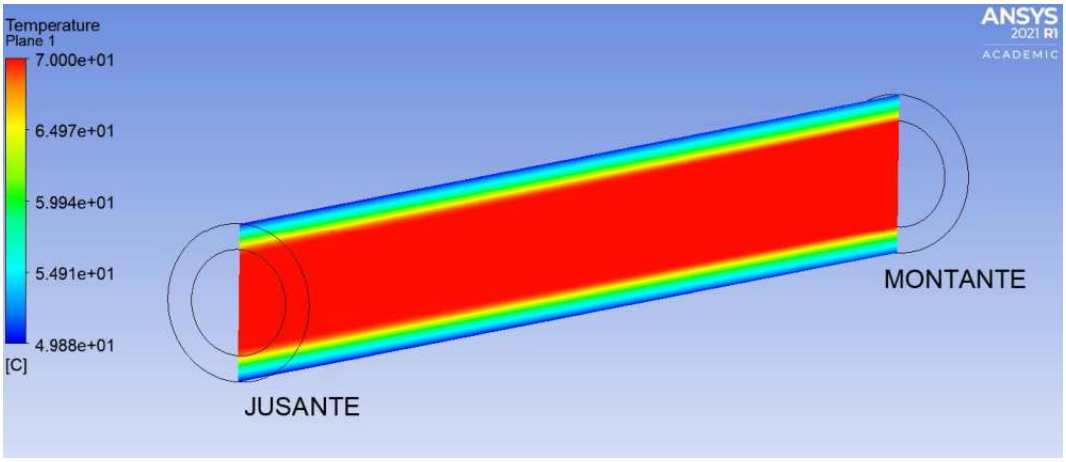
Tabela 1 – Temperaturas no fim do trecho (continuação)

Diâmetro nominal	Resultado obtido no Excel (°C)	Resultado obtido no Ansys Fluent (°C)	Diferença percentual entre os resultados (%)
DN75	69,875	69,866	0,013
DN90	69,875	69,848	0,039
DN110	69,875	69,832	0,062
DN125	69,875	69,819	0,080
DN140	69,875	69,810	0,093
DN160	69,875	69,798	0,110

Fonte: Autor (2021)

Após os cálculos realizados pelo Ansys Fluent, foi plotado um corte longitudinal do tubo para visualização de um plano de temperaturas, apresentado na Figura 4. A região próxima a jusante possui cor quase idêntica à da região próxima a montante devido à escala de cores, que compreende valores entre 49,88 °C e 70,00 °C, e a temperatura a jusante, para o tubo da figura, é de 69,832 °C, valor muito próximo de 70,00 °C.

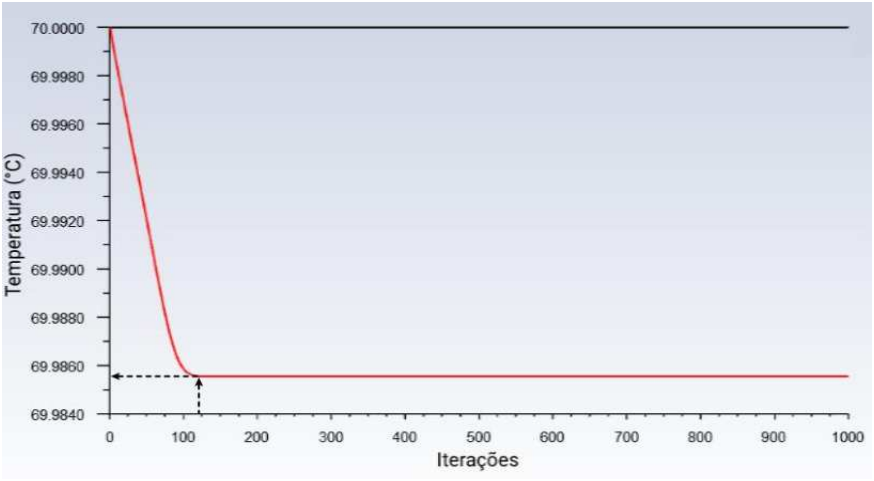
Figura 4 – Plano de temperaturas do tubo DN110



Fonte: Autor (2021)

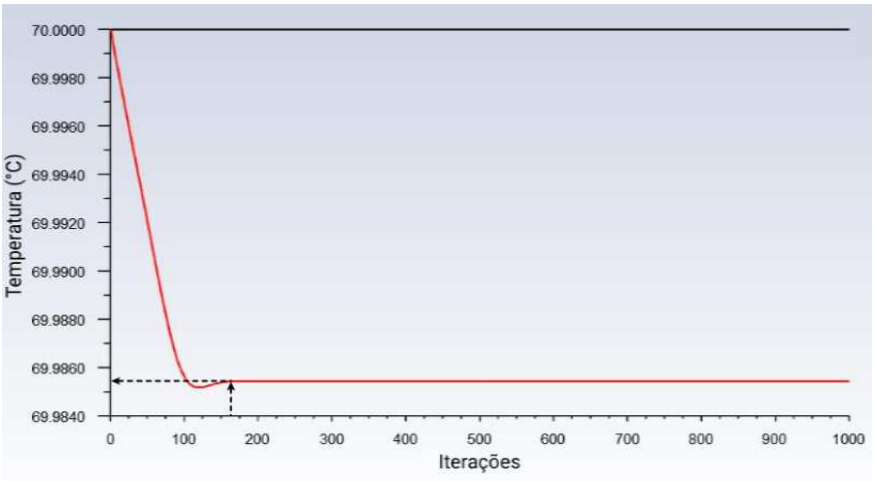
As Figuras 5, 6 e 7 apresentam os gráficos dos resultados da temperatura (curva vermelha) no fim do trecho da tubulação ao longo das iterações para o tubo DN20 nos 3 modelos de turbulência utilizados.

Figura 5 – Temperatura da água no fim do trecho para o tubo DN20 (modelo $k - \varepsilon$)



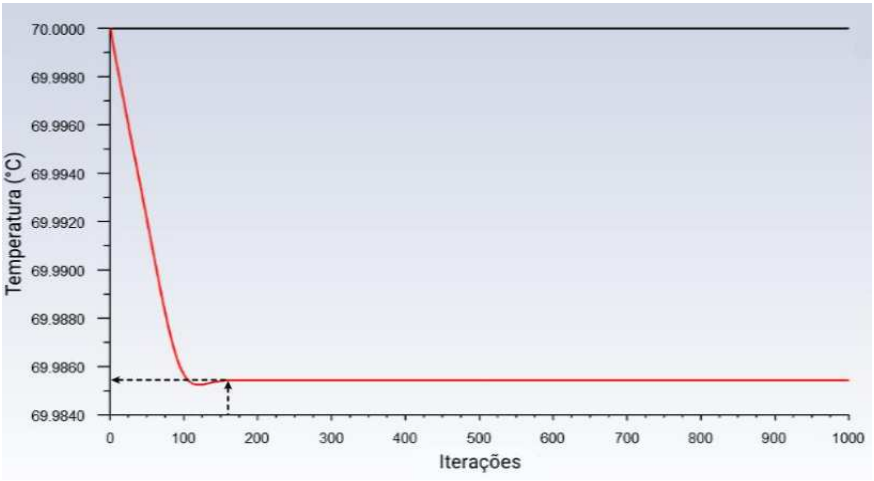
Fonte: Autor (2021)

Figura 6 – Temperatura da água no fim do trecho para o tubo DN20 (modelo $k - \omega$)



Fonte: Autor (2021)

Figura 7 – Temperatura da água no fim do trecho para o tubo DN20 (modelo SST)



Fonte: Autor (2021)

Na Tabela 2 são apresentados os resultados da temperatura no fim do trecho de 1,0 m obtidos no Ansys Fluent para o tubo DN20, bem como as diferenças com os resultados do Excel.

Tabela 2 – Temperaturas no fim do trecho

Modelo de viscosidade	Resultado obtido no Ansys Fluent (°C)	Diferença percentual entre os resultados do Ansys Fluent e Excel (%)
Laminar	69,948	0,100
$k-\varepsilon$	69,986	0,154
$k-\omega$	69,985	0,153
SST	69,985	0,153

Fonte: Autor (2021)

6 CONCLUSÃO

Devido a importância do correto dimensionamento de sistemas de água quente, o presente trabalho visa contribuir com dados sobre o decaimento de temperatura do tubo PPR PN 25 em função do diâmetro, os quais não são especificados nos catálogos dos fabricantes.

Os cálculos realizados no Excel contemplaram apenas o modo de transferência de calor por condução, enquanto para a análise no Ansys Fluent considerou também a convecção e a radiação. Os resultados obtidos nos dois programas apresentaram diferenças menores que 0,2%, sendo que as maiores diferenças (0,154%) ocorreram na análise com regime turbulento no Ansys Fluent. Dessa forma, é necessário um estudo no Excel considerando convecção e radiação e a comparação com os modelos sugeridos no Ansys para a maior precisão da simulação.

REFERÊNCIAS

AMANCO. **Manual Técnico**: Linha Amanco PPR. Joinville, set. 2010. Disponível em: http://assets.production.amanco.com.br.s3.amazonaws.com/uploads/gallery_asset/file/37/baixa_amco_atualizacao_manual_tecnico_amanco_PPR_2010_v11.pdf. Acesso em: 25 maio 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15813-1**: Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria Parte 1: Tubos de polipropileno copolímero random PP-R e PP-RCT — Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

BORGNAKKE, C.; SONNTAG, R. E. **Fundamentos da termodinâmica**. Tradução da 8ª edição norte-americana. São Paulo: Blucher, 2018. *E-book* (730 p.). ISBN 978-85-212-0793-1.

DANIELETTO, J. R. B. **Manual de tubulações de polietileno e polipropileno**: características, dimensionamento e instalação. 1. ed. São Paulo: 2007. 528 p.

INCROPERA, F. P. *et al*. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 643 p. ISBN 978-85-216-1584-2.

MARTINS, J. R. **Análise numérica da dissipação de calor do motor elétrico do sistema BCSS em skid**. 2018. 144 f. Dissertação (Mestrado em Energia) – Programa de Pós-Graduação em Energia,

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo, São Mateus, 2018.

TIGRE. **PPR**: Termofusão: Catálogo Técnico. Joinville, jul. 2012. Disponível em: https://www.tigre.com.br/themes/tigre2016/downloads/catalogos-tecnicos/ct-ppr-termofusao.pdf. Acesso em: 31 maio 2021.

VERSTEEG, H. K.; MALALASEKERA, W. **An Introduction to Computational Fluid Dynamics**: The Finite Volume Method. 2. ed. Inglaterra: Pearson Education, 2007. 503 p. ISBN 978-0-13-127498-3.

SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

DECAIMENTO DE TEMPERATURA EM TUBULAÇÕES PEX PARA CONDUÇÃO DE ÁGUA QUENTE

Temperature Decay in Pex Pipes for Hot Water Conduction

NASCIMENTO, César Henrique Britto [1]; UEHARA, Takashi [2]; FERREIRA, Armando Traini [3]

Recebido em 15 de julho de 2021, aprovado em 06 de setembro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

Palavras-chave:
Temperatura,
Tubulação,
PEX.

Keywords:
Temperature,
Pipe,
PEX.

RESUMO: O Polietileno Reticulado (PEX) é um material flexível utilizado no mercado da construção civil em sistemas prediais de água quente e fria, e assim como outros materiais, ao conduzir água quente, perde temperatura entre o ponto inicial e o ponto final de um trecho analisado, ocasionando perda de energia em forma de calor para o ambiente. Este artigo tem como objetivo verificar o comportamento do decaimento de temperatura em tubulações PEX de água quente de diversos diâmetros e fornecer essas informações para as fichas técnicas e os projetistas, para isto, serão adotados métodos iterativos e de simulação. Utilizando o software de simulação como parâmetro, obteve-se que o DN16 perdeu 0,32°C, DN20 0,17°C, DN25 0,11°C e DN32 0,07°C de temperatura em um trecho de 1 m de comprimento. Assim, é possível conhecer o decaimento de temperatura em determinadas distâncias, fator que auxilia o projetista na escolha do tamanho da tubulação a ser projetada de acordo com o diâmetro, para uma vazão fixada.

ABSTRACT: Reticulated Polyethylene (PEX) is a flexible material used in the civil construction market in building systems of hot and cold water, and like other materials, when conducting hot water, lose temperature between the start point and the end point of an analyzed section, causing loss of energy in the form of heat to environment. This article aims to verify the behavior of temperature decay in hot water PEX pipes of different diameters and provide this information to fact sheets and designers, for this, iterative and simulation methods will be adopted. Using the simulation software as a parameter, it was obtained that the DN16 lost 0.32°C, DN20 0.17°C, DN25 0.11°C and DN32 0.07°C of temperature in a stretch of 1 m of length. Thus, it is possible to know the temperature decay at certain distances, a factor that helps the designer in choosing the size of the pipe to be projected according to the diameter, for a fixed flow.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **NASCIMENTO, César Henrique Britto.** *Estudante de Engenharia Civil. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus São Paulo.* cesar.nascimento@aluno.ifsp.edu.br;

[2] **UEHARA, Takashi.** *Estudante de Engenharia Civil. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus São Paulo. takashi.u@aluno.ifsp.edu.br.*

[3] **FERREIRA, Armando Traini.** *Engenheiro Civil, Doutor, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus São Paulo. traini@ifsp.edu.br.*

1 INTRODUÇÃO

O polietileno reticulado (PEX), ou *crosslinked polyethylene* (XLPE) é produzido pela transformação do polietileno (normalmente de média densidade) em um material parcialmente termofixo, onde se provoca a união química das macromoléculas, reticulação, como ocorre com os materiais termofixos e elastômeros (Danieletto,2007).

Este material para tubulação vem sendo cada vez mais empregado na construção civil, consequentemente a busca por informações sobre ele também, fazendo com que diversos fabricantes divulguem catálogos e fichas técnicas sobre o produto. Entretanto, gráficos ou informações sobre o decaimento de temperatura na tubulação é um dado em falta, sendo necessário para saber estimar a perda de temperatura em um determinado trecho da tubulação.

Este Artigo tem como objetivo trazer informações sobre o decaimento de temperatura em tubulações de água quente do tipo PEX para as fichas técnicas, de modo a promover um melhor embasamento de escolha do projetista sobre o tipo de tubulação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com Borgnakke e Sonntag (2012), a transferência de calor é o transporte da energia devido a diferença de temperatura entre os materiais. Esta energia pode ser transmitida por meio das colisões entre as moléculas, as quais possuem energia cinética, rotacional e vibracional. Este tipo de troca de energia por colisão é definido como condução, podendo ser expressa pela lei de Fourier, generalização baseada em uma vasta evidência experimental (INCROPERA et al,2008), conforme a Equação 1.

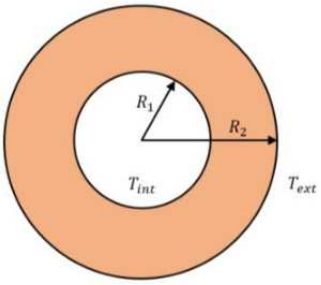
$$Q = -KA\frac{dT}{dx} \quad \text{(Eq.1)}$$

sendo:

Q, taxa de transferência de calor (W);
K, condutividade térmica (W/m°C);
A, área (m²);
T, temperatura (°C);
x, distância (m).

Utilizando a lei de Fourier para elementos cilíndricos, conforme a Figura 1, é possível obter a Equação 2.

Figura 1 – Seção transversal da tubulação



Fonte: AUTORAL (2021)

$$T_{i+1} = T_{int} - \frac{T_{int} - T_{ext}}{R_t q c} \quad \text{(Eq.2)}$$

sendo:

T_{i+1}, temperatura de saída do fluido no início do trecho de comprimento L (°C);
T_{int}, temperatura de entrada do fluido no final do trecho de comprimento L (°C);
T_{ext}, temperatura ambiente (°C);
R_t, resistência térmica (°C/W);
q, vazão (g/s);
c, calor específico do fluido (J/g°C).

Onde R_t, é representado pela Equação 3.

$$R_t = \frac{\ln(\frac{R_2}{R_1})}{K 2\pi L} \quad \text{(Eq.3)}$$

sendo:

R_2, raio externo (mm);
R_1, raio interno (mm);
L, comprimento de análise da tubulação (m).

A Equação 2 se apresenta de forma iterativa, sendo possível analisar a variação da temperatura em L distâncias, podendo variar o material, o comprimento, a vazão e a espessura da tubulação em análise.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais abordados são todas as variações de diâmetros comerciais de tubulações do tipo PEX, conforme apresentado no Quadro 1, com dados como condutividade térmica de 0,38 W/m°C, densidade de 945 Kg/m³ e calor específico de 1700 J/KgK (AMANCO,2015).

Quadro 1 – Diâmetros comerciais

Diâmetro comercial	Diâmetro externo (mm)	Diâmetro interno (mm)
DN16	16	12,4
DN20	20	16,2
DN25	25	20,4
DN32	32	26,2

Fonte: AMANCO (2015)

Devido ao uso de fundamentações teóricas iterativas, por análises em softwares de simulações físicas e comparações entre dados, esta pesquisa se configura no âmbito experimental.

As simulações serão realizadas pelo programa *Ansys Student*, o qual realiza simulações usando o método dos elementos finitos, processos numéricos e iterativos. Além disso, ao serem realizados os cálculos, é possível identificar resultados gráficos da peça em análise como um todo (ANSYS, 2021).

Para realizar a simulação, são necessárias três etapas distintas, quais sejam: o pré-processamento, solução e pós-processamento. Na primeira etapa é definida a geometria, o

tipo de análise, as propriedades dos materiais e as condições de contorno. Na segunda é definido o tipo de solução desejada e na terceira são obtidos os resultados.

E para a utilização da fundamentação teórica iterativa, será utilizado o *software Microsoft Excel*, o qual realizará cálculos com a Equação 2 e entregará resultados sobre o decaimento de temperatura em 1 m.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Utilizando a Equação 2, os dados do material e o trecho de 1 m, estabeleceu-se os seguintes parâmetros: temperatura de entrada do fluido de 70 °C, temperatura ambiente de 20 °C, velocidade do fluido de 3 m/s, calor específico da água de 4,18 J/g°C (WOLFRAMALPHA COMPUTATIONAL INTELLIGENCE, 2021), obtendo-se o Quadro 2.

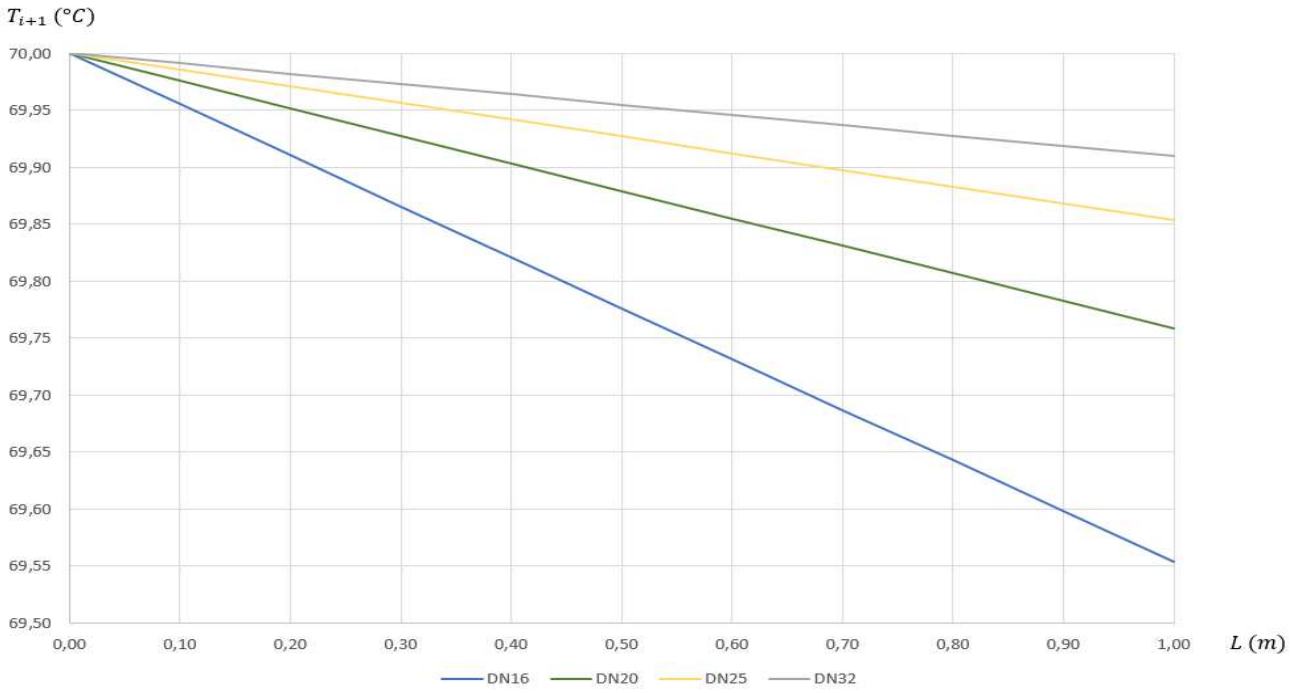
Quadro 2 – Resultados iterativos do Excel

DN16		DN20		DN25		DN32	
L (m)	T_{i+1} (°C)	L (m)	T_{i+1} (°C)	L (m)	T_{i+1} (°C)	L (m)	T_{i+1} (°C)
0,0	70,00	0,0	70,00	0,0	70,00	0,0	70,00
0,1	69,96	0,1	69,98	0,1	69,99	0,1	69,99
0,2	69,91	0,2	69,95	0,2	69,97	0,2	69,98
0,3	69,87	0,3	69,93	0,3	69,96	0,3	69,97
0,4	69,82	0,4	69,90	0,4	69,94	0,4	69,96
0,5	69,78	0,5	69,88	0,5	69,93	0,5	69,95
0,6	69,73	0,6	69,85	0,6	69,91	0,6	69,95
0,7	69,69	0,7	69,83	0,7	69,90	0,7	69,94
0,8	69,64	0,8	69,81	0,8	69,88	0,8	69,93
0,9	69,60	0,9	69,78	0,9	69,87	0,9	69,92
1,0	69,55	1,0	69,76	1,0	69,85	1,0	69,91

Fonte: AUTORAL (2021)

Após a obtenção destes dados, foi gerado o gráfico da Figura 2, no qual é visto a diferença do decaimento de temperatura em 1m de comprimento entre os diâmetros comerciais, de modo que a tubulação DN16 possuiu uma perda de 0,64%, DN20 de 0,34%, DN25 de 0,21% e DN32 de 0,13% em relação à temperatura de entrada de 70°C.

Figura 2 – Gráfico de decaimento de temperatura



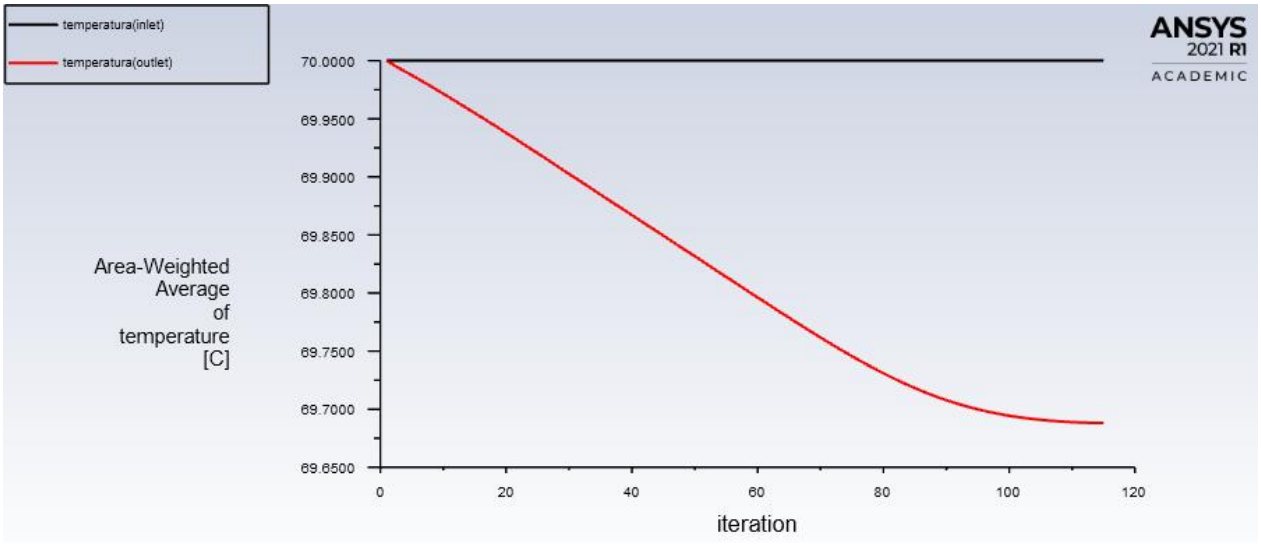
Fonte: AUTORAL (2021)

Realizado esse processo, foi efetuada a etapa de simulações, na qual foram inseridas as informações sobre as tubulações PEX no *software*.

Todas as simulações realizadas seguiram o modelo *standard* com viscosidade k-ômega, o qual, é baseado no modelo Wilcox, cujo prevê taxas de espalhamento de fluxo de cisalhamento livre que estão de acordo com as medições para ondas distantes, camadas de mistura e jatos planos, redondos e radiais e, portanto, é aplicável a fluxos delimitados por parede (ANSYS,2009) e segundo Georgiadis (2006), “nas análises de simulação numérica o modelo de turbulência k-ômega é muito usado, pois apresenta uma exatidão das predições”.

Além disso, os cálculos foram computados a partir do dado inicial *inlet* (temperatura de entrada do fluido) e finalizados no *outlet* (temperatura de saída do fluido após o comprimento de 1 m).

Figura 3 – Gráfico de iterações para 1m de tubulação – (PEX DN16)



Fonte: AUTORAL (2021)

Todas as simulações dos diâmetros comerciais apresentaram gráficos similares ao da Figura 3, a qual apresenta a quantidade de iterações para a convergência da temperatura após 1m no eixo das abscissas e no eixo das ordenadas os valores de temperatura.

Desse modo, todos os dados obtidos foram organizados no Quadro 3.

Quadro 3 – Temperaturas dos fluidos nos diâmetros comerciais após 1m de tubulação (*Ansys*)

Diâmetro comercial	Temperatura (°C)
DN16	69,68
DN20	69,83
DN25	69,89
DN32	69,93

Fonte: AUTORAL (2021)

Conforme os dados apresentados, a tubulação DN16 possuiu uma perda de 0,46%, DN20 de 0,24%, DN25 de 0,16% e DN32 de 0,10% em relação à temperatura inicial de 70°C. Desta maneira, é possível relacionar os decaimentos pela Equação 2 e os obtidos em simulação, sendo que os valores de perdas de temperatura destes se apresentam de maneira aproximada, conforme o Quadro 4.

Quadro 4 – Relação entre perdas de temperatura

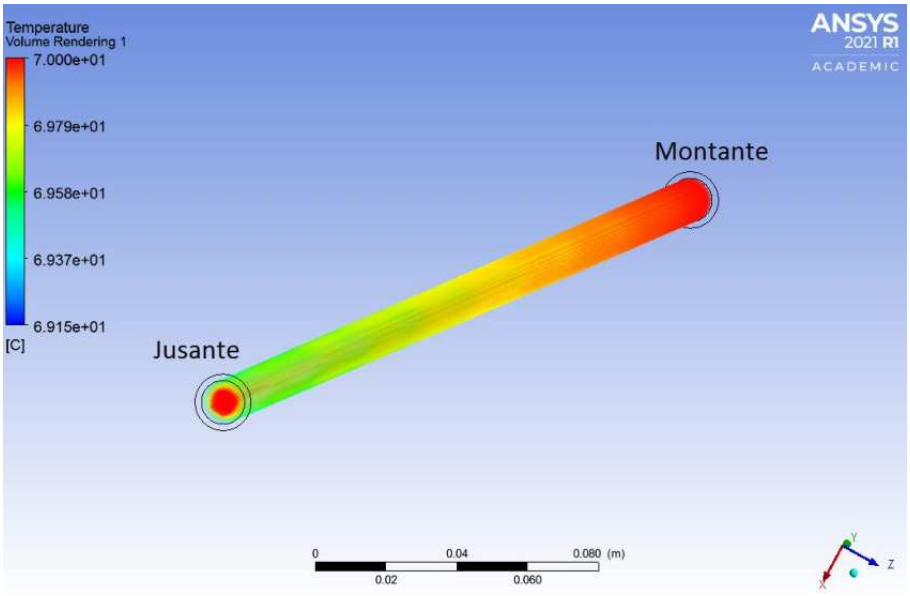
Diâmetro comercial	Perda de temperatura em 1 m (%) Equação 2	Perda de temperatura em 1 m (%) Ansys
DN16	0,64	0,46
DN20	0,34	0,24
DN25	0,21	0,16
DN32	0,13	0,10

Fonte: AMANCO (2015)

Desta forma, é possível avaliar que, tanto no *Ansys Student* quanto na Equação 2, os menores diâmetros possuem maiores decaimentos de temperatura, assim como é previsto na lei de Fourier (Equação 1), na qual é informado que a taxa de transferência de calor é inversamente proporcional à distância.

Após essa análise, foi feita a construção do gráfico de perda de temperatura do fluido inserido na tubulação mediante a uma coordenação por cores na Figura 3.

Figura 3 – Decaimento de temperatura do fluido em 1m de tubulação – (PEX DN16)



Fonte: AUTORAL (2021)

Por essa nomenclatura, é possível conferir a variação da temperatura em cada ponto da extensão, de modo que as áreas externas possuem maiores perdas de temperatura e as áreas internas, menores, característica descrita pela lei de Fourier (Equação 1).

5 CONCLUSÃO

Devido a importância da informação sobre o decaimento de temperatura em tubulações para a construção civil, o artigo visa auxiliar os projetistas e contribuir com dados simulados no software *Ansys Student* para superar esta limitação apresentada em catálogos e fichas técnicas deste produto.

Utilizando o *Ansys Student* como parâmetro é possível avaliar o decaimento de temperatura máximo (0,32°C) no DN16 e mínimo (0,07°C) para o DN32 em um trecho de 1 m de comprimento. Conhecendo os valores indicados pelo *Ansys Student* e os da Lei de Fourier (Eq. 2) é possível verificar que os dados decaem de forma linear, desse modo, sabendo o quanto o dado variou em 1 m é possível prever sua perda de temperatura em "n" metros, fator que auxilia o projetista na escolha do comprimento da tubulação a ser projetada de acordo com o diâmetro.

REFERÊNCIAS

AMANCO. **Manual técnico – PEX**, 2015. Disponível em: <http://assets.production.amanco.com.br.s3.amazonaws.com/uploads/collapse/file/49/Manual-PEX-2015-WEB-FINAL.pdf >. Data de acesso: 14 de jan. 2021.

ANSYS. **ANSYS FOR STUDENTS**, 2021. Disponível em: <https://www.ansys.com/academic/students>. Data de acesso: 25 de mai. 2021.

ANSYS. **Standard k-ômega model**, 2009. Disponível em: < https://www.afs.enea.it/project/neptunius/docs/fluent/html/th/node66.htm>. Data de acesso: 20 de set. 2021.

BORGNAKKE, C. SONNTAG. R. E. **Fundamentals of thermodynamics**. 8ª Edição. Michigan: John Wiley & Sons, 2012. 916p.

DANIELETTO, J. R. B. **Manual de Tubulações de Polietileno e Polipropileno**. São Paulo: Linha Aberta, 2007. 524p.

GEORGIADIS, N. J. **Evaluation of Modified Two-Equation Turbulence Models for Jet Flow Predictions.** AIAA J, 2006, 3114p.

INCROPERA, F. P. et al. **Fundamentos de transferência de calor e de massa.** 6. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 645p.

WOLFRAMALPHA COMPUTATIONAL INTELLIGENCE . **SPECIFIC HEAT OF WATER**, 2021. Disponível em: <https://www.wolframalpha.com/input/?i=specific+heat+of+water>. Data de acesso: 30 de mai. 2021.

SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA EM EDIFÍCIOS VERTICAIS DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

Implementation of a solar water heating system on social housing vertical buildings

RODRIGUES, Fernando Luz[1]; SOWMY, Daniel Setrak[2]

Recebido em 15 de julho de 2021, aprovado em 06 de setembro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

RESUMO: A crescente busca por alternativas energéticas limpas e de baixo custo aumentou a procura por sistemas de aquecimento solar de água, principalmente em residências unifamiliares, porém a falta de espaço para instalação de coletores em edifícios residenciais verticais aparece como uma das principais dificuldades, ainda mais em projetos de Habitações de Interesse Social (HIS), com custos de produção mais restritos. Este trabalho tem como o objetivo apresentar um estudo de caso e mostrar a viabilidade técnica e econômica da implantação do sistema de aquecimento solar de água em um edifício residencial vertical com 132 unidades, sendo 76 delas de interesse social. Com a aplicação do método de sete etapas apresentado, foi possível calcular o tempo de retorno de investimento em aproximadamente 16 meses de operação, com acréscimo nos custos totais da obra inferior a 1%, em relação ao orçamento sem o sistema de aquecimento solar.

ABSTRACT: The growing search for clean and low-cost energy alternatives has increased the demand for solar water heating systems, especially in single-family buildings, however, the lack of space for installing collectors in vertical residential buildings appears as one of the main difficulties, especially in Social Interest Housing projects, which restricted production. This study aims to present a case study and show the technical and economic feasibility of implementing a solar water heating system in a vertical residential building with 132 units, 76 of which are of social interest. With the application of the seven-step method presented, it was possible to calculate the payback time of approximately 16 months of operation, with an increase in total construction costs of less than 1%, compared to the budget without the solar heating system.

Palavras-chave:
Aquecimento Solar de Água,
Edifício Residencial Vertical,
Habitação de Interesse Social.

Keywords:
Solar Water Heating,
Vertical Residential Building
Social housing

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **RODRIGUES, Fernando Luz**: Engenheiro Civil, Mestre, Escola Politécnica da USP, eng.fernandoluzrodrigues@gmail.com
[2] **SOWMY, Daniel Setrak**: Engenheiro Civil, Doutor, Professor da Escola Politécnica da USP, dss@usp.br

1 INTRODUÇÃO

Aumento nas tarifas de energia elétrica e a busca por matrizes energéticas mais limpas e baratas fizeram crescer a procura por alternativas mais sustentáveis de energia, entre eles, o sistema de aquecimento solar (SAS), com crescente incidência de instalações no Brasil, principalmente em residências unifamiliares de habitações de interesse social (HIS) (GIGLIO, LAMBERTS, 2016).

Sua eficiência e tempo de retorno do investimento em residências isoladas ou em conjuntos residenciais horizontais já foi explorada e discutida em teses, dissertações e artigos (LIMA, 2003; BARBIERI, 2010; GIGLIO, LAMBERTS, 2016). Entretanto, o uso de sistema de aquecimento solar de água em edifícios residenciais verticais apresenta maiores desafios, principalmente pela dificuldade de dimensionamento em área reduzida para instalação dos coletores em relação ao número de unidades habitacionais.

Este artigo apresenta um estudo de caso de avaliação das condições de implantação de um SAS com coletores planos em um edifício residencial vertical em fase de projeto com 132 unidades, sendo 76 delas enquadradas no Programa Casa Verde Amarela (antigo Minha Casa, Minha Vida) no qual foi analisado sua viabilidade técnica e econômica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O sistema predial de água quente deve ser projetado e executado de tal forma que garanta que a água chegue nos pontos onde há a necessidade de consumo com qualidade, quantidade e temperatura adequadas ao seu uso, independente do sistema utilizado, seja ele solar, elétrico, a gás ou outra fonte de calor alternativa, conforme previsto na NBR 5626 (ABNT,2020).

Como subdivisões dos sistemas prediais de água quente, podemos citar o Sistema Individual, onde a água é aquecida diretamente no ponto de utilização, como por exemplo nos chuveiros elétricos convencionais, o Sistema Central Privado, como os aquecedores de passagem a gás, onde a água é aquecida em um ponto de aquecimento instantâneo e distribuído já quente para todos os pontos da residência, ou ainda o sistema de acumulação no qual a água é aquecida e armazenada para posterior uso, podendo esse ser privado ou coletivo (ILHA; GONÇALVES e KAVASSAKI,1994).

O SAS deve ser complementado por qualquer um desses sistemas, sendo obrigatório a instalação de um deles para garantir o seu uso efetivo, uma vez que em dias com menor incidência de energia solar, o SAS pode não atingir a temperatura satisfatória para o aquecimento da água.

Para sistemas de aquecimento coletivo de acumulação, o mais indicado para circulação da água quente até o ponto de consumo é uma temperatura entre 50°C e 52°C, antes de ser misturada com água fria e garantir uma temperatura confortável para o banho. Essas temperaturas são altas o suficiente para evitar a propagação de bactérias causadoras de doenças respiratórias ao mesmo tempo que não são tão elevadas para causar queimaduras e escaldões de grandes intensidades (DE CUYPER, 2008; FELDMAN et al., 1978).

Para o dimensionamento do sistema de apoio, utiliza-se a metodologia indicada no “Anexo C” da ABNT NBR 16.057/2012 Sistema de Aquecimento de Água a Gás (SAAG) — Projeto e Instalação. Mesmo a norma sendo específica para aquecimento a gás, a mesma metodologia pode ser utilizada para sistemas elétricos de aquecimento de água pois as equações são

usadas para determinar a potência útil do aquecedor.

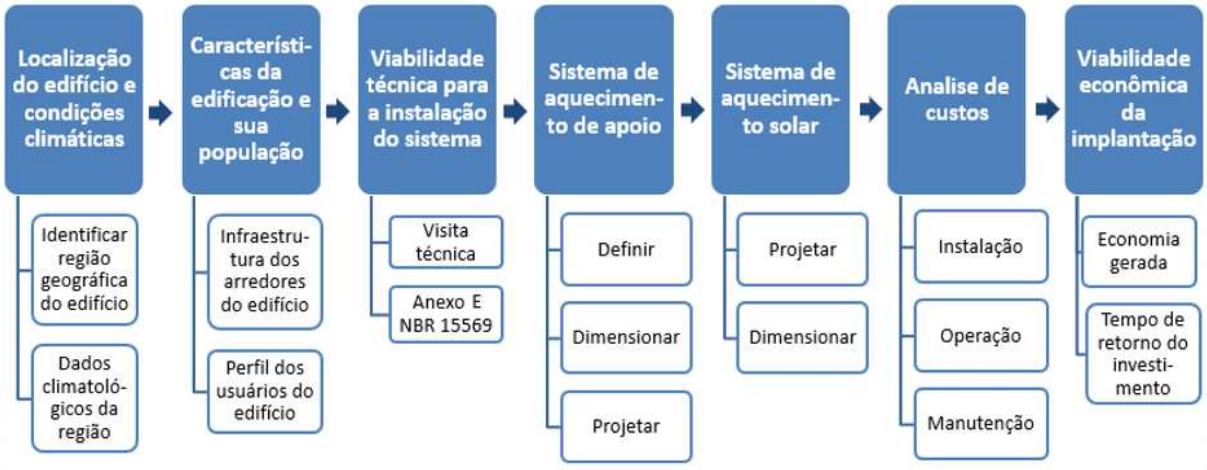
A ABNT NBR 15.569/2020 de sistema de aquecimento solar de água em circuito direto, traz em seu "Anexo E", 12 verificações preliminares para a avaliação das condições iniciais e viabilidade técnica de instalação do SAS. Atendendo essas verificações, define-se a área coletora total disponível e utilizando a metodologia "Carta F" (original do inglês *"f-chart"*), desenvolvido por Duffie e Beckman (2013), dimensiona-se a capacidade do SAS.

3 MÉTODO DE ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO

Para analisar a viabilidade de implantação de um sistema de aquecimento solar de água em um edifício residencial vertical, este artigo propõe um método que pode ser aplicado tanto em edifícios na fase de projeto até edifícios já concluídos e entregues aos usuários finais.

O método consiste em uma verificação em sete etapas, que pode ser utilizado como um roteiro para implantação e uso eficiente do sistema de aquecimento solar de água, representadas no fluxograma da Figura 1.

Figura 1 Fluxograma do Método de Análise de Viabilidade de Implantação



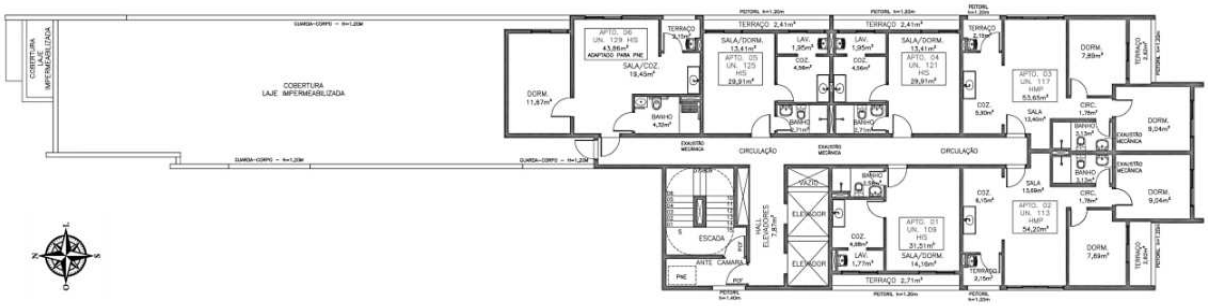
Fonte: Elaborado pelo Autor.

O método proposto foi aplicado em um estudo de caso de um edifício localizado na Zona Leste da cidade de São Paulo, em fase de projeto, de 16 pavimentos tipo, um subsolo e outro sobressolo usados como pavimentos de garagem e entrada social.

4 ESTUDO DE CASO

O projeto consiste em nove apartamentos por andar até o 12º pavimento tipo e então há uma diminuição da projeção e do 13º ao 16º andar, seis apartamentos por pavimento, como mostra a Figura 2.

Figura 2 Planta da transição do 13º andar com a indicação do norte geográfico



Fonte: Elaborado pelo Autor.

No topo do prédio não há previsão de cobertura sobre a laje, podendo o espaço ser ocupado também por coletores solares e infraestrutura necessárias para o aquecimento e armazenamento da água. Das 132 unidades habitacionais do edifício, 76 são HIS, destacados com a cor verde na Figura 3. Para essas unidades será dimensionado o SAS. Os apartamentos destacados na cor vermelha são habitações de mercado popular (HMP) e não foi previsto instalação do SAS nessas unidades. A área destacada em amarelo foi destinada para a instalação dos medidores de água fria de todos os apartamentos e medidores de água quente dos apartamentos HIS.

Figura 3 Indicação dos apartamentos HIS nos pavimentos tipo do 1º ao 12º andar



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os apartamentos HIS foram escolhidos para a implantação do SAS, pois não seria possível atender a todos os apartamentos do edifício de forma adequada, devido ao espaço insuficiente na cobertura da edificação e pelas perdas geradas pelas distâncias dos pontos de uso dos apartamentos HMP, além do caráter social de privilegiar a economia gerada no sistema de água quente para beneficiar as famílias que adquirirem as unidades de interesse social.

5 RESULTADOS

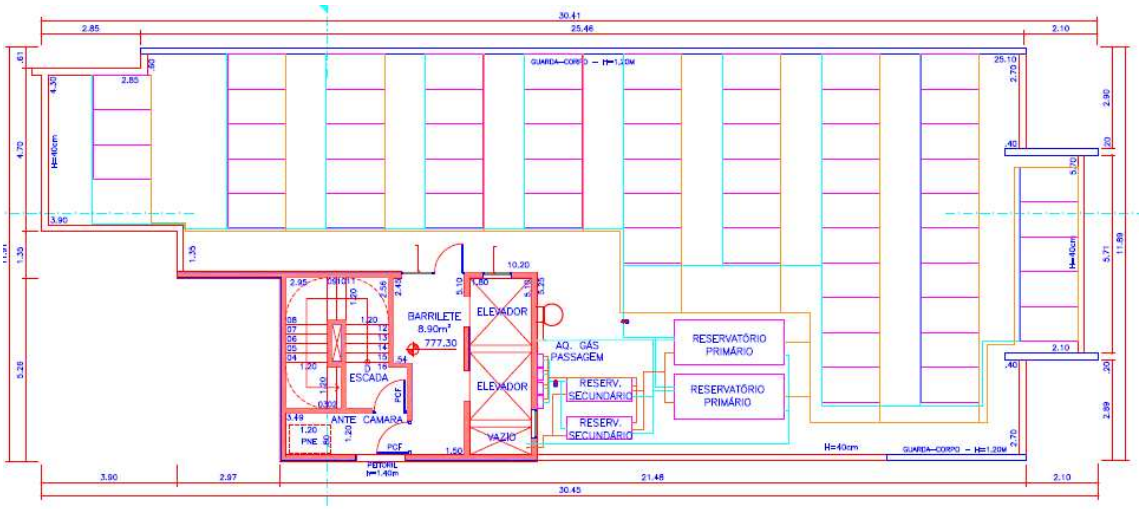
Aplicando o método proposto, foram levantados os dados climatológicos e geográficos da região. Verificou-se também as características socioeconômicas dos usuários e a localidade, sem grandes edificações no perímetro. Por se tratar de projeto, não há necessidade de visita técnica, mas as verificações do “Anexo E” da NBR 15.569 (ABNT, 2020) foram realizadas.

Definiu-se como sistema de apoio o sistema a gás e foi projetado e dimensionado esse sistema com apoio do “Anexo C” da NBR 16.057 (ABNT, 2012) para um consumo de 114 pessoas, adotando uma ocupação média de 1,5 pessoas por apartamento HIS, com um banho diário de

10 minutos a uma vazão de 12 L/min e uma temperatura de consumo de 40°C e armazenamento à 55°C. Assim, chegou-se ao dimensionamento para quatro aquecedores de passagem e dois reservatórios de água quente com 500 litros cada.

Também foi projetado e dimensionado o SAS com 60 coletores planos de 2,00 x 1,00 m na cobertura do edifício, com inclinação de 33,55° e distância entre linhas de placas paralelas de 1,19 m, conforme mostra Figura 4. Essa quantidade foi definida de modo a instalar o maior número de coletores possíveis orientados para o norte, mantendo o distanciamento mínimo para garantir a manutenção do sistema, instalação dos reservatórios e evitar sombreamento das placas. A fração solar anual obtido nessa configuração e com esses parâmetros foi de 0,72.

Figura 4 Disposição dos coletores, aquecedores e reservatórios



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Com o SAS e o sistema de apoio projetados e dimensionados, foram orçados os custos para essa instalação, operação e manutenção dos sistemas. Também foi calculado a economia gerada e o tempo de retorno de investimento em comparação com o Sistema Central Privado a Gás (SCPG), sistema originalmente previsto para o edifício.

O SCPG tem como vantagem um rendimento energético superior a 84% nos aparelhos com o selo do INMETRO (2017), grande vazão de água quente e confiabilidade do sistema, principalmente quando há acesso a gás natural canalizado na região, como no endereço do objeto do estudo de caso. Como desvantagens, o aquecedor a gás ocupa espaço na área de serviço ou na cozinha dos apartamentos e sua manutenção é de responsabilidade do morador.

O custo total de instalação do SAS para atender aos 76 apartamentos do estudo de caso foi de R$146.506,34, com um valor por apartamento de R$1.927,71.

Considerando todos os custos de manutenção e consumo mensal de gás, o SAS economiza por mês R$70,70 em relação ao SCPG levando em conta os custos indiretos com limpeza e manutenção, como mostra a Tabela 1. Outro custo importante a ser considerado é o de aquisição e instalação do aquecedor de passagem, que em uma média de mercado gira em torno de R$800,00 a R$1.500,00.

Tabela 1 Diferença de custos entre SAS e SCPG

	Custo de Instalação	Manutenção Mensal	Consumo de Gás Mensal	Total Mensal
SAS	R$ 1.927,71	R$ 5,75	R$ 29,22	R$ 34,97
SCPG	R$ 800,00	R$ 16,67	R$ 89,00	R$ 105,67
Diferença	R$ 1.127,71	-R$ 10,92	-R$ 59,78	-R$ 70,70

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Considerando a economia total mensal e os custos de instalação da Tabela 1, no qual o aquecedor foi adquirido por R$800,00, o retorno do investimento acontece um pouco depois do primeiro ano de uso do sistema, no 16º mês.

Para a construtora implantar o sistema de aquecimento solar de água durante a obra e entregar funcionando para os proprietários, no estudo de caso, o custo adicional é inferior a 1% do orçamento original da obra, sem o SAS. O valor acrescido por apartamento de R$1.927,71 pode ser incorporado ao valor do imóvel durante a venda.

6 CONCLUSÃO

A principal limitação do sistema, como já era esperado, foi a falta de espaço para a instalação de coletores solares que atendam à necessidade do condomínio. No estudo de caso, essa dificuldade foi solucionada limitando o número de apartamentos que são atendidos pelo SAS para os 76 apartamentos HIS das 132 unidades do edifício.

O fato dos custos de instalação de todo o sistema serem próximos aos de aquecedores de passagem para cada apartamento pode ser apontado como principal benefício do SAS para esse estudo, e ainda com a vantagem de não ocupar espaço interno dos apartamentos, reduzir os custos diretos com gás no aquecimento da água, retirar do usuário a responsabilidade pela manutenção dos equipamentos do sistema e o incentivo ao uso de energia limpa e renovável durante a vida útil do edifício.

Apesar de não ser tão oneroso para a construtora em comparação ao valor de venda do imóvel, a obrigação de instalar mais um sistema durante a construção e sua manutenção nos primeiros anos de uso podem ser citados como algumas dificuldades de implantação do SAS, inibindo sua implantação.

A possibilidade de instalação do sistema com previsão de retorno do investimento em menos de dois anos de uso pelos moradores e custos inferiores a 1% do orçamento inicial da obra mostrou-se interessante, tanto do ponto de vista econômico como de sustentabilidade do sistema.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15569**: Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto – Requisitos de projeto e instalação. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16057**: Sistema de aquecimento de água e gás (SAAG) – Projeto e instalação. Rio de Janeiro, 2012.

BARBIERI, Daniel dos Santos. **Emprego de coletores solares com aporte elétrico para aquecimento de água para banho em conjuntos HIS: estudo de caso de Cafelândia-SP.** 2010. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) – Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo.

DE CUYPER, Karel. **C2) Effect of clean hot water on the Legionella-contamination in hot water draw-off branches: a laboratory study.** 7p., 2008.

DUFFIE, John A.; BECKMAN, William A. **Solar engineering of thermal processes.** John Wiley & Sons, 2013.

FELDMAN, Kenneth W. et al. **Tap water scald burns in children.** Pediatrics, v. 62, n. 1, p. 1-7, 1978.

GIGLIO, Thalita; LAMBERTS, Roberto. Savings related to solar water heating system: A case study of low-income families in Brazil. **Energy and Buildings**, v. 130, p. 434-442, 2016.

ILHA, Marina S de Oliveira; GONCALVES, Orestes M; KAVASSAKI, Yukio. Sistemas prediais de água quente. 1994. **Texto Técnico Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil**, TT/PCC/09, São Paulo.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Aquecedores de água a gás instantâneos**. Rio de Janeiro, Janeiro 2017.

LIMA, Juliana Benoni Arruda. **Otimização de sistema de aquecimento solar de água em edificações residenciais unifamiliares utilizando o programa TRNSYS.** 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMA PARA REDUÇÃO DO DESPERDÍCIO DE ÁGUA EM SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA QUENTE: UM ESTUDO DE CASO EM EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES

Economic feasibility of a system to reduce waste of water in hot water building systems: a case study in multifamily buildings

IORIS, Marcelo Dalmédico[1]; GHISI, Enedir[2]

Recebido em 15 de julho de 2021, aprovado em 06 de setembro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

RESUMO: Em residências que possuem aquecedores de passagem a gás para o aquecimento da água, há desperdício de água no início da utilização dos aparelhos sanitários. O objetivo deste trabalho é verificar a viabilidade econômica ao implementar um sistema automatizado nos pontos de consumo de água quente das edificações que reduz o desperdício de água dos instantes iniciais de uso. Realizou-se análise econômica comparativa entre a instalação do sistema automatizado proposto e de um sistema de recirculação individual em um estudo de caso para um edifício multifamiliar. Foram realizadas nove análises econômicas diferentes variando-se o potencial de economia de água e o tipo de sistema para obter o Valor Presente Líquido, a Taxa Interna de Retorno e o payback descontado. As análises comprovaram que o sistema proposto é mais viável que os sistemas de recirculação individual usualmente empregados. O sistema proposto reduz o desperdício de água se mostrando viável ao proporcionar um potencial diário de economia de água de pelo menos 5,6%. O emprego do sistema depende da existência de sistema de aquecimento afastado dos pontos de consumo e da presença de um reservatório inferior. Custos de instalação devem ser cautelosamente orçados para que o sistema se mostre viável economicamente.

Palavras-chave:
Aquecedor de passagem a gás,
Economia de água,
Reservatório inferior de água não potável,
Água fria,
Água quente.

ABSTRACT: In dwellings that have instantaneous gas heaters to heat water, cold water is wasted in the first seconds of using hot water fixtures. The objective of this work is to verify the economic feasibility of implementing an automated system integrated to the hot water fixtures of buildings that reduces the waste of water from the initial moments of use. A comparative economic analysis between the installation of the proposed automated system and an individual recirculation system was performed for a case study for a multifamily building. Altogether nine different economic analyses were carried out, varying the water saving potential and the type of recirculation system to obtain the Net Present Value, Internal Rate of Return and discounted payback. It was verified in all analyses that the proposed system is more viable than the traditionally used individual recirculation system. The proposed system reduces waste of water in domestic hot water systems, proving viable by providing a daily water savings potential of at least 5.6%. The use of the system depends on the existence of a heating system away from the water fixtures and the presence of an underground water tank. Costs for installation-related services must be carefully budgeted for the system to be economically feasible.

Keywords:
Instantaneous gas heater,
Water savings,
Non-potable water storage tank,
Cold water,
Hot water.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **IORIS, Marcelo Dalmédico**: Universidade Federal de Santa Catarina, marcelo.ioris@posgrad.ufsc.br
[2] **GHISI, Enedir**: Universidade Federal de Santa Catarina, enedir.ghisi@ufsc.br

1 INTRODUÇÃO

Em residências que possuem aquecedores de passagem a gás para o aquecimento da água sem apoio de sistemas de recirculação, há desperdício de água nos segundos iniciais da utilização dos aparelhos sanitários (GONÇALVES et al., 1989; LUTZ, 2005; CHAGURI JUNIOR, 2009; LUTZ, 2011; SHERMAN, 2014; WOOD; D'ACQUISTO, 2015; IORIS; GHISI, 2021). A NBR 5626 (ABNT, 2020a) orienta que o sistema de distribuição de água quente deve ser dimensionado reduzindo-se ao máximo o tempo de chegada de água quente do ponto de aquecimento até o aparelho sanitário mais distante com consumo de água quente. A NBR 13103 (ABNT, 2020b) recomenda que a instalação dos aparelhos convencionais de aquecimento a gás seja feita em locais com adequada ventilação. Esta recomendação faz com que as residências sejam projetadas de modo que os aparelhos sejam instalados nas áreas de serviço ou externamente às edificações. Consequentemente, esta conformação comumente resulta em grandes comprimentos de tubulação de água quente entre a fonte aquecedora e os aparelhos sanitários.

Quando comparados ao chuveiro elétrico, sistema mais utilizado no Brasil atualmente como forma de aquecimento da água, os sistemas residenciais de aquecimento de água a gás possuem elevado custo inicial de instalação. Deste modo, para que esses sistemas não acarretem em despesas e sejam eficazes ao fornecer água quente é de grande importância que haja um sistema integrado de recirculação de água, associado ou não com isolamento térmico das tubulações, que seja viável economicamente.

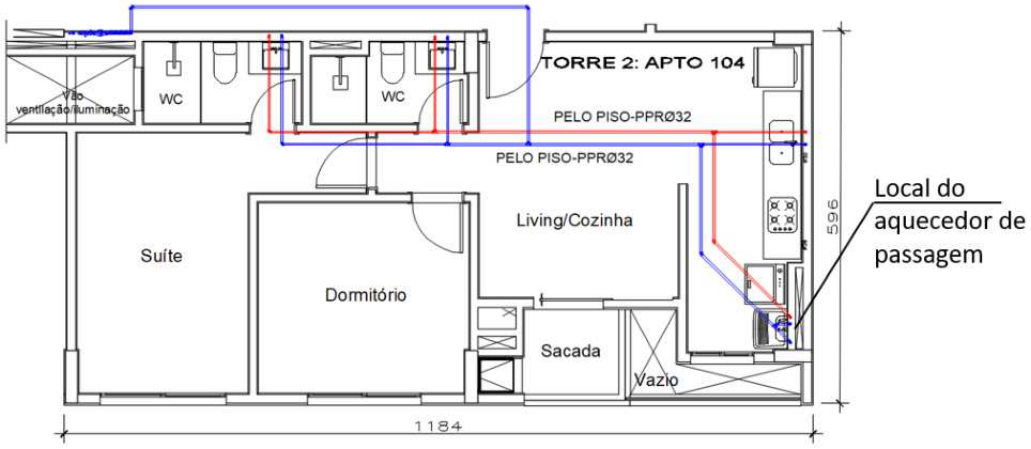
O objetivo deste trabalho é verificar a viabilidade econômica da implementação de um sistema automatizado integrado aos pontos de consumo de água quente das edificações que elimine o desperdício de água fria dos instantes iniciais de uso.

2 MÉTODO

O funcionamento do sistema automatizado para evitar desperdício de água fria nos instantes iniciais da utilização de água quente resume-se na abertura de uma válvula solenoide localizada no final do ramal do sistema predial de água quente da residência. Esta válvula tem a função de direcionar para um reservatório de água não potável a quantidade aproximada de água fria que seria desperdiçada em um determinado aparelho. Por meio de um sinal de radiofrequência enviado ao se acionar um botão próximo ao ponto de consumo de água quente desejado, o sistema reconhece qual ponto de consumo foi acionado e a quantidade aproximada de água fria que deve liberar por meio da válvula até que ocorra a chegada da água quente do aquecedor.

A Figura 1 ilustra a planta de um sistema predial de água fria e água quente. Em edificações multifamiliares com aquecimento da água por meio de aquecedores de passagem a gás, normalmente os pontos são abastecidos por um ramal de água fria conectado ao reservatório da edificação, e outro ramal de água quente conectado ao aquecedor de passagem.

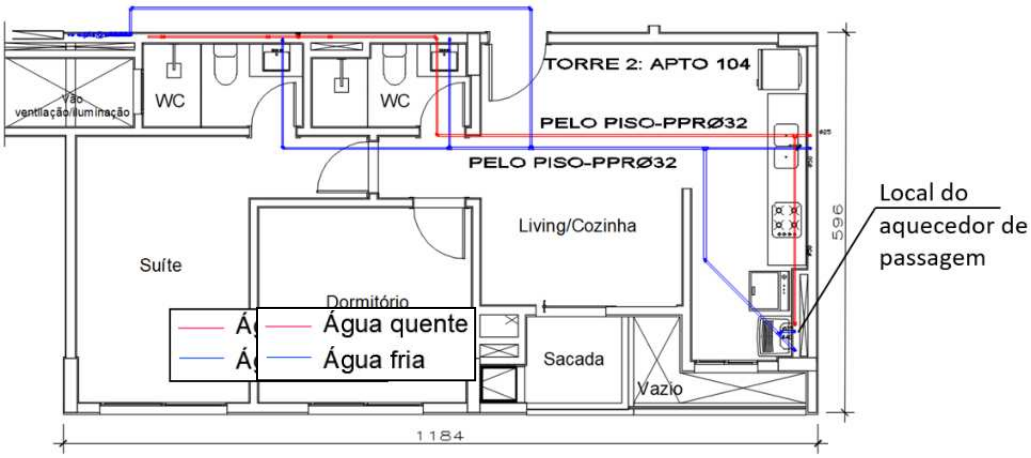
Figura 1 - Planta de sistema usual de água fria e água quente



Fonte: Ioris; Ghisi (2020).

Para uma melhor eficiência, a conformação do sistema automatizado em uma residência deve ser realizada de modo que as tubulações de água quente passem o mais próximo possível dos pontos de consumo de água. A Figura 2 ilustra como deveria ser a disposição das tubulações na planta da Figura 1.

Figura 2 - Planta do sistema proposto de água fria e água quente



Fonte: Ioris; Ghisi (2020).

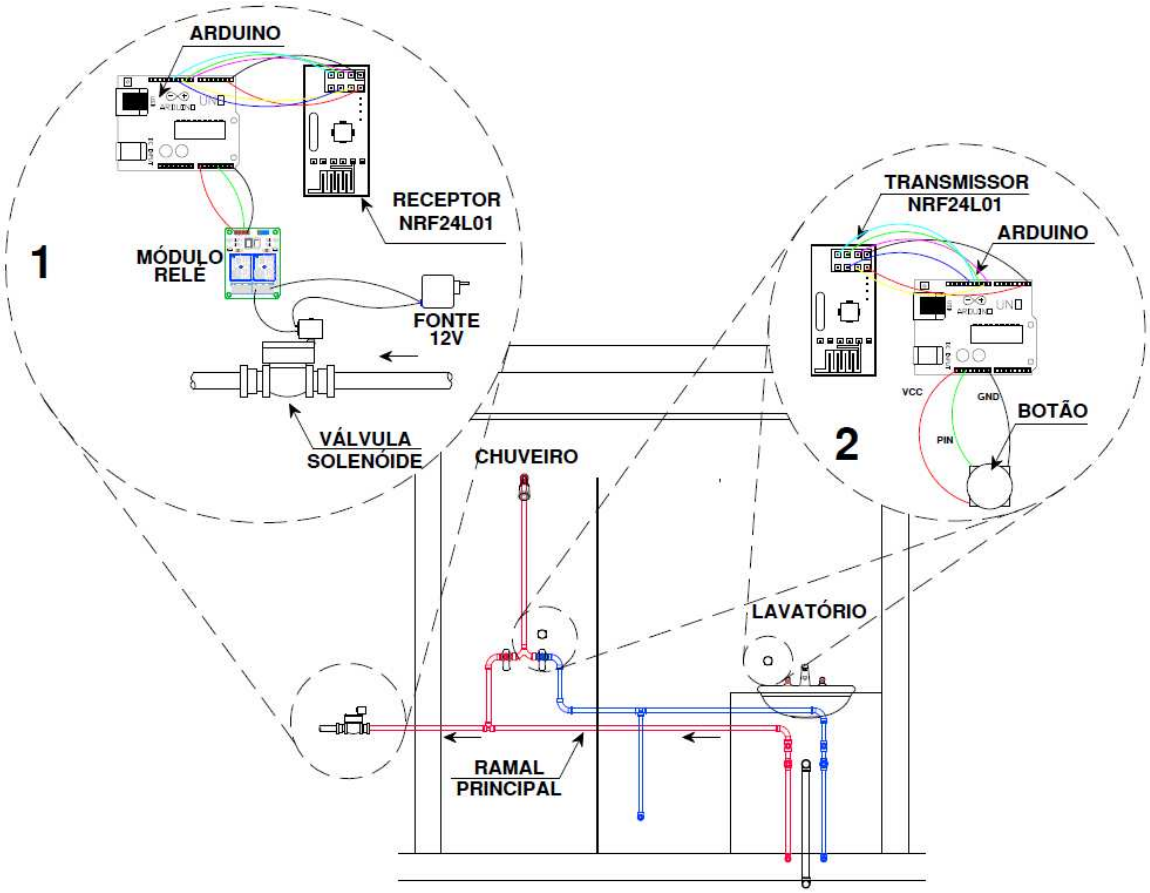
Os botões de acionamento que enviam o sinal de radiofrequência devem ser instalados próximos aos registros de pressão de água quente. Próximo ao ponto de consumo de água quente mais afastado do aquecedor, o sistema deve possuir uma válvula solenoide. E deve haver o sistema de coleta de água dos pontos de consumo da residência, que será análogo aos componentes de um sistema predial de esgoto sanitário. Primeiro deve haver uma tubulação análoga aos ramais de descarga, que coleta a água que passa pela válvula solenoide. Essa tubulação será conectada a uma tubulação vertical, responsável por coletar a água de todas as unidades habitacionais e direcioná-la ao reservatório inferior de água não potável da edificação.

Os diâmetros das tubulações que direcionam a água para o reservatório inferior de água não potável dependerão da quantidade de pontos de consumo de água quente da edificação.

Todas as demais recomendações feitas pela NBR 5626 (ABNT, 2020a) para o funcionamento correto do sistema predial de distribuição devem ser seguidas para a instalação do sistema de coleta de água do sistema automatizado proposto.

A Figura 3 ilustra um esquema sem escala dos circuitos eletrônicos que ficariam embutidos na alvenaria. O botão próximo ao aparelho de consumo de água quente é conectado a um microcontrolador Arduino que se conecta a um transmissor do módulo de radiofrequência. O transmissor, portanto, envia a informação de tempo de abertura da válvula solenoide para o receptor que está conectado a outro microcontrolador Arduino que está conectado também com a válvula solenoide. O receptor recebe o pacote de informações do transmissor, transfere as informações para o Arduino, que por sua vez comanda a abertura da válvula solenoide.

Figura 3 - Circuito eletrônico da ideia proposta.



Fonte: Ioris; Ghisi (2020).

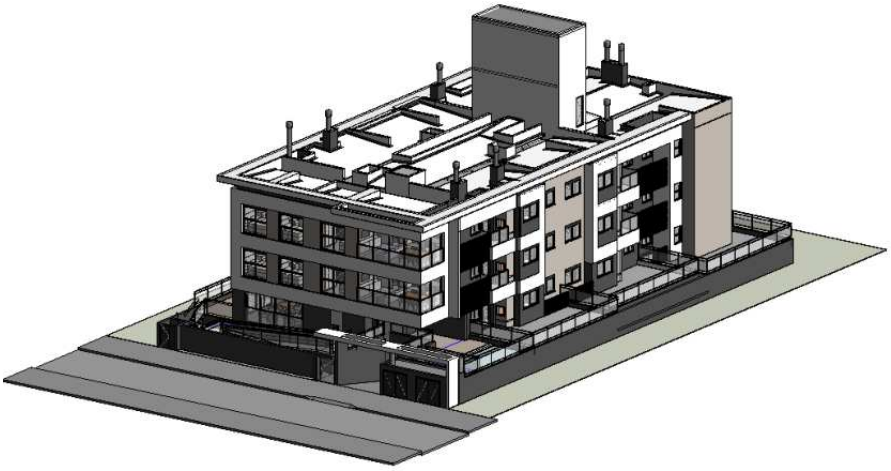
Para sinalizar ao usuário que se deve iniciar a abertura do registro de água quente do ponto de consumo, o Arduino acionará uma lâmpada LED verde que indicará que toda a água fria foi escoada da tubulação em direção ao reservatório inferior.

Para avaliar a viabilidade econômica do sistema automatizado proposto para os sistemas prediais foi realizada uma análise comparativa de viabilidade econômica entre a instalação de um sistema de recirculação individual e a instalação do sistema de recirculação proposto neste trabalho. Ambas as instalações foram configuradas, como estudo de caso, para o mesmo edifício multifamiliar, entretanto, em projetos separados. A análise é composta pelo investimento inicial da implantação dos sistemas, custos com manutenção e operação e

receita total com a economia de água que os sistemas proporcionam durante um horizonte de tempo de dez anos.

Para prever os custos iniciais com instalações hidráulicas para todo o sistema em uma edificação, foram utilizados como base os projetos arquitetônico e hidrossanitário multifamiliar do Edifício Palmas Central, ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Vista tridimensional do Edifício Palmas Central.



Fonte: Os autores.

O sistema de recirculação individual é caracterizado por possuir uma tubulação de retorno que conecta o final do ramal principal de água quente de volta ao aquecedor de passagem da unidade habitacional.

Para cada apartamento do Edifício Palmas Central foram necessários:

- tubulação e conexões PPR adicionais para retornar o ramal principal de água quente ao aquecedor de passagem;
- isolamento da tubulação de água quente;
- uma eletrobomba de recirculação;
- um painel de comando digital com termostato.

E para o sistema de recirculação proposto, para cada apartamento do Edifício Palmas Central, foram necessários:

- tubulação e conexões PPR adicionais para encaminhar a água fria, que seria desperdiçada, para o reservatório inferior da edificação;
- uma válvula solenoide;
- um microcontrolador;
- um botão de acionamento para cada aparelho sanitário;
- um módulo relé;
- uma fonte de 12V;
- fios condutores;
- um receptor de radiofrequência;
- um transmissor de radiofrequência por cômodo com consumo de água quente.

O custo inicial total para a instalação dos sistemas em todo o edifício é a soma do custo total com materiais e do custo total com mão de obra acrescido de 25% de BDI (Benefícios e Despesas Indiretas).

Para obter o custo com a operação dos sistemas de recirculação deve-se multiplicar o consumo energético mensal pela tarifa praticada pela CELESC (Centrais Elétricas de Santa Catarina) no mês analisado. Os custos com manutenção englobam os gastos ao longo do horizonte de análise para manter os sistemas íntegros e em pleno funcionamento.

Ao todo, três cenários de potencial de economia de água por meio dos sistemas de recirculação foram calculados conforme a demanda por recirculação. A demanda por recirculação foi estimada por meio do ciclo diário e da frequência de uso de água quente por meio dos aparelhos sanitários.

A frequência de uso de água quente, principalmente para torneiras, baseou-se no relatório de uso final de água nas residências para os países da América do Norte. De acordo com o relatório de uso final de água nas residências para os países da América do Norte, 13% dos eventos de consumo de água por meio de torneiras são realizados com água quente. De acordo com DeOreo e Mayer (2014), há uma frequência de vinte usos de torneira/pessoa.dia, portanto, a frequência de utilização para o cálculo de economia de água por meio de torneiras será de 2,6 usos de torneira com água quente por pessoa por dia. O último relatório da Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial (ELETROBRAS, 2019) indica que em média as residências brasileiras possuem 3,5 habitantes e que a média do número de vezes por dia que o chuveiro é utilizado é 3,95. Portanto, para a utilização de água quente por meio do banho foi considerada uma frequência de um banho por pessoa por dia. A receita total com economia de água foi calculada por meio da tarifa de água da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN).

Para a análise econômica comparativa entre o sistema de recirculação individual e o sistema de recirculação proposto foram utilizados três indicadores: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Período de retorno do investimento (Payback descontado).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O custo inicial total para a instalação do sistema de recirculação individual e proposto em todo o Edifício Palmas Central foi de, respectivamente, R$ 61.013,78 e R$ 18.887,57.

Os potenciais de economia de água dos cenários 1, 2 e 3 correspondem a, respectivamente, 5, 6 e 7% do consumo diário de água para o condomínio Palmas Central, que é de 17,2 m³.

A Tabela 1 resume os resultados encontrados para os três indicadores econômicos para cada cenário de potencial de economia de água para os diferentes sistemas de recirculação analisados.

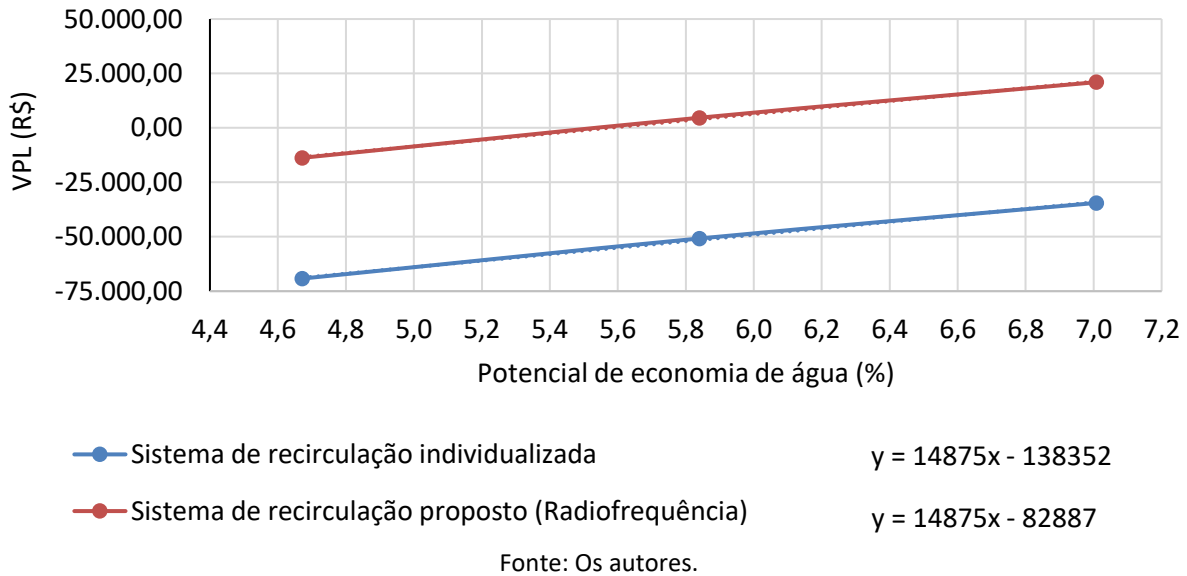
Tabela 1 – Indicadores da análise econômica.

Análise	Sistema	Potencial de economia de água	VPL (R$)	TIR (% por mês)	*Payback* descontado (meses)
1	Recirculação individual	1	- 69.205,24	N/A	N/A
2		2	- 50.806,58	- 4,8	N/A
3		3	- 34.460,84	- 1,0	N/A
4	Recirculação proposto	1	- 13.740,29	N/A	N/A
5		2	4.658,38	0,7	96,7
6		3	21.004,11	1,8	60,6

Fonte: Os autores.

Analisando-se o comportamento do VPL em função do potencial de economia dos sistemas de recirculação foi possível obter o mínimo potencial de economia de água nos acionamentos da recirculação de modo que o VPL seja positivo, conforme ilustra a Figura 5. O mínimo potencial de economia de água para que os sistemas de recirculação individual e recirculação proposto tenham VPL maior que zero é de, respectivamente, 9,3 e 5,6%.

Figura 5 – Relação entre VPL e potencial de economia de água.



Fonte: Os autores.

4 CONCLUSÕES

A análise econômica do sistema automatizado proposto foi feita de modo comparativo com um sistema de recirculação individual tradicional. Verificou-se que para o mesmo edifício, o custo inicial total da instalação do sistema proposto pode ser 69% menor que o custo inicial da instalação dos sistemas de recirculação individual empregados atualmente.

Verificou-se que o mínimo potencial de economia de água para que os sistemas de recirculação individual e recirculação proposto tenham VPL maior que zero é de, respectivamente, 9,3 e 5,6%.

Portanto, os sistemas de recirculação propostos com transmissão via radiofrequência são economicamente viáveis e podem ser uma alternativa para a redução de desperdício de água no setor residencial. Os sistemas propostos também se mostraram com maior viabilidade econômica quando comparados aos sistemas de recirculação individual tradicionalmente empregados.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil, por meio de bolsa de estudos ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR5626**: Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro, 2020a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13103**: Instalação de aparelhos a gás: Requisitos. Rio de Janeiro, 2020b.

CHAGURI JUNIOR, J. J**. Sistemas prediais de aquecimento de água a gás: parâmetros de dimensionamento e gerenciamento**. 2009. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

DeOREO, W. B.; MAYER, P. W. Residential End Uses of Water: Study Update. Aquacraft, Inc. Water Engineering and Management. Denver, CO: AWWARF, 2014.

ELETROBRAS - Centrais Elétricas Brasileiras S. A., PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Pesquisa de Posse de equipamentos e Hábitos de Uso - Casse Residencial - Relatório Brasil**. Rio de Janeiro, 2019.

GONÇALVES, O. M.; CHAGURI, J. J.; LANDI, F. D. N.; ILHA, M. S. O.; KAVASSAKI, Y.; HENRIQUES, A. M. J.; ISAAC, L. C. S. Desenvolvimento de tecnologias de substituição de aquecimento de água: programa de pesquisa e desenvolvimento tecnológico para o setor residencial. São Paulo, 1989.

IORIS, M. D; GHISI, E. Saving cold drinking water in residential hot water distribution systems. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental** 2020; 24:e4.

IORIS, M. D; GHISI, E. Financial feasibility of implementing an automated system to save the cold potable water that would be wasted at the beginning of a hot shower. **Urban Water Journal** 2021; 18. doi: https://doi.org/10.1080/1573062X.2021.1949479.

LUTZ, J. Estimating energy and water losses in residential hot water distribution systems. Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, Berkeley, 2005. Disponível em: https://escholarship.org/uc/item/4nj7m0q6. Acesso em: 07 jun. 2021.

LUTZ, J. Water and energy wasted during residential shower events: findings from a pilot field study of hot water distribution systems. Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, Berkeley, 2011.

SHERMAN, T. Disaggregating Residential Shower Warm-Up Waste: An Understanding and Quantification of Behavioral Waste Based On Data from Lawrence Berkeley National Labs. Evolve Technologies LLC. 2014.

WOOD, A.; D'ACQUISTO, J. Pilot Study for a Thermostatic Shower Restriction Valve. International Energy Program Evaluation Conference, Long Beach, 2015. Disponível em: http://docplayer.net/38354931-Pilot-study-for-a-thermostatic-shower-restriction-valve.html. Acesso em: 22 set. 2021.

SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM SISTEMAS PREDIAIS HIDROSSANITÁRIOS: ESTUDO DE CASO EM ESCOLAS DO MUNICÍPIO DE CRATEÚS - CE

Pathological manifestations in plumbing systems: case study in schools in the municipality of Crateús – CE

BEZERRA, Amanda Jéssica Alves[1]; BATISTA, Tatiane Lima[2]; CÂNDIDO, Luis Felipe[3]; COSTA, Heloina Nogueira da[4]

Recebido em 16 de julho de 2021, aprovado em 05 de setembro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

Palavras-chave:
Instalações prediais hidrossanitárias;

Inspeção predial;

Patologia das edificações.

Keywords:

Plumbing Facilities;

Building inspection;

Pathology of buildings.

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo diagnosticar as condições dos sistemas prediais de água fria, esgoto sanitário e águas pluviais de edificações públicas escolares. Para tanto, realizou-se uma inspeção, empregando os preceitos da Avaliação Durante Operação (ADO), em três edificações escolares no município de Crateús-CE, semiárido nordestino. Identificou-se que as manifestações patológicas com maior incidência nos sistemas prediais de água fria, esgoto sanitário e águas pluviais são vazamentos, mau cheiro e vazamentos e infiltrações, respectivamente. Pôde-se observar que o sistema predial de águas pluviais foi o que apresentou o maior índice de inconformidades. Com isso, esta pesquisa ampliou o diagnóstico sobre patologias relacionadas aos Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários (SPHS) nesse tipo de edificação, alertando para a necessidade da melhoria da fiscalização e dos processos que envolvem o projeto, execução e manutenção desses sistemas.

ABSTRACT: This study aimed to diagnose the conditions of fresh water, sewage drainage and rainwater harvesting plumbing systems in public school buildings. For that, an inspection was carried out, using the precepts of the Evaluation During Operation (ADO), in three school buildings in the city of Crateús-CE, northeastern semiarid region. It was identified that the pathological manifestations with the highest incidence in fresh water, sewage drainage and rainwater harvesting systems are leaks, bad smells and leaks and infiltrations, respectively. It could be observed that the rainwater harvesting system was the one with the highest rate of non-conformities. Thus, this research has expanded the diagnosis of pathologies related to plumbing systems in this type of building, alerting to the need to improve inspection and processes that involve the design, execution and maintenance of these systems.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **BEZERRA, Amanda Jéssica Alves**: Universidade Federal do Ceará, BR 226, km 4, Lado par. Bairro José Rosa. Crateús-CE, amandaarrezeb@gmail.com

[2] **BATISTA, Tatiane Lima:** Universidade Federal do Ceará**;** tatianelima.eng@gmail.com

[3] **CÂNDIDO, Luis Felipe:** Universidade Federal do Ceará; candido@crateus.ufc.br

[4] **COSTA, Heloina Nogueira da:** Universidade Federal do Ceará**;** heloina@crateus.ufc.br

1 INTRODUÇÃO

Os Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários (SPHS) compreendem subsistemas de uma edificação para condução, captação, transporte e armazenagem adequada de líquidos (GNNIPER, 2010). Dentre eles estão o Sistema Predial de Água Fria (SPAF), Sistema Predial de Esgoto Sanitário (SPES) e o Sistema Predial de Águas Pluviais (SPAP).

De acordo com Carvalho Júnior (2018) a maior parte das manifestações patológicas das construções estão relacionadas com as instalações hidráulicas prediais. Dentre as principais manifestações patológicas nos SPHS estão os vazamentos, mau cheiro, ruídos, entupimentos, transbordamento de calhas e contaminação da água (CARVALHO JÚNIOR, 2018). Como ressaltam Teixeira *et al*. (2011), elas costumam causar transtornos e desconfortos.

Esses problemas não ocorrem somente em edificações residenciais, mas também em edificações de uso coletivo, dentre as quais pode-se destacar as escolas. Tendo em vista que os usuários dos espaços das edificações de ensino passam, em média, um terço de seu dia no interior da escola, a qualidade desses ambientes afeta aspectos relacionados a saúde, higiene e conforto, influenciando no processo de ensino-aprendizagem (BRASIL, 2006).

Porém, ao se revisitar a literatura sobre SPHS verificou-se a incipiência de estudos em prédios públicos escolares, o que justifica o presente trabalho que teve como questão de pesquisa: quais as condições dos sistemas prediais de água fria, esgoto sanitário e águas pluviais de edificações públicas escolares?

Assim, este trabalho desenvolve um estudo em prédios escolares públicos com objetivo de diagnosticar as condições dos SPHS por meio da identificação das manifestações patológicas mais recorrentes nos sistemas. No estudo, tomou-se três edificações escolares no município de Crateús-CE, semiárido nordestino. O estudo contribui com a ampliação das evidências empíricas sobre os SPHS em edificações públicas escolares. Além disso, é bom ressaltar que no contexto da pandemia de COVID-19, o funcionamento adequado dos SPHS é indispensável ao retorno às aulas presenciais, o que aumenta ainda mais a relevância desse estudo.

2 METODOLOGIA

Este trabalho seguiu os preceitos da Avaliação Durante Operação (ADO) (ALMEIDA, 1994), tendo como objeto de estudo os sistemas prediais de água, esgoto e águas pluviais de prédios escolares. Essa metodologia traz uma proposta de etapas para avaliar sistemas prediais em operação, conforme descrito a seguir.

2.1 Seleção e caracterização das amostras

O município de Crateús está localizado na região centro-oeste do estado do estado do Ceará, divisa com o estado do Piauí, na microrregião chamada de Sertão de Crateús (CEARÁ, 2019) e possui uma população total estimada de 75.159 habitantes para o ano de 2020 (IBGE, 2020). Segundo o Censo Escolar de 2020, o município possui 74 escolas de educação básica (INEP, 2020) e 53 delas está sob responsabilidade da Prefeitura Municipal de Crateús. Tomou-se três dessas unidades, aqui designadas como Escola A, Escola B e Escola C, cujas principais características são apresentadas na Tabela 1. Os critérios definidos para escolha das amostras foram escolas com idades diferentes e o acesso para realização das visitas, a fim de representar melhor a situação das escolas do município.

Tabela 1 – Descrição das escolas selecionadas

Características	Escola A	Escola B	Escola C
Ano de construção	1987	2007	2013
Idade (anos)	33	13	7
Ano da última reforma	2008	2020	-
Número de alunos	382	396	277
Número de professores	26	15	20
Número de funcionários da limpeza	5	3	3
Séries	6º ao 9º ano	6º ao 9º ano	Ensino Infantil

Fonte: Os autores (2021).

2.2 Levantamento documental

Para a Escola A foi disponibilizado apenas o projeto arquitetônico. Para a B, os projetos arquitetônico e elétrico e para a C os projetos hidrossanitário, estrutural, arquitetônico e elétrico. Para esta última, identificou-se divergências entre projeto e execução para os sistemas hidrossanitários. Nenhuma das escolas possuía *As Built.*

2.3 Inspeção local

O levantamento em campo consistiu na inspeção visual e na realização de testes. Foi elaborado um *checklist* para cada sistema predial inspecionado e outro para verificação do estado de conservação e condições de operação dos aparelhos sanitários, com base no trabalho de Silva e Paixão (2016). Durante a inspeção, foi realizado o registro fotográfico das manifestações patológicas encontradas e foram realizados os testes de Sucção (OLIVEIRA, 1999) e Corante (CARVALHO JÚNIOR, 2018) para identificação de vazamentos não visíveis no alimentador predial e nas bacias sanitárias, respectivamente.

2.4 Análise das manifestações patológicas encontradas

Foram elaboradas fichas técnicas para as principais manifestações patológicas encontradas com as seguintes informações: registro fotográfico, aspectos observados, causas prováveis, medidas de prevenção e recomendações. Os resultados foram comparados para as três escolas a fim de identificar recorrências, diferenças e influências das características das edificações nos resultados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 2 apresenta um sumário das manifestações identificadas para os aparelhos sanitários.

Ao total foram inspecionados 189 itens relacionados aos equipamentos sanitários, dos quais 61 apresentaram alguma manifestação patológica (32% deles). O equipamento sanitário que apresentou maior quantidade de problemas foi a torneira (13 manifestações) seguido da válvula de descarga. Visualmente, a bacia sanitária com caixa acoplada não apresentou nenhum problema. É importante destacar que foram identificados vazamentos e/ou gotejamentos em duchas, registros, bacias sanitárias, bebedouros e torneiras, o que pode acarretar desperdício de água e aumento das despesas. O teste do corante identificou

vazamentos não visíveis em 24% das bacias sanitárias inspecionadas. Verificou-se, também, que a maioria dos problemas identificados são de simples correção.

Tabela 2 – Manifestações identificadas

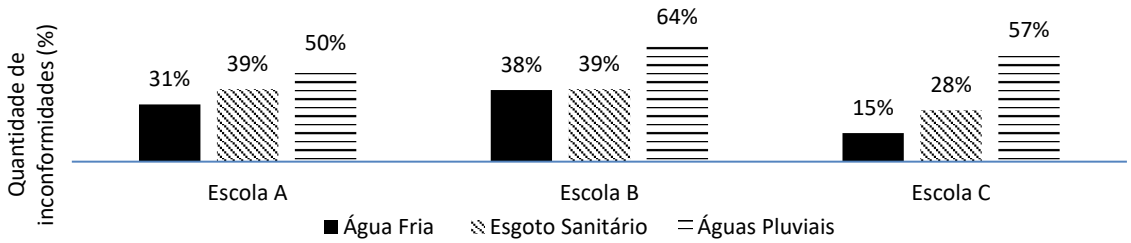
Aparelho/ Equipamento sanitário	Quantidade				Manifestações				Descrição	Método de inspeção
	Escola			Σ	Escola			Σ		
	A	B	C		A	B	C			
Bacia sanitária (Louça)	5	2	18	25	2	1	2	5	Rachadura e Sem tampa	Visual
Bacia sanitária (Flexível)	5	2	0	7	1	1	0	2	Vazamento e dobrado.	Visual
Bacia sanitária (Caixa acoplada)	5	1	0	6	0	0	0	0	-	Visual
Bacia sanitária (Caixa de Descarga)	0	1	0	1	0	1	0	1	Falta de puxador.	Visual
Bacia sanitária (Válvula de Descarga)	0	0	18	18	0	0	11	11	Quebrada e não funciona	Visual
Bacia sanitária (Vazamentos)	5	2	10	17	1	0	3	4	Vazamento.	Teste do corante
Ducha	2	3	14	19	0	1	9	10	Gotejamento; vazamento e não funciona.	Visual
Registro	2	3	14	19	1	1	2	4	Vazamento e ausente.	Visual
Torneira	10	2	34	46	1	0	12	13	Mal fixada; vazamento; gotejamento e entupimento.	Visual
Cuba	9	1	17	27	1	1	8	10	Sem sifão e sem coluna.	Visual
Bebedouro	2	1	1	4	1	0	0	1	Gotejamento e entupido.	Visual
Total	**45**	**18**	**126**	**189**	**8**	**6**	**47**	**61**	-	-

Fonte: Os autores (2021).

Analisando por sistema, no Sistema Predial de Água Fria (SPAF) observou-se maior incidência de vazamentos. Esse resultado corrobora com Cremonini (1988) que em seu estudo concluiu que a manifestação patológica com maior incidência nos SPHS em unidades escolares foram vazamentos nas instalações hidráulicas. É interessante destacar que mais de 30 anos depois, esse problema ainda é recorrente nesse tipo de edificação. No Sistema Predial de Esgoto Sanitário (SPES) a manifestação patológica com maior incidência foi o mau cheiro. A causa provável é a ausência de um sistema de ventilação e posicionamento inadequado do sifão, inconformidades que foram identificadas na inspeção. Barros, Silva e Paes (2015), ao realizarem uma análise das condições dos sistemas de água e esgoto de 4 escolas públicas, identificaram que dentre as principais manifestações patológicas nesses sistemas estão: mau cheiro, vazamentos, entupimentos e empoçamentos. Resultados semelhantes aos deste trabalho. Já no Sistema Predial de Águas Pluviais (SPAP), observou-se uma maior incidência de vazamentos e infiltrações. Foi identificada a inexistência ou uma quantidade insuficiente de elementos como calhas, condutores horizontais, e pontos de drenagem nas lajes e pisos.

A Figura 1 apresenta o índice de inconformidades encontradas em cada SPHS a partir da aplicação do *checklist*. Esse valor indica a porcentagem das inconformidades listadas que foram identificadas em cada escola e sistema.

Figura 1 - Índice de inconformidades nos SPHS



Fonte: Os autores (2021).

Observa-se que a escola que apresentou o maior índice médio de inconformidades foi a B (47%), que foi a que possuiu maior índice de inconformidades no SPAF e no SPAP. Este resultado divergiu do esperado, uma vez que a edificação possuía apenas 13 anos no momento da pesquisa, enquanto a Escola A possuía 33 anos. Além disso, a Escola B passava por uma reforma, e, portanto, não foi possível investigar todas as áreas da edificação, logo, o esperado era que não apresentasse tantas inconformidades quanto as outras. Com relação ao Sistema Predial de Esgoto Sanitário (SPES), as escolas A e B apresentaram o mesmo número de inconformidades. Outro resultado divergente do esperado aconteceu no SPAP, pois a Escola C, com apenas 7 anos, apresentou mais inconformidades do que a escola mais antiga, com 33 anos. Algo que pode ser observado a partir do gráfico da Figura 1 é que o SPAP foi o que apresentou os maiores índices de inconformidades nas três escolas.

O Quadro 1 apresenta um exemplo de ficha técnica que foi desenvolvida para as principais manifestações patológicas encontradas.

Quadro 1 – Ficha técnica para mau cheiro





Aspectos observados	Mau cheiro na área externa proveniente das caixas de inspeção de esgoto; parte de uma tubulação que entrava na caixa estava quebrada.
Possíveis causas	Vedação inadequada da caixa de esgoto e ausência do sistema de ventilação.
Medidas preventivas	A tampa dessas caixas deve ficar nivelada ao piso e ter vedação perfeita, impedindo a saída de gases. Além disso, toda instalação de esgoto deve ter tubulação de ventilação, de acordo com a ABNT NBR 8160/1999, para lançar os gases das tubulações para a atmosfera.
Recomendações	Substituição das tampas de concreto e aplicação de sistema eficiente de vedação. Execução do sistema de ventilação.

Fonte: Os autores (2021).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve por objetivo analisar a condição dos SPHS de edificações públicas escolares. Para tanto, realizou-se inspeção em três escolas públicas do município de Crateús, o que permitiu identificar as manifestações por aparelho, por sistema e seus estados de conservação.

O SPAP foi o que mais apresentou manifestações patológicas e também o mais negligenciado, no que diz respeito a constatação da não existência de alguns de seus elementos. As manifestações patológicas mais frequentes nas escolas foram vazamentos nas instalações hidráulicas, mau cheiro e presença de vazamentos e infiltrações causados pela chuva. A ausência de *as built* dificultou a inspeção dos sistemas, visto que boa parte de seus elementos se encontravam embutidos nas paredes e pisos.

Cabe destacar que esta pesquisa, embora apresente um panorama da cidade de Crateús, contribuiu para o avanço científico de estudos sobre patologias em sistemas prediais hidrossanitários em edificações públicas escolares à medida que ampliou o diagnóstico sobre a problemática nesse tipo de edificação, alertando para a necessidade da melhoria da fiscalização e dos processos que envolvem o projeto, execução e manutenção desses sistemas. É importante ressaltar que o desempenho dos elementos constituintes dos SPHS impacta diretamente no conforto e bem-estar dos usuários das edificações escolares e se faz ainda mais importante no contexto atual de pandemia.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G.G. **Avaliação Durante Operação (ADO): Metodologia aplicada aos Sistemas Prediais.** Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1994.

ASSUNÇÃO, R. S. *et al*. **Levantamento de manifestações patológicas nos sistemas prediais hidráulicos –estudo de caso em uma edificação da UFG**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás.

BARROS, F. de A., SANTIAGO SILVA, D. V. C., & PAES, R. P. de. **Instalações Prediais Hidráulicas e Sanitárias em escolas públicas: Patologias e satisfação dos usuários**. *REEC - Revista Eletrônica De Engenharia Civil*, *11*(2), 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de educação básica**. Parâmetros Básicos de Infraestrutura para Instituições de Educação Infantil**. Encarte 1, 2006.

CARVALHO JÚNIOR, R. de. **Patologias em Sistemas Prediais Hidráulicos-Sanitários**. 3. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2018. 226 p.

CEARÁ. **Planejamento participativo e regionalizado: caderno regional Sertão dos Crateús**. Secretaria de Planejamento e Gestão do Estado do Ceará (SEPLAG). Fortaleza: SEPLAG, 2019.

CREMONINI, R.A. I**ncidência de manifestações patológicas em unidades escolares na região de Poro Alegre. Recomendações para projeto, execução e manutenção**. Porto Alegre, 1988. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1988.

GNIPPER, S. F. **Diretrizes para formulação de método hierarquizado para investigação de patologias em sistemas prediais hidráulicos e sanitários**. Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas. São Paulo, 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Censo Escolar**, 2020.

OLIVEIRA, L. H. de. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios**. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, [*S. l.*], 1999.

SILVA, M. H. A. da; PAIXÃO, T. C. R. **Proposição de ferramenta de avaliação de projetos hidráulicos e sanitários prediais**. 2016. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, São Paulo, 2016.

TEIXEIRA, P. de C. *et al*. **Estudo de Patologias nos Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários do Prédio do Ciclo Básico II da Unicamp**, Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 1, n. 2, p. 34-50, 2011.

SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM BANHEIROS DE HOTÉIS COM PAREDES DE ALVENARIA E GESSO CARTONADO

Pathological manifestations in hotel bathrooms with masonry walls and plasterboard

FRANCESCATTO, Taciane Roberta[1]; BARRETO, Douglas[2]

Recebido em 15 de julho de 2021, aprovado em 06 de setembro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

Palavras-chave:

Gesso acartonado,

Alvenaria,

Manifestações patológicas,

Áreas molháveis,

Hotéis.

Keywords:

Gypsum plasterboard,

Masonry,

Pathological manifestations,

Wettable areas,

Hotels.

RESUMO: As edificações destinadas aos Hotéis, além de alvenaria tradicional, também utilizam o sistema de gesso acartonado para a compartimentação interna de seus ambientes, inclusive para as divisórias internas para os banheiros dos quartos. No entanto, este componente é sensível à ação da água, sendo necessário maior atenção nestes ambientes com alto índice de umidade. Deste modo, esta pesquisa teve como objetivo identificação e análise das manifestações patológicas que ocorrem em banheiros de edifícios hotéis construídos com paredes de alvenaria e gesso acartonado. Para identificação dessas manifestações foi realizada uma pesquisa documental, a partir da análise de registros de ocorrências diárias, em uma amostra de três hotéis, sendo as informações fornecidas pelo setor de manutenção dos hotéis, que estão localizados em Araraquara e Ribeirão Preto, no estado de São Paulo. Entre as constatações, verificou-se que os locais onde se encontram as instalações hidrossanitárias foram os mais problemáticos, com 80% dos registros, dos quais, 48% referem-se aos problemas de desprendimento de objetos das paredes. A pesquisa identificou um conjunto de manifestações patológicas, com suas características e influências nos sistemas de gesso acartonado e de alvenaria, apontando as manifestações patológicas que ocorrem em edificações hoteleiras.

ABSTRACT: The buildings intended for hotels, besides to be traditional masonry, also use the plasterboard system for the internal partitioning of their environments, including the internal partitions for the bedrooms' bathrooms. However, this component is sensitive to water action and more attention is needed in these environments with high moisture content. Thus, this research aimed to identify and analyze the pathological manifestations that occur in bathrooms of hotel buildings built with masonry walls and plasterboard. To identify these manifestations, a documentary research was carried out, based on the analysis of records of daily occurrences, in a sample of three hotels, with the information provided by the hotel maintenance sector, which are located in Araraquara and Ribeirão Preto, in the state of São Paulo. Among the findings, it was found that the places where the hydro-sanitary installations are found were the most problematic, with 80% of the records, of which 48% refer to problems of detachment of objects from the walls. The research identified a set of pathological manifestations, with their characteristics and influences on plasterboard and masonry systems, pointing out the pathological manifestations that occur in hotel buildings.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **FRANCESCATTO, Taciane Roberta**: Engenheira Civil, Mestre em Estruturas e Construção Civil pela Universidade Federal de São Carlos, taci.francescatto@gmail.com

[2] **BARRETO, Dougas**: Engenheiro Civil, Doutor, Professor da Universidade Federal de São Carlos, dbarreto@ufscar.br

1 INTRODUÇÃO

A utilização de vedações verticais internas não estrutural com chapas de gesso acartonado e perfis metálicos, vem crescendo e substituindo em alguns setores as paredes tradicionais de alvenaria (COSTA e NASCIMENTO, 2015). De acordo com Nunes e Leite (2017), devido às características das vedações de gesso acartonado, como a facilidade de montagem e agilidade na execução, esse tipo de vedação passou a ser adotada gradativamente em edificações, como em residências, indústrias, galerias comerciais, escolas, shoppings e grandes edifícios comerciais, e apresenta como exemplo, a aplicação em vários hotéis.

Em geral, esse tipo de vedação é instalado por profissionais que nem sempre dominam ou conhecem as técnicas adequadas para a instalação e montagem desse sistema construtivo. Devido a essa falta de conhecimento, muitas dessas edificações passam a apresentar defeitos e por consequência, futuras manifestações patológicas (GAIÃO et al., 2011).

Ao analisar as manifestações patológicas que ocorrem em paredes de gesso acartonado (SILVA, 2002; BASTOS, 2004; CAMPOS, 2010; PLECH et al, 2013), observa-se que em sua maioria, as pesquisas se referem às avaliações pós-ocupação nesse tipo de edificação, e não quantificam os problemas existentes, apenas expressam as opiniões fornecidas pelos participantes do estudo.

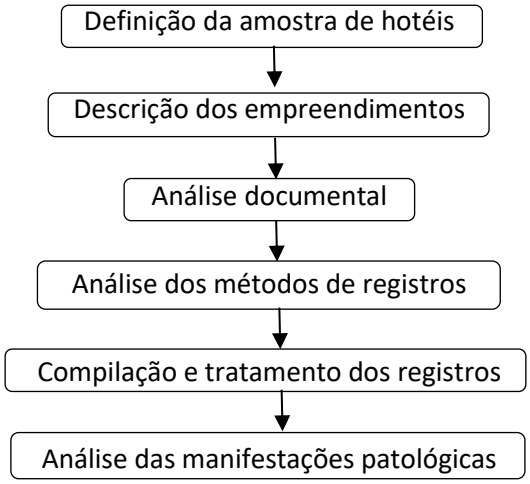
O uso desse tipo de vedação é restrito aos ambientes internos das edificações. Apesar de serem aplicados em áreas molháveis, como banheiros e cozinhas, demandam cuidados especiais de execução e acabamento, visto o componente gesso acartonado apresenta fragilidade frente à ação da umidade (MEDEIROS e BARROS, 2005). Com relação a essas áreas molháveis e que possuem paredes de gesso acartonado, nota-se uma dicotomia existente entre o sistema de vedação e o ambiente sujeito à umidade.

Ao propor o estudo desses ambientes problemáticos, esta pesquisa teve como objetivo analisar as manifestações patológicas que ocorrem em ambientes molháveis de edifícios da tipologia hotéis construídos com paredes de alvenaria e gesso acartonado. O setor hoteleiro foi escolhido com base na quantidade de banheiros que esses empreendimentos possuem. Por ser uma técnica construtiva menos usual no país, há ausência de estudos na área patológica, sendo assim, essas edificações de vedação industrializada, precisam, ainda, de diagnóstico quanto às manifestações patológicas que ocorrem nesses ambientes molháveis. Ainda, é proposto o estudo das oriundas da alvenaria, de modo a conhecer as diferenças e similaridades das não conformidades atuantes em ambos os sistemas de vedação.

2 MÉTODO

O método de pesquisa desenvolvido e aplicado a este trabalho compreende um conjunto de atividades, conforme indicado na Figura 1, e comentado em seguida.

Figura 1 – Fluxograma da metodologia



Fonte: Os próprios autores, 2021.

Para a definição dos hotéis participante, foram investigados 33 diferentes hotéis localizados em 5 cidades distintas, com requisito básico da existência de um setor de manutenção. Ao todo, obteve-se um retorno somente de oito empreendimentos, dos quais apenas três hotéis autorizaram fornecer documentos com os registros de ocorrências diárias. Para melhor compreensão, os edifícios hotéis foram nomeados em EH1, EH2 e EH3, cuja as características são apresentas na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização dos edifícios hotéis

Características	EH1	EH2	EH3
Idade do EH	03 anos	03 anos	10 anos
Número de blocos	01	01	01
Número de pavimentos	17	19	05
Número de quartos	178	152	110
Sistema estrutural	Concreto armado	Concreto armado	Concreto armado
Sistema de vedação	Misto	Misto	Misto
Sistema de vedação dos banheiros	Gesso acartonado	Gesso acartonado	Alvenaria
Tipo de forro	Misto	Misto	Misto

Fonte: Os próprios autores, 2019.

Esta pesquisa foi desenvolvida a partir da análise de documentos fornecidos por três hotéis localizados em Araraquara e Ribeirão Preto, Brasil. As informações contidas se referem aos registros de ocorrências diárias sobre a necessidade de manutenção predial do empreendimento de um período de 12 meses do ano 2018.

Os métodos de registros adotados pelos EH1 e EH2, são sistemas próprios e computadorizados, cujas informações são preenchidas pelos funcionários. No caso do EH3, o que difere é que esse empreendimento realiza os registros manualmente, sendo identificado como LOG (Livro de Ocorrências Gerais). Entre as informações que constam nesses documentos estão o local de ocorrência, a tipificação do problema, o status do ambiente (se está limpo ou sujo), o dia da ocorrência e o dia de resolução.

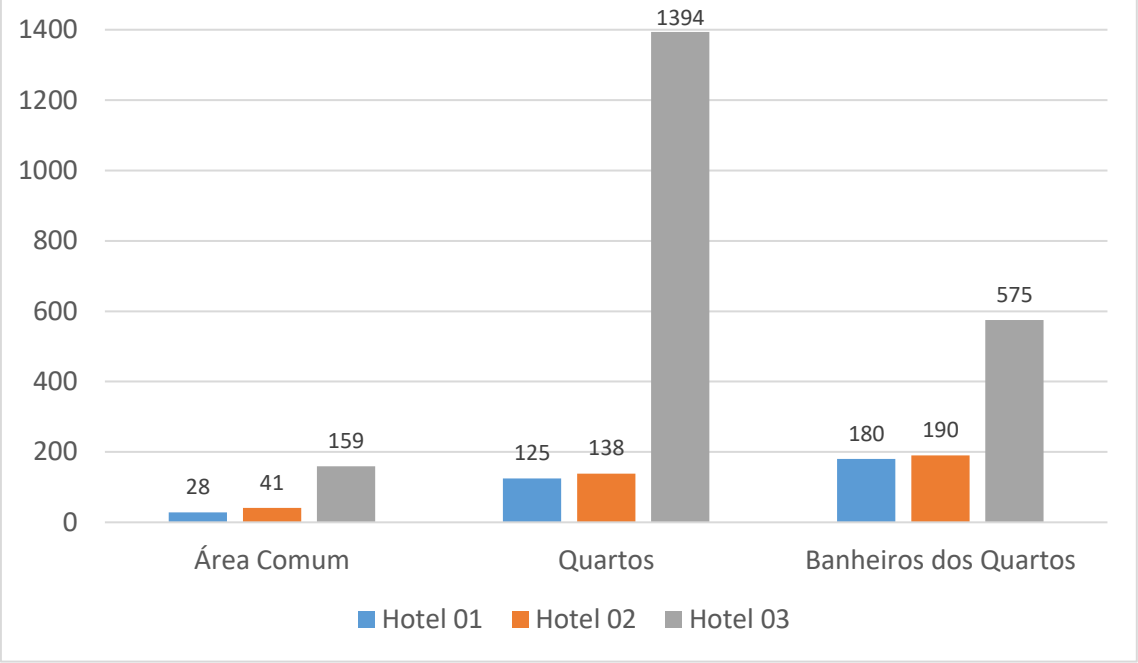
Para a compilação e análise dessas informações foram desenvolvidas planilhas no programa Microsoft Excel que auxiliaram no tratamento e repasse desses dados. Ainda, foi necessário definir uma nomenclatura padrão para cada tipo de problema, de modo a determinar uma linguagem universal que englobasse todas as ocorrências analisadas nos três hotéis, resultando em 24 tipos de problemas, dos quais foram reagrupados conforme o hotel e local de incidência, podendo se manifestar nas paredes, instalações elétricas, instalações hidrossanitárias, sistema de revestimento e nas esquadrias.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Manifestações patológicas nos hotéis estudados

No aspecto geral das manifestações patológicas dos três hotéis foram identificadas 2830 ocorrências no EH1, EH2 e EH3 durante o ano de 2018. Essas ocorrências foram segmentadas de acordo com o ambiente incidente, sendo elas as áreas comuns, os quartos e os banheiros dos quartos, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Ocorrências por ambiente



Fonte: Os próprios autores, 2021.

Observa-se uma quantidade demasiada de ocorrências em todos os ambientes do EH3 em comparação ao demais. Esse fenômeno, não significa necessariamente, que os demais hotéis sejam menos problemáticos. São vários os fatores que podem resultar nessa divergência de ocorrências, por exemplo, a idade do EH3 que possui 7 anos a mais que os demais hotéis, o alto nível de informação e detalhamento nas anotações do Livro Geral de Ocorrências utilizado pelo EH3, o treinamento repassado a equipe de funcionários, entre outros motivos.

Para a análise deste trabalho foram selecionados apenas as ocorrências que sucederam em banheiros dos quartos dos edifícios hotéis, totalizando em 945 registros que correspondem em uma análise geral, a 33% de todos os registros e individualmente a 54%, 52% e 27% das ocorrências, respectivamente, do EH1, EH2 e EH3, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Resumo geral das ocorrências nos hotéis pesquisados (Jan. – Dez. / 2018)

Hotéis	Ocorrências Totais	Ocorrências banheiros	% de Ocorrências nos banheiros
EH1	333	180	54%
EH2	369	190	52%
EH3	2130	575	27%
Total	**2830**	**945**	**33%**

Fonte: Os próprios autores, 2021.

As ocorrências dos banheiros individuais dos hotéis foram categorizadas em cinco locais de atuação, conforme apresentado na Tabela 3. Observa-se as instalações hidrossanitárias foram os locais que mais apresentaram ocorrências nos três hotéis. Nas paredes, esquadrias e sistemas de revestimentos, não foram apontadas quantidades significativas de problemas. Já, as ocorrências nas instalações elétricas foram atribuídas apenas para o EH3.

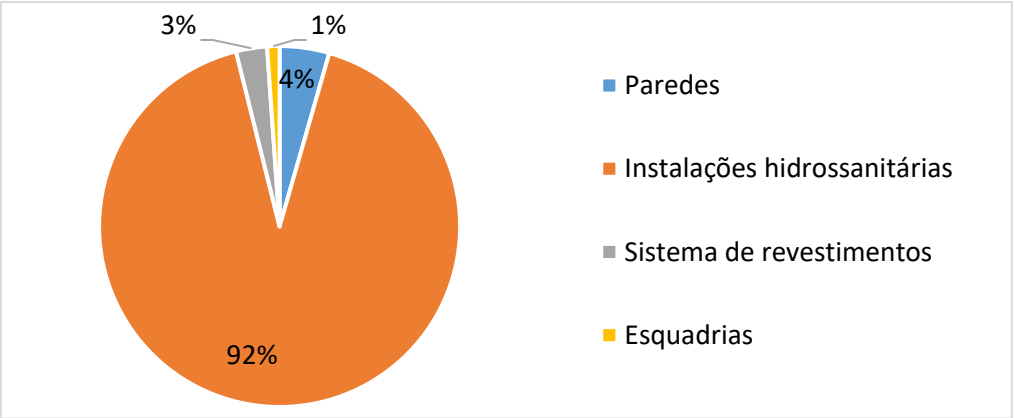
Tabela 3 – Ocorrências registradas nos banheiros dos hotéis

Hotéis	Paredes	Instalações elétricas	Instalações hidrossanitárias	Sistema de revestimentos	Esquadrias	Total hotel
EH1	8	0	165	5	2	180
EH2	11	0	157	14	8	190
EH3	3	128	434	2	8	575
Total local	**22**	**128**	**756**	**21**	**18**	**945**

Fonte: Os próprios autores, 2019.

Em relação ao percentual de ocorrências em cada ambiente que ocorreram no EH1, nota-se que 92% concentra-se nas instalações hidrossanitárias, 4% em paredes, 3% no sistema de revestimentos e apenas 1% nas esquadrias, exposto na Figura 3.

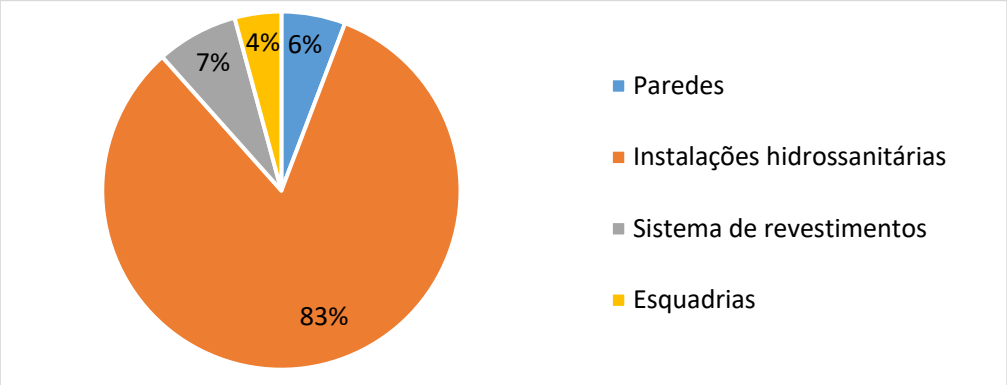
Figura 3 – Percentual por local no EH1



Fonte: Os próprios autores, 2019.

Já em relação ao EH2, novamente, destaca-se a incidência nas instalações hidrossanitárias, com um percentual de 83%, como segue na Figura 4. Já as demais áreas, apresentaram mais ocorrências para o mesmo local em comparação ao hotel anterior, com 7% no sistema de revestimento, 6% em paredes e 4% nas esquadrias.

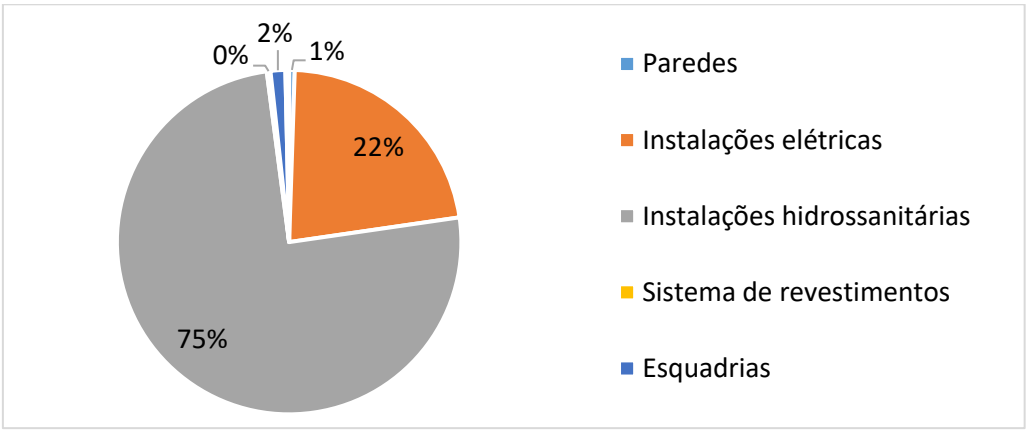
Figura 4 – Percentual por local no EH2



Fonte: Os próprios autores, 2019.

Do mesmo modo, no EH3 as instalações hidrossanitárias também apresentaram o maior percentual de ocorrências em banheiros individuais, com 75%, conforme ilustrado na Figura 5. Diferentemente dos demais hotéis, o EH3 apresentou registros nas instalações elétricas, com 22%. Já os demais locais de incidência, paredes, sistema de revestimentos e esquadrias, obtiveram menos de 3% dos registros.

Figura 5 – Percentual por local no EH3



Fonte: Os próprios autores, 2019.

Uma abordagem interessante é a normalização das ocorrências tendo como denominador comum a quantidade de quartos de cada hotel, pois serve como indicador das quantidades de manifestações patológicas incidentes, tanto no edifício como um todo, quanto nos banheiros. A Tabela 4 a seguir apresenta os resultados da normalização.

Tabela 4 – Normalização das ocorrências

Hotéis	Quartos	Ocorrências por quarto	Ocorrências por banheiro	Paredes	Instalações elétricas	I. hidros-sanitárias	Revesti-mentos	Esquadrias
EH1	178	1,87	1,01	0,04	0,00	0,93	0,03	0,01
EH2	152	2,43	1,25	0,07	0,00	1,03	0,09	0,05
EH3	110	19,36	5,23	0,03	1,16	3,95	0,02	0,07
	Média	**7,89**	**2,50**	**0,05**	**0,39**	**1,97**	**0,05**	**0,05**

Fonte – Os próprios autores, 2019.

Denota-se que o EH3 apresentou um elevado índice de ocorrências por quarto, sendo mais de 19 registros por quarto. O mesmo também se destaca quando se avalia o índice de ocorrências por banheiro, com mais de 5 registro. Um dos motivos para essa diferença pode se tratar da idade do empreendimento, visto que a pesquisa foi realizada quando o EH3 tinha dez anos de inauguração e os demais hotéis somente a três anos, o que consequentemente, torna-o mais sucessível a apresentar problemas devido ao tempo de uso da edificação. Ainda, outra constatação, trata-se do detalhamento de informações constatadas no LOG (Livro de Ocorrências Gerais) utilizado pelo EH3.

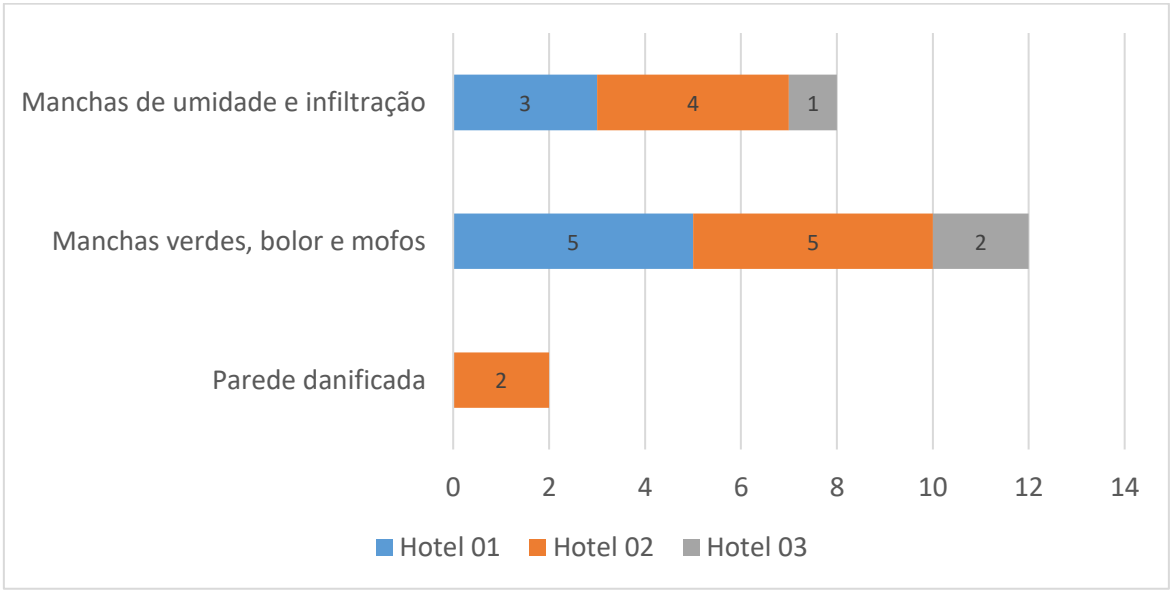
Ao se analisar a média das ocorrências considerando os três hotéis, observa-se que houve aproximadamente 8 registros por quarto, e que destes, 2,5 são de ocorrências nos banheiros, ou seja pouco mais de 30% das manifestações ocorrem nos banheiros, como já mencionado.

Quanto ao local de incidência das manifestações nos banheiros, observa-se que 1,97 refere-se às instalações hidrossanitárias, ou seja, aproximadamente 80% dos problemas incidem nelas, fato que demanda uma grande atenção a estes locais. A seguir serão apresentados os resultados específicos da análise dos problemas conforme o local de incidência.

3.1 Paredes e teto dos banheiros individuais

Com relação às paredes, foram identificadas 22 ocorrências, das quais representam 4%, 6% e 2% respectivamente dos problemas identificados no EH1, EH2 e EH3. Esses registros foram segmentados em três tipos de manifestações patológicas, sendo elas: manchas de umidade e infiltração; manchas verdes, bolor e mofo e parede danificada, exposto na Figura 6.

Figura 6 – Ocorrências nas paredes e tetos



Fonte: Os próprios autores, 2021.

Entre esses registros, o principal problema apontado nos três hotéis foram as manchas verdes, bolor e mofo, derivado da presença de fungos no ambiente. Considerada uma manifestação patológica comum em banheiros, é decorrente da presença de umidade no meio que pode se agravar devido à falta de ventilação do mesmo.

Nota-se que nesses hotéis em análise, todos utilizam exaustores para a ventilação artificial dos banheiros, visto que esses não possuem janelas. Esse fato, em conjunto a quantidade

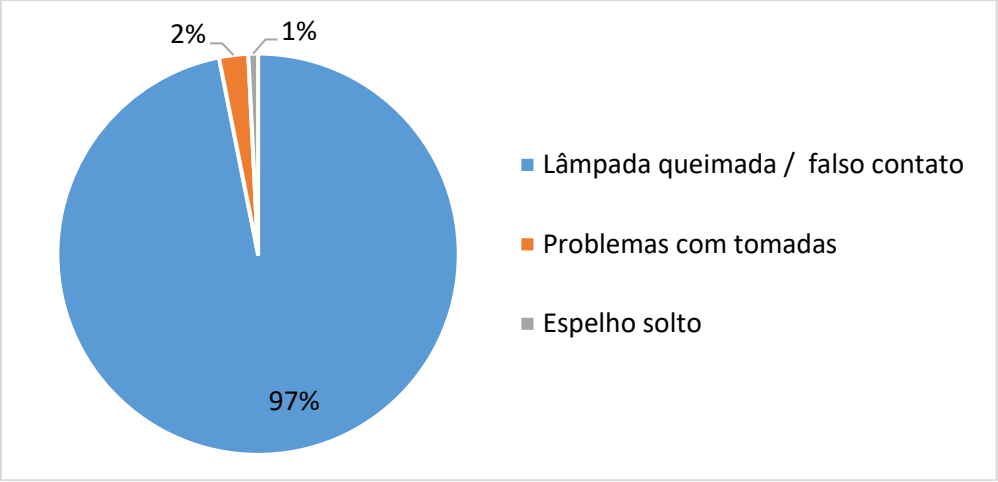
demasiada de banhos quentes por hóspede podem ser os responsáveis por essa tipologia. Observa-se que no EH3 essa tipologia foi menos incidente, visto que somente neste hotel, ocorre o assentamento de cerâmica em todas as paredes.

Com relação às manchas de umidade e infiltração, nota-se que essa tipologia ocorreu, principalmente, nas proximidades da bacia sanitária e das paredes de gesso acartonado, ou seja, nos EHs 1 e 2. Configura-se um possível problema devido à falta de impermeabilização do drywall nas terminações das instalações hidráulicas, acentuado com a frequência de vazamentos nas bacias sanitárias.

3.2 Instalações elétricas dos banheiros individuais

Nas instalações elétricas, esses registros ocorreram exclusivamente no EH3 e foram segmentados em três tipos de problemas: lâmpada queimada / falso contato, problemas com tomadas e espelho solto, conforme ilustrado na Figura 7. Ao todo, foram identificados 128 registros em banheiros individuais, que representam 22% das ocorrências no EH3.

Figura 7 – Ocorrências nas instalações elétricas



Fonte: Os próprios autores, 2019.

Dentre esses problemas, 124 ocorrências equivalentes a 97% desses registros, tratam-se de problemas relacionados à queima ou mal contato de lâmpadas. Entre as causas, podem ser decorrentes ao tipo e qualidade da lâmpada, ausência de manutenção nas instalações elétricas, fiação velha ou má conservada e entre outros motivos. Já as demais ocorrências, problemas em tomadas ou espelhos soltos, que representam, respectivamente, 2% e 1% das ocorrências, podem estar relacionadas a falhas na instalação, ausência de manutenção, uso incorreto e entre outros fatores.

Destaca-se que apesar de existir inúmeros registros exclusivamente no EH3 não significa que nos demais hotéis não ocorra esse fenômeno, mas por serem de fácil resolução, possivelmente esse problema foi documentado nos registros diários dos demais hotéis.

3.3 Instalações hidrossanitárias dos banheiros individuais

No que tange as instalações hidrossanitárias, foram identificadas 756 ocorrências, das quais representam 92%, 83% e 75% respectivamente dos problemas identificados nos banheiros individuais do EH1, EH2 e EH3. Esses registros foram segmentados em treze tipos de manifestações patológicas, conforme apresentado na Tabela 5.

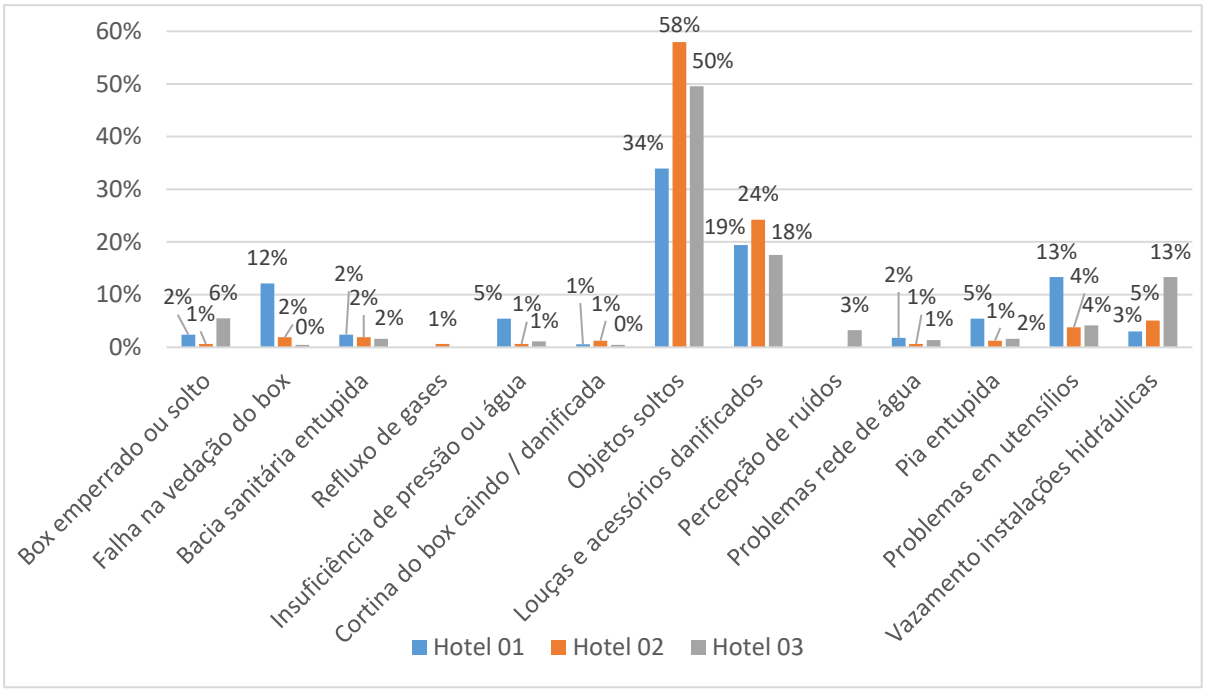
Tabela 5 – Ocorrências registradas nas instalações hidrossanitárias

Tipologia	EH1	EH2	EH3	Total / tipo	% Tipo
Boxe emperrado ou solto	4	1	24	29	4%
Falha na vedação do boxe	20	3	2	25	3%
Bacia sanitária entupida	4	3	7	14	2%
Refluxo de gases	0	1	0	1	0%
Insuficiência de pressão ou água	9	1	5	15	2%
Cortina do boxe caindo / danificada	1	2	2	5	1%
Objetos soltos	56	91	215	362	48%
Louças e acessórios danificados	32	38	76	146	19%
Percepção de ruídos	0	0	14	14	2%
Problemas rede de água	3	1	6	10	1%
Pia entupida	9	2	7	18	2%
Problemas em utensílios	22	6	18	46	6%
Vazamento instalações hidráulicas	5	8	58	71	9%
Total / Hotel	**165**	**157**	**434**	**756**	**100%**

Fonte: Os próprios autores, 2021.

Entre os 13 tipos de ocorrências, conforme ilustrado na Figura 8, é possível verificar que os problemas mais incidentes nos três hotéis se referem aos objetos soltos, cujo o percentual em relação aos problemas que ocorrem nas instalações hidrossanitárias foi de 34%, 58% e 50% respectivamente para EH1, EH2 e EH3. Em segundo lugar, destaca-se os problemas relacionados a louças e acessórios danificados, que representam um percentual de 19%, 24% e 18% das ocorrências em instalações hidrossanitárias do EH1, EH2 e EH3, respectivamente.

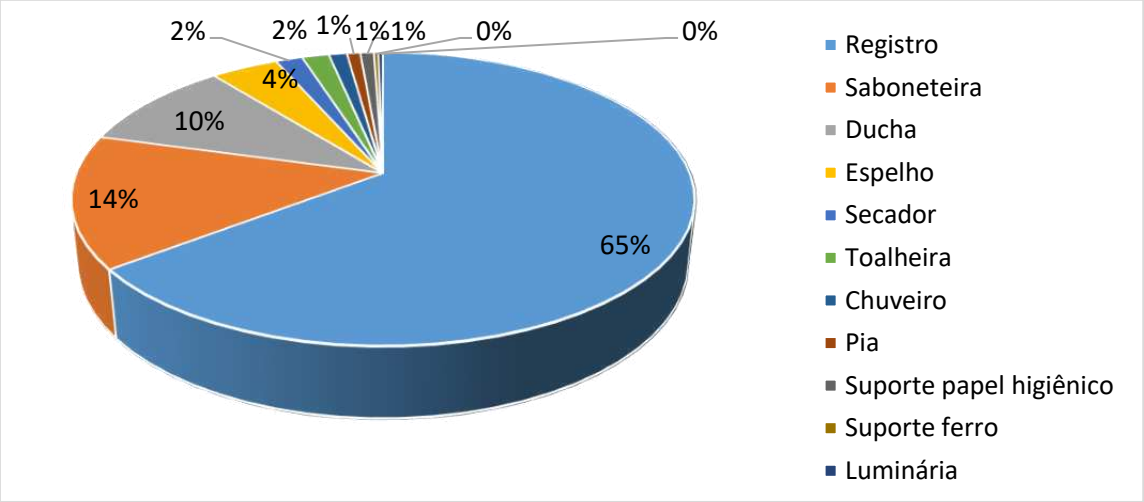
Figura 8 – Percentual de incidências nas instalações hidrossanitárias



Fonte: Os próprios autores, 2021.

De modo geral, ao considerar as 756 ocorrências nas instalações hidrossanitárias dos três hotéis, nota-se que o percentual global dos objetos soltos foi de 48% dos registros, equivalentes a 362 ocorrências. Ao discriminar esse problema conforme ilustrado na Figura 9, nota-se que 65% dos objetos soltos são registros de chuveiro. Os demais acessórios mais problemáticos foram as saboneteiras com 14%, e duchas higiênicas com 10%. Já as demais ocorrências, com 11%, sucederam nos espelhos, chuveiros, pias, luminária e nos suportes de secadores, toalhas, papel higiênico e ferro de passar. Esses problemas ocorrem geralmente pelo uso inadequado de buchas e parafusos, desgaste e espanamento dos fixadores, aperto excessivo e entre outros motivos.

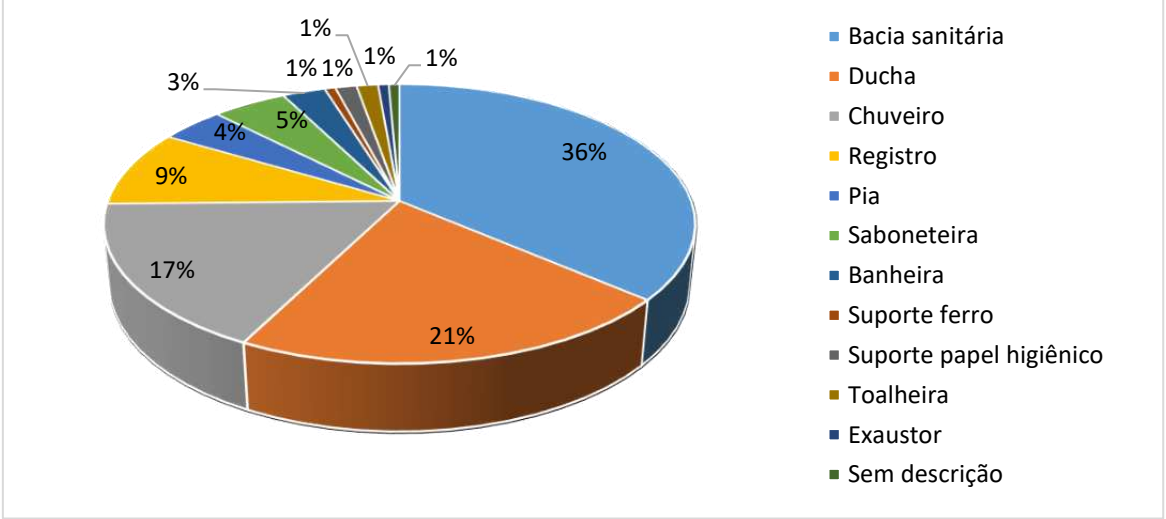
Figura 9 – Tipos de objetos soltos



Fonte: Os próprios autores, 2019.

Em relação as louças e acessórios danificados, ao considerar os três hotéis, obteve um percentual global de 19% das ocorrências nas instalações hidrossanitárias. Entre os componentes danificados, foram identificados 36% dos casos nas bacias sanitárias, 21% nas duchas higiênicas ou do boxe, 17% problemas em chuveiros e 9% em registros. Os demais 16% restantes ocorreram em pias, banheiras, exaustores e em suportes de sabonete, ferro, papel higiênico e de toalhas, conforme ilustrado na Figura 10.

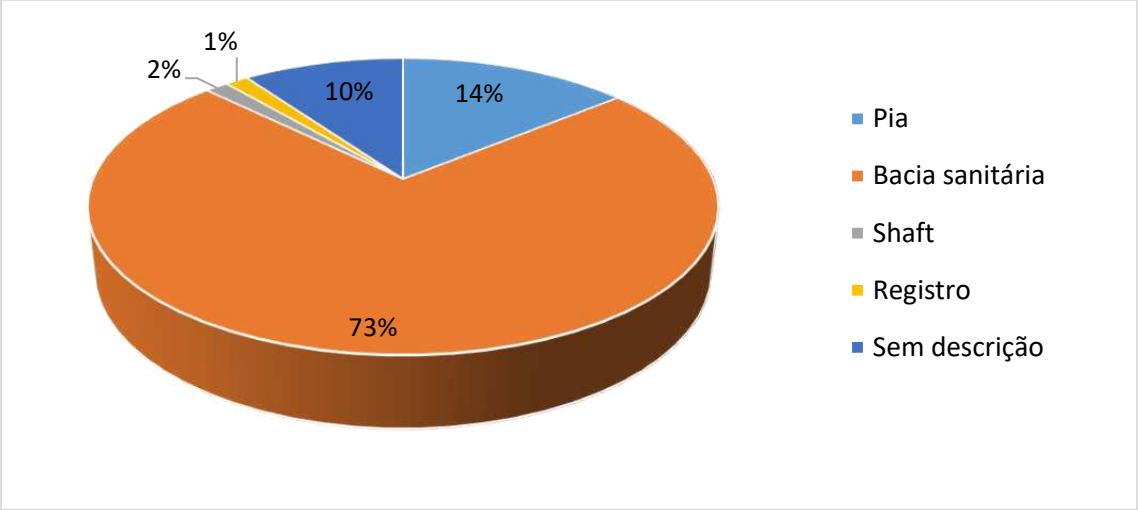
Figura 10 – Tipos de louças e acessórios danificados



Fonte: Os próprios autores, 2019.

Em relação aos vazamentos nas instalações hidráulicas, esses representam um percentual global de 10% das ocorrências dos três hotéis em conjunto. Ao analisar os locais em que ocorrerão esses vazamentos, exposto na Figura 11, observa-se que 73% das ocorrências sucederam nas bacias sanitárias, 14% em pias, 10% apenas informando a existência de um vazamento no banheiro individual, 2% nos shafts, e apenas 1% em registros. Esses problemas podem ter várias origens, como defeitos e desgaste do material, instalação incorreta, ausência de vedação, problemas nas tubulações e entre outros motivos.

Figura 11 – Locais que ocorrem os vazamentos hidráulicos

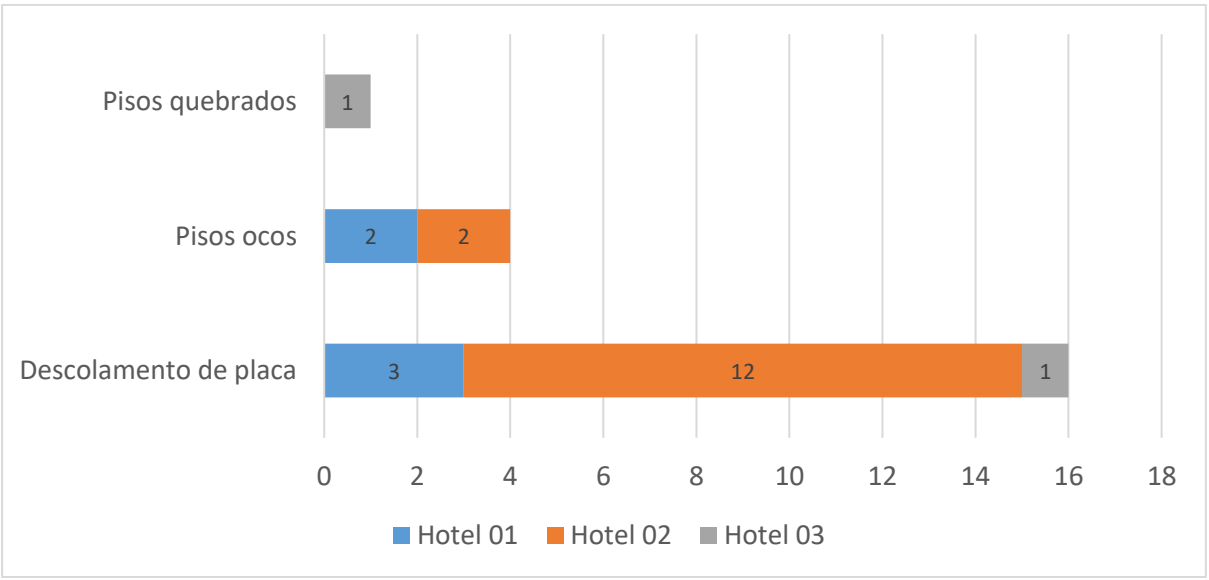


Fonte: Os próprios autores, 2019.

3.4 Sistema de revestimentos dos banheiros individuais

Com relação ao sistema de revestimentos, as ocorrências foram segmentadas nos seguintes tipos de problemas: deslocamento de placas; pisos ocos e pisos quebrados, conforme ilustrado na Figura 12. Ao todo foram identificados 21 registros, dos quais representam 3%, 7% e menos de 1% das ocorrências respectivamente do EH1, EH2 e EH3.

Figura 12 – Ocorrências nos sistemas de revestimentos



Fonte: Os próprios autores, 2021.

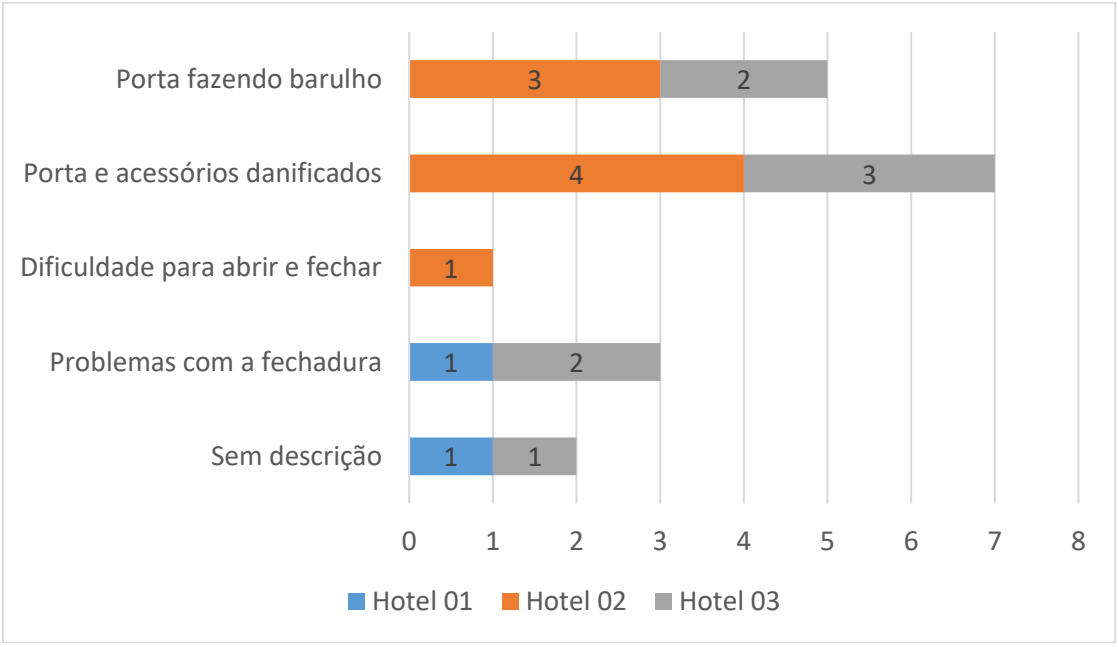
Entre as ocorrências, destaca-se o descolamento de placas que foi o identificado nos três hotéis, e apresentou a maior quantidade de problemas no EH1 e EH2. Em relação às causas desse tipo de problema, podem ser decorrentes a vários fatores, como erros de execução na etapa de construção, falta de especificação dos serviços e equipamentos, uso incorreto, ausência de manutenção, utilização de materiais vencidos ou de ínfima qualidade, variações de temperatura e deslocamento da estrutura, infiltração de água no revestimento ou material de rejuntamento e entre outros motivos.

Já os demais problemas registrados, pisos ocos e pisos quebrados, podem ser decorrentes devido ao assentamento incompleto com a argamassa colante, que não abrange toda a área da placa cerâmica, no primeiro caso ou estar relacionados às variações térmicas da edificação ou do próprio material, que poderia ser evitado com juntas de dilatação, e, também, às quedas de objetos pesados sobre o piso, no caso dos pisos quebrados.

3.5 Esquadrias dos banheiros individuais

Com relação às esquadrias, representam um percentual de 1%, 4% e 2% respectivamente para EH1, EH2 e EH3, totalizando em 18 ocorrências registradas, conforme ilustrado na Figura 13. Não foram considerados problemas em janelas, pois os banheiros estudados não possuem esse tipo de abertura, sendo analisado apenas as portas, das quais foram identificadas as seguintes ocorrências: problemas nas portas; dificuldade para abrir e fechar; porta e acessórios danificados; porta fazendo barulho; problemas com a fechadura e sem descrição.

Figura 13 – Ocorrências nas esquadrias



Fonte: Os próprios autores, 2021.

O EH1 registrou apenas duas ocorrências. Já o EH2 e EH3 ambos constataram 8 ocorrências cada. Dentre elas, o item porta e acessórios danificados foi o que mais apresentou registros para o EH2 e EH3. Em geral, todas as ocorrências podem ser tratadas com manutenções preventivas ou com pequenas correções, desde a lubrificação e trocas das dobradiças e fechaduras, de modo a evitar problemas relacionados ao barulho e nos trincos, e pinturas

impermeabilizantes, com intuito de evitar o inchaço da madeira e a deterioração pela absorção de água.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar os registros dos três hotéis, foi constatada uma diferença significativa em relação aos problemas que ocorreram nos EH1 e 2 com o EH3, que apesar de existir inúmeros registros no EH3, não significa, necessariamente, que os demais hotéis sejam menos problemáticos. Entre os motivos que explicam esse acontecimento, está, por exemplo, a idade do hotel e a capacidade de percepção do profissional em detalhar e identificar o os problemas anotados, como foi verificado nas anotações do Livro de Ocorrências Geral utilizado pelo EH3.

Ao analisar apenas as manifestações patológicas que ocorreram nos banheiros individuais dos hotéis estudados, destacam-se os problemas nas instalações hidrossanitárias, equivalentes a um percentual de 92% dos registros no caso do EH1, 83% do EH2 e 75% do EH3. Entre as principais tipologias que compõem essas ocorrências, evidencia-se os problemas de objetos soltos, louças e acessórios danificados e vazamentos das instalações hidráulicas.

A partir desta pesquisa, foi possível conhecer um conjunto de manifestações patológicas que ocorrem na interface de áreas secas e úmidas, com suas características e influências no sistema de gesso acartonado. Com relação aos tipos de problemas, ao comparar os problemas verificados nos três hotéis não foram observadas diferenças significativas entre os problemas que ocorrem em paredes de alvenaria e no sistema de gesso acartonado.

Assim, pode-se concluir que as manifestações analisadas nesta pesquisa não refletem especificamente ao tipo de vedação adotada, mas sim às falhas e erros comuns de especificação e execução, bem como a ausência de manutenção preventiva.

REFERÊNCIAS

COSTA, A. T.; NASCIMENTO, F. B. C. Uso de gesso acartonado em vedações internas. **Cadernos de graduação,** Maceió, v. 2, n.3, p. 99-106, mai. 2015.

BASTOS. M. A. R. **Avaliação de sistemas construtivos semi e/ou industrializados de edifícios de andares múltiplos através da perspectiva de seus usuários.** 2004. 458 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Minas, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2004.

CAMPOS. H. C. **Avaliação pós-ocupação de edificações construídas no sistema Light Steel framing.** 2010. 148 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Minas, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010.

GAIÃO, C.; BRITO, J.; SILVESTRE, J. Inspection and Diagnosis of Gypsum Plasterboard Walls. **Journal of Performance of Constructed Facilities,** Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 55-67, jan/mar. 2011.

MEDEIROS, R. C. F.; BARROS, M. M. S. B. **Vedações verticais em gesso acartonado – recomendações para os ambientes úmidos.** 2005. 35 p. Departamento de Engenharia de Construção Civil. Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Série BT/PCC/390. São Paulo.

NUNES, F.; LEITE, J. R. Sistema Aquapanel: características e caso de aplicação em empreendimento residencial. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA DE VEDAÇÕES COM FOCO EM DESEMPENHO E PRODUTIVIDADE, Porto alegre, 2017. **Anais...** Porto Alegre: SINDUSCON-RS, 2017.

PLECH, C. T. C. O drywall sob a ótica dos usuários: estudo de caso em edifícios residenciais na cidade de salvador. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 8., Salvador, 2013. **Anais...** Salvador: Universidade Federal da Bahia, nov. 2013. 14 f.

SILVA, N. C. N. **Paredes internas de chapas de gesso acartonado empregadas em edifícios habitacionais: avaliação em uso**. 2002. 281 p. Trabalho Final (Mestrado Profissional em Habitação) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2002.

SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

ANÁLISE DE PATOLOLOGIA EM SISTEMAS PREDIAIS DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS COM TUBOS DE COBRE

Pathology analysis in fire sprinkler system using copper pipes

MARANGONI, Liria Daniela Martins[1]; OLIVEIRA, Lúcia Helena[2]

Recebido em 15 de julho de 2021, aprovado em 06 de setembro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

Palavras-chave:

Sistema de chuveiros automáticos;

Patologia;

vazamento.

Keywords:

Fire sprinkler system;

Pathology;

leak.

RESUMO: A corrosão precoce em tubulações de cobre de sistemas prediais de chuveiros automáticos, verificada em edificações do Sesc e, também, relatada em diversos estudos realizados nos últimos anos, motivou o desenvolvimento desta pesquisa. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é analisar as causas de vazamentos em um sistema de chuveiros automáticos executados com tubos de cobre antes mesmo do sistema entrar em operação. A metodologia utilizada foi a análise documental do sistema de chuveiros automáticos e a análise da patologia por meio de testes laboratoriais. Os resultados indicam que a possível causa de corrosão na tubulação de cobre foi a utilização de pasta de soldagem não hidrossolúvel, durante os serviços de montagem das tubulações do sistema. O excesso de fluxo de soldagem encontrado na superfície interna dos tubos foi determinante para a ocorrência de corrosão por pite a partir das superfícies internas dos tubos. Assim, uma das medidas que poderiam ter evitado esse tipo de corrosão seria a capacitação da mão de obra para a execução adequada do processo de soldagem das tubulações.

ABSTRACT: Early corrosion in copper pipes in sprinklers systems verified in Sesc buildings and reported in several studies carried out in recent years, motivated the development of this research. In this context, the aim of this paper is to analyse the causes of leaks in a sprinkler system made with copper pipes even before the system starts operating. The methodology used was the document analysis of the automatic sprinkler system and the analysis of the pathology through laboratory tests. The results indicate that the possible cause of corrosion in the copper piping was the use of non-water-soluble soldering paste during the assembly services of the system's piping. The excess of welding flux found on the inner surface of the pipes was determinant for the occurrence of pitting corrosion from the inner surfaces of the pipes. Thus, one of the measures that could have avoided this type of corrosion would be the training of the workforce for the proper execution of the pipe welding process.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **MARANGONI, Liria Daniela Martins.** Enga. Civil, Especialista em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios, Escola Politécnica da USP, liria.marangoni@sescsp.org.br

[2] **OLIVEIRA, Lúcia Helena.** Enga. Civil, Livre Docente, Professora da Escola Politécnica da USP, lucia.helena@usp.br

1 INTRODUÇÃO

O Serviço Social do Comércio (Sesc), no estado de São Paulo, conta com 43 unidades destinadas à cultura, ao esporte, à saúde e à alimentação, ao desenvolvimento infanto-juvenil, à terceira idade, ao turismo social dentre outras áreas de atuação. Essas unidades possuem sistemas de chuveiros automáticos executados com tubulações de cobre.

Nos últimos anos têm sido verificados muitos vazamentos em conexões e soldas e, mais recentemente, vazamentos decorrentes de corrosão precoce no interior de tubulações. A conexão entre os tubos do sistema de chuveiros automáticos é executada por meio de processos de soldagem estabelecidos na NBR 15345 (ABNT, 2013) e requer mão de obra especializada para a execução.

Observa-se que o mercado possui carência dessa mão de obra especializada e isso tem sido o principal fator de falhas na execução do sistema de chuveiros automáticos, o que acarreta vazamentos decorrentes de falhas de soldagem das conexões e de furos provenientes de corrosão por pites.

Neste contexto, este trabalho apresenta um estudo sobre um sistema de chuveiros automáticos executado com tubulações de cobre que apresentou vazamentos antes mesmo de entrar em operação.

Inicialmente, foi realizada a análise documental do sistema de chuveiros automáticos como relatórios, laudos técnicos e acervo fotográfico das patologias. Em seguida, foram realizadas visitas técnicas na unidade durante a obra de correção das patologias do sistema executado com tubulação de cobre. Por fim, ocorreu a análise e o compilamento dos resultados apresentados nos testes laboratoriais para o caso em questão.

1.1 Sistema de chuveiros automáticos

O sistema de chuveiros automáticos é um sistema fixo de combate a incêndio e caracteriza-se por entrar em operação de modo automático e, quando ativado por um foco de incêndio, libera água em uma densidade adequada ao risco do local de modo a extinguir ou controlar o incêndio em seu estágio inicial (OLIVEIRA; GONÇALVES; GUIMARÃES, 2008).

O princípio do sistema de chuveiros automáticos é confinar o incêndio na área de operação e o princípio do componente chuveiro automático é detectar, dar o alarme e combater o fogo (CASTRO et al., 2016).

São requisitos de desempenho para o sistema de chuveiros automáticos: segurança, confiabilidade, efetividade, estanqueidade, higiene e disponibilidade, tendo em vista atender às exigências de habitabilidade do usuário em uma edificação (MARANGONI, 2021).

Os tubos de cobre utilizados nos sistemas de chuveiros automáticos são produzidos conforme especificação da NBR 13206 (ABNT, 2010) e o teor mínimo de pureza do material tem que ser de 99,9% de cobre.

As conexões entre tubos executadas por meio de processos de soldagem e/ou brasagem capilar devem atender requisitos da NBR 11720 (ABNT, 2010) e os procedimentos de execução das instalações conforme especificados na NBR 15345 (ABNT, 2013).

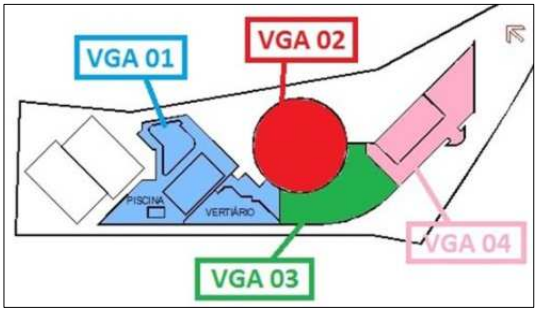
2 ESTUDO DE CASO

Apresenta-se neste item o estudo de caso do sistema de chuveiros automáticos do Sesc Jundiaí, uma obra concluída em abril/2015, com área construída de 19.752,92 m².

2.1 Caracterização do sistema de chuveiros automáticos

O sistema de chuveiros automáticos adotado é o de tubo molhado e contempla 4 válvulas de governo e alarme (VGA), instaladas no subsolo, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Locação das VGAs no Sesc



Fonte: Marangoni (2021)

O sistema é pressurizado por meio de duas eletro-bombas, a principal e a auxiliar, além de uma moto-bomba principal reserva. O comando para acionamento dessas eletro-bombas é por meio de pressostatos.

A coluna que alimenta os chuveiros automáticos possui o diâmetro de 104 mm e é ligada ao fundo do reservatório inferior, com uma reserva de água de 100.000 litros.

Os chuveiros automáticos possuem certificação UL e FM e são do tipo resposta rápida, pendente, para cima e lateral, rosqueável, com diâmetro de 15 mm e ampola de acionamento para 68ºC.

Toda a rede foi executada com tubos de cobre do tipo sem costura, classe E, com as junções dos tubos e conexões executadas por soldagem capilar.

2.2 Patologias nas tubulações de cobre

Após a conclusão das instalações, com o carregamento do sistema e início de operação na unidade em abril de 2015, surgiram inúmeros pontos de vazamentos nas tubulações do sistema de chuveiros automáticos.

Ao mapear os vazamentos, verificou-se que estes ocorriam principalmente nas conexões e ligações de tubos subgerais e nos ramais, decorrentes de falhas de soldagem, conforme ilustrado nas Figuras 2 e 3.

Foi contratada uma empresa para a execução dos serviços de reparos nas tubulações do sistema de chuveiros automáticos, que ocorreram no período de abril a agosto de 2018. Para tal, a rede de tubulações foi drenada e os pontos de vazamentos foram reparados.

Figura 2 - Falha em soldagem de tubulação da Odontologia



Figura 3 - Falha em soldagem de tubulação do Subsolo



Fonte: Marangoni (2021)

Na sequência, a rede foi carregada e iniciados os testes hidrostáticos à pressão de 1380 kPa por 2 h, sem perdas, conforme a NBR 10897 (ABNT, 2020).

Durante os testes hidrostáticos foram detectados inúmeros furos nas tubulações quando a pressão atingiu 980 kPa, sendo necessário paralisar os testes antes de atingir a pressão de 1380 kPa. Em seguida, foram mapeados todos trechos de tubos com furos.

Os furos se concentravam nas tubulações de diâmetro 28 mm dos ramais, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Tubulações dos ramais com furos



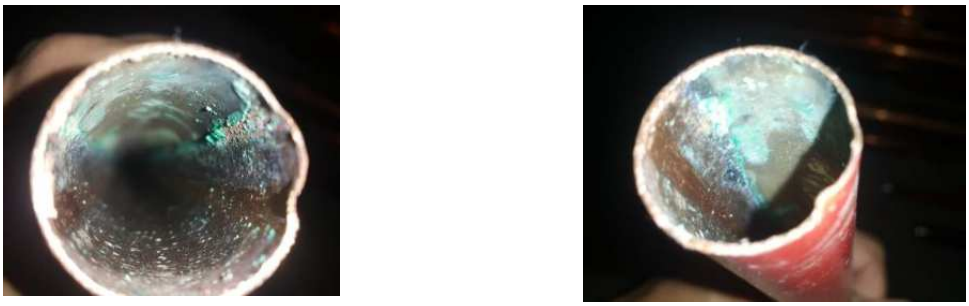
Fonte: Marangoni (2021)

A rede foi novamente drenada para o reparo dos furos. Foram então verificados vários furos por trecho de tubulações, o que inviabilizou reparos pontuais, sendo necessário substituir trechos de tubulações.

Verificou-se que as tubulações substituídas apresentavam em seu interior, resíduos de corrosão de cor verde, conforme ilustrado na Figura 5.

A fim de esclarecer as causas desses problemas e mitigar ocorrências futuras, uma vez que o Sesc Jundiaí não foi a primeira unidade a apresentar corrosão precoce no sistema de chuveiros automáticos com tubos de cobre, foram coletadas amostras das tubulações substituídas para ensaio.

Figura 5 - Tubulações com resíduos de corrosão



Fonte: Marangoni (2021)

Para diagnosticar as causas da patologia foram contratados ensaios com os objetivos de analisar a superfície interna e externa dos tubos de cobre, analisar os produtos de corrosão por meio de análise visual e em lupa estereoscópica. A empresa Falcão Bauer foi responsável pela execução dos ensaios.

3 RESULTADOS

Segundo Bauer (2019) as amostras de tubos de cobre ensaiadas não apresentam corrosão na superfície externa. No entanto, apresentam corrosão na superfície interna, com resíduos de corrosão de coloração azul-esverdeado e resíduos brancos pulverulentos nas regiões próximas à região de solda, indicando que o excesso de pasta fluxante não fora eliminado após a operação de soldagem, conforme ilustrado na Figura 6.

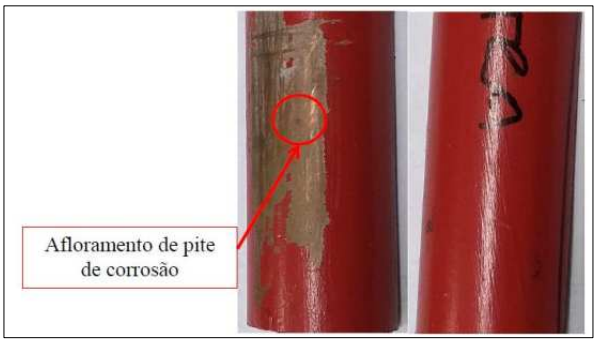
Figura 6 – Tubos com resíduos de corrosão



Fonte: Bauer (2019)

Na Figura 7 estão ilustradas as observações visuais. Ressalta-se que, na superfície externa não foram encontrados indícios de corrosão, sendo encontrado somente pite de corrosão.

Figura 7 - Superfície externa do tubo ensaiado



Fonte: Bauer (2019)

Na Figura 8 estão ilustradas as evidências de corrosão generalizada de coloração preta e verde e formação de pites de corrosão nas paredes internas do tubo.

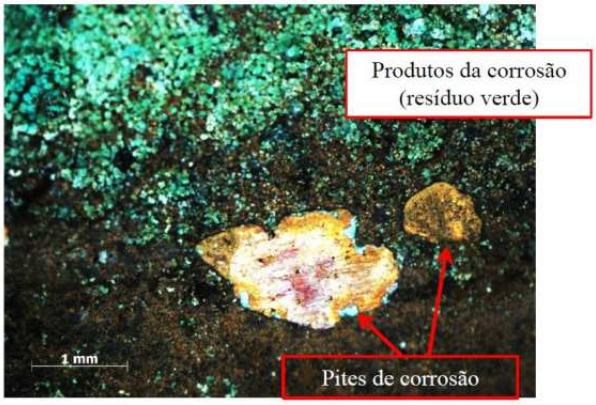
Figura 8 - Tubo de cobre com superfície interna apresentando pites e produtos de corrosão esverdeado



Fonte: Bauer (2019)

Na Figura 9 está ilustrada a superfície interna do tubo de cobre vista em lupa estereoscópica com maiores aumentos. Nela, observam-se detalhes dos pites de corrosão e produtos de corrosão no tubo.

Figura 9 – Superfície interna de tubo de cobre com pites e produtos de corrosão



Fonte: Bauer (2019)

As evidências encontradas por meio de análise com microscópio eletrônico indicam a presença de sais de cálcio depositados nas paredes dos tubos de cobre, o que dificulta a formação de uma película passiva homogênea, capaz de proteger a superfície interna do tubo contra corrosão.

Os depósitos presentes são provenientes do processo de instalação da tubulação, tais como resíduos de material de construção e metal e fluxo de solda, que atuam como agentes que impedem a formação de uma camada com características protetoras. Além disso, o fluxo de solda contém elementos agressivos que impedem a formação de óxidos protetores.

Foi detectada a presença de resíduos de fluxo de solda nas paredes internas do tubo de cobre. A presença de pasta de solda no interior da tubulação, em regiões próximas da junta soldada indica que a tubulação não passou por operações de lavagem após soldagem.

Além disso, caso tenha sido usada pasta de solda não hidrossolúvel, a simples passagem de água na tubulação não remove o fluxo aderido às paredes, deixando resíduos de pasta fluxante com elevado teor de cloro.

Os resultados da análise química das superfícies externa e interna, respectivamente, mostram uma alta concentração do oxigênio, assim como a presença do cloro, o que resulta na formação dos produtos de corrosão identificados nas paredes internas do tubo, tais como as camadas preta e castanha que são óxidos de cobre e as camadas de coloração esverdeada, que são ricos em cloro e cobre, respectivamente.

As evidências mostram que a corrosão se inicia no interior dos tubos, com a formação de pites de corrosão que, em alguns casos, chegaram a ser perfurantes.

Bauer (2019) conclui que a possível causa de corrosão na tubulação de cobre do Sesc Jundiaí, seja a utilização de pasta de soldagem não hidrossolúvel, durante os serviços de montagem da rede de tubulações do sistema de chuveiros automáticos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O excesso fluxo de soldagem encontrado na superfície interna dos tubos foi determinante para a ocorrência de corrosão por pite a partir das superfícies internas dos tubos.

As medidas que poderiam ter evitado esse tipo de corrosão:

- contratar somente mão de obra qualificada, a fim de evitar excesso de pasta de soldagem durante o processo de solda das tubulações;
- utilizar pasta de soldagem hidrossolúvel, para evitar a presença de teores elevados de cloretos aderidos às paredes internas dos tubos de cobre; e
- executar procedimento de lavagem da tubulação no término da montagem, a fim de remover resíduos de obra e da pasta de soldagem (hidrossolúvel).

Ressalta-se que a patologia foi agravada pela utilização inadequada de materiais de soldagem e ausência de procedimentos de limpeza no interior das tubulações, após a finalização da montagem das redes.

Este material, quando executado conforme os procedimentos especificados na NBR 15345 (ABNT, 2013), segundo as orientações do fabricante e com mão de obra qualificada, requer pouca manutenção.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10897**: Sistemas de proteção contra incêndios por chuveiros automáticos. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15345**: Instalação predial de tubos e conexões de cobre e ligas de cobre. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13206:** Tubo de cobre leve, médio e pesado. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11720**: Conexões para união de tubos de cobre por soldagem ou brasagem capilar. Rio de Janeiro, 2010.

BAUER, F. **Análise de corrosão em tubos de cobre 6B e 16B**. São Paulo, 2019. 17p. Relatório de Ensaio nº MEC-032.222/18.

CASTRO, A.C.O.; MENDES, C.F.; OLIVEIRA, L.H. Sistemas Prediais de Chuveiros Automáticos. São Paulo: EPUSP, 2016. 46p. (Texto Técnico) Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil).

MARANGONI, L.D.M. **Análise comparativa de custos entre sistemas prediais de chuveiros automáticos com tubos de cobre e conexões soldadas e com tubos de aço carbono e acoplamento mecânico ranhurado**. 2021. 126 f. Monografia (Especialização. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo), São Paulo, 2021.

OLIVEIRA, L. H.; GONÇALVES, O. M.; GUIMARÃES, A. P. A segurança contra incêndio no Brasil. Sistema de chuveiros automáticos, São Paulo, p. 239-255, 2008. Disponível em: http://www.ccb.policiamilitar.sp.gov.br/portalcb/_publicacoes/books/aseguranca_contra_incendio_no_brasil.pdf. Acesso em: 03 mai. 2021.

SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

AVALIAÇÃO DE OCORRÊNCIA DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM SISTEMAS PREDIAIS HIDROSSANITÁRIOS NOS PRIMEIROS ANOS DE USO E OPERAÇÃO

Evaluation of the occurrence of pathological manifestations in plumbing systems in the first years of use and operation

MORAIS, Lucas Salomão Rael[1]; PAULA, Heber Martins[2]; REIS, Ricardo Prado Abreu[3]

Recebido em 15 de julho de 2021, aprovado em 06 de setembro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

RESUMO: Considerando que as ações de avaliação de desempenho de edificações e de manutenção predial vêm ganhando ênfase nos últimos anos, a identificação de patologias nos sistemas prediais e a sua detecção precoce estão sendo tratadas mais a sério. Destaca-se o grande número de registros de patologias nos sistemas prediais hidrossanitários (SPHS), devido as características de heterogeneidade de seus elementos e o elevado grau de interação com os usuários. Este artigo tem o objetivo de avaliar a ocorrência de manifestações patológicas em edifícios públicos nos seus primeiros anos de uso e operação através da avaliação de relatórios de ordens de serviço de manutenção predial da Universidade Federal de Goiás durante o período de 2012 a 2019. A partir dessas informações, foi avaliada a participação das edificações com pouca idade na manutenção predial da instituição e identificados quais foram os tipos de manifestações patológicas relatadas nesses edifícios. Observou-se participação significativa de edifícios com menos de 5 anos nas requisições de manutenção dos SPHS. A ocorrência de manifestações patológicas foi relacionada ao uso de materiais de baixa qualidade e deficiências nas etapas de projeto, execução e fiscalização da obra.

Palavras-chave:

Sistemas prediais hidrossanitários,

Patologias de construção,

Manutenção predial.

ABSTRACT: Considering that building performance assessment and building maintenance actions have been gaining emphasis in recent years, the identification of pathologies in building systems and their early detection are being treated more seriously. The large number of records of pathologies in plumbing systems stands out, due the heterogeneous characteristics of their elements and the high degree of interaction with users. This paper aims to assess the occurrence of pathological manifestations in public buildings in their first years of use and operation through the evaluation of building maintenance order reports from the Federal University of Goiás during 2012 to 2019. Based on this information, it was sought to assess the participation of young buildings in the institution's building maintenance and identify the types of pathological manifestations reported in these buildings. There was a significant participation of buildings with less than 5 years in maintenance requests from the institution's plumbing facilities. The occurrence of pathological manifestations was related to the use of low-quality materials and deficiencies in the design, execution and inspection stages of the work.

Keywords:

Plumbing systems,

Building Pathologies,

Building maintenance.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **MORAIS, LUCAS SALOMÃO RAEL**: Mestrando em Engenharia Civil do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Catalão, lucas.salomao@ufg.br

[2] **PAULA, HEBER MARTINS**: Eng. Civil, Doutor, Professor do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Catalão, heberdepaula@ufcat.edu.br

[3] **REIS, RICARDO PRADO ABREU**: Eng. Civil, Doutor, Professor da Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás, ricardo_reis@ufg.br

1 INTRODUÇÃO

A ocorrência de manifestações patológicas tem sido detectada de forma cada vez mais precoce devido ao avanço de novas tecnologias construtivas, ao uso de materiais não convencionais e ao aumento do número de sistemas prediais em uma edificação (CRUZ, 2013). Considerando o impacto negativo dessas anomalias na satisfação do usuário, é importante a melhoria constante do desempenho das edificações. BOSCHETTI (2010) aponta que 80% das falhas dos sistemas prediais registradas nos cinco primeiros anos pós-obra são incidentes no primeiro ano após a entrega do empreendimento e que 50% dos recursos financeiros destinados a execução de atividades de manutenção durante a garantia do empreendimento são consumidos nos dois primeiros anos de uso e operação dos edifícios.

A perda de eficiência das instalações e o aparecimento de falhas pós-obra podem estar relacionados a diversos fatores associados à concepção e projeto, execução e operação. As deficiências de projeto podem ser resultados de erros de concepção, falhas na especificação de materiais e componentes, dimensionamento incorreto, falta de detalhamento e até mesmo incompatibilidade entre os demais projetos (SANTOS et. al, 2020). Quando a origem é relacionada a etapa de execução da obra, influenciam fatores como o emprego de materiais inadequados e de baixa qualidade, mão de obra desqualificada e desconformidade entre a velocidade de execução e a atuação da fiscalização (BOSCHETTI, 2010). De forma menos significativa, os usuários contribuem nesse processo, principalmente pelo uso inadequado dos equipamentos (TEIXEIRA, 2011).

Os sistemas prediais hidrossanitários (SPHS) destacam-se pelo elevado registro de manifestações patológicas nos primeiros anos de uso e operação de uma edificação (CRUZ, 2013; TEIXEIRA, 2011) que é potencializada por características peculiares desse sistema como a heterogeneidade de seus componentes e devido ao grande número de solicitações em função das necessidades dos usuários.

PRADO (2017) pontua que essas adversidades nos SPHS são caracterizadas por serem eventos em ocorrência e de tendência evolutiva, ou seja, podem se agravar ao longo do tempo e causar enormes prejuízos financeiros caso não sejam sanados.

Considerando o cenário de poucas pesquisas relacionadas ao período de uso e ocupação das edificações, principalmente nos primeiros anos após a entrega da obra, torna-se necessário aprofundar no conhecimento das falhas e suas origens, a fim de evitá-las em futuros empreendimentos.

Portanto, este artigo tem como objetivo avaliar a ocorrência de manifestações patológicas nos sistemas prediais hidrossanitários de edifícios públicos nos seus primeiros anos de uso e operação através da avaliação de relatórios de ordens de serviço de manutenção predial da Universidade Federal de Goiás durante o período de 2012 a 2019. Busca-se observar os problemas mais frequentes durante os primeiros anos de ocupação dos edifícios, suas causas e verificar o desempenho dos SPHS junto a outras edificações já existentes e com idades mais avançadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para a avaliação dos dados, foram solicitados os relatórios de ordens de serviço de manutenção predial para a instituição, sendo objeto deste estudo as requisições dos anos de 2012 a 2019, referentes aos edifícios da Universidade Federal de Goiás, localizados na cidade de Goiânia (GO). Foi realizado um levantamento de identificação das edificações, buscando

obter informações de área construída, tipologia de uso e da data de finalização ou inauguração da construção (considerou-se como critério a data mais recente).

Obtidos os relatórios de manutenção da instituição, iniciou-se a etapa de classificação das requisições de serviço. A partir de categorias existentes nos relatórios, foram separadas as requisições referentes aos SPHS. Dentro desse universo, foi realizada a leitura de cada requisição para classificação em função do tipo de sistema: água fria, esgoto sanitário ou águas pluviais. Como critério de classificação e avaliação das requisições em relação ao sistema predial correspondente, foi considerado o tipo de fluido que é conduzido pelo componente, peça sanitária ou louça.

As requisições foram então agrupadas em função do edifício de localização do serviço. Para possibilitar o estudo comparativo de edificações com áreas construídas diferentes, foi adotado o parâmetro de número de requisições por 100 m² (adaptado de MORAIS e LORDSLEEM (2018)). A partir dessas informações, buscou-se avaliar a participação das edificações com pouca idade na manutenção predial da instituição dentro do período.

Em função do grande número de edificações identificadas, foram selecionadas as 20 edificações com maior número de requisições por 100 m² de área construída. Dentre elas, foram escolhidas duas edificações que tiveram data de entrega da obra durante o intervalo de tempo avaliado. Para essas edificações, observou-se o quantitativo de ordens de serviço recebidas durante os primeiros anos de uso e operação. Esses resultados foram confrontados com edificações com tipologias de uso semelhantes, mas com idades mais avançadas, a fim de encontrar similaridades ou discrepância de resultados.

Nos edifícios novos, buscou-se ainda identificar quais foram os tipos de manifestações patológicas relatadas nos primeiros anos, para verificação de quais delas foram as mais frequentes e quais as possíveis causas de ocorrência.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a catalogação das edificações existentes, para o ano de 2019 foram verificados 175 edifícios no órgão objeto de estudo. Através do Quadro 1, é apresentada a evolução de área construída da instituição durante o levantamento, onde observa-se um crescimento de requisições na maioria do período e a incorporação de novos edifícios à estrutura física da universidade ao longo dos anos.

Quadro 1 - Evolução anual de área construída acumulada e requisições de manutenção predial em números absolutos e por 100 m² de área construída

Ano	Área Construída (m²)	Total de Requisições	Nº de requisições a cada 100 m²
2012	220.499,15	9.464	4,292
2013	230.553,04	11.918	5,169
2014	237.185,91	12.029	5,072
2015	242.233,80	12.659	5,226
2016	291.332,65	13.048	4,479
2017	298.304,03	13.635	4,571
2018	300.984,96	13.044	4,334
2019	304.034,23	11.928	3,923

Fonte: Autoria Própria.

O Quadro 2 apresenta o percentual de área construída e de número de requisições que as 20 edificações selecionadas representam em relação ao total levantado. Observa-se que o percentual representativo do número de requisições dessas edificações corresponde a valores bem superiores que o percentual de área construída, sendo que em quase todo o período o percentual de número de requisições representa o dobro da área construída proporcional.

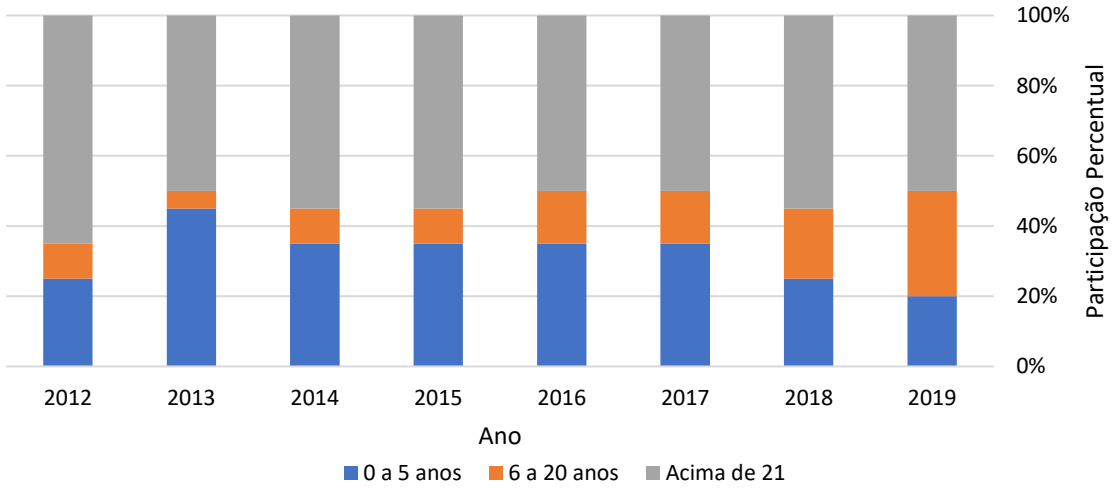
Quadro 2 – Percentual de número de requisições e área construída em relação aos dados totais das 20 edificações selecionadas

Ano	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012
Percentual do nº de requisições	31,92%	37,18%	39,09%	37,93%	36,41%	36,64%	34,63%	48,04%
Percentual da área construída em relação ao total	17,48%	18,69%	19,19%	16,77%	18,39%	19,30%	21,53%	22,85%

Fonte: Autoria Própria.

A Figura 1 apresenta a faixa de idade das 20 edificações com maiores números de requisições por 100 m². Durante o período de 2013 a 2017, as edificações com idades de 0 a 5 anos representaram mais de 35% de todas as edificações, com destaque para o ano de 2013, quando esses edifícios novos representaram 45% do total. A partir do ano de 2018 houve um aumento de participação das edificações acima de 6 anos de idade, que pode ser explicado pela redução de novas construções a partir desse ano e o avanço da idade das edificações existentes.

Figura 1 – Participação das faixas de idades das edificações avaliadas nas requisições de manutenção



Fonte: Autoria Própria.

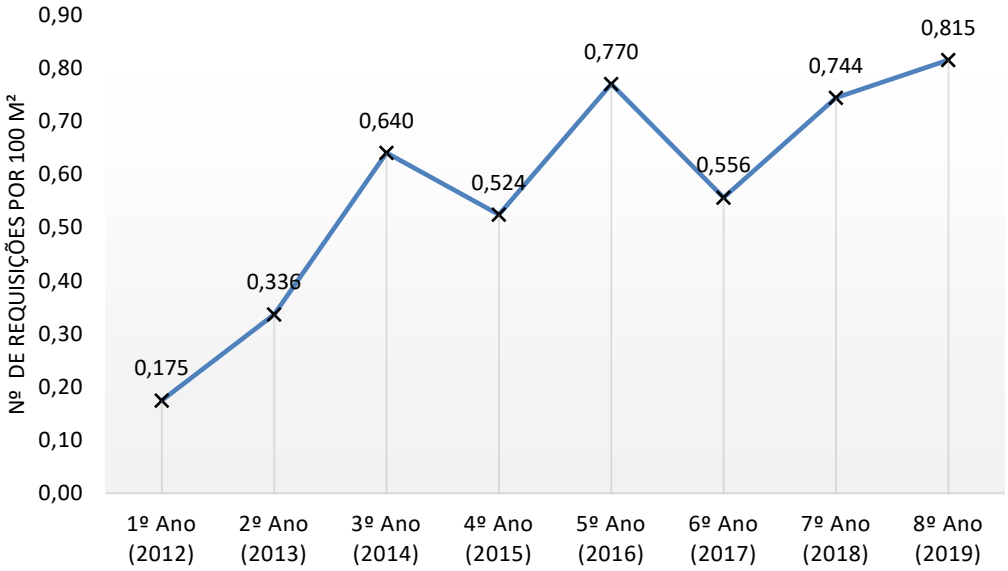
As edificações escolhidas para a avaliação das requisições de manutenção predial nos primeiros anos de uso e operação foram o Centro de Aulas D e a Faculdade de Farmácia, que representam uma amostra de edificações na faixa de cinco e sete anos de idade no ano de 2019.

3.1 Centro de Aulas D

O Centro de Aulas D é destinado ao uso como salas de aula multidisciplinares, tem área construída de 15.459,42 m² e teve data de conclusão da obra em meados do ano de 2012. A

data de início das atividades de uso e operação é desconhecida, mas presume-se a partir dos dados observados que tenha ocorrido a partir do ano de 2013. A Figura 2 apresenta o número de requisições por 100 m² a partir de 2012, sendo que nesse ano foram observadas 27 solicitações, seguido de crescimento pelos dois anos seguintes e variações a partir do 4º ano.

Figura 2 – Evolução temporal do número de requisições/100m² do Centro de Aulas D



Fonte: Autoria Própria.

Comparando este edifício com o Centro de Aulas Mangaba, edificação com idade mais avançada mas com mesma tipologia de uso, observa-se através do Quadro 3 que a média de requisições do Centro de Aulas D foi menor que para o edifício mais antigo.

Quadro 3 – Comparação das médias de número de requisições/100 m² entre centros de aulas com datas de construção diferentes.

Edifício	Ano Término de Construção	Média de nº de Requisições/100 m²	Uso
Centro de Aulas D	2012	0,570	Salas de Aulas
Centro de Aulas Mangaba	2004	1,232	Salas de Aulas

Fonte: Autoria Própria.

Os Quadros 4, 5 e 6 discriminam os tipos de solicitações recebidas nos cinco primeiros anos de uso e operação do Centro de Aulas D, após o término da construção e em função do tipo de sistema. Solicitações relacionadas ao sistema de esgoto sanitário foram a maioria em todos os períodos, ressaltando a ocorrência de entupimentos de ralos e de bacias sanitárias. O 5º ano se destaca pela incidência de todos os tipos de manifestações patológicas registradas e pelo elevado registro de entupimentos de mictórios. Em relação ao sistema de água fria, a falta de água na edificação foi bastante relatada durante o 2º e 5º ano. Cabe destacar as demandas relacionadas a alagamentos nos pavimentos de subsolo e no poço de elevador, que é um problema reincidente durante os episódios de fortes chuvas, o que pode ser causado devido à problemas de concepção e subdimensionamento do sistema de drenagem de águas pluviais. Requisições referentes a instalação e manutenção em bebedouros se referem a intervenções nos componentes que fazem a interface entre o SPHS e parte do equipamento (engate e sifão).

Quadro 4 – Manifestações patológicas e demandas de manutenção relatadas nos primeiros 5 anos pós-obra do "Centro de Aulas D" do sistema de água fria.

Água Fria	1º Ano (2012)	2º Ano (2013)	3º Ano (2014)	4º Ano (2015)	5º Ano (2016)
Instalação e manutenção em bebedouros	4	3	2	2	3
Vazamentos e defeitos em torneiras	2	-	-	2	5
Vazamentos e defeitos em válvulas de descarga	2	1	15	8	13
Vazamentos e falhas em reservatórios	2	-	7	6	4
Falta de água	-	10	4	1	9
Vazamentos em tubulações	-	2	6	3	5
Instalação de equipamentos	-	1	-	0	0
Vazamentos e defeitos em engates	-	-	1	0	0
Pressão inadequada	-	-	-	-	1
Total	**10**	**17**	**35**	**22**	**40**
Percentual anual	**29,41%**	**32,08%**	**33,02%**	**28,21%**	**36,04%**

Fonte: Autoria Própria

Quadro 5 – Manifestações patológicas e demandas de manutenção relatadas nos primeiros 5 anos pós-obra do "Centro de Aulas D" do sistema de esgoto sanitário.

Esgoto Sanitário	1º Ano (2012)	2º Ano (2013)	3º Ano (2014)	4º Ano (2015)	5º Ano (2016)
Instalação e manutenção em bebedouros	8	10	10	2	2
Vazamentos e defeitos em sifões	-	4	4	4	6
Entupimentos em sifões	2	-	4	1	3
Entupimentos em bacias sanitárias	3	12	20	20	17
Entupimentos em ralos	5	4	15	11	6
Descolamento de bacia sanitária	-	2	0	0	3
Entupimentos em mictórios	-	1	1	5	15
Tampa de bacia sanitária danificada	1	-	6	0	6
Vazamentos em tubulações	2	1	1	1	3
Total	**21**	**34**	**61**	**44**	**61**
Percentual anual	**61,76%**	**64,15%**	**57,55%**	**56,41%**	**54,95%**

Fonte: Autoria Própria

Quadro 6 – Manifestações patológicas e demandas de manutenção relatadas nos primeiros 5 anos pós-obra do "Centro de Aulas D" do sistema de drenagem de águas pluviais.

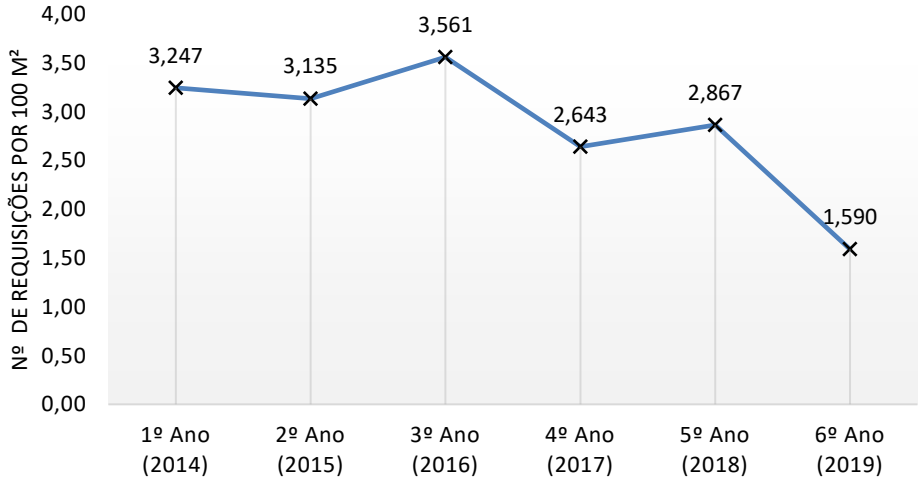
Águas Pluviais	1º Ano (2012)	2º Ano (2013)	3º Ano (2014)	4º Ano (2015)	5º Ano (2016)
Alagamento de poço de elevador	-	2	8	7	4
Alagamento de pavimento subsolo	3	-	1	2	-
Vazamentos e entupimentos em calhas	-	-	1	3	6
Total	**3**	**2**	**10**	**12**	**10**
Percentual anual	**8,82%**	**3,77%**	**9,43%**	**15,38%**	**9,01%**

Fonte: Autoria Própria

3.2 Faculdade de Farmácia

O prédio da Faculdade de Farmácia tem registro de data de abertura à comunidade em abril de 2014, é destinado a atividades de pesquisa e ensino, sendo constituído de laboratórios, auditórios, gabinetes de professores, salas administrativas e algumas salas de aula, com 4.465,00 m² de área construída e seis pavimentos. Conforme apresentado na Figura 4, essa edificação apresentou mais registros de manutenção predial entre abril e dezembro de 2014 (1º ano de uso) do que durante todo o ano de 2015. Durante os três primeiros anos de vida, os índices de manutenção se mantiveram elevados e após o quarto ano esses valores se reduziram significativamente. Como não foram identificadas grandes intervenções nesse período, pode-se presumir que as atividades de manutenção foram corrigindo algumas falhas originadas na etapa de obras da edificação.

Figura 4 – Evolução temporal do número de requisições/100m² da Faculdade de Farmácia



Fonte: Autoria Própria.

Através do Quadro 7, verifica-se que a Faculdade de Farmácia registrou média do número de requisições a cada 100 m² bem superior ao edifício da Faculdade de Enfermagem, que tem data de construção no ano de 1990 e tem tipologia de uso semelhante (pesquisa e ensino de curso da área da saúde).

Quadro 7 – Comparação das médias de número de requisições/100 m² entre edifícios de pesquisa e ensino com datas de construção diferentes.

Edifício	Ano Término de Construção	Média de nº de Requisições/100 m²	Uso
Faculdade de Farmácia	2014	2,841	Pesquisa/ Sala de Aulas
Faculdade de Enfermagem	1990	0,575	Pesquisa/ Sala de Aulas

Fonte: Autoria Própria.

Os Quadros 8, 9 e 10 apresentam as principais manifestações patológicas e demandas de manutenção dos SPHS nos cinco primeiros anos de uso e operação da Faculdade de Farmácia em função do tipo de sistema. Observa-se que os sistemas de água fria e esgoto sanitário concentram a maioria das solicitações durante toda a avaliação. Durante o primeiro ano, destaca-se vazamentos e defeitos em torneiras e reservatórios. Nesse mesmo período, sete entupimentos de sifões e catorze entupimentos em bacias sanitárias foram relatados, número elevado para o primeiro ano de uso de uma edificação. No segundo, terceiro e quinto ano,

falhas oriundas nos sistemas de águas pluviais refletiram percentuais elevados de relatos. A incidência de entupimentos de componentes foram destaque no sistema de esgoto sanitário para todo o período.

Quadro 8 – Manifestações patológicas e demandas de manutenção relatadas nos primeiros 5 anos pós-obra da Faculdade de Farmácia do sistema de água fria.

Água Fria	1º Ano (2014)	2º Ano (2015)	3º Ano (2016)	4º Ano (2017)	5º Ano (2018)
Instalação e manutenção em bebedouros	5	-	5	4	2
Vazamentos e defeitos em torneiras	21	25	20	12	11
Vazamentos e defeitos em válvulas de descarga	6	10	11	8	13
Vazamentos e falhas em reservatórios	12	6	8	6	9
Falta de água	3	2	8	1	0
Pressão insuficiente	4	-	2	1	0
Vazamentos em tubulações	4	9	6	9	15
Vazamentos e defeitos em registros	4	-	8	0	1
Instalação de equipamentos	6	10	1	3	0
Vazamentos e defeitos em engates	-	2	4	0	0
Total	**65**	**64**	**73**	**44**	**51**
Percentual anual	**46,43%**	**51,61%**	**49,66%**	**41,12%**	**41,46%**

Fonte: Autoria Própria.

Quadro 9 – Manifestações patológicas e demandas de manutenção relatadas nos primeiros 5 anos pós-obra da Faculdade de Farmácia do sistema de esgoto sanitário.

Esgoto Sanitário	1º Ano (2014)	2º Ano (2015)	3º Ano (2016)	4º Ano (2017)	5º Ano (2018)
Instalação e manutenção em bebedouros	5	-	2	6	2
Vazamentos e defeitos em sifões	6	9	8	5	11
Entupimentos em sifões	7	7	2	7	5
Entupimentos em bacias sanitárias	14	2	9	16	6
Entupimentos em ralos	6	7	22	12	8
Retorno de odor	7	4	3	0	2
Descolamento de pia	7	6	10	0	0
Vazamentos em tubulações	5	1	1	3	7
Instalação de equipamentos	5	-	0	1	0
Descolamento de bacia sanitária	2	-	0	1	4
Entupimentos em mictórios	-	-	2	1	10
Total	**64**	**36**	**57**	**52**	**55**
Percentual anual	**45,71%**	**29,03%**	**38,78%**	**48,60%**	**44,72%**

Fonte: Autoria Própria.

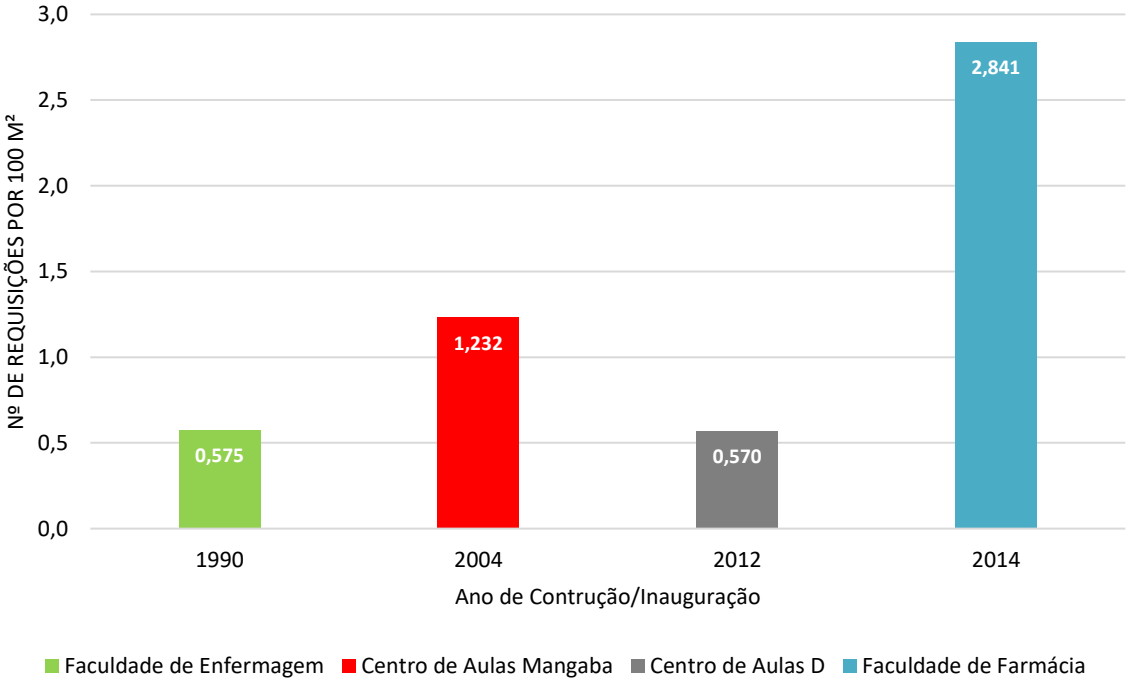
Quadro 10 – Manifestações patológicas e demandas de manutenção relatadas nos primeiros 5 anos pós-obra da Faculdade de Farmácia do sistema de drenagem de águas pluviais.

Águas Pluviais	1º Ano (2014)	2º Ano (2015)	3º Ano (2016)	4º Ano (2017)	5º Ano (2018)
Vazamentos e entupimentos em calhas	1	4	4	3	4
Ocorrência de goteiras	10	19	10	6	11
Manutenção em telhados	-	1	3	2	2
Total	**11**	**24**	**17**	**11**	**17**
Percentual em relação aos SPHS anual	**7,86%**	**19,35%**	**11,56%**	**10,28%**	**13,82%**

Fonte: Autoria Própria.

Através da comparação das médias de registros de requisições por 100 m² durante o período disponível para cada edificação (Figura 6), é observado que edificações com a mesma tipologia de uso mas com idades diferentes de ocupação não têm características de solicitação de manutenção dos SPHS similares. Em alguns casos, edificações novas apresentam incidência de registros de manutenção bem superior a edificações mais antigas.

Figura 6 – Comparação das médias de número de requisições/100 m² entre todas as edificações estudadas



Fonte: Autoria Própria.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se durante o período de avaliação uma participação significativa de edifícios com menos de 5 anos nas requisições de manutenção dos SPHS da instituição, com patamares superiores a 30 % na maioria do período. Além disso, é destaque o prédio da Faculdade de Farmácia que recebeu um elevado número de requisições de serviço antes mesmo da

edificação ter sido inaugurada oficialmente pela instituição, o que indica que nesse período os níveis de uso e ocupação ainda estavam inferiores aos projetados.

Considerando as observações realizadas nos primeiros anos de operação dos sistemas das edificações, observou-se que o comportamento das demandas de manutenção nos SPHS não foi uniforme entre os casos de estudo.

Dentro desse período, defeitos e vazamentos em torneiras, registros e válvulas de descarga estão relacionados ao uso de equipamentos de baixa qualidade ou instalação inadequada desses aparelhos. Relatos de entupimentos de ralos, sifões e bacias sanitárias e descolamento de elementos, especialmente durante o primeiro ano pós obra são relacionados a falhas durante a execução. Erros relacionados a falta de água, pressão deficiente, retorno de odor e alagamento de pavimentos por águas pluviais podem estar relacionados a deficiências nos projetos que não foram corrigidas na fase de execução.

Ressalta-se que em uma obra pública, em última esfera de trabalho, encontra-se a fiscalização da obra, que deve avaliar os projetos recebidos e acompanhar a execução. Face a todas as solicitações recebidas durante os primeiros anos de operação desses edifícios, é evidente a necessidade do aprimoramento desse processo durante a execução de um empreendimento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674:2012**. Manutenção de Edificações. Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. 6p.

_____. **NBR 5626/2020**. Sistemas prediais de água fria e água quente — Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 1994. 56p.

BOSCHETTI, L. A. **Análise das falhas pós-obra nos sistemas prediais de edifícios residenciais multipavimentos.** 2010. 160 f. Dissertação (Mestrado em Habitação) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2010.

CRUZ, D. C. **Análise de solicitações de assistência técnica em empreendimentos residenciais como ferramenta de gestão**. 2013. 167 p. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.

MORAIS, G. A. T.; LORDSLEEM, A. C. J. A Building maintenance management activities in a public institution. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 26, ed.1, 2019. p85-103.

PRADO, G. B. **Aplicação do método G.U.T. para priorização de intervenções em manifestações patológicas de sistemas prediais em edifícios universitários**. 2017. 92 p. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.

SANTOS, F. P.; LAGE, E. G. S.. Patologias dos sistemas hidráulicos e sanitários da Escola Dom Domingos Carrerot. **Engineering Sciences**, v.8, n.1, p.17-26, 2020.

TEIXEIRA, P. C.; REIS, R. P. A; GNIPPER, S. F.; MONTEIRO, J. V. Estudo de patologias nos sistemas prediais hidráulicos e sanitários do prédio do ciclo básico II da UNICAMP. **Revista eletrônico de Engenharia Civil**, v. 1, ed.2, 2011. p34-50.

SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

ANÁLISE DOS REGISTROS DE MANUTENÇÃO DE SISTEMAS PREDIAIS HIDROSSANITÁRIOS CONSIDERANDO O IMPACTO DA PANDEMIA DO SARS-COV-2 (COVID-19)

Analysis of maintenance records of plumbing systems considering the impact of the SARS-CoV-2 (Covid-19) Pandemic

MORAIS, Lucas Salomão Rael[1]; PAULA, Heber Martins[2]; REIS, Ricardo Prado Abreu[3]

Recebido em 15 de julho de 2021, aprovado em 06 de setembro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

Palavras-chave:

Sistemas prediais hidrossanitários,

Patologias de construção,

Manutenção predial,

SARS-CoV-2 (covid-19).

Keywords:

Plumbing systems,

Building Pathologies,

Building maintenance,

SARS-CoV-2 (covid-19).

RESUMO: As edificações destinadas a instituições universitárias sempre se caracterizaram pelo uso intenso de suas instalações. Porém essa particularidade transformou-se completamente com o avanço da pandemia de SARS-CoV-2 (covid-19) durante o ano de 2020. Este artigo visa realizar uma análise comparativa dos registros de manutenção dos edifícios da Universidade Federal de Goiás, localizados na cidade de Goiânia-GO, durante o período de 2016 a 2020, a fim de verificar o impacto da pandemia nas ações de manutenção dos sistemas prediais hidrossanitários, considerando que nesse período as atividades presenciais foram mínimas dentro do órgão. Para tanto, as requisições de manutenção predial foram classificadas e categorizadas. Foi verificada queda no número de registros no ano de 2020, porém não houve diferença significativa de participação percentual das solicitações referentes aos sistemas prediais e suas instalações. Observou-se uma queda maior nas demandas relativas ao sistema de esgoto sanitário e menor naquelas relacionadas ao sistema de drenagem de águas pluviais. Equipamentos sujeitos a interações diretas dos usuários receberam menores registros de manifestações patológicas quando comparado a anos anteriores, bem como entupimentos em aparelhos sanitários foram menos relatados.

ABSTRACT: Buildings for university institutions have always been characterized by the intense use of their facilities. However, this particularity was completely transformed with the advance of the SARS-CoV-2 (covid-19) pandemic during the year 2020. This paper aims to carry out a comparative analysis of the maintenance records of the buildings of the Federal University of Goiás, located in the city of Goiânia, state of Goiás, Brazil, during the period from 2016 to 2020, to verify the impact of this pandemic on the maintenance of plumbing systems, considering that during this period, in-person activities were minimal within the agency. For this purpose, building maintenance requests were classified and categorized. There was a decrease in the number of registrations in the year 2020, but there was no significant difference in the percentage share of requests for building systems and their facilities. There was a greater drop in demands related to sewage drainage system and smaller in those related to stormwater drainage system. Equipment subject to direct user interactions received fewer records of pathological manifestations when compared to previous years, as well as clogging in sanitary fittings were less reported.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **MORAIS, Lucas Salomão Rael**: Mestrando em Engenharia Civil do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Catalão, lucas.salomao@ufg.br

[2] **PAULA, Heber Martins**: Eng. Civil, Doutor, Professor do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Catalão, heberdepaula@ufcat.edu.br

[3] **REIS, Ricardo Prado Abreu:** Eng. Civil, Doutor, Professor da Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás, ricardo_reis@ufg.br

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas prediais representam a grande maioria das demandas de manutenção e conservação de uma edificação, tanto em instituições públicas quanto privadas. Nesse contexto, CRUZ (2013) e PRADO (2017) apontam que o Sistema Predial Hidrossanitário (SPHS) é o de maior participação em número de solicitações de assistência técnica no período de uso e operação, apresentando percentuais que vão de 19,3% até 49,62% em relação ao número total de solicitações de manutenção.

CONCEIÇÃO (2007) aponta que após a entrega da construção, o SPHS está entre os que mais sofrem solicitações distintas devido a interação com as necessidades dos usuários. Portanto, essas instalações tem tendência de serem os maiores elementos fontes de manutenção de um edifício, conforme verificado nos levantamentos de CRUZ (2013) e PRADO (2017).

As edificações destinadas a instituições universitárias se caracterizam por atenderem um grande número de usuários e pelo uso intenso de suas instalações. Porém, essa particularidade transformou-se completamente com o avanço da pandemia de SARS-CoV-2 (covid-19) durante o ano de 2020, quando as atividades presenciais nas universidades foram reduzidas de forma significativa em função das medidas restritivas de isolamento e de distanciamento social utilizadas como meios de conter a disseminação do vírus.

A partir dessas medidas, as aulas presenciais nas instituições foram suspensas e a presença de pessoas/usuários nos edifícios foi mínima, considerando as recomendações de trabalho "*home office*" e isolamento social. Neste cenário, pode-se considerar que as influências do usuário nos sistemas prediais foram praticamente nulas.

Considerando o contexto da ocorrência da pandemia de SARS-CoV-2 (covid-19), as medidas contenção e disseminação da doença e seus impactos nos sistemas prediais, este artigo tem como objetivo principal apresentar uma análise comparativa dos registros de manutenção predial dos edifícios da Universidade Federal de Goiás (UFG), localizados na cidade de Goiânia (GO), durante o período de 2016 a 2020, a fim de verificar o impacto da pandemia de SARS-CoV-2 (covid-19) (ano 2020) nas requisições referentes ao sistema hidrossanitário, considerando a diminuição das atividades presenciais nesse período.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do sistema de manutenção

O estudo foi realizado nos edifícios da Universidade Federal de Goiás (UFG) localizados na cidade de Goiânia (GO), os quais realizou-se o levantamento da área construída e sua variação ao longo dos anos. A gestão da infraestrutura do órgão é realizada pela própria instituição, que recebe as demandas de manutenção através de *softwares* de gerenciamento. O sistema Módulo de Ordem de Serviço Predial (MOSP) esteve vigente entre o ano de 2009 até meados de outubro de 2019. A partir desse período, foi implantado o Sistema Integrado de Patrimônio, Administração e Contratos (SIPAC) que está em vigência até os dias de hoje.

Para a execução dos serviços de manutenção, a equipe operacional é composta em sua grande maioria por colaboradores de empresas terceirizadas contratadas exclusivamente para a prestação de serviços de mão de obra. Os materiais necessários para execução dos reparos e serviços são provenientes da própria instituição, adquiridos por meio de contratações previstas na lei de licitação federal.

2.2 Avaliação dos dados

Foram avaliados registros de ordens de serviço de manutenção predial referentes ao período de 2016 a 2020. Essa análise foi realizada através de relatórios emitidos pelo órgão dos programas MOSP e SIPAC, obtidos por meio de solicitação ao departamento de tecnologia e informação da instituição ou extração através de opções disponíveis no programa de registro de ordens de serviço vigente. A partir da análise da evolução da área construída da instituição e do número de requisições de manutenção predial recebidas anualmente, buscou-se relacionar esses dois dados a partir do parâmetro de número de requisições por 100 m² de área construída (adaptado de MORAIS e LORDSLEEM (2018)).

Após a obtenção dos relatórios, iniciou-se a classificação das requisições de manutenção. Para tanto, foi utilizada inicialmente a classificação de categorias constantes nos relatórios para a separação das requisições referentes aos sistemas prediais. Para os sistemas elétricos, a categoria de tipo de serviço existente era nomeada de “elétrico”, para os sistemas hidrossanitários, essa categoria era chamada de “hidráulico”. Foram ainda utilizadas palavras-chave e termos relacionados para a verificação de requisições preenchidas em categorias incorretas, como por exemplo “torneira”, “água”, “caixa”, “esgoto”, “chuva” e “telhado”.

Posteriormente, as requisições receberam duas classificações:

- 1ª Classificação de dados: categorização das requisições de todos os sistemas prediais, que já estavam separadas por categoria juntamente com aquelas existentes em categorias incorretas, identificadas pelas palavras-chave. O objetivo desse procedimento foi a identificação das requisições referentes aos sistemas prediais.

- 2ª Classificação de dados: baseou-se na separação das requisições dos SPHS em função do tipo de sistema: água fria, esgoto sanitário, águas pluviais e ar condicionado (drenos). Nesta fase, foi necessário realizar a leitura de cada requisição para identificação do sistema correspondente.

Como critério de classificação e avaliação das requisições em relação ao sistema predial correspondente, foi considerado o tipo de fluido (água, esgoto ou água pluvial) que é conduzido pelo componente, peça sanitária ou louça.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Realizados os levantamentos das edificações existentes e a avaliação dos relatórios de manutenção, verificou-se crescimento constante de área construída da instituição acompanhado por registros de requisições de manutenção acima de treze mil para a maioria do período de uso regular das edificações, conforme apresentado no Quadro 1. O número de requisições a cada 100 m^2 registrou queda a partir do ano de 2018 até o ano de 2020.

O ano de 2019 apresentou queda no número de requisições quando comparado aos registros dos anos anteriores, que pode ser explicada pelo processo de transição entre dois sistemas eletrônicos de registro de requisições de manutenção predial ocorrido naquele ano. Um sistema de registro novo que demanda treinamento e familiaridade por parte do usuário pode ter afetado a frequência de cadastro de solicitações.

O ano de 2020 também foi bastante singular, pois a volta às aulas daquele ano letivo foi suspensa devido ao agravamento da pandemia de SARS-CoV-2 (covid-19) no país. Durante todo o período de 2020 a ocupação presencial na instituição foi irrisória. Nesse período, houve

uma redução de 61,63% do número total de requisições, quando comparada à média de registros dos quatro anos anteriores.

Quadro 1 - Evolução anual de área construída acumulada e requisições de manutenção predial em números absolutos e por 100 m² de área construída

Ano	Área Construída (m²)	Total de Requisições	Nº de requisições a cada 100 m²
2016	291.332,65	13048	4,479
2017	298.304,03	13635	4,571
2018	300.984,96	13044	4,334
2019	304.034,23	11928	3,923
2020	311.465,97	4955	1,591

Fonte: Autoria própria

Os Quadros 2, 3 e 4 trazem a variação dos registros em números absolutos, sendo possível comparar as requisições do ano de 2020 com a média de registros existentes nos quatro anos anteriores. No Quadro 2 observa-se que houve uma queda menor nas requisições referentes aos sistemas prediais que em outros tipos de requisições, contudo, é verificado o impacto no número de ocorrências durante o ano de 2020, influenciado pela pandemia. Dentre os sistemas prediais observados, o de telecomunicações apresentou a queda mais significativa. Conforme Quadro 3, os registros de manutenção em SPHS apresentaram uma redução menor que a do total de requisições e um aumento na participação percentual em relação aos outros sistemas. Avaliando somente os SPHS, observa-se que o sistema de drenagem de águas pluviais representou a menor queda do número absoluto de requisições (15,67%) e um aumento de participação em relação aos anos anteriores, enquanto que o sistema de esgoto sanitário registrou a maior queda (65,43%) e diminuição da participação percentual.

Quadro 2 – Variação dos registros de requisições de manutenção

Tipo de requisição	Média de registros entre 2016 e 2019	Registros no ano de 2020	Diferença percentual
Total de requisições	12913,75	4955	61,63%
Total requisições dos sistemas prediais	8327,25	3297	60,41%
Outras requisições	4586,50	1658	63,85%

Fonte: Autoria própria

Quadro 3 – Variação dos registros de requisições dos tipos de sistemas prediais

Tipo de sistema predial	Média de registros entre 2016 e 2019	Participação Percentual	Registros no ano de 2020	Participação Percentual	Redução das solicitações ano 2020
Elétrico	2985,00	35,85%	1320	40,04%	55,78%
Hidrossanitário	3216,25	38,62%	1378	41,80%	57,16%
Telecomunicações	1989,75	23,89%	553	16,77%	72,21%
Ar condicionado	136,25	1,64%	46	1,40%	66,24%
Total de Solicitações	8327,25	100,00%	3297	100,00%	60,41%

Fonte: Autoria própria.

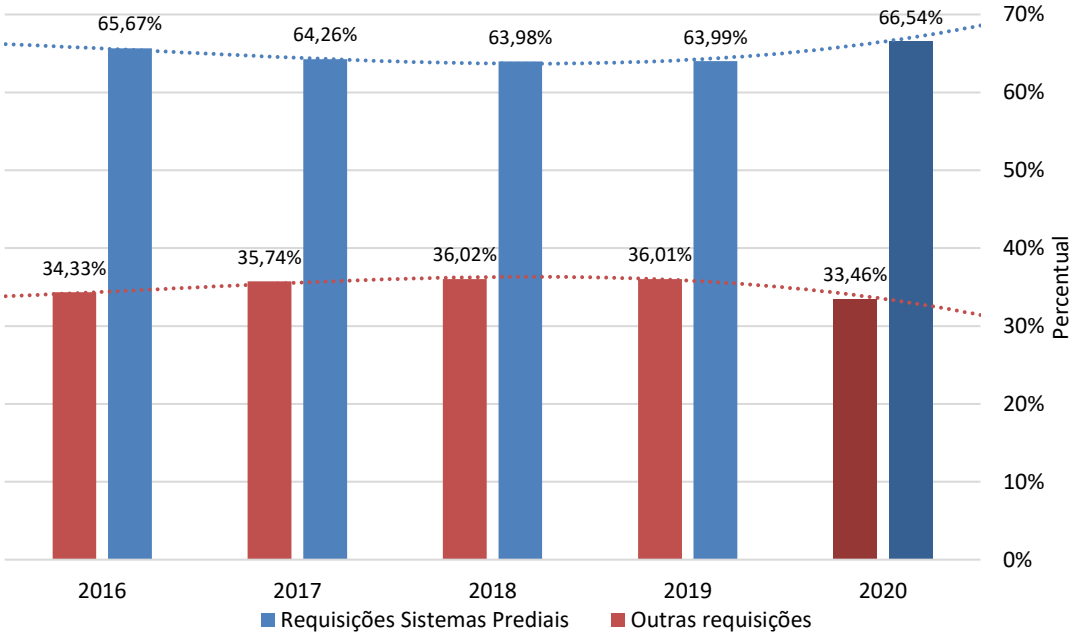
Quadro 4 – Variação dos registros de requisições por tipo de SPHS

Tipo de SPHS	Média de registros entre 2016 e 2019	Participação Percentual	Registros no ano de 2020	Participação Percentual	Redução das solicitações ano 2020
Água fria	1252,50	42,46%	568	42,58%	54,65%
Esgoto sanitário	1336,50	45,31%	462	34,63%	65,43%
Águas pluviais	360,50	12,22%	304	22,79%	15,67%
Total de Solicitações	2949,50	100,00%	1334	100,00%	-

Fonte: Autoria própria

A Figura 1 aponta a participação percentual dos sistemas prediais nas requisições para cada ano avaliado. Através dos resultados, é possível verificar que mesmo o ano de 2020 registrando queda em números totais absolutos, o percentual das requisições referentes aos sistemas prediais se manteve estável quando comparado aos anos anteriores. Durante todo o período, os sistemas prediais constituem a maioria das demandas de manutenção predial.

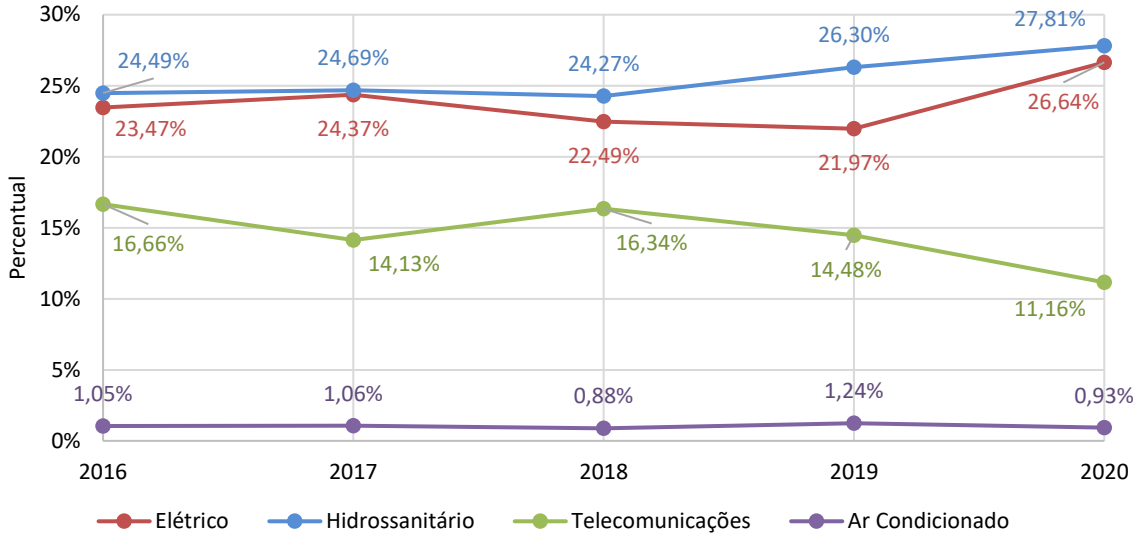
Figura 1 – Participação dos sistemas prediais na manutenção predial por ano



Fonte: Autoria própria.

A Figura 2 discrimina a representatividade de cada tipo de sistema predial por ano em relação ao total de solicitações. É possível observar que o ano de 2020 se caracterizou pelo aumento proporcional da participação dos registros de manutenção de SPHS e do elétrico, enquanto que houve redução considerável de requisições referentes ao sistema de telecomunicações.

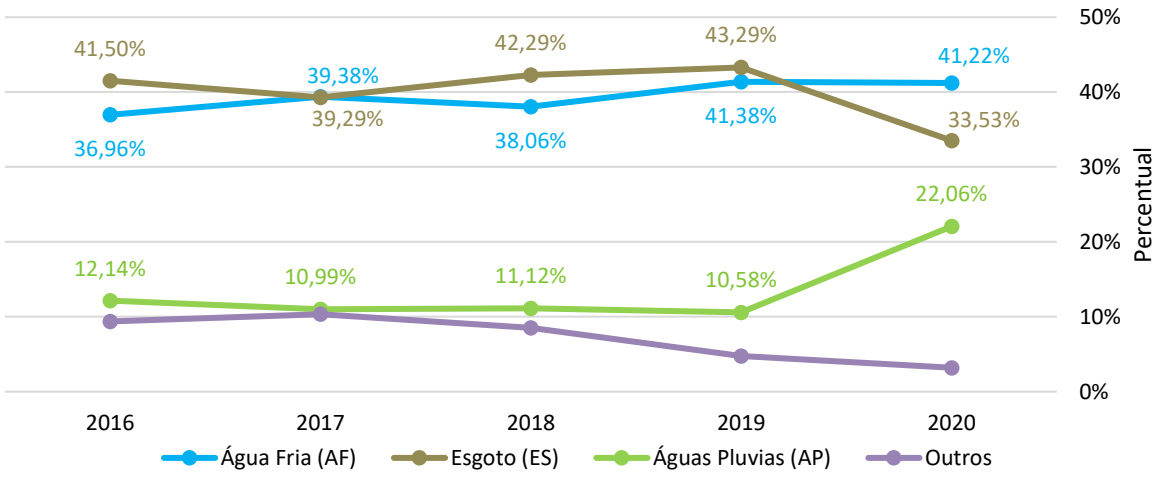
Figura 2 – Participação dos tipos sistemas prediais na manutenção predial por ano com relação ao total de registros de manutenção



Fonte: Autoria própria.

A avaliação das requisições de manutenção pertencentes aos SPHS e a classificação, em função do tipo de sistema correspondente, estão apresentadas na Figura 3. Observa-se que, no ano de 2020, a participação do sistema de drenagem de águas pluviais nas requisições apresentou um aumento de mais de 10%, o que se relaciona com a queda no percentual de solicitações relativas ao sistema de esgoto sanitário e outras requisições (não identificadas ou incorretas). Durante o período de 2020, o sistema de esgoto sanitário, que quase sempre representava a maioria das requisições, perdeu espaço para o sistema de água fria, que apresentou participação de 41,22%.

Figura 3 – Participação de cada tipo de SPHS nos registros de manutenção predial por ano



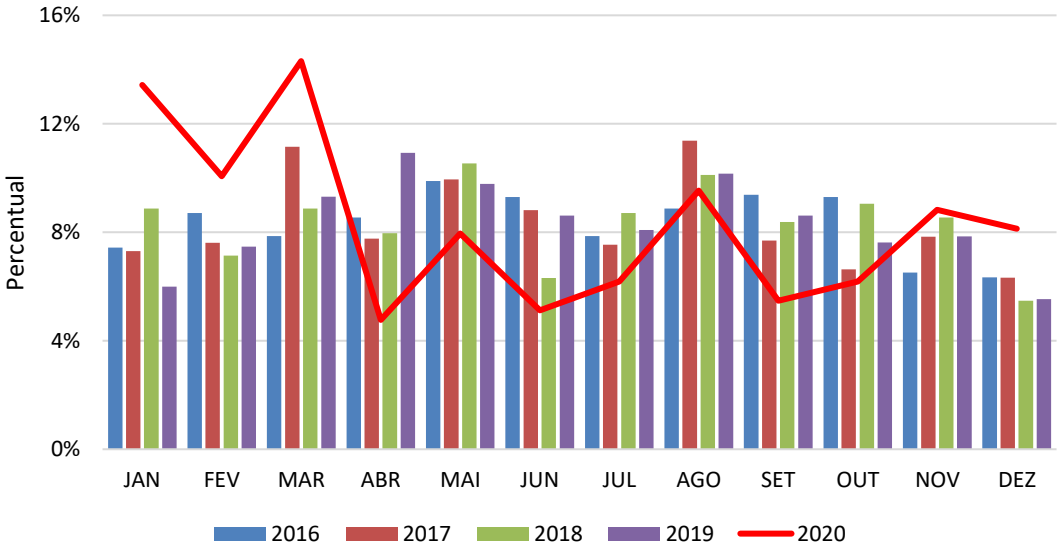
Fonte: Autoria própria.

As Figuras 4, 5 e 6 apresentam o percentual de requisições mensais em relação ao total daquele ano, a fim de avaliar a periodicidade das solicitações referentes aos SPHS. Observou-se para os sistemas de água fria e esgoto sanitário que ao longo do ano de 2020 houve um maior número de requisições solicitadas durante os primeiros e últimos meses do ano (janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro), diferente dos anos anteriores, quando os

meses de maio, junho, agosto e setembro registravam números elevados de solicitações e os meses de novembro e dezembro eram menos significativos. Isso pode ser explicado pelo fato de que, apesar de não existirem atividades intensas de usuários nessas instalações, a não execução de atividades regulares de manutenção preventiva ocasionou o acúmulo de ocorrências para o período de fim de ano, quando usualmente os gestores das unidades fazem solicitações de vistorias de manutenção. Deve-se ressaltar que, demandas registradas no início do ano de 2020 podem ser reflexo do uso e desgaste das instalações e equipamentos durante no ano anterior.

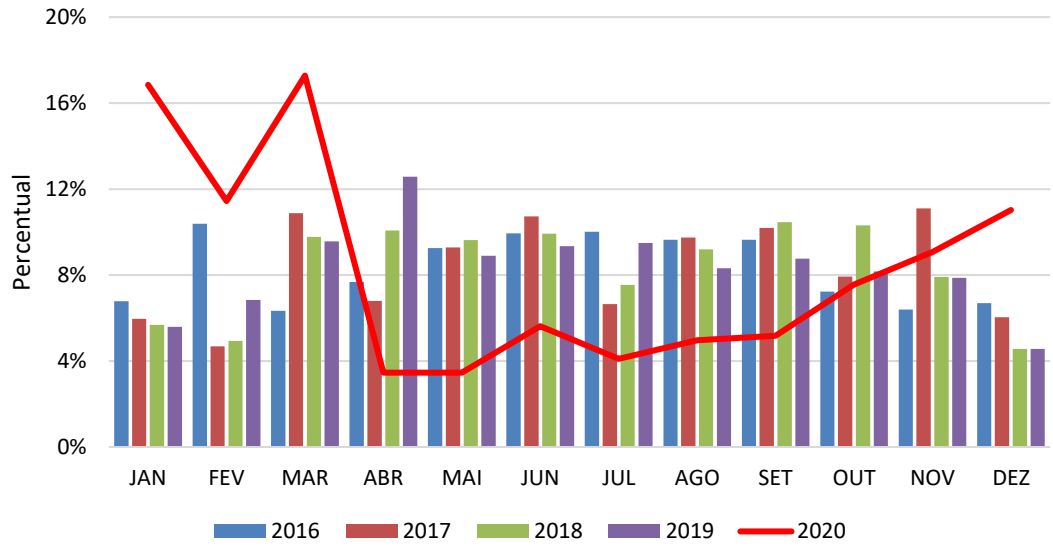
A periodicidade das requisições referentes ao sistema de drenagem de águas pluviais (Figura 6) depende geralmente do regime de chuvas de cada ano, porém observou-se também um maior número de solicitações no início e no fim do ano de 2020.

Figura 4 - Periodicidade das requisições referentes ao sistema de água fria



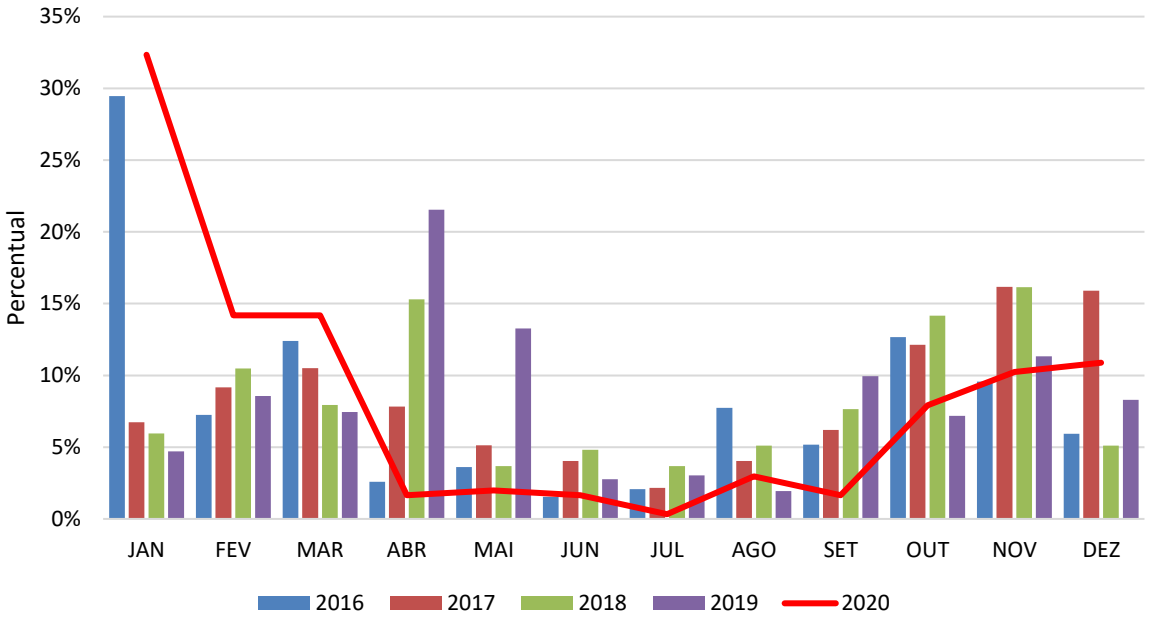
Fonte: Autoria própria.

Figura 5 - Periodicidade das requisições referentes ao sistema de esgoto sanitário



Fonte: Autoria própria.

Figura 6 - Periodicidade das requisições referentes ao sistema de drenagem de águas pluviais



Fonte: Autoria própria.

Os Quadros 7, 8 e 9 apresentam a participação percentual e a variação do número de registros das manifestações patológicas mais comuns reportadas nas demandas de manutenção dos SPHS verificadas durante o ano de 2020 e a média entre os anos de 2016 e 2019. De forma geral, todas as falhas registradas tiveram queda no número de solicitações durante o período, mas observa-se redução menor nos registros do sistema de drenagem de águas pluviais.

Para o sistema de água fria, destaca-se redução de demandas em vazamentos e defeitos em válvulas de descarga, torneiras e chuveiros, equipamentos que mais recebem solicitações dos usuários em condições normais de uso. No sistema de esgoto sanitário, as ocorrências referentes a entupimentos foram as que mais diminuíram, tanto em bacias sanitárias, ralos, mictórios, caixas de passagem e de gordura.

Em relação a participação percentual, não foram verificadas diferenças significativas entre os anos anteriores e 2020, com exceção para ao sistema de esgoto sanitário que apresentou redistribuição entre as demandas relacionadas as bacias sanitárias (redução), ralos (redução), pias e sifões (aumento).

Um fato interessante a se notar para o sistema de drenagem de águas pluviais é que os registros de manutenção com maiores reduções foram os referentes a vazamentos e entupimentos em ralos, grelhas e caixas de areia, ou seja, serviços de fácil intervenção e execução, o que não acontece nas solicitações relativas a vazamentos em telhados, calhas e goteiras, que são serviços de maior complexidade de solução e maiores expensas financeiras. Portanto, é possível inferir que demandas de períodos chuvosos de anos anteriores sejam reincidentes no ano de 2020.

Quadro 7 – Variação das manifestações relatadas referentes ao sistema de água fria

Descrição	Média de registros entre 2016 e 2019	Participação Percentual	Registros no ano de 2020	Participação Percentual	Diferença percentual
Vazamentos e defeitos em torneiras	449,50	38,12%	186	36,76%	58,62%
Vazamentos e defeitos em válvulas de descarga	180,75	15,33%	66	13,04%	63,49%
Vazamentos e defeitos em registros	94,50	8,01%	45	8,89%	52,38%
Vazamentos em tubulações	242,00	20,52%	119	23,52%	50,83%
Vazamentos em tubulações de chuveiros	46,25	3,92%	19	3,75%	58,92%
Vazamentos em tubulações de bomba	26,75	2,27%	9	1,78%	66,36%
Vazamentos e falhas em reservatórios	129,50	10,98%	57	11,26%	55,98%
Vazamentos e defeitos em engates	10,00	0,85%	5	0,99%	50,00%
Total de Solicitações	1179,25	100,00%	506	100,00%	-

Fonte: Autoria própria.

Quadro 8 – Variação das manifestações relatadas referentes ao sistema de esgoto sanitário

Descrição	Média de registros entre 2016 e 2019	Participação Percentual	Registros no ano de 2020	Participação Percentual	Diferença percentual
Vazamentos e defeitos em pias e sifões	461	33,32%	224	48,38%	51,41%
Vazamentos e entupimentos em bacias sanitárias	444,75	32,14%	106	22,89%	76,17%
Entupimentos em ralos	143,75	10,39%	8	1,73%	94,43%
Vazamentos e entupimentos em mictórios	215,25	15,56%	75	16,20%	65,16%
Vazamentos e entupimentos em caixas de gordura e caixas de passagem	92,5	6,68%	34	7,34%	63,24%
Vazamentos e entupimentos em tubulações	26,5	1,92%	16	3,46%	39,62%
Total de Solicitações	1383,75	100,00%	463	100,00%	-

Fonte: Autoria própria

Quadro 9 – Variação das manifestações relatadas referentes ao sistema de drenagem de águas pluviais

Descrição	Média de registros entre 2016 e 2019	Participação Percentual	Registros no ano de 2020	Participação Percentual	Diferença percentual
Vazamentos e entupimentos em calhas	68,75	18,19%	58	20,21%	15,64%
Vazamentos em telhados	212,5	56,22%	167	58,19%	21,41%
Vazamentos e entupimentos em ralos e grelhas	15,75	4,17%	6	2,09%	61,90%
Vazamentos e entupimentos em rufos	5	1,32%	3	1,05%	40,00%
Ocorrência de goteiras	62,75	16,60%	51	17,77%	18,73%
Vazamentos e entupimentos em caixas de areia	13,25	3,51%	2	0,70%	84,91%
Total de Solicitações	378	100,00%	287	100,00%	-

Fonte: Autoria própria.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da avaliação dos dados, verificou-se que apesar do ano de 2020 registrar queda significativa em números absolutos de todos os tipos de demandas de manutenção, a proporção de requisições referentes aos sistemas prediais e suas instalações e a participação percentual de ocorrência de manifestações patológicas se mantiveram similares aos anos anteriores. Nos SPHS é observada redução em números absolutos maior no sistema de esgoto sanitário e menor no sistema de drenagem de águas pluviais, devido ao fato de haver um número menor de usuários utilizando o SPHS, o que reflete menores demandas relacionadas a entupimentos de aparelhos sanitários, enquanto que as ocorrências relacionadas aos sistemas de cobertura tem relação menor com a presença de usuários na edificação.

A maioria das requisições foram registradas nos primeiros e últimos meses do ano, o que indica que grande parte dessas demandas eram referentes a problemas do ano anterior e devido a vistorias de manutenção solicitadas por gestores das unidades acadêmicas que ocorrem a cada fim de ano.

Devido a diminuição do usuário nas edificações, as manifestações patológicas que mais registraram queda de solicitações foram referentes a torneiras, válvulas de descarga e chuveiros, equipamentos que recebem interações diretas dos usuários em períodos normais de uso. A diminuição de demandas relatando entupimentos também refletem a menor presença do público junto a essas instalações.

A avaliação do histórico da instituição indica que o SPHS é o sistema que mais apresenta ordens de serviço durante todo o período avaliado, sendo as demandas referentes ao sistema de esgoto sanitário a maioria dentre todos os registros avaliados.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674:2012**. Manutenção de Edificações. Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. 6p.

_____. **NBR 5626/2020**. Sistemas prediais de água fria e água quente — Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 1994. 56p.

CONCEIÇÃO, A. P. **Estudo da incidência de falhas visando a melhoria da qualidade dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários**. 2007. 143f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.

CRUZ, D. C. **Análise de solicitações de assistência técnica em empreendimentos residenciais como ferramenta de gestão**. 2013. 167 p. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.

MORAIS, G. A. T.; LORDSLEEM, A. C. J. A Building maintenance management activities in a public institution. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 26, ed.1, 2019. p85-103.

PRADO, G. B. **Aplicação do método G.U.T. para priorização de intervenções em manifestações patológicas de sistemas prediais em edifícios universitários**. 2017. 92 p. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.

SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

USOS FINAIS DE ÁGUA EM UM EDIFÍCIO DE UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Water end-uses in a university campus

ESTRADA, André Vitisin[1]; KALBUSCH, Andreza[2]; HENNING, Elisa[3]

Recebido em 02 de julho de 2021, aprovado em 06 de setembro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

Palavras-chave:
Usos finais;
Consumo de água;
Universidade.

Keywords:
End-uses;
Water consumption;
University.

RESUMO: Conhecer o comportamento de consumo ao longo do ano é uma ferramenta importante para os gestores articularem medidas eficazes de economia de água. Este artigo tem como objetivo determinar os usos finais de água em banheiros de um edifício de salas de aula em uma Universidade na cidade de Joinville (SC). As medições foram realizados em quatro banheiros por meio da instalação de sensores de fluxo nos equipamentos hidrossanitários com registro de dados em *data logger*. O período de coleta de dados foi entre março de 2017 e março de 2018. Foi possível determinar os usos finais diários, os quais apontaram as bacias sanitárias como equipamentos hidrossanitários com maior consumo (60,39%), seguidas das torneiras de lavatório (20,96%), mictórios (12,08%), bebedouros (4,98%) e torneiras de limpeza (1,59%).

ABSTRACT: Knowing the consumption behavior during the year is important for managers to be able to articulate effective water saving measures. This article aims to determine water end-uses in four bathrooms in a classroom building at Santa Catarina State Univesity. Flow meters equipped with data loggers were installed in the plumbing system and data collection was carried out between March 2017 and March 2018. The daily end-uses were determined, which indicated the toilets as devices with the highest water consumption in the building (60.39%), followed by the lavatory faucets (20.96%), urinals (12.08%), drinking fountains (4.98%) and cleaning taps (1.59%).

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **ESTRADA, André Vitisin**: Universidade do Estado de Santa Catarina, andrevitisin@gmail.com

[2] **KALBUSCH, Andreza**: Universidade do Estado de Santa Catarina, andreza.kalbusch@udesc.br

[3] **HENNING, Elisa**: Universidade do Estado de Santa Catarina, elisa.henning@udesc.br

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento acerca da utilização de água em edifícios é uma ferramenta importante para avaliar ações de redução de demanda e desperdício (WILLIS *et al.,* 2013), para redução de custos, para a otimização de projetos de sistemas hidráulicos e também para previsões de demanda (PASTOR-JABALOYES *et al.*, 2018). A determinação dos usos finais da água visa estabelecer a parcela de consumo de cada equipamento hidrossanitário (PROENÇA e GHISI, 2009).

Estudos relacionados à quantificação da porcentagem do consumo de água de cada equipamento hidrossanitário podem ser realizados em edificações de diferentes tipologias. Na tipologia residencial, são exemplos os estudos de DeOreo *et al.* (1996) e de Bethke *et al.* (2021) nos Estados Unidos. Beal e Stewart (2011), Gurung *et al.* (2014) e Rathnayaka *et al*. (2015) desenvolveram pesquisas acerca dos usos finais de água em edificações residenciais na Austrália. No Brasil, podem ser citados os estudos desenvolvidos por Ghisi e Oliveira (2007) na cidade de Palhoça-SC, Barreto (2008) na zona oeste da cidade de São Paulo-SP, Marinoski *et al.* (2014) em Florianópolis-SC e Hammers *et al.* (2020) em Blumenau-SC. Com relação à tipologia escolar, pode ser citada a pesquisa de Marinoski e Ghisi (2008) na cidade de Florinópolis-SC. Gonçalves (2014) avaliou os usos finais de água na Universidade de Aveiro em Portugal. Kammers e Ghisi (2006) analisaram os usos finais de água em edificações públicas e Proença e Ghisi (2009), também na cidade de Florianópolis-SC, em edifícios de escritórios.

Os métodos para determinação do consumo de água de cada equipamento hidrossanitário podem ser diversos. Alguns estudos utilizam hidrômetros (BARRETO, 2008), questionários (MARINOSKI *et al.*, 2014; HAMMERS *et al.,* 2020), bem como sensores de consumo com registros de dados automatizados (RATHNAYAKA *et al.*, 2015; BEAL e STEWART, 2011; BETHKE *et al.,* 2021). As medições automatizadas permitem em tempo real ou quase real a obtenção de dados de consumo de água (BOYLE *et al.,* 2013). Além disso, essas tecnologias elevam a frequência de coleta de dados, potencializando a caracterização do consumo de água (COMINOLA *et al.*, 2015; PASTOR-JABALOYES *et al.*, 2018). Essa pesquisa tem por finalidade determinar os usos finais de água em um edifício de salas de aula da Universidade do Estado de Santa Catarina na cidade de Joinville-SC.

2 METODOLOGIA

O edifício analisado é composto por dois pavimentos, 18 salas de aulas e quatro banheiros. Os banheiros masculinos possuem, cada um, quatro bacias sanitárias, quatro mictórios, três torneiras e um bebedouro (na entrada do banheiro). Em cada banheiro feminino há quatro bacias sanitárias, quatro torneiras, uma torneira de limpeza e um bebedouro (também localizado na entrada do banheiro). O período de análise é compreendido entre 20 de março de 2017 e 19 de março de 2018, sendo desconsiderados da análise, sábados, domingos, feriados e recessos escolares. A partir de 08 de agosto de 2017, os acabamentos das válvulas de descarga das bacias sanitárias foram substituídos por modelos de duplo acionamento.

Foram utilizados vinte e seis sensores de fluxo de água com registro em *data logger* para determinação do consumo de todo o edifício. Os dados coletados consistiram em: volume consumido (L) em cada acionamento, data e horário. A Figura 1 ilustra um banheiro e um sensor instalado em uma torneira.

Figura 1 - Banheiro e sensor de fluxo



Fonte: Os autores (2021).

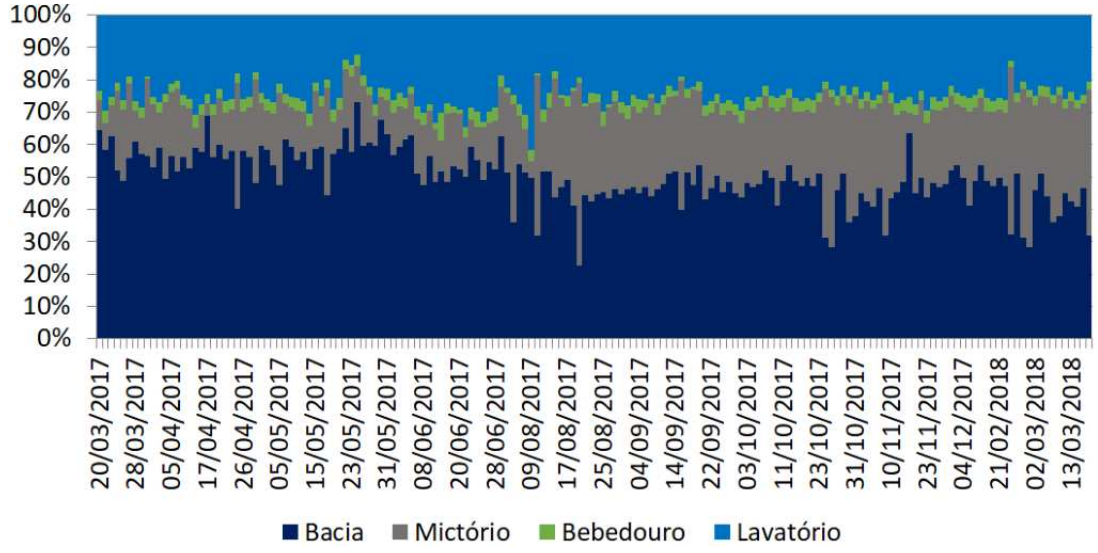
Após a coleta, os dados foram tratados e compilados na variável volume por dia. Os dados faltantes (ausência de registro) foram aproximados por meio de splines cúbicas com o uso da função *spline* do pacote imputeTS (MORITZ e BARTZ-BEIELSTEIN, 2017). Os usos finais foram determinados separadamente para os banheiros masculinos e femininos presentes na edificação.

Estatísticas descritivas e testes de comparação de grupos foram aplicados para analisar a influência da troca dos acabamentos das válvulas de descarga das bacias sanitárias nos usos finais diários. O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para verificar a suposição de normalidade e o teste não paramétrico de Wilcoxon foi utilizado como alternativa, uma vez que as amostras não atenderam os requisitos necessários para o uso de teste paramétrico (MONTGOMERY, 2013). Todas as análises estatísticas foram desenvolvidas no *software* R versão 3.5.0 (R CORE TEAM, 2021). O nível de significância adotado foi de $\alpha = 5\%$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A amostra dos dados computados para análise totalizou 166 dias. As Figuras 2 e 3 ilustram os usos finais diários dos banheiros masculinos e femininos, respectivamente.

Figura 2 – Usos finais diários nos banheiros masculinos



Fonte: Os autores (2021).

Como pode-se observar na Figura 2 as bacias sanitárias apresentam o maior consumo de água nos banheiros masculinos no período estudado. O equipamento hidrossanitário com menor consumo de água é o bebedouro. Esses resultados também podem ser observados na Tabela 1, a qual apresenta a análise exploratória dos usos finais diários dos banheiros masculinos.

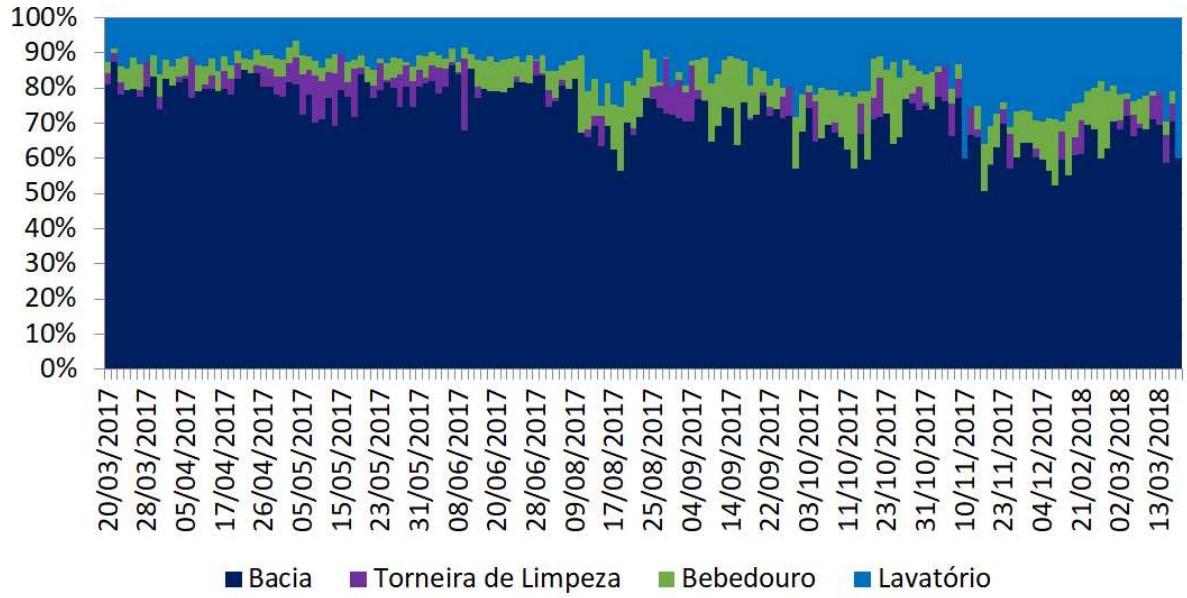
Tabela 1 – Análise exploratória dos usos finais diários nos banheiros masculinos

Medida (%)	Bacia	Lavatório	Bebedouro	Mictório
Média	49,79	24,89	3,04	22,28
Desvio Padrão	8,31	3,76	0,91	9,74
Mediana	49,56	25,22	3,07	22,83

Fonte: Os autores (2021).

Nos usos finais diários dos banheiros femininos (Figura 3) também é possível perceber que a maior parcela de consumo ocorre em bacias sanitárias, seguidas das torneiras de lavatório, bebedouros e torneiras de limpeza. A Tabela 2 apresenta a análise exploratória dos usos finais nos banheiros femininos.

Figura 3 – Usos finais diários nos banheiros femininos



Fonte: Os autores (2021).

Tabela 2 – Análise exploratória dos usos finais nos banheiros femininos

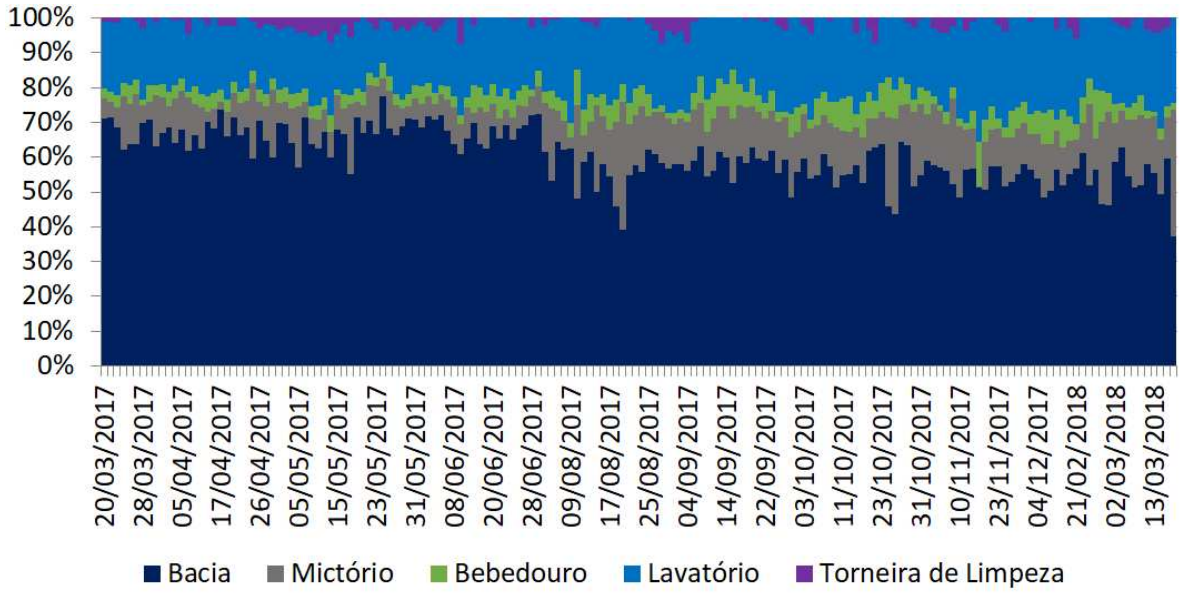
Medida (%)	Bacia	Lavatório	Bebedouro	Torneira Limpeza
Média	72,80	16,57	7,18	3,45
Desvio Padrão	8,04	6,51	5,26	4,15
Mediana	74,06	13,89	5,67	1,80

Fonte: Os autores (2021).

Com relação aos usos finais diários do edifício (Figura 4), as bacias sanitárias apresentam maior consumo, seguidas dos lavatórios, mictórios, bebedouros e torneiras de limpeza. Esses

resultados também podem ser visualizados na Tabela 3, a qual apresenta a análise exploratória.

Figura 4 – Usos finais diário edifício



Fonte: Os autores (2021).

Em relação ao consumo de água do edifício, o consumo de água no banheiro masculino correspondeu a 53,95% do volume de água consumido no período analisado, o que era esperado uma vez que há maior número de alunos do sexo masculino matriculados nas disciplinas ministradas no edifício. Os usos finais médios no período analisado foram: bacias sanitárias (60,39%); lavatório (20,96%); mictório (12,08%); bebedouro (4,98%); e torneira de limpeza (1,59%).

Tabela 3 – Análise exploratória dos usos finais: Edifício

Medida (%)	Bacia	Lavatório	Mictório	Bebedouro	Torneira Limpeza
Média	60,39	20,96	12,08	4,98	1,59
Desvio Padrão	7,41	3,59	6,02	2,48	1,88
Mediana	60,09	20,69	11,51	4,28	0,77

Fonte: Os autores (2021).

No período inicial de avaliação, as bacias sanitárias eram equipadas com o acabamento da válvula de descarga de simples acionamento e no segundo período de análise (após 08 de agosto de 2017), as válvulas de descarga foram equipadas com acabamento de duplo acionamento. A Tabela 4 apresenta a análise exploratória e o resultado do teste de comparação entre os usos finais diários das bacias sanitárias antes e depois da troca. Tanto a média como a mediana apresentam reduções nos usos finais em bacias sanitárias na edificação como um todo e também quando considerado o consumo de água apenas em banheiros masculinos ou femininos. O teste não paramétrico de Wilcoxon indicou que as reduções dos usos finais diários são significativas.

Tabela 4 – Análise exploratória e teste estatístico: troca das válvulas de descarga

Local	Período	Média (%)	Desvio Padrão (%)	Mediana (%)	p-valor
Banheiro Feminino	Antes	79,45	3,86	79,87	<0,001
	Depois	67,84	6,64	68,72	
Banheiro Masculino	Antes	55,96	6,17	56,54	<0,001
	Depois	45,18	6,52	46,45	
Edifício	Antes	66,77	4,44	67,42	<0,001
	Depois	55,62	5,29	56,27	

Fonte: Os autores (2021).

4 CONCLUSÃO

Esta pesquisa buscou determinar os usos finais diários de água em um edifício de salas de aula da Universidade do Estado de Santa Catarina, em Joinville (SC). As medições foram realizadas utilizando sensores de fluxo com registro de dados em *data logger*. Os resultados mostraram que os usos finais médios em bacias sanitárias, lavatórios, mictórios e bebedouros nos banheiros masculinos são, respectivamente, 49,79%; 24,89%; 22,28% e 3,04%. Os usos finais médios nos banheiros femininos são: bacias sanitárias (72,80%); lavatórios (16,57%); bebedouro (7,18%) e torneira de limpeza (3,45%).

Para o edifício como um todo, os usos finais médios em bacias sanitárias, torneiras de lavatório, mictórios, bebedouros e torneiras de limpeza são, respectivamente, 60,39%; 20,96%; 12,08%; 4,98% e 1,59%. Com relação à substituição dos acabamentos das válvulas de descarga das bacias sanitárias, os resultados mostraram que houve redução significativa no percentual de consumo de água nestes equipamentos hidrossanitários no período em que as bacias sanitárias estavam equipadas com modelos de duplo acionamento.

AGRADECIMENTOS

Os autores desejam agradecer à Companhia Águas de Joinville. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) (421062/2018–5), à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) (2019TR594 e 2021TR837) e pelo apoio do programa UNIEDU/FUMDES.

REFERÊNCIAS

BARRETO, D. Perfil do consumo residencial e usos finais da água**. Ambiente Construído** 2008, 2: 23-40.

BEAL, C; STEWART, R. A. **South East Queensland Residential End Use Study: Final Report**. Gold Coast: Griffith University, 2011. 174 p.

BETHKE, G. M.; COHEN, A. R.; STILLWELL, A. S. Emerging investigator series: disaggregating residential sector high-resolution smart water meter data into appliance end-uses with unsupervised machine learning. **Environmental Science**: Water Research & Technology 2021, 7: 487-503.

BOYLE, T.; GIURCO, D.; MUKHEIBIR, P.; LIU, A.; MOY, C.; WHITE, S.; STEWART, R. Intelligent Metering for Urban Water: a review. **Water** 2013, 5: 1052-1081.

COMINOLA, A.; GIULIANI, M.; PIGA, D.; CASTELLETTI, A.; RIZZOLI, A. Benefits and challenges of using smart meters for advancing residential water demand modeling and management: a review. **Environmental Modelling & Software** 2015, 72: 198-214.

DeOREO, W. B.; LANDER, P., MAYER, P.W. Flow trace analysis to assess water use. **Journal of the american water works association**: AWWA 1996, 88: 79-90.

GHISI, E.; OLIVEIRA, S. M. de. Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil. **Building And Environment** 2007, 42: 1731-1742.

GONÇALVES, P. J. P. A. **Consumos de Água em Edifícios Universitários: Caso do DECivil da UA**. 2014. 98 f. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2014.

GURUNG, T. R.; STEWART, R. A.; SHARMA, A. K.; BEAL, C. D. Smart meters for enhanced water supply network modelling and infrastructure planning. **Resources, Conservation And Recycling** 2014, 90: 34-50.

HAMMES, G.; GHISI, E.; THIVES, L. P. Water end-uses and rainwater harvesting: a case study in Brazil. **Urban Water Journal** 2010, 17:177-183.

KAMMERS, P.; GHISI, E. Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído** 2006, 1:75-90.

MARINOSKI, A.; GHISI, E. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC. **Ambiente Construído** 2008, 2: 67-84.

MARINOSKI, A.; VIEIRA, A.; SILVA, A.; GHISI, Enedir. Water End-Uses in Low-Income Houses in Southern Brazil. **Water** 2014, 6: 1985-1999.

MONTGOMERY, D. C. **Design and Analysis of Experiments**. 8º Edição. Hoboken: John Wiley & Sons, 2013. 757 p.

MORITZ, S.; BARTZ-BEIELSTEIN, T. ImputeTS: Time Series Missing Value Imputation in R. **The R Journal** 2017, 9: 207-218.

PASTOR-JABALOYES, L.; ARREGUI, F.; COBACHO, R. Water End Use Disaggregation Based on Soft Computing Techniques. **Water** 2018, 10:46.

PROENÇA, L.; GHISI, E. Estimativa de usos finais de água em quatro edifícios de escritórios localizados em Florianópolis. **Ambiente Construído** 2009, 3:95-108.

R CORE TEAM. **An Introduction to R**. *Auckland*: R Core Team, 2021. 105 p.

RATHNAYAKA, K.; MALANO, H.; MAHEEPALA, S.; GEORGE, B.; NAWARATHNA, B.; ARORA, M.; ROBERTS, Peter. Seasonal Demand Dynamics of Residential Water End-Uses. **Water** 2015, 7: 202-216.

WILLIS, R. M.; STEWART, R. A.; GIURCO, D. P.; TALEBPOUR, M. R.; MOUSAVINEJAD, A. End use water consumption in households: impact of socio-demographic factors and efficient devices. **Journal Of Cleaner Production** 2013, 60: 107-115.

SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

USOS FINAIS DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES NÃO-RESIDENCIAIS: UM MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA

Water end-uses in non-residential buildings: a systematic literature mapping

REGA, Larissa Gameiro; BOEGER, Louise; SANT'ANA, Daniel Richard

Recebido em 16 de julho de 2021, aprovado em 06 de setembro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

Palavras-chave:

Usos finais de água,

Edificações não-residenciais,

Mapeamento sistemático da literatura.

Keywords:

Water end-uses,

Non-residential buildings,

Systematic literature mapping.

RESUMO: O enfrentamento de estresse hídrico é um dos grandes desafios da atualidade. Considerando esse contexto, percebe-se a importância dos estudos sobre os usos finais de água em edificações para implementar soluções eficazes para promover a conservação de água. A maior parte das pesquisas até o momento investiga o uso residencial de água. No presente estudo, foi realizado um mapeamento da literatura com o objetivo de compreender a produção científica a respeito dos usos finais de água em edificações não residenciais, consideravelmente menos explorados. Para tal, foi estabelecido um recorte temporal entre os anos 2000 e 2020 e utilizadas palavras-chave em fontes disponíveis virtualmente. Identificaram-se importantes variações entre os tipos de resultados e valores obtidos nos diferentes estudos e desafios na aplicação de determinadas técnicas de auditoria de consumo, sendo a aplicação de questionários a técnica mais frequente. O mapeamento demonstrou a importância da realização de estudos mais aprofundados acerca dos usos finais de água, a fim de obter dados precisos e atualizados que viabilizem a implementação de técnicas de conservação de água em edificações não-residenciais.

ABSTRACT*:* Water stress is one of the greatest challenges of our time. Considering this context, studies on water end-uses are very important to allow the implementation of alternative techniques for the conservation and rationalization of water consumption in buildings. Up to this date, most of the research has investigated water end uses within the residential sector. In this study, a systematic literature mapping was carried out in order to understand the scientific production regarding water end-uses in non-residential buildings, which are considerably less explored. To this end, a time frame between the years 2000 and 2020 was established and the searches were carried out in online scientific libraries. Important variations were identified between the types of results and those values obtained in different studies. The authors also identified challenges in applying certain water consumption auditing techniques. The application of questionnaires was the most frequent technique. The mapping demonstrated the importance of conducting more in-depth studies on water end-uses, in order to obtain accurate and updated data to enable the implementation of water conservation techniques in non-residential buildings**.**

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **REGA, Larissa Gameiro**: Bolsista de iniciação científica. Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Universidade de Brasília, UnB-Brasília-DF, larissalgr.arq@gmail.com

[2] **BOEGER, Louise**: Mestranda. Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Universidade de Brasília, louiseboeger@unb.br

[3] **SANT'ANA, Daniel Richard**: Coordenador. Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Universidade de Brasília, dsantana@unb.br

1 INTRODUÇÃO

O uso racional da água nas edificações é capaz de promover a redução da demanda através da conscientização dos usuários, adequação dos processos de consumo, eficiência hidráulica e utilização de equipamentos economizadores de água. A compreensão dos usos finais é um importante dado na implementação do uso racional, e objeto de pesquisas desde o século XX (SAUTCHUK et al., 2005).

A partir da década de 1970, diversos estudos analisaram a demanda de água em edificações residenciais (GHISI; FERREIRA, 2007; SANT'ANA, 2012; THACKRAY; COCKER; ARCHIBALD, 1978; WILLIS *et al.*, 2009). No campo das edificações não-residenciais, especialmente as de uso comercial (DE OREO, 1996; DZIEGIELEWSKI, 2000), porém, nota-se ainda uma carência de investigações que utilizem técnicas de auditoria mais precisas para a determinação dos usos finais.

Buscando compreender o estado da arte acerca dos usos finais de água em edificações não-residenciais, propomos um mapeamento dos estudos publicados nos últimos 20 anos. Os resultados da pesquisa foram limitados aos idiomas utilizados nas buscas, inglês e português, e à disponibilidade das bases de dados em meio digital.

2 METODOLOGIA

Foi estabelecido um protocolo de busca em etapas para garantir a qualidade e abrangência do resultado do mapeamento, consistindo em: a) escolha das fontes de busca; b) construção das palavras-chave; c) avaliação qualitativa dos artigos encontrados; d) extração dos resultados obtidos em cada estudo.

Foram considerados estudos de caso publicados em inglês e português, realizados entre 2000 e 2020 em edificações não-residenciais, preferencialmente edifícios de escritórios ou salas comerciais, com obtenção de dados primários relativos aos usos finais de água.

2.1 Fontes de busca

As fontes selecionadas foram: a) *Scopus*; b) *Web of Science*; c) *ProQuest*; d) Portal de Periódicos da Capes; e e) Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações; escolhidas por sua relevância, considerando bases de dados científicos abertas ou acessíveis por meio de convênios com a Biblioteca Central da UnB.

2.2 Palavras-Chaves

Para a busca, foram construídas expressões utilizando palavras-chave em língua inglesa e portuguesa e operadores booleanos, submetidas às máquinas de busca.

Em inglês:

> *(commercial OR "non-residential" OR office) AND ("water-end-use*" OR " "water-audit" OR "water demand") AND (buil* OR urban) AND NOT (domestic OR residential OR hous* OR agricult* OR irrigat*)*

Em português:

> *("usos finais de água" OR "demanda de água" OR "consumo de água") AND (doméstico OR residencial OR comercial OR "não-residencial" OR escritórios OR "uso misto") AND (edifício OR edificações OR predial)*

A partir da leitura dos títulos e resumos dos resultados, foram excluídos os artigos que não se enquadravam nas áreas de conhecimento relevantes para o mapeamento (Arquitetura, Engenharia ou Sustentabilidade).

2.3 Critérios de inclusão e exclusão dos trabalhos

A seguir, foram aplicados critérios de inclusão e exclusão, visando refinar os resultados para a etapa de análise qualitativa. O critério de inclusão utilizado foi:

- *Estudos de caso que abordem consumo de água em edificações ou conjuntos de edificações não-residenciais.*

E os de exclusão:

- *Trabalhos publicados como artigos curtos ou pôsteres;*
- *Trabalhos indisponíveis integralmente online em bases de dados científicos abertas ou sem acesso garantido por meio de convênios com a UnB;*
- *Estudos de caso que apresentam dados de consumo de água sem apresentar o método utilizado de forma clara;*
- *Estudos de caso que apresentam um método para determinar o consumo de água, sem apresentar resultados referentes aos usos finais de água (percentual ou volumétrico).*

2.4 Sumarização dos resultados

Após leitura dos trabalhos na íntegra, foi realizada análise qualitativa do conteúdo, buscando compreender o estado da arte e os padrões de consumo de água em edificações não-residenciais, especialmente em relação às boas práticas metodológicas envolvidas na realização de estudos de caso para obtenção de dados primários de consumo de água e seus usos finais e sintetizados os resultados quantitativos obtidos por cada estudo, buscando apresentar valores mínimos, máximos e médios (Quadro 2).

3 RESULTADOS

Após aplicação de todas as etapas do protocolo foram obtidos seis estudos de caso que realizaram análises dos usos finais de água em edifícios não-residenciais a partir de dados primários, quatro nacionais e dois internacionais.

Quadro 1 – Informações gerais dos estudos mapeados

FONTE (ANO)	AMOSTRAGEM (nº edificações)	TIPOLOGIA	LOCAL DO ESTUDO	TÉCNICAS DE AUDITORIA UTILIZADAS
PROENÇA; GHISI (2010)	10	Edifício comercial em altura (escritórios)	Florianópolis, SC, Brasil	Questionários; observações
BINT; VALLEY; ISACS (2014)	93 (medições específicas em 3)	Edifício comercial em altura (escritórios)	Auckland e Wellington, Nova Zelândia	Medições gerais; medições específicas; questionários
NASCIMENTO; SANT'ANA (2014)	2	Edifício em altura (hotel)	Distrito Federal, Brasil	Medições gerais; questionários; observações
CROSSON (2016)	1	Institucional (escritórios)	Los Angeles, EUA	Questionários
BARBOSA; SANT'ANA; BEZERRA (2018)	10	Institucional (universidade)	Distrito Federal, Brasil	Medições gerais; questionários; observações
TOTUGUI ET AL (2019)	1	Estabelecimento comercial (café)	Distrito Federal, Brasil	Medições gerais; medições específicas; questionários; observações

Enquanto nos estudos residenciais a amostragem costuma atingir dezenas (GHISI & FERREIRA, 2007), podendo chegar a centenas de unidades (SANT'ANA, 2012; THACKRAY; COCKER; ARCHIBALD, 1978; WILLIS *et al.*, 2009), observando o Quadro 1 percebemos que estudos de anos, autores e locais diferentes apresentaram tendência a amostragens reduzidas.

Acerca da metodologia, apesar da evolução das técnicas de auditoria do consumo de água, persistem os desafios para realização de medições específicas utilizando equipamentos de alta resolução, disponíveis desde o final da década de 1990. Em especial, destacam-se o maior custo de implementação; o maior grau de interferência nas unidades analisadas para instalação dos equipamentos de medição; a indisponibilidade dos usuários ou até a inviabilidade técnica em determinados sistemas hidráulicos prediais.

Nota-se a predominância da aplicação de questionários ou realização de entrevistas com os usuários ou gestores das edificações, associadas ou não a análise documental das contas de água providas pelas concessionárias de abastecimento. Porém, tais técnicas se limitam a percepções dos usuários, sem verificar quantitativamente os dados fornecidos em relação ao consumo por equipamento ou uso final. Fatores como auto seleção (participantes voluntários), efeito Hawthorne (saber que estão sendo monitorados) e amostragens não representativas da população também podem afetar as estimativas de consumo de água geradas (PARKER; WILBY, 2012).

Nos estudos em que foram aplicadas técnicas de medição específica, foram obtidos resultados mais precisos, que possibilitaram comparar as respostas dos questionários às medições realizadas em cada equipamento e detectar a presença de vazamentos. A partir dos dados obtidos, é possível prever com maior precisão sistemas alternativos para atender à demanda de água não potável, identificada a partir da investigação dos usos finais. A seguir são apresentados os resultados obtidos em relação aos usos finais de água em cada estudo mapeado.

Quadro 2 – Usos-finais obtidos pelos estudos mapeados

FONTE	VAZÃO (L/s)	DURAÇÃO (s)	FREQ. (n/p/dia)	USO FINAL (%)	CONSUMO PER CAPITA (L/p/d)	CONSUMO POR ÁREA (L/m²/d)
Lavatório						
[1] PROENÇA; GHISI (2010)	[0,07; 0,12] Me=0,10	[7;3, 36,3] Me=16,78	[4,5; 10,8] Me=6,03	[6,8; 38,4] Me=18,7	[4,44; 27,73] Me=11,09	---
[2] BINT; VALLEY; ISACS (2014)	---	---	---	16,52	---	[33, 46,6] Me=39,8
[3] NASCIMENTO; SANT'ANA (2014)	[0,08; 0,32] Me=0,15	[14,1; 17,9] Me=16	[4,1; 10,1] Me=7,12	[5,05; 6,55] Me=5,80	---	---
[4] CROSSON (2016)	0,03	12	---	10,32	1,1	---
[5] BARBOSA; SANT'ANA; BEZERRA (2018)	---	---	---	[4; 34] Me=17,5	[0,17; 3,26] Me=1,74	---
[6] TOTUGUI et al. (2019)	[0,05; 0,07] Me=0,06	9	[21; 120] Me=70,5	9	[1,8; 7,4] Me=4,15	---
Bacia Sanitária						
[1]	1,70	[1,9; 7] Me=4,32	[2,6; 7,2] Me=4,74	[52; 84,6] Me=67,2	[27,87; 65,63] Me=38,9	
[2]	---	---	---	25,64	---	[51,3; 72,3] Me=61,8
[3]	---	---	[2,65; 3,9] Me=3,03	[5,59; 13,62] Me=9,61	---	---
[5]	---	---	---	[28; 68] Me=45,6	[1,60; 14,69] Me=5,28	---
[6]	0,15	40	23	20	19,60	---
Chuveiro						
[2]	---	---	---	6,84	---	[13,7; 19,3] Me=16,5
[3]	[0,13; 0,26] Me=0,18	[300; 468] Me=384	[1; 1,9] Me=1,42	[53; 76,22] Me=64,61	---	---
[4]	0,11	300	1	24,76	2,7	---
Pia da Cozinha / Maq. Lavar Louça / Bebedouro						
[2]	---	---	---	14	---	[28; 39,5] Me=33,7
[3]	0,06	---	7,3	[5,25; 7] Me=6,12	---	---
[4]	0,13	20	4	44,7	4,92	---
[5]	---	---	---	[3; 17] Me=8,3	[0,31; 4,53] Me=0,84	---
[6]	---	---	---	69	[14,7; 26,6] Me=22,93	---
Limpeza e manutenção						
[1]	---	---	---	[1,2; 4,3] Me=2,38	[0,66; 2,19] Me=1,36	---
[2]	---	---	---	0,50	---	[1; 1,4] Me=1,2
[3]	---	---	---	[6; 13] Me=9,5 [1]	---	[3,82; 20,11] Me=11,96 [1]
[4]	---	---	---	20,22 [1]	2,23	---
[5]	---	---	---	[4; 50] Me=16,7 [1]	---	[0,82; 2,99] Me=1,53 [1]

Continua...

Quadro 2 – Usos-finais obtidos pelos estudos mapeados (Continuação)

FONTE	VAZÃO (L/s)	DURAÇÃO (s)	FREQ. (n/p/dia)	USO FINAL (%)	CONSUMO PER CAPITA (L/p/d)	CONSUMO POR ÁREA (L/m²/d)
Outros usos						
[1]	---	---	---	[2,6; 35] Me=11,67	[1,22; 29,43] Me=7,52	---
[2]	---	---	---	37 [2,3]	---	[74; 104,3] Me=89,15
[3]	---	---	---	[0; 7,89] Me=3,94	---	---
[5]	---	---	---	[0; 51] Me=12,7 [3]	---	[0; 1,02] Me=0,25 [3]
[6]	---	---	---	2	1,6	---

n/p/dia = número de vezes por pessoa por dia; L/p/d = litros por pessoa por dia; L/m²/d = litros por metro quadrado por dia; [min.; máx.]; Me = Média. [1] inclui irrigação; [2] inclui resfriamento; [3] inclui vazamentos

Os estudos encontrados no mapeamento classificaram os usos apenas entre lavatório, bacia sanitária, chuveiro, pia de cozinha e limpeza e manutenção. Mesmo assim, essa separação ainda é bastante heterogênea entre estudos. Atribui-se tal desafio de agrupar os usos finais de água à variedade de atividades não-residenciais, cuja natureza pode impactar o consumo de água e os usos finais. Como consequência, diversos autores acabam apresentando resultados com uma alta porcentagem atribuída a "outros usos", não fornecendo dados específicos por equipamento consumidor; ou subdividindo-os em categorias muito específicas, interferindo na possibilidade de realizar comparações entre estudos.

Outra questão é a escolha de indicadores: alguns utilizam litro/pessoa/dia, semelhantemente ao que ocorre para usos finais em edificações residenciais, enquanto outros optam por indicadores relativos à área (L/m²/dia, por exemplo). Bint; Valley e Isacs (2014) defendem esse tipo de abordagem, considerando que a área útil da edificação comercial é uma variável mais facilmente aferida que população, principalmente nos casos em que a população flutuante também consome água na edificação.

4 CONCLUSÃO

O mapeamento realizado permitiu identificar que a quantidade de estudos que obtiveram dados primários referentes aos usos finais de água em edificações não-residenciais é bastante reduzida. Pode-se atribuir a um início tardio da investigação de usos finais (DZIEGIELEWSKI et al., 2000) ou a outros empecilhos de ordem social ou técnica.

Resultados sugerem que o uso de técnicas de auditoria presentes em estudos recentes para aferição do consumo e investigação dos usos finais de água em edificações residenciais (SANT'ANA, 2012; WILLIS *et al.*, 2009) ainda não foi difundido no campo das edificações não-residenciais.

Em relação aos indicadores de consumo, nota-se que os resultados obtidos em edificações não-residenciais são inferiores à média para edificações residenciais, devido à menor frequência de atividades que consomem grande quantidade de água, como chuveiro e lavagem de roupas e louças.

Quanto à distribuição dos usos finais, percebe-se uma heterogeneidade entre os estudos, a depender da tipologia da edificação e das atividades que abrigam. Uma importante lacuna

identificada no mapeamento refere-se à busca de correlações entre diferentes fatores (área, população, horário de funcionamento, tipo de atividade, entre outras) que impactem no consumo de água, possibilitando a previsão de demanda em diferentes edificações não-residenciais.

Em síntese, torna-se fundamental a difusão e o incentivo a estudos aprofundados dos usos finais de água em edificações não-residenciais, superando os entraves ao uso de técnicas de auditoria mais precisas, como o uso de medidores inteligentes ou específicos por equipamento consumidor, a fim de identificar padrões do consumo de água.

5 REFERÊNCIAS

BARBOSA, G. G.; SANT'ANA, D.; BEZERRA, S. P. 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. Disponível em: https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n22.2018.01

BINT, L.; VALE, R.; ISAACS, N. *Water efficiency in office buildings. In:* ***Water efficiency in buildings:*** *theory and practice,* 2014. p. 241–251. Disponível em: https://doi.org/10.1002/9781118456613.ch14

CAMPOS CARDOSO, R. N.; CAVALCANTE BLANCO, C. J.; DUARTE, J. M. *Technical and financial feasibility of rainwater harvesting systems in public buildings in Amazon, Brazil.* ***Journal of Cleaner Production***, v. 260, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121054

CROSSON, C. *Achieving net zero water in severe drought prone areas: a case study of catchment, storage, and infiltration optimization.* ***Procedia Engineering,*** v. 145, p. 782–789, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.102

DEOREO, W. B.; HEANEY, J. P.; MAYER, P. W. *Flow trace analysis to access water use.* ***American Water Works Association***, v. 88, n. 1, p. 79–90, 1996. Disponível em: https://doi.org/10.1002/j.1551-8833.1996.tb06487.x

DZIEGIELEWSKI, B. *et al.* ***Commercial and institutional end uses of water***. Denver: American Water Works Association, 2000. 264 p.

GHISI, E.; FERREIRA, D. F. *Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil.* ***Building and Environment,*** v. 42, n. 7, p. 2512–2522, 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.07.019

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, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.18256/2318-1109/arqimed.v3n2p156-167

PARKER, J. M.; WILBY, R. L. Quantifying household water demand: a review of theory and practice in the UK. **Water Resources Management**, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11269-012-0190-2

PROENÇA, L. C.; GHISI, E. *Water end-uses in Brazilian office buildings****. Resources, Conservation and Recycling***, v. 54, n. 8, p. 489–500, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.10.005

SANT'ANA, D. *Domestic water end-uses and water conservation in multi-storey buildings in the federal district, Brazil.* ***Proceedings - 28th International PLEA Conference on Sustainable Architecture + Urban Design****: Opportunities, Limits and Needs - Towards an Environmentally Responsible Architecture*, PLEA 2012, n. November, 2012.

SAUTCHUK, C. et al. **Conservação e reúso da água em edificações.** São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005. 151p.

TOTUGUI, N.; SANT'ANA, D.; SANTOS, S. A.; SANTANA, L. F. Caracterização dos usos-finais de água de edifícios comerciais: estudo de caso de um café em Brasília-DF. *In:* **XIII Sispred**: 2019. p. 103–110.

WILLIS, R. M. et al. Gold coast domestic water end use study. **Water**, v. 36, n. 6, p. 84–90, 2009.

SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

TÉCNICAS DE AUDITORIA DO CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES

Building water audit techniques

SANTANA, Livia Ferreira[1]; SANT'ANA, Daniel Richard[2]

Recebido em 15 de julho de 2021, aprovado em 06 de setembro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

Palavras-chave:
Auditoria de água,
Consumo de água,
Usos finais de água.

Keywords:
Water audit,
Water consumption,
Water end-uses.

RESUMO: Diferentes técnicas de auditoria de água podem ser usadas para caracterizar os usos finais de água em edificações. A escolha das técnicas mais apropriadas é essencial para planejar uma auditoria eficaz em diferentes tipos de edifícios. Com isso em mente, este trabalho propôs classificar e analisar as diferentes técnicas de auditoria da água com base em uma revisão dos métodos delineados por estudos anteriores. Os resultados indicam que a maioria dos estudos usa mais de uma técnica de auditoria de água para coletar informações sobre o uso e consumo de água em edifícios. Análise documental e medições gerais são técnicas simples que ajudam a compreender o perfil do consumo de água das edificações e gerar indicadores de consumo predial. Entrevistas e questionários são técnicas de baixo custo que fornecem dados que podem ser usados para estimar os usos finais de água. Medições setorizadas fornecem informações sobre o consumo de água para determinadas atividades, ambientes ou trechos da rede hidráulica, enquanto medições específicas são capazes de fornecer dados por ponto de uso. Embora sejam capazes de fornecer dados precisos, apenas 8% dos estudos analisados fazem uso da técnica de análise de traço e 19% utilizam sensores de fluxo para caracterizar os usos finais de água em edificações, provavelmente devido à sua complexidade e custo elevado.

ABSTRACT: Different water auditing techniques can be used to characterize building water end-uses and consumption. Choosing the most appropriate techniques is essential to plan an effective water audit for different types of buildings. With this in mind, this paper set out to classify and analyze different water auditing techniques based on a review of the methods designed by previous studies. Results indicate that most studies use more than one water auditing technique to collect information regarding building water use and consumption. Documental analysis and general measurements from meter readings are simple techniques that helps to understand the profile of building water consumption and to generate water consumption indicators. Interviews and questionnaires are low-cost techniques that provide qualitative data that can be used to estimate water use. Sectorized measurements provide information regarding water consumption for certain activities, spaces or sections of plumbing network, whilst specific measurements are capable of providing water consumption data per fixture use. Measurements make use of water meters, flow rate trace equipment or water flow sensors. These might be connected to data logging and telemetry equipment to register water use events. Even though they are capable of providing precise data, only 8% of the analyzed studies makes use of the flow rate trace technique or water flow sensors (19%) to characterize building water end-use, probably due to its complexity and high costs.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **SANTANA, Livia Ferreira**: Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Instituto Federal de Goiás, livia.santana@ifg.edu.br

[2] **SANT'ANA, Daniel Richard**: Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Universidade de Brasília, dsantana@unb.br

1 INTRODUÇÃO

Alcantara et al. (2021, p.143) definem auditoria de água como um "processo documentado na avaliação quantitativa e qualitativa dos fluxos de água dentro de um determinado domínio". Em sua essência quantitativa, o volume de água utilizada em diferentes tipos de uso é examinado (auditoria do consumo de água). Já sua essência qualitativa avalia as características físicas, químicas e bacteriológicas dos volumes de entrada e saída dentro de um determinado domínio (auditoria da qualidade de água). Auditoria de água pode ser realizada em diferentes escalas e cenários, em sistemas naturais (como bacias hidrográficas, rios e lagos) ou no ambiente construído (em sistemas hidráulicos urbanos e prediais).

Em edificações, a auditoria do consumo de água é capaz de realizar um diagnóstico do desempenho do sistema predial, gerando indicadores de consumo, vazão de equipamentos hidrossanitários, frequência e tempo de uso, além de extrair informações sobre hábitos de uso e rotinas de manutenção predial, higienização de ambientes e irrigação paisagística (ALCANTARA et al., 2021). Essas informações são essenciais para o dimensionamento de sistemas prediais de água (HONORATO e CAMPOS, 2019), desenvolvimento de equipamentos economizadores de água (ROCHA et al., 1998), análise e avaliação de programas de conservação de água (SANT'ANA e MAZZEGA, 2018), previsão de demanda de água (DEOREO et al., 1996), gestão de recursos hídricos e criação de políticas públicas (MAZZEGA et al., 2019).

O processo de auditoria do consumo de água em edificações subdivide-se em três fases. Inicialmente, é realizada uma análise e diagnóstico preliminar do consumo de água. Em seguida, um levantamento do edifício e diagnóstico do consumo. Por fim, as informações conduzem à elaboração de um plano de intervenção voltada à conservação de água na edificação analisada (SAUTCHUK et al., 2005). O processo de auditoria do consumo de água pode fazer uso de diferentes técnicas para obter informações sobre o uso da água na edificação analisada. Essas técnicas vêm sendo aprimoradas em função da necessidade do conhecimento detalhado do perfil do consumo de água, tanto na coleta quanto no tratamento dos dados (ROCHA; BARRETO e IOSHIMOTO, 1998).

Nesse sentido, este estudo teve como objetivo classificar e analisar as diferentes técnicas de auditoria do consumo de água em edificações. Para tanto, foi realizada uma revisão dos métodos delineados em estudos prévios que realizaram uma auditoria do consumo de água para caracterizar os usos finais de água, através de uma busca nos bancos de dados *Scopus*, SciELO, *Web of Science* e *Google Scholar*, utilizando as palavras-chave em Inglês foram "*water audit*", "*water smart meter*", "*water end-use*" e "*water use*". Os mesmos termos foram utilizados em português: "auditoria de água", "medidor de fluxo de água", "uso final de água" e "uso da água". A seleção dos artigos foi iniciada pelos títulos, em seguida pelos resumos e por fim, pela leitura do texto completo, para análise e exclusão daqueles não relacionados ao objetivo da pesquisa.

2 TÉCNICAS DE AUDITORIA DO CONSUMO DE ÁGUA

Foi possível observar o uso de diferentes técnicas de auditoria, desde a simples aplicação de questionários e registro de informações em diários (THACKRAY et al., 1978) ao monitoramento e aquisição de dados pela instalação de equipamentos de medição e registro de eventos de consumo em tempo real (DEOREO et al., 1996). As técnicas de auditoria do consumo de água em edificações podem ser classificadas em:

a. **Análise documental.** Técnica que faz uso de contas de água, projetos hidráulicos e de arquitetura, ficha cadastral de moradores, funcionários, estudantes ou demais ocupantes, para coletar dados relativos ao consumo predial mensal e anual, composição das redes hidráulicas, área construída, área verde e população fixa e flutuante (OLIVEIRA, 1999). É uma técnica simples capaz de gerar indicadores de consumo de água *per capita* (litro/pessoa/dia) ou por área (litro/m^2/dia).

b. **Medições gerais.** Técnica capaz de realizar o monitoramento do consumo de água a partir de medições pelo alimentador predial, podendo obter informações sobre o volume de água utilizado pela edificação dentro de um intervalo de tempo, pressão e detecção da existência de possíveis vazamentos. As leituras podem ser registradas à mão em um diário de registro (THACKRAY et al., 1978), remotamente por telemetria (TAMAKI et al., 2006) ou armazenadas em um dispositivo *data logger* (BARRETO, 2008).

c. **Medições setorizadas.** Consiste na instalação de medidores em determinados ambientes, unidades ou trechos hidráulicos para obtenção de informações relativas ao consumo de água para determinadas atividades (TAMAKI et al., 2006). Esta técnica é comumente associada ao uso de telemetria ou dispositivos *data loggers* para registro de dados.

d. **Medições específicas.** Utilizadas para quantificar os fluxos de água em pontos de consumo e podem empregar métodos variados. O mais simples, é pelo uso de **cronômetros** fixados ao lado de torneiras e chuveiros para a realização de registros do tempo de abertura de cada aparelho (SANT'ANA e MAZZEGA, 2017). Essa técnica é associada com diários para registrar, ao fim de cada dia, o tempo total de uso de água de cada ponto. O volume de água utilizado pode ser estimado pelo produto do tempo registrado e vazão do aparelho. **Sensores de fluxo** instalados em pontos de uso de água realizam uma leitura instantânea do volume e do tempo de uso (ROCHA et al., 1998). Trata-se de um medidor de fluxo rotativo com sensor eletromagnético que emite um pulso a cada rotação da turbina e encaminha as informações para dispositivos *data loggers* para o armazenamento do registro de cada evento de uso de água. Um único medidor de fluxo pode ser instado no hidrômetro de entrada de uma rede direta de abastecimento de água para uma **análise de traço** da vazão - do Inglês, *flow rate trace* (DEOREO et al., 1996). Esta técnica consiste no rastreamento da assinatura da vazão de cada aparelho hidrossanitário, associado a um *data logger* para registro de dados e software capaz de identificar o perfil de consumo por uso final (GOMEZ; ALVES, 2000).

e. **Diários de registro.** Esta técnica envolve o registro de informações relativas ao uso ou consumo de água realizada por usuários ou gestores prediais, à mão ou por meios eletrônicos. O registro pode ser realizado em folhas fixadas ao lado de pontos de consumo (SANT'ANA, 2012), livro de registro de leituras de hidrômetro ou em diários individuais, um para cada usuário (GHISI e OLIVEIRA, 2006).

f. **Observações.** Técnica que possibilita examinar o comportamento de usuários e obter informações sobre seus hábitos de consumo de água e dos equipamentos utilizados. Por meio de **observações diretas (*in loco*)** dados de consumo podem ser extraídos no local onde os eventos de uso de água ocorrem naturalmente (NASCIMENTO e SANT'ANA, 2014), e devem ser realizadas com discrição de maneira a não interferir no

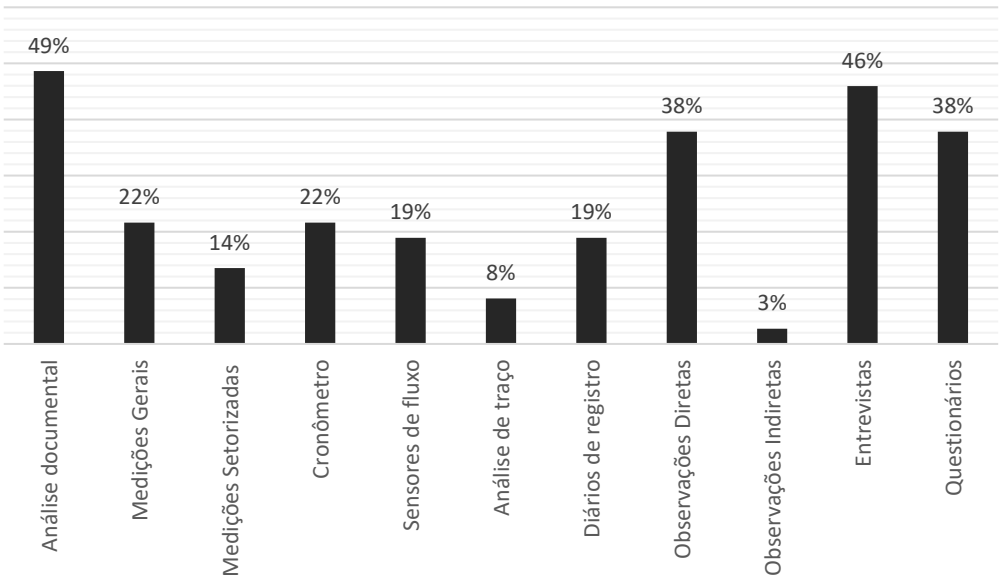
comportamento do usuário para não resultar em informações incorretas (OLIVEIRA, 1999). **Observações indiretas**, faz uso de recurso audiovisual para registro de eventos de uso de água em ambientes em que a observação *in loco* não é possível, dada limitações espaciais (interferência do pesquisador nas atividades de usuários) e temporais (longos períodos de tempo para permanência de pesquisados) ou cujas ações de uso de água ocorrem simultaneamente (dificultando o registro por um único observador) (Sant'Anna et al., 2013).

g. Entrevistas. Técnica qualitativa capaz de extrair informações baseadas na percepção e vivência pessoal de usuários no levantamento das diferentes atividades relacionadas ao uso da água (SAUTCHUK et al., 2005). As entrevistas realizadas pelo pesquisador podem ser estruturadas (perguntas fechadas), semiestruturadas ou não-estruturadas (perguntas abertas).

h. Questionários. Técnica que consiste na elaboração de uma série de questões para coletar dados relativos ao uso de água de usuários com ou sem a presença do entrevistador, à mão ou por meios eletrônicos (KAMMERS e GHISI, 2005; CAMPUS et al., 2021, No prelo).

As técnicas de auditoria do consumo de água foram identificadas a partir da literatura revisada com uma amostragem de 37 artigos que abordaram 8 tipos de técnicas específicas, conforme apresentado na Tabela 1 e suas respectivas vantagens e desvantagens (Tabela 2). A Figura 1 apresenta a relação das técnicas de auditoria do consumo de água em edificações utilizadas pelos estudos analisados. Observa-se que mais de uma técnica pode ser utilizada por auditoria.

Figura 1 – Técnicas de auditoria utilizadas pelos estudos analisados



Fonte: Autoria própria.

Tabela 1 – Técnicas de auditoria do consumo de água

	Análise documental	Medições gerais	Medições setorizadas	Medições específicas: Cronômetros	Medições específicas: Sensores de fluxo	Medições específicas: Análise de traço	Diários de registro	Observações Diretas	Observações Indiretas	Entrevistas	Questionários
Thackray et al. (1978)		✓					✓			✓	
DeOreo et al. (1996)						✓	✓				✓
Rocha et al. (1998)		✓			✓						
Oliveira (1999)	✓	✓	✓					✓			
Gomez e Alves (2000)						✓		✓		✓	✓
Cobacho et al. (2005)			✓		✓						
Kammers e Ghisi (2005)										✓	✓
Ghisi e Oliveira (2006)							✓				
Ilha et al. (2006)										✓	
Barreto (2008)		✓			✓						
Marinoski e Ghisi (2008)											✓
Proença e Ghisi (2009)										✓	✓
Fasola et al. (2011)										✓	✓
Sant'Ana (2012)	✓			✓			✓	✓			✓
Calza et al. (2012)	✓										
Agana et al. (2013)			✓								
Barrington et al. (2013)									✓	✓	
Bint et al. (2013)	✓				✓						
Sant'Ana et al. (2013)	✓		✓	✓	✓		✓	✓			✓
Sant'Anna et al. (2013)	✓	✓		✓			✓	✓		✓	
Nascimento e Sant'Ana (2014)				✓				✓		✓	✓
Collett et al. (2016)								✓			
Jenicek et al. (2016)						✓				✓	
D'Alessandro et al. (2016)											✓
Khan (2016)				✓				✓			
García-Sanz-Calcedo et al. (2017)		✓									
Santana e Sant'Ana (2017)				✓				✓			✓
Sant'Ana e Mazzega (2017)	✓	✓		✓			✓			✓	✓
Soares et al. (2017)			✓					✓		✓	
Barbosa et al. (2018)	✓							✓		✓	✓
Buono (2018)										✓	
Gómez-Chaparro et al. (2018)		✓								✓	
Santos e Sant'Ana (2019)				✓				✓			
Miranda et al. (2019)					✓					✓	✓
Potgieter et al. (2020)								✓			
Trindade et al. (2020)								✓		✓	
Bomfim e Sant'Ana (2021)					✓						

Fonte: Autoria própria.

Tabela 2 – Vantagens e desvantagens

TÉCNICA	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Análise documental	• Informações gerais do consumo de água predial	• Informações sobre consumo não correspondem ao período de auditoria • Não fornece informações sobre uso final de água
Medições Gerais	• Medições gerais do consumo de água predial	• Não fornece informações sobre uso final de água • Acompanha as alterações do consumo de água na edificação
Medições Setorizadas	• Medições precisas do consumo de água em setores específicos • Identificação de possíveis vazamentos	• Técnica mais complexa e demorada • Necessária a instalação de vários hidrômetros • Custo elevado quando comparado a outras técnicas • Identificação dos usos da água por setor
Medições Específicas	**Cronômetros**	
	• Informações do tempo de uso dos aparelhos sanitários • Medição do volume de água • Técnica versátil	• Necessária a realização de levantamento dos equipamentos consumidores de água para cálculo da vazão
	Sensores de fluxo	
	• Técnica precisa e confiável • Detalhamento do consumo de água por aparelho sanitário • Informações sobre o uso final de água • Capacidade de medição de vazão com precisão • Técnica indicada para qualquer tipologia	• Técnica mais complexa e demorada • Custo elevado quando comparado a outras técnicas
	Análise de traço	
	• Técnica não invasiva • Nível de precisão satisfatório para determinação do perfil do uso de água • Informações sobre uso final de água	• Restrição quanto ao rastreio do consumo de água quando há utilização simultânea de mais de um equipamento • Limitação técnica para edifícios com alimentação indireta, com reservatório elevado • Técnica mais adequada para edificações residenciais
Diários de Registro	• Economia de custo para realização da auditoria • Informações sobre o uso final de água • Técnica simples	• Necessário o registro o do tempo e frequência de uso pelo usuário • Técnica passível de erro • Precisam ser bem elaborados para obtenção dos dados

Continua...

Tabela 2 – Vantagens e desvantagens (Continuação)

TÉCNICA	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Observações	**Diretas (*in loco*)**	
	• Possibilita avaliar o comportamento dos usuários quanto ao uso da água • Permite a obtenção de dados não possíveis com uso do questionário e da entrevista • Não há um roteiro para a coleta de dados • Permite registrar o tempo e frequência de uso de cada aparelho sanitário • Identificação do perfil do consumo de água	• Técnica mais demorada • O usuário tende a criar impressões desfavoráveis pela presença do observador • Os usos dos aparelhos sanitários podem ocorrer simultaneamente, dificultando a coleta de dados
	Indiretas (vídeo)	
	• Possibilita avaliar o comportamento dos usuários quanto ao uso da água • Permite a obtenção de dados não possíveis com uso do questionário e da entrevista • Não há um roteiro para a coleta de dados • Permite registrar o tempo e frequência de uso de cada aparelho sanitário • Identificação do perfil do consumo de água	• Técnica mais rápida e eficiente • O usuário não cria impressões desfavoráveis porque não há a presença do observador no local • Permite a coleta de dados quando há uso simultâneo dos aparelhos sanitários
Entrevistas	• Informações sobre hábitos do consumo de água • Levantamento da frequência e tempo de uso dos aparelhos sanitários • Quantificação do número de aparelhos sanitários e características tipológicas	• Disposição do entrevistado em fornecer informações necessárias • Necessidade de tempo para realização
Questionários	• Informações sobre hábitos do consumo de água • Levantamento da frequência e tempo de uso dos aparelhos sanitários • Identificação do número de aparelhos sanitários e características tipológicas das edificações • Economiza tempo e obtém grande número de dados • Atinge um maior número de pessoas simultaneamente • Economia de pessoal no trabalho de campo	• Inconveniente para usuários dependendo da tipologia • Porcentagem pequena dos questionários que voltam • Grande número de perguntas sem resposta • Depende da assiduidade das anotações pelo usuário • Depende do entendimento do usuário, da sistemática das anotações relacionadas aos usos da água, horários, frequências e dos dados provenientes da caracterização dos aparelhos sanitários • Impossibilidade de ajudar o entrevistado em questões mal compreendidas

Fonte: Autoria própria.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A auditoria do consumo de água é considerada uma prática desejável para propor estratégias conservadoras e evitar problemas futuros com a falta de água nas edificações. Considerando a necessidade de estimar onde e como a água é usada no edifício, o uso de diferentes técnicas auxilia na busca dessas informações e as vantagens e desvantagens identificadas nesse processo de revisão de literatura podem ser consideradas como fatores para a escolha da técnica a ser empregada.

Verificou-se que a análise documental pode não corresponder ao período da realização da auditoria do consumo de água, que as medições no hidrômetro fornecem apenas o consumo predial total e as medições setorizadas, o consumo de água por setores em que os hidrômetros foram instalados.

Técnicas como entrevistas, questionários, observações e diários de registro auxiliam nas estimativas dos usos finais, mas podem gerar informações imprecisas. Por sua vez, as medições específicas fornecem frequência e tempo de uso de cada aparelho sanitário, bem como os usos finais de água. É uma técnica mais precisa, porém mais complexa e demorada, além da necessidade da instalação de equipamentos específicos para medição do consumo de água. A maioria dos estudos na literatura revisada utilizou análise documental (49%), entrevistas (46%), questionários (38%) e observações diretas (38%). Poucos fizeram uso de técnicas mais precisas para estimar os usos finais de água utilizando sensores de fluxo (19%) ou análise de traço (8%).

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e à CAPES, pelo apoio recebido e à Universidade de Brasília, pelo financiamento proveniente da FUB/UnB/DPG para apoio à execução de projetos de pesquisas científicas, tecnológicas e de inovação.

REFERÊNCIAS

AGANA, B. A.; REEVE, D.; ORBELL, J. D. An approach to industrial water conservation - A case study involving two large manufacturing companies based in Australia. **Journal of Environmental Management**, v. 114, p. 445–460, 2013.

ALCANTARA, I.; Técnicas de auditoria do consumo de água: relatos de experiência em campo. In: PANTOJA, João da Costa; BUZAR, Márcio Augusto Roma; PORTO, Naiara Guimarães de Oliveira (org.). **Tecnologia, ambiente e sustentabilidade**: coletânea de artigos. p. 142-156. Brasília: LaSUS FAU, 2021.

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.

BARRETO D. **Perfil do consumo residencial e usos finais da água**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 23-40, abr./jun. 2008.

BARRINGTON, D. J.; PRIOR, A.; HO, G. The role of water auditing in achieving water conservation in the process industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 52, p. 356–361, 2013.

BINT, L.; VALE, R.; ISAACS, N. Water Efficiency in Office Buildings. **Water Efficiency in Buildings: Theory**

and Practice, p. 241–251, 2013.

BOMFIM, B. C.dos S.; SANT'ANA, D. Análise dos usos-finais de água de uma quitinete em Brasília. In: SANT'ANA, Daniel (org.). **Água e o ambiente construído.** Ponta Grossa - PR: Atena, 2021. p. 25-36.

BUONO, L. N. **Diagnóstico de uso de água no hospital de Londrina : estudo de caso**. Londrina: Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.

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.

CAMPUS, M. A. S. et al. Impact of the COVID-19 pandemic on water consumption behaviour. **Water Supply**, v?, n?, p. 1-10, 2021. No prelo.

COBACHO, R. et al. Improving efficiency in water use and conservation in Spanish hotels. **Water Science and Technology: Water Supply**, v. 5, n. 3–4, p. 273–279, 2005.

COLLETT, S. et al. 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.

D'ALESSANDRO, D. et al. Water use and water saving in Italian hospitals: A preliminary investigation. **Annali dell'Istituto Superiore di Sanità**, v. 52, p. 56–62, 2016.

DEOREO, W. B.; HEANEY, J. P.; MAYER, P. W. Flow trace analysis to assess water use. **American Water Works Association**, v. 88, p. 79–90, 1996.

FASOLA, G. B. et al. Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 4, p. 65–78, 2011.

GARCÍA SANZ-CALCEDO, J. et al. Analysis of the average annual consumption of water in the hospitals of extremadura (Spain). **Energies**, v. 10, n. 4, 2017.

GHISI, E.; OLIVEIRA, S. M. DE. Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil. **Building and Environment**, v. 42, n. 4, p. 1731–1742, 2006.

GÓMEZ-CHAPARRO, M.; GARCÍA SANZ-CALCEDO, J.; ARMENTA-MÁRQUEZ, L. Study on the use and consumption of water in Spanish private hospitals as related to healthcare activity. **Urban Water Journal**, v. 15, n. 6, p. 601–608, 2018.

GOMEZ, J.; ALVES, W. C. Final Water Consumption in Building Installations Using the Flow Rate Trace. In: Proceedings 26th International Symposium on Water Supply and Drainage for Buildings. n. 1, p. 1–9, 2000.

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.

ILHA, M. S. D. O.; NUNES, S. DA S.; SALERMO, L. S. Programa de conservação de água em hospitais: estudo de caso do Hospital das Clínicas da Universidade Estadual de Campinas. **Ambiente Construído**, v. 6, n. 1, p. 91–97, 2006.

JENICEK, E. M. et al. Methods of Estimating Water End Use at US Army Installations. **Journal - American Water Works Association**, v. 108, n. 2, p. E67–E76, 2016.

KAMMERS, P. C.; GHISI, E. Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, v. 6, n. 1, p. 75–90, 2005.

KHAN, S. Restroom water reduction potential at an Urban University. **Sustainability (United States)**, v. 9, n. 6, p. 295–304, 2016.

MARINOSKI, A. K.; GHISI, E. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC. **Ambiente Construído**, v. 8, n. 2, p. 67–84, 2008.

MAZZEGA, P. ; LE QUEAU, D. ; SIBERTIN-BLANC, C. ; SANT'ANA, D. Water Management and Development: The Limits of Coordination.. In: Boulet R.; Lajaunie C.; Mazzega P. (Org.). **Law, Public Policies and Complex Systems:** Networks in Action. 1ed.: Springer, 2019, v. 42, p. 153-175.

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**, v. 3, n. 2, p. 156–167, 2014.

OLIVEIRA, L. H. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios**. São Paulo: Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade de São Paulo, 1999.

POTGIETER, M. S. W. et al. Water-wise hand preparation-the true impact of our practice: A controlled before-and-after study. **South African Medical Journal**, v. 110, n. 4, p. 291–295, 2020.

PROENÇA, L. C.; GHISI, E. Estimativa de usos finais de água em quatro edifícios de escritórios localizados em Florianópolis. **Ambiente Construído**, v. 9, n. 3, p. 95–108, 2009.

ROCHA, A. L.; BARRETO, D.; IOSHIMOTO, E. Caracterização e monitoramento do consumo predial de água. p. 38, 1998.

SANT'ANA, D. Domestic Water end-uses and water conservation in multistorey buildings in the Federal District, Brazil. In: **PLEA 2012** - 28th Conference, Opportunities, Limits & Needs Towards an environmentally responsible architecture Lima, Perú, 2012.

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**, Brasília, v. 10, n. 10, p. 77–84, 2013.

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.

SANTANA, P. M.; SANT'ANA, D. Water use and conservation in educational centres of the Federal District, Brazil. **Proceedings of 33rd PLEA International Conference: Design to Thrive, PLEA 2017**, v. 3, n. July, p. 5173–5180, 2017.

SANT'ANNA, R.; MIRANDA, R.; CÉSAR, L.; SANT'ANA, D. 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, P. A. S.; RAMOS, S. R.; SANT'ANA, D. Uso racional de água: análise do potencial de redução do consumo em escolas públicas. **In: III Encuentro Latinoamericano y Europeo sobre Edificaciones y Comunidades Sostenibles**, 2019.

SAUTCHUK, C. et al. **Conservação e Reúso da água em Edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.

SOARES, A. E. P. S.; NUNES, L. G. C. F.; SILVA, S. R. DA. Diagnóstico dos Indicadores de Consumo de Água em Escolas Públicas de Recife - PE. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 13, n. 1, p. 107–118, 2017.

TAMAKI, H.O.; Silva, G. S.; Gonçalves, O. M. A medição setorizada como instrumento de gestão da demanda de água em sistemas prediais. **Ambiente Construído,** v. 6, n.1, p. 63-74, 2006.

THACKRAY, J. E.; COCKER, V.; ARCHIBALD, G. The Malvern and Mansfield studies of domestic water usage. **Proceedings of the institution of civil engineers: part 1 - design and construction**, v. 64, p. 37–61, 1978.

TRINDADE, M.; BUONO, L. N.; COSTANZI, R. N. Uso de água em lavanderia de Hospital Universitário de Londrina: estudo de caso. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, p. 921, 2020.

SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

POTENCIAL DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA PARA DIFERENTES TIPOLOGIAS ARQUITETÔNICAS NA BACIA DO RIO TRAPICHEIRO, RJ

Potential water consumption decrease on different architectural typologies in the Trapicheiro Watershed, RJ

OKUMURA, Celí Kiyomi [1]; CARVALHO, Fabiana Ferreira [2]; RODRIGUES, Silvana Barbeitas Lourenço [3]; GUIMARÃES, Luciana Fernandes [4]; VERÓL, Aline Pires [5]

Recebido em 15 de julho de 2021, aprovado em 06 de setembro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

Palavras-chave:
Sistemas prediais,
Conservação da água,
Tipologias arquitetônicas.

Keywords:
Building systems,
Water conservation,
Architectural typologies.

RESUMO: A concepção dos sistemas prediais hidrossanitários assume um papel relevante na sustentabilidade ambiental edilícia. No tocante à conservação de água nas edificações, diferentes ações podem otimizar a operação desses sistemas, como a adoção de dispositivos economizadores e o uso de fontes hídricas não convencionais para fins não potáveis. Tais medidas reduzem o consumo de água potável, beneficiando economicamente o usuário e diminuindo a pressão sobre a disponibilidade hídrica na escala urbana. Neste contexto, este trabalho tem por objetivo avaliar e comparar o potencial de redução do consumo de água em edificações, considerando três tipologias arquitetônicas de uso residencial na Bacia do Rio Trapicheiro, município do Rio de Janeiro. A partir do estudo, verificou-se que o uso de dispositivos economizadores pode ser uma solução sustentável generalizada na construção civil, independente da tipologia arquitetônica. Por outro lado, o aproveitamento de água de chuva depende da área de captação. Além disso, observou-se, também, que o potencial de economia gerado por unidade domiciliar decresce com a verticalização da edificação. Por fim, observa-se que o tempo de retorno obtido para a substituição dos aparelhos tradicionais é aceitável para classe média brasileira, sendo necessário avaliar mecanismos de incentivo para classes menos favorecidas.

ABSTRACT: The plumbing systems design plays an important role in building environmental sustainability. Regarding water conservation in buildings, distinct initiatives can optimize the operation of these systems, such as the adoption of low-flow fittings and the use of non-conventional water sources for non-potable purposes. These measures reduce drinking water consumption, economically benefiting the consumer and reducing the pressure on water availability at the urban scale. In this context, this work aims to evaluate and compare the potential for reducing water consumption in buildings, considering three architectural typologies of residential use in the Trapicheiros Watershed, in the City of Rio de Janeiro. The study indicates that the use of low-flow fittings can be a widespread sustainable solution in civil construction, regardless of the architectural typology. On the other hand, the use of rainwater depends on the catchment area. In addition, it was also observed that the potential for savings generated by households decreases with the building verticalization. Finally, it is observed that the payback obtained for the replacement of traditional sanitary fittings is acceptable for the Brazilian middle class, and it is necessary to evaluate incentive mechanisms for those from lower-income classes.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **OKUMURA, Celí Kiyomi**: Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura de Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, celi.okumura@fau.ufrj.br
[2] **CARVALHO, Fabiana Ferreira**: Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura de Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, fabiana.carvalho@fau.ufrj.br

Continua ...

CONTATO DOS AUTORES (CONTINUAÇÃO):

[3] **RODRIGUES, Silvana Barbeitas Lourenço**: Faculdade de Arquitetura de Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, silvana.rodrigues@fau.ufrj.br
[4] **GUIMARÃES, Luciana Fernandes**: Programa de Engenharia Civil, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, lucianafg@poli.ufrj.br
[5] **VERÓL, Aline Pires**: Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura de Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, alineverol@fau.ufrj.br

XIV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS (SISPRED 2021)

1 INTRODUÇÃO

A concepção dos sistemas prediais hidrossanitários assume um papel relevante na sustentabilidade ambiental edilícia. No tocante à conservação de água nas edificações, existem diferentes ações que otimizam a operação desses sistemas, dentre os quais pode-se destacar a medição individualizada (SALGADO, 2008) , que auxilia na conscientização do usuário sobre o real consumo da edificação, a substituição de aparelhos tradicionais por dispositivos economizadores (DE), reduzindo a demanda da edificação, e o uso de fontes hídricas não convencionais para fins não potáveis, usualmente denominadas alternativas de gestão da oferta, como o aproveitamento de água de chuva de coberturas (ACC). Tais medidas reduzem o consumo de água potável, beneficiando economicamente o usuário e, na escala urbana, diminuindo a pressão sobre a disponibilidade hídrica. Além disso, promovem menor consumo de energia, reduzindo custos de tratamento e distribuição de água potável, bem como, contribuem para a preservação de recursos naturais (DA SILVA *et al.*, 2020).

Portanto, pode-se dizer que os cuidados com os sistemas prediais hidrossanitários de uma edificação revertem para o bom funcionamento da cidade, apontando para um caminho de desenvolvimento, pois é parte da indústria da construção que desempenha papel fundamental no crescimento das cidades (BALOI, 2003). Nesse contexto, em apoio ao conceito de desenvolvimento sustentável, publicou-se a Agenda 21 para construção sustentável em 1999 e, mais tarde, a Nova Agenda Urbana (2016), com o intuito de promover a adoção de processos de construção sustentável que envolvam novos procedimentos de projeto e de materiais, operação amigável e manutenção orientada ambientalmente, para ajudar a mitigar as perdas de recursos naturais e os desafios das mudanças climáticas (CIB; UNEP-IETC, 2002).

No Brasil, a publicação das normas NBR 16.782 (ABNT, 2019b), que trata da conservação de água em edifícios novos e existente e NBR 16.783 (ABNT, 2019c), que aborda o uso de fontes alternativas não potáveis em edificações, reforçam a preocupação no âmbito da construção civil nacional.

Nesse sentido, este trabalho tem por objetivo avaliar e comparar o potencial de redução do consumo de água em edificações considerando a adoção de DE ou do aproveitamento de ACC. Para esta análise, foram selecionadas três tipologias arquitetônicas de uso residencial (TAUR) em um ambiente urbano consolidado de forma a verificar se há ou não influência da tipologia no potencial de economia de água potável considerando as alternativas propostas. Como limitação, o presente estudo avalia a utilização de uma única ação sustentável, ou seja, na alternativa com o aproveitamento de ACC não é considerada a substituição dos aparelhos tradicionais. Além disso, na comparação inicial é considerado o potencial de aproveitamento

de ACC (disponibilidade teórica de água de chuva) sem a especificação dos pontos de consumo de água não potável na edificação.

2 MÉTODO

Este trabalho foi desenvolvido tendo como caso de estudo a Bacia do Rio Trapicheiro, localizada na Zona Norte do município do Rio de Janeiro. Nesse contexto, para avaliar o potencial de redução do consumo de água na bacia, foram adotadas as seguintes etapas:

a) Seleção de três TAUR;

b) Análise do consumo hídrico mensal de cada tipologia:

   b.1) Consumo total (VT), considerando-se o consumo médio de água de 2015 a 2019 no MRJ (SNIS, [*s. d.*]), a quantidade de economias e a média de pessoas por domicílio (IBGE, [*s. d.*]);

   b.2) Distribuição do consumo por pontos de utilização, baseando-se nos percentuais descritos no PNCDA (1998, p. 32);

c) Estimativa do potencial de redução do consumo de água potável propondo duas alternativas:

   c.1) Substituição de aparelhos tradicionais (bacias sanitárias, chuveiros, torneiras do lavatório, da cozinha e da área de serviço) por DE. A economia de água foi estimada a partir da média aritmética do percentual de redução de consumo informado por quatro fabricantes para aparelhos semelhantes. Os demais aparelhos foram desconsiderados, adotando-se volumes fixos pertinentes às atividades;

   c.2) Aproveitamento de ACC, baseando-se na área do telhado das tipologias e nos dados pluviométricos do Posto da Tijuca do período de 1997 a 2018 (ALERTA RIO, [*s. d.*]). Para essa alternativa, foi considerada exclusivamente a disponibilidade teórica de ACC para cada tipologia - NBR 15.527 (ABNT, 2019a), sem a especificação das demandas por água não potável, de modo a permitir a comparação com a economia gerada por DE.

d) Fatura mensal da alternativa que apresentou maior potencial de redução do consumo por TAUR, considerando-se 30 dias, as faixas de cobrança praticada pela CEDAE ([*s. d.*]);

e) Análise comparativa dos resultados de redução tarifária e de consumo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

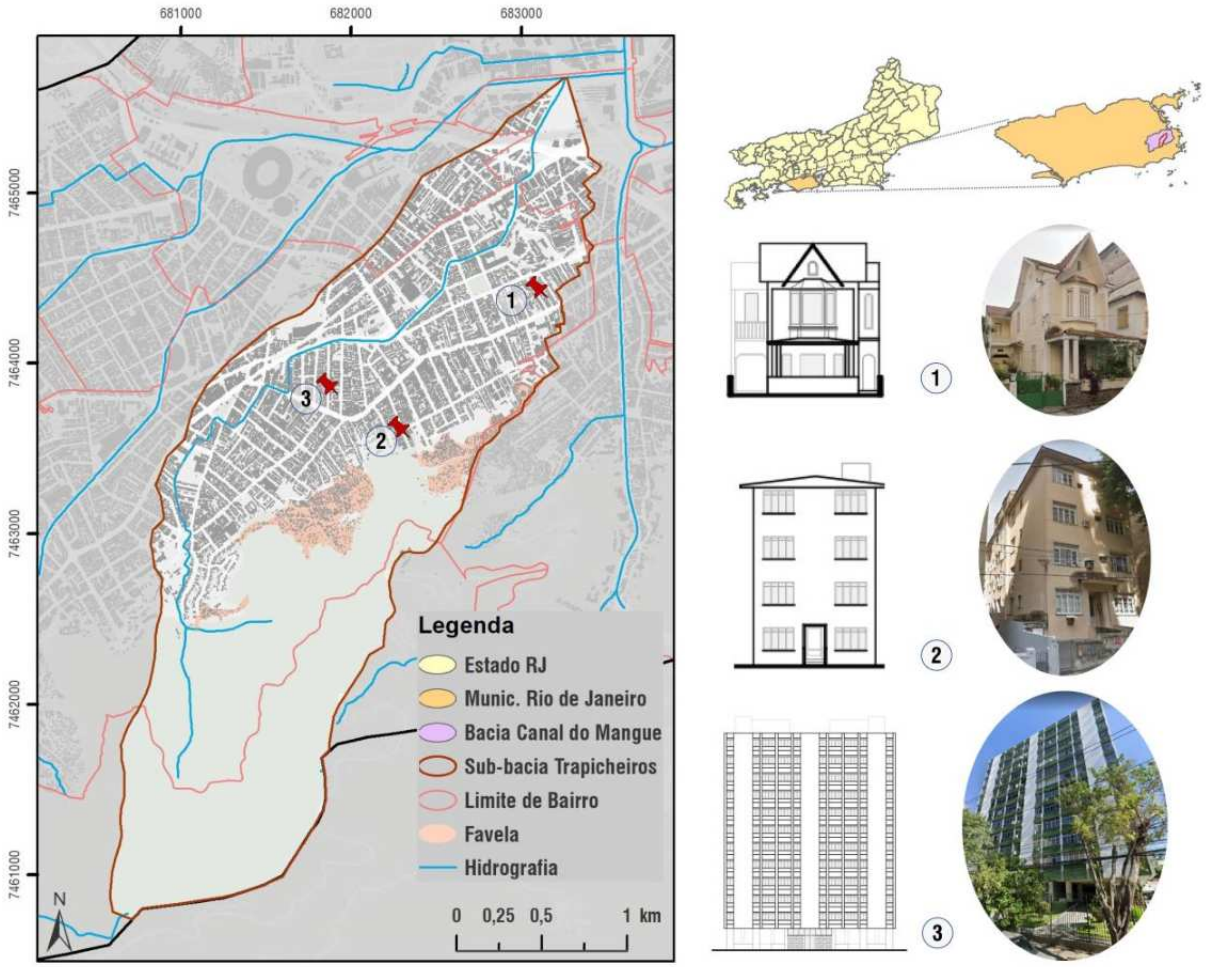
3.1 Caracterização do caso de estudo

O bairro Tijuca, localizado na Zona Norte do Município do Rio de Janeiro (MRJ), foi selecionado por sua relevância histórica na expansão urbana local, cujo início ocorreu no final do século XIX, consolidando-se ao longo do século XX (QUEIROZ *et al.*, 2008). Portanto, nesse ambiente urbano foram selecionadas as três tipologias arquitetônicas mais recorrentes, apresentadas na Figura 1, para avaliar o desempenho da aplicação das duas alternativas propostas para reduzir o consumo de água.

Como premissa para seleção das tipologias, optou-se por avaliar edifícios de uso residencial, sendo um unifamiliar e dois multifamiliares com gabaritos de quatro e onze pavimentos que

apresentam a mesma composição de áreas molhadas: dois banheiros, uma cozinha, uma área de serviço e um banheiro de serviço. Outras características das TAUR são apresentadas na Tabela 1.

Figura 1 - Localização das TAUR na Bacia do Rio Trapicheiro - RJ



Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 1 – Características das TAUR

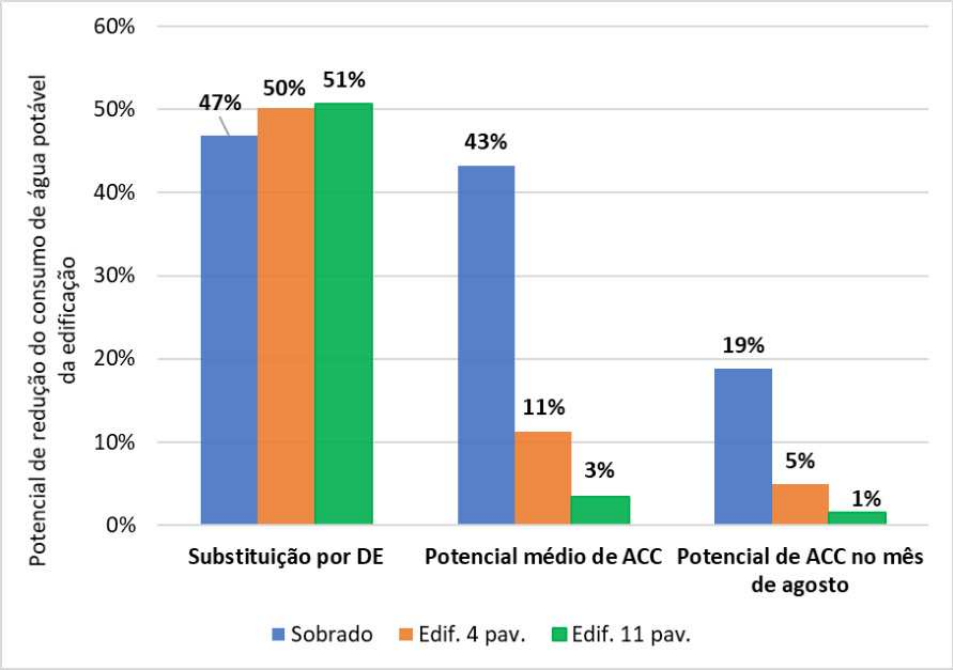
TAUR	Economias	Área (m^2)				Consumo (m^3/mês)	Tarifa Mensal (R$)
		Terreno	Telhado	Jardim	Piso externo		
Sobrado	1	171	115	2	53	27,45	392,94
Edifício 4 pav.	8	360	240	6	114	219,60	3.143,50
Edifício 11 pav.	110	2140	1000	100	940	3.019,50	43.223,16

Fonte: Autoria própria (2021).

3.2 Resultados

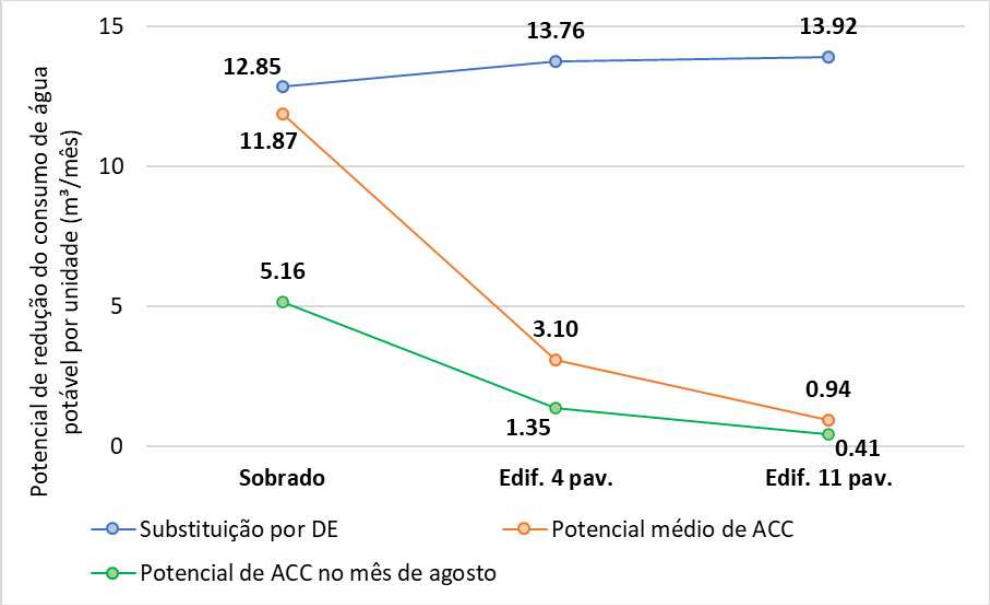
Com a substituição dos aparelhos tradicionais por DE observa-se um potencial de redução do consumo de cerca de 50 %, independentemente da TAUR, conforme apresentado na Figura 2. Por outro lado, o aproveitamento da ACC está limitado à precipitação média e à área de captação no telhado, resultando em potenciais de redução no consumo de água potável variáveis em função da TAUR. Apesar de ocorrer um incremento na área do telhado nas tipologias multifamiliares, em especial no edifício de 11 pavimentos, esse aumento não é proporcional à quantidade de economias. Com isso, o potencial de redução do consumo por unidade decresce com a verticalização da edificação. As Figuras 2 e 3 apresentam os resultados obtidos em termos de redução do consumo e água potável na edificação e por unidade residencial, respectivamente. Além disso, o potencial de aproveitamento de ACC no mês de menor índice pluviométrico (agosto) também é apresentado considerando que o uso do potencial médio demanda reservatórios de maior capacidade para regularizar a vazão.

Figura 2 – Potencial de redução do consumo de água potável da edificação.



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 3 – Potencial de redução do consumo de água potável por unidade residencial.



Fonte: Autoria própria (2021).

Esses resultados ressaltam a importância da gestão da demanda como o primeiro passo para a conservação da água na edificação. Apesar de ser uma ação bastante simples sob o ponto de vista construtivo, a substituição dos aparelhos tradicionais por DE por si só é capaz de reduzir o consumo de água de forma expressiva, refletindo esta economia na tarifa mensal. A Tabela 2 apresenta o custo de compra e instalação dos DE e a economia anual decorrente da redução do consumo. Considerando as TAUR analisadas e os seus respectivos consumos, o tempo de retorno do investimento em DE é de, aproximadamente, 20 meses. Este tempo de retorno se iguala em todas as TAUR porque elas apresentam a mesma composição de áreas molhadas e, consequentemente, os mesmos DE por unidade residencial.

Tabela 2 - Investimento em DE, economia anual e tempo de retorno do investimento.

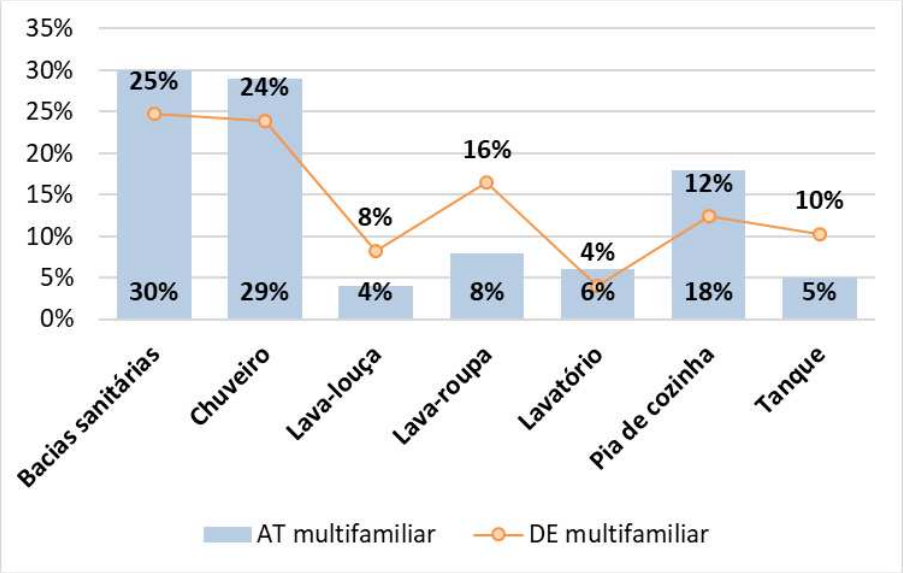
TAUR	Economias	Instalação DE	Economia anual	Tempo de retorno (meses)
Sobrado	1	R$ 5.034,86	R$ 3.046,67	20
Edif. 4 pavtos.	8	R$ 40.278,86	R$ 24.373,40	20
Edif. 11 pavtos.	110	R$ 553.834,33	R$ 335.134,21	20

Fonte: Autoria própria (2021).

Para edifícios novos, independentemente da TAUR, o uso de DE pode ser considerado já na fase de projeto e especificação dos componentes hidrossanitários, agregando características sustentáveis à edificação.

Como resultado complementar, a Figura 4 apresentada uma análise comparativa sobre o consumo de água em um edifício multifamiliar, considerando o uso de aparelhos tradicionais (AT) e o de DE. A partir da análise do gráfico, verifica-se que as distribuições de consumo dentro da unidade mudam e as referências antigas passam a não ser mais válidas.

Figura 4 - Consumo residencial – comparativo entre AT x DE



Fonte: Autoria própria (2021).

4 CONCLUSÕES

A troca dos aparelhos hidrossanitários pode ser uma solução sustentável generalizada na construção civil, tendo em vista que seus impactos positivos independem da TAUR. Por outro lado, o aproveitamento de ACC depende da área de captação e pode ser observado que o potencial de economia gerado por unidade domiciliar decresce com a verticalização da edificação.

Além disso, também foi possível observar que ao adotar os DE, as economias das TAUR avaliadas passam a se enquadrar na faixa mínima de consumo.

Por fim, o tempo de retorno de 20 meses, obtido para a substituição dos aparelhos tradicionais por DE, é aceitável para classe média brasileira, sendo necessário avaliar mecanismos de incentivo para classes menos favorecidas.

Como próxima etapa desta pesquisa, pretende-se fazer uma análise espacializada para toda a Bacia do Rio Trapicheiro. Nesta análise, cada tipologia arquitetônica aqui apresentada será readequada, se necessário, considerando a quantidade de banheiros informados no censo do IBGE. Além disso, as tipologias serão associadas à renda dos moradores e, assim, pretende-se estudar o impacto do investimento nos DE nas distintas classes sociais da bacia em questão.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito da Cátedra UNESCO “Drenagem Urbana em Regiões de Baixada Costeira”, à qual os autores agradecem.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 15.527-Água da chuva: Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos**. Brasil: [*s. n.*], 2019a.

ABNT. **NBR 16.782 - Conservação de água em edificações**. Brasil: [*s. n.*], 2019b.

ABNT. **NBR 16.783 - Uso de fontes não alterntivas em edificações**. Brasil: [*s. n.*], 2019c.

ALERTA RIO. Dados pluviométricos. [*s. d.*]. Available at: http://www.sistema-alerta-rio.com.br/dados-meteorologicos/download/dados-pluviometricos/. Acessado em: 3 ago. 2019.

BALOI, D. Sustainable construction: challenges and opportunities. **19th Annual ARCOM Conference**, vol. 1, no. September, p. 289–297, 2003.

CEDAE. Companhia Estadual de Água e Esgoto: tarifas e consumo. [*s. d.*]. Disponível em: https://cedae.com.br/tarifas. Acessado em: 9 set. 2019.

CIB; UNEP-IETC. **Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries**. [*S. l.*: *s. n.*], 2002.

DA SILVA, A. O.; ARGÔLO, A. L.; DO VALE, M. B. R.; OKUMURA, C. K.; VERÓL, A. P. Proposta de Projeto de uma Edificação Sustentável Baseada no Conceito de Net Zero Water Buildings. **Gestão e Gerenciamento**, vol. 13, no. 13, p. 1–9, 2020. DOI 10.17648/nppg-gestaoegerenciamento-2447-1291-v13-1. Disponível em: https://nppg.org.br/revistas/gestaoegerenciamento/article/view/498.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Censo 2010. [*s. d.*]. Disponível em: https://censo2010.ibge.gov.br/. Acessado em: 13 set. 2019.

PNCDA. **DTA - Documento Técnico de Apoio n.º B1 Elementos de análise econômica relativos ao consumo predial**. Brasil: [*s. n.*], 1998.

QUEIROZ, D. M.; BLOOMFIELD, V. K.; REGO, A. Q.; FIGUEIREDO, N. O. **Plano de integração áreas verdes: Tijuca e Vila Isabel.** [*S. l.*: *s. n.*], 2008.

SALGADO, M. S. Projeto Integrado – Caminho para a produção de edificações sustentáveis: a questão dos Sistemas Prediais. 2008. **XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído** [...]. [*S. l.*: *s. n.*], 2008. p. 11.

SNIS. Sistema Nacinal de Informações sobre Saneamento: Série histórica. [*s. d.*]. Disponível em: http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/. Acessado em: 23 abr. 2021.

SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

MORADIA ESTUDANTIL DO CERRADO (MUC) E OS CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE CONFORME CERTIFICAÇÃO SELO AZUL

Student housing of the cerrado (MUC) and sustainability criteria according to Azul Seal certification

BENTO, Luciana de Andrade[1]; GONÇALVES, Rigley César Matias[2]; MORAIS, Lucas Salomão Rael de[3]; PAULA, Heber Martins de[4]

Recebido em 05 de agosto de 2021, aprovado em 06 de setembro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

RESUMO: A pretensão de uma indústria construtiva mais sustentável reflete na adoção de condutas como a minimização do consumo de matérias-primas, otimização dos recursos naturais e da utilização de novas e diversas tecnologias construtivas que possam reduzir os impactos ambientais gerados na produção de edificações. A Moradia Universitária do Cerrado (MUC), moradia estudantil, pertencente à Universidade Federal de Catalão (Em implantação) foi construída pleiteando atender vários critérios, de modo a garantir a sustentabilidade desde a fase de projetos até a pós-ocupação do edifício. Visando mensurar as práticas sustentáveis das construções a Caixa Econômica Federal, lançou o programa Selo Casa Azul + CAIXA, estabelecendo critérios e verificando a gradação em quatro níveis (bronze, prata, azul e diamante). Ante ao exposto, o presente trabalho tem por objetivo verificar, caso fosse possível a certificação de obras públicas no programa, em qual gradação se enquadra a MUC, conforme os critérios estabelecidos pelo Selo. O estudo tem o intuito de demonstrar as beneficies desse tipo de construção e a conscientização da comunidade acadêmica quanto a essa vertente. Após análises dos parâmetros estabelecidos pelo programa, conferiu-se o Selo Bronze para a construção, sendo possível a gradação Prata, caso seja implantadas novas atividades após a ocupação do prédio.

Palavras-chave:
Construção sustentável;

Sustentabilidade;

Selo Casa Azul.

ABSTRACT: The intention of a more sustainable construction industry is reflected in the adoption of behaviors such as minimizing the consumption of raw materials, optimizing natural resources and the use of new and diverse construction technologies that can reduce the environmental impacts generated in the production of buildings. The University House of Cerrado (MUC), a student house belonging to the Federal University of Catalão, was built to meet several criteria, in order to ensure sustainability from the design phase to the post-occupancy of the building. Aiming to measure sustainable construction practices, Caixa Econômica Federal launched the Casa Azul + CAIXA Seal program, establishing criteria and verifying the gradation in four levels (bronze, silver, blue and diamond). In view of the above, the present work aims to verify, if it were possible to certify public works in the program, in which grade the MUC fits, according to the criteria established by the Seal. The study aims to demonstrate the benefits of this type of construction and the awareness of the academic community regarding this aspect. After analyzing the parameters established by the program, the Silver Seal was awarded for the construction, with the possibility of a Gold grading, if new activities are implemented after the occupation of the building.

Keywords:

Sustainable construction;

Sustainability;

Blue seal certification.

.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **BENTO, Luciana de Andrade**: Universidade Federal de Catalão, luciana_bento@ufcat.edu.br.

[2] **GONÇALVES, Rigley César Matias**: Universidade Federal de Catalão, rigley.matias@gmail.com.

[3] **MORAIS, LUCAS Salomão Rael de**: Universidade Federal de Catalão, lucas.salomao@ufg.br.

[4] **PAULA, Heber Martins de:** Universidade Federal de Catalão,heberdepaula@ufcat.edu.br.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil se caracteriza como uma atividade causadora de grandes impactos ambientais, uma vez que consome muitos recursos naturais, gera grande volume de resíduos e tem um consumo energético elevado. Diante desse cenário, surge a construção sustentável, visando minimizar os impactos gerados por esse setor da indústria. Pereira (2016) aponta que esse modelo de construção se cerca de atividades que empregam o uso inteligente de materiais e tecnologias, reduzem o consumo de água e energia e faz uso do reaproveitamento dos resíduos gerados pela construção. No âmbito econômico, as edificações que possuem alto desempenho necessitam de um maior investimento inicial, contudo, esperam-se menores custos operacionais, visando um retorno financeiro na durabilidade e conforto proporcionado pelo projeto.

A oferta de edifícios certificados como "'verdes" vem aumentando, devido a maior atenção do setor privado à construções com eficiência energética e potencial de redução da emissão de carbono. Existem várias certificações espalhadas pelo mundo que verificam a sustentabilidade de uma construção.

Chegut, Eichholtz e Kok (2013) trazem que em 1990 o Reino Unido foi o primeiro a introduzir uma ferramenta de avaliação para medir o impacto ambiental de um edifício, o Método de Avaliação Ambiental BRE (BREEAM). Nos Estados Unidos, a certificação de edifícios é realizada pela Liderança em Energia e Projeto Ambiental (LEED), sendo essa certificação a mais disseminada no território brasileiro. No Brasil, existe a certificação nomeada de Selo Casa Azul + CAIXA, a qual é um instrumento de classificação socioambiental destinada a propostas de empreendimentos habitacionais que adotem soluções eficientes na concepção, execução, uso, ocupação e manutenção das edificações. Atualmente, a adesão à certificação Selo Casa Azul + CAIXA é voltada para a fase de projetos novos em fase de análise ou já analisados para a contratação, apresentando limitações para adesão de órgãos públicos de todas as esferas de poder, edifícios de uso não habitacional e edificações já em fase de construção ou recém-entregues, visto que para a adesão desse certificado é necessário dar entrada junto à Caixa Econômica Federal ainda em fase de projeto, limitando-se a conjuntos habitacionais.

De acordo com Santos (2002) os sistemas prediais relacionam-se com higiene e saúde, porém, com o conforto do usuário. Dada a relevância dos sistemas prediais dentro de uma edificação e seus reflexos na segurança, conforto e satisfação do usuário, é observada a exigência de atendimento a diversos critérios obrigatórios relacionados à melhoria da qualidade, desempenho e eficiência das instalações prediais, como por exemplo, o uso de dispositivos economizadores de água e energia elétrica e exigência de medições individualizadas nas unidades, além de itens não obrigatórios que incentivam a prática da sustentabilidade nesses sistemas, como a implantação de sistema de aquecimento solar, geração de energia renovável, reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais.

Face ao exposto, o presente trabalho consiste na avaliação da Moradia Universitária do Cerrado (MUC), uma edificação pública federal recém-construída, para a quantificação das atividades sustentáveis previstas no projeto, construção, manutenção e ocupação, além de intervenções sugeridas à edificação, relacionadas ao atendimento dos critérios estabelecidos pela certificação Selo Casa Azul + Caixa, verificando o grau de sustentabilidade que seria alcançado pela edificação caso a certificação possibilitasse que um empreendimento com essas características pleiteasse o selo. A certificação escolhida para enquadramento da

edificação se deu, devido a ser uma certificação legitimamente brasileira, com critérios semelhantes às outras certificações mais populares.

2 METODOLOGIA

O Selo Casa Azul + Caixa, principal objeto de estudo deste trabalho, trata-se de um instrumento de certificação baseado na classificação socioambiental no tocante a soluções sustentáveis que englobem a concepção, execução, uso, ocupação e manutenção de edificações com fins habitacionais. Seu principal objetivo é dar reconhecimento e incentivar a implementação de soluções ambientalmente corretas nos processos que circundam o desenvolvimento de uma edificação.

Para receber a certificação a construtora, incorporadora, poder público, associação ou entidade representativa do conjunto de habitação deve apresentar à Caixa Econômica, ainda em fase de projeto, a documentação referente ao empreendimento para, ao fim da construção, o órgão federal vistoriar o local e identificar a existência dos aspectos sustentáveis e consolidar a emissão do selo de acordo com a pontuação obtida.

A classificação é dividida entre quatro níveis de gradação, Quadro 1, consistindo em bronze, prata, ouro e diamante, sendo necessários 50, 60, 80 e 100 pontos para atingir cada uma das posições, respectivamente.

Quadro 1 – Gradações do Selo Casa Azul + Caixa



Fonte: Selo Casa Azul + Caixa (2021).

As categorias de avaliação a serem observadas dizem respeito à qualidade urbana e bem estar na edificação, eficiência energética e conforto ambiental, gestão eficiente da água, produção sustentável, desenvolvimento social e inovações. Cada categoria é subdividida entre critérios obrigatórios e não obrigatórios, com um total de 49, sendo os obrigatórios imprescindíveis para a obtenção de qualquer gradação.

Ainda, caso o projeto se destaque em apenas uma categoria ou outra, é possível que a construção pleiteie apenas um identificador, que define o projeto como sustentável em relação a determinado tema.

Desta forma, é aplicado o Selo Casa Azul + Caixa na MUC e avaliado quais são as categorias e critérios atendidos pelo empreendimento, determinando qual é a pontuação e, consequentemente, a gradação que a MUC teria de acordo com o manual.

Cumpre-se, portanto, com os procedimentos metodológicos adotados, o objetivo proposto de avaliar a sustentabilidade na MUC e contribuir com o estudo da sustentabilidade na construção civil, o que possibilita dar continuidade aos estudos do tema propriamente dito.

3 RESULTADOS

A Moradia Universitária do Cerrado (MUC), Figura 1, consiste em um prédio destinado à moradia estudantil, pertencente à Universidade Federal de Catalão (em implantação), onde o projeto foi desenvolvido pleiteando práticas sustentáveis, desde a construção até a pós-ocupação, como por exemplo: implantação de medição individualizada de água, energia e gás; aquecimento solar de água, futura implantação de usina fotovoltaica.

Figura 1 – Visão geral do empreendimento avaliado



Fonte: Autores (2021).

Ante ao exposto, a MUC refere-se a uma edificação pública, com o objetivo de se tornar uma moradia estudantil que contempla a sustentabilidade nas fases de projeto, construção, uso, ocupação e manutenção.

A obra já atende diversos itens determinados pelos critérios estabelecidos pelo Selo, sendo estes ilustrados no Quadro 2. O mesmo demonstra a gradação da moradia estudantil, que pelo total de pontos alcançados, superaria a gradação BRONZE, porém com alguns critérios obrigatórios não atendidos.

Quadro 2 – Pontuação MUC – Selo Azul Caixa

Item	Descrição	Pontuação	Situação	Obrigatório	Observação
1.1	Qualidade e Infraestrutura no Espaço Urbano	4	OK	Sim	- Acesso a rede de abastecimento de água potável, sistemas de esgotamento sanitário com tratamento em ETE, rede de drenagem de águas pluviais, sistema de coleta domiciliar de resíduos sólidos, rede de energia elétrica e iluminação pública; - Via de acesso pavimentada; - Dispõe de uma linha de transporte público com parada distando a 200 metros do empreendimento; - Distante a 1,00 km de rede de comércio, 2,00 km de escola de ensino fundamental, 2,5 km da UPA municipal e 1,5 km de parque com pista de caminhada.
1.2	Relação com o Entorno: Interferências e Impactos no Empreendimento	3	Não OK	Sim	Empreendimento a 1,70 km da rodovia GO-210. Mitigação do problema: uso de esquadrias da marca Alcoa, linha Inova com espessura de vidro de 6 mm que atende a classe de ruído I em nível de desempenho intermediário conforme tabela F.9 da ABNT NBR 15575-4:2013.
1.7	Paisagismo	3	OK	Não	Implantado conforme planta de situação detalhes do paisagismo.
1.9	Adequação às Condições do Terreno	3	OK	Não	Item atendido conforme planta de situação e implantação (9/14), onde é apresentado a existência de diversos níveis de construção na área do terreno, visando aproveitar o perfil natural do terreno.
2.2	Desempenho Térmico e Lumínico	4	OK	Sim	Conforme projetos de arquitetura, foram atendidos todos os critérios mínimos de áreas de abertura e ventilação conforme legislação municipal que estabelece 1/6 da área do piso para compartimentos de permanência prolongada e 1/8 da área do piso para compartimentos de permanência transitória.
2.3	Dispositivos Economizadores de Energia	2	OK	Sim	Itens implantados conforme projeto de instalações elétricas (minuteiras e lâmpadas de auto desempenho LED).
2.4	Medição Individualizada de Gás	3	OK	Sim	Implantado conforme projeto de GLP.
2.6	Iluminação Natural de Áreas Comuns	3	OK	Não	Item atendido conforme projeto de arquitetura com aberturas superiores a 45% da área do piso da área comum (corredores).

Continua ...

Quadro 2 – Pontuação MUC – Selo Azul Caixa (Continuação)

Item	Descrição	Pontuação	Situação	Obrigatório	Observação
2.7	Sistema de Aquecimento Solar	4	OK	Não	Item existente conforme projetos hidráulicos da obra. Todos os chuveiros existentes na obra tem aquecimento da água realizado por painéis solares.
3.2	Medição Individualizada de Água	3	OK	Sim	Implantado conforme projetos hidrossanitários.
3.3	Áreas Permeáveis	4	OK	Sim	Implantado conforme projeto de arquitetura e planta de implantação.
3.6	Retenção / Infiltração de Águas Pluviais	3	OK	Não	Existente conforme projeto de drenagem de águas pluviais poço de infiltração com volume de 3,92 m³.
4.1	Gestão de Resíduos da Construção e Demolição	3	OK	Sim	Implantado conforme item 37 das obrigações da Contratada previsto no Plano de Trabalho e Caderno de Especificações Técnicas.
4.2	Fôrmas e Escoras Reutilizáveis	3	OK	Sim	Executado conforme previsto em planilha orçamentária: formas do tipo compensada e plastificada com 7 utilizações.
4.3	Madeira Certificada	1	OK	Sim	Implantado conforme item 36 das obrigações da Contratada previsto no Plano de Trabalho e Caderno de Especificações Técnicas
5.3	Inclusão de Trabalhadores e Fornecedores Locais	1	OK	Não	Durante toda a execução da obra, foi dado preferência para a contratação de mão de obra de moradores da cidade e de fornecedores locais, como por exemplo para o fornecimento de concreto usinado.
5.9	Ações de Integração Social na Comunidade	1	OK	Não	Existem ações da Pró-Reitoria de Políticas Estudantis que realizam a integração dos estudantes vinculados com projetos de extensão da universidade. Essas ações serão implantadas aos alunos residentes da MUC.
5.10	Apoio na Manutenção Pós-Ocupação	3	OK	Não	Existe na estrutura da universidade o DINFRA - Departamento de Infraestrutura, que dá apoio a manutenção da universidade e que fará a gestão da manutenção da MUC.
6.3	Sistemas Eficientes de Automação Predial	3	OK	Não	Implantado o sistema de medições remotas de energia elétrica e água fria a partir de software SMART32.
6.4	Conectividade	2	OK	Não	Executado projeto de cabeamento estruturado com tomadas de dados em todos os compartimentos do edifício. Sinal de internet via WiFi previsto em toda a edificação.
TOTAL		56			

Fonte: Autores (2021).

O Quadro 3 apresenta algumas atividades que já se encontram em implantação no empreendimento ou de fácil implantação à edificação, o que atenderia todos os critérios obrigatórios da certificação e possibilitaria a gradação da edificação para o Selo PRATA, alcançando 74 pontos e a conquista de um identificador #mais EficiênciaEnergética.

Quadro 3 – Pontuação MUC – Em implantação e A implantar

Item	Descrição	Pontuação	Situação	Obrigatório	Observação
1.3	Coleta Seletiva	3	A implantar	Sim	Proposta de implantação no projeto de arquitetura e memorial descritivo de espaço físico de separação de materiais recicláveis no empreendimento.
2.1	Orientação ao Sol e Ventos	3	A implantar	Sim	A edificação é localizada na Zona Bioclimática 6. Para os compartimentos voltados para a face oeste, é proposta a instalação do brise Aeroscreen Curvo Hunter Douglas com barra de comando junto as esquadrias. Ressalta-se que nas varandas já existe um brise instalado junto a construção.
2.8	Geração de Energia Renovável	5	Em implantação	Não	A instalação de uma usina fotovoltaica na área de 230 m² de telhado disponível está em fase de execução contratual.
3.1	Dispositivos Economizadores de Água	3	Em implantação	Sim	Realização da troca das caixas de descarga para equipamentos da linha Montana Hydro Ecoline de duplo acionamento. A obra já tem instalados arejadores nas torneiras e registros reguladores de vazão em todos os dispositivos.
5.1	Capacitação para Gestão do Empreendimento	2	Em implantação	Sim	Em implantação pela Pró-Reitoria de Políticas Estudantis/UFCAT.
5.2	Educação Financeira e Planejamento Financeiro dos Moradores	2	Em implantação	Sim	Proposta de implantação de educação financeira e planejamento aos futuros moradores para a Pró-Reitoria de Políticas Estudantis/UFCAT.
TOTAL		18			

Fonte: Autores (2021).

No âmbito de Eficiência Energética, visando à economia de energia elétrica e promovendo a geração de energia limpa, a edificação contempla dispositivos economizadores de energia, sistema de aquecimento solar, conforme Figura 2 e futura instalação de uma usina fotovoltaica na edificação.

Figura 2 – Placas de Aquecimento Solar



Fonte: Autores (2021).

Em relação ao paisagismo do empreendimento, foi pensado em projeto o plantio de vegetação gramínea que colabora com o bem estar dos moradores, além de contribuir com a quantidade de CO_2 no ambiente, elevação da umidade e minimizando as chances de erosão do solo. É previsto ainda o plantio de vegetações típicas do cerrado no empreendimento que serão parte da composição paisagística do entorno. A Figura 3 mostra o paisagismo do local.

Figura 3 – Vegetação do local.



Fonte: Autores (2021).

No tocante ao relacionamento com o entorno, por se tratar de uma construção localizada a menos de 2 km de uma rodovia, conforme apresentado na Figura 4, a edificação não atende esse quesito. Como mitigação dessa pendência, ressalta-se que na obra foram instaladas esquadrias que apresentam propriedades de isolamento de som, evitando a poluição sonora dos usuários, conforme apresentado no Quadro 1.

Figura 4 – Distância da Casa do Estudante até a BR-050.



Fonte: Autores (2021).

A medição de energia, água e gás é individualizada para todos os apartamentos, artifício que facilita o controle de consumo por unidade e estimula um consumo racional e eficiente, além de proporcionar mais conforto e segurança aos usuários. A Figura 5 mostra os medidores de GLP.

Figura 5 – Medidores individuais de energia, gás e água na MUC.



Fonte: Autores (2021).

4 CONCLUSÕES

É destaque, as ações já implantadas na obra referente à eficiência dos sistemas prediais que refletem em práticas sustentáveis proporcionando a redução de recursos naturais durante o uso e operação do edifício e nos custos de manutenção do empreendimento como a geração de energia renovável, aquecimento solar de água, sistemas de automação de medição de água e energia e uso de dispositivos economizadores.

A obra apresentada não pode ser certificada no Programa Selo Casa Azul + CAIXA devido a se tratar de obra pública federal já construída, voltada para moradia estudantil e não se enquadrar nos pré-requisitos iniciais do projeto. Além disso, a solicitação para receber a certificação necessita de duas etapas, sendo elas: Projetar e Habitar, onde a primeira delas sendo realizada na contratação da empresa e o formulário de intenção ser entregue antes do início da obra. Porém, observa-se que a edificação cumpre a maioria dos critérios mínimos exigidos pelo programa de certificação e com algumas intervenções de baixa

complexidade, alcançaria o selo PRATA com destaque para ações voltadas para eficiência energética.

Portanto, a flexibilização de exigências mínimas no programa de certificação Selo Casa Azul + CAIXA possibilitaria um alcance maior de empreendimentos possíveis de certificação, como, por exemplo, edificações públicas diversas, em fase de construção ou passíveis de intervenções que possibilitem a expansão das práticas sustentáveis na construção civil e melhoria da eficiência dos sistemas prediais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-4: Edificações Habitacionais - Desempenho Parte 5: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

BRASIL. Lei nº 13.634, de 20 de março de 2018. Cria a Universidade Federal de Catalão, por desmembramento da Universidade Federal de Goiás. Brasil, Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13634.htm. Acesso em: 29 jun. 2021.

(BRASIL), Caixa Econômica Federal (org.). Guia Selo Casa Azul + Caixa. Brasília: Caixa Econômica Federal, 2021. 008 v. Disponível em:<https://www.caixa.gov.br/Downloads/selo_casa_azul/guia-selo-casa-azul-caixa.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2021.

CHEGUT, Andrea; EICHHOLTZ, Piet; KOK, Nils. Supply, Demand and the Value of Green Buildings. Urban Studies, [S.L.], v. 51, n. 1, p. 22-43, 16 maio 2013. SAGE Publications. http://dx.doi.org/10.1177/0042098013484526. Disponível em: https://journals-sagepub-com.ez49.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1177/0042098013484526. Acesso em: 30 de jun. 2021.

PEREIRA, B. J. Sustentabilidade: um desafio para engenharia. Revista Instituto de Educação Tecnológica, Brasília, 2016. Disponível em: < http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/1693>. Data de acesso: 15 de jun. 2021.

SANTOS, Daniel Costa dos. Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 2, n. 4, p. 7-18, dez. 2002. Disponível em: https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3429/1847. Acesso em: 12 de jun. 2021.

SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

DETECÇÃO DE ANOMALIAS DE CONSUMO DE ÁGUA ATRAVÉS DE AUTOMAÇÃO PREDIAL

Detection of water consumption anomalies through building automation

BARBOSA, Lucas Sampaio[1]; LEITE, Brenda Chaves Coelho[2]

Recebido em 16 de julho de 2021, aprovado em 06 de setembro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

Palavras-chave:
Hidrômetro;
Gestão de Demanda;
Automação Predial;
Uso Eficiente da Água.

Keywords:
Hydrometer;
Demand Management;
Building Automation;
Eficient Water Usage.

RESUMO: Diante de perspectivas bastante pessimistas a respeito da disponibilidade dos recursos hídricos nas próximas décadas e da tecnologia disponível atualmente, deve-se lançar mão dessas tecnologias com vistas ao uso eficiente da água. A NBR 16782 (ABNT, 2019) propõe que os edifícios possuam um gestor de água, alguém, entre outras funções, seja responsável por acompanhar o consumo de água da edificação, identificar possíveis desvios neste consumo e conduzir a tomada de decisões para corrigir essas anomalias. Este artigo descreve uma lógica para o uso da automação predial como uma ferramenta no auxílio na detecção de anomalias no consumo de água. A partir da integração entre um sistema de automação predial já existente e os hidrômetros também já existentes, é proposta a implementação de lógicas de alarme que levam em consideração o histórico de consumo dos últimos cinco dias úteis para identificar desvios na demanda de água dentro de janelas de 15 minutos. Essa lógica pode ser útil para a tomada de decisões do gestor de águas sem necessariamente investir em novos equipamentos.

ABSTRACT: Faced with very pessimistic perspectives regarding the availability of water resources in the coming decades and the technology currently available, these technologies should be used with a view to the efficient use of water. NBR 16782 (ABNT, 2019) proposes that buildings have a water manager, someone, among other functions, who is responsible for monitoring the building's water consumption, identifying possible deviations in this consumption, and leading the decision-making process to correct these anomalies. This article describes a logic for using building automation as a tool to aid in the detection of anomalies in water consumption. From the integration between an existing building automation system and existing water meters, it is proposed to implement alarm logic that considers the consumption history of the last five working days to identify deviations in water demand within windows 15 minutes. This logic can be useful for water manager decision making without necessarily investing in new equipment.

Contato dos autores:

[1] **BARBOSA, Lucas Sampaio:** Tecnólogo em Automação, mestrando Profissional em Inovação na Construção na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. lucas.s.barbosa@usp.br.
[2] **LEITE, Brenda Chaves Coelho:** Doutora em Engenharia Mecânica / Mestre em Arquitetura e Urbanismo - Professora do Departamento de Engenharia da Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. bcleite@usp.br

1 INTRODUÇÃO

Veriato (2015) traz previsões alarmantes no que concerne ao futuro da disponibilidade hídrica no mundo. A autora afirma que até 2050 a demanda por água irá aumentar cerca de 55% e o déficit de água será de 40%, diante do aumento da demanda por alimentos.

Estes dados revelam uma divergência entre a aplicação e o conceito de desenvolvimento sustentável. “O desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades” (CMMAD, 1991, p. 46).

Para reverter o quadro apresentado por Veriato, são necessárias várias iniciativas para promover o uso eficiente da água. Segundo a **NBR 16782** (ABNT, 2019, p. 3) o uso eficiente da água é a “utilização apenas da quantidade necessária e suficiente de água para a realização das atividades consumidoras, assegurando a saúde dos usuários e o desempenho do sistema”. Isso significa que a partir do entendimento do funcionamento, componentes e processos envolvidos no sistema, bem como o tipo de usuário, sejam tomadas medidas que promovam esse uso eficiente na edificação através de procedimentos e tecnologias adequadas para tal.

A NBR 16782 (ABNT, 2019) contém conceitos e boas práticas relacionadas à conservação da água, a gestão da demanda, a gestão da oferta e do uso, operação e manutenção do sistema hidráulico. Dentro da seção de uso, operação e manutenção do sistema aparece a figura do gestor da água. Alguém que é responsável pelo monitoramento do consumo.

1.1 A Gestão da Demanda e o Monitoramento do Consumo

O conjunto de ações que “otimizam a operação do sistema hidráulico predial de modo a permitir a utilização da quantidade de água necessária para o desempenho das atividades consumidoras” (ABNT, 2019, p. 3) é conhecido como gestão da demanda. A principal ferramenta para essa gestão é o monitoramento de consumo (CBIC, 2017), realizado através da leitura de hidrômetros.

KALBUSCH (2006) avaliou como cinco dos principais sistemas de avaliação de sustentabilidade ambiental de edifícios de escritórios (BREEAM, GBTool, LEED, CSTB e CASBEE) tratam os sistemas prediais hidráulicos e sanitários e o uso da água. Entre os parâmetros avaliados de todos estes sistemas de avaliação está a existência de equipamentos de medição e monitoramento de água.

Segundo KALBUSCH (2006), deve haver uma revisão periódica dos indicadores de consumo para detectar possíveis anomalias de consumo. A CBIC (2017) prevê que esse acompanhamento seja feito, preferencialmente, diariamente. A ABNT (2019) orienta a definição de um gestor de água, responsável por esse monitoramento e que ao identificar elevações de consumo irá tomar as decisões necessárias para as possíveis correções do sistema hidráulico e a retomada dos indicadores de consumo.

Na Faculdade de Ciências da Administração de Pernambuco, implantou-se o gestor de águas em 2015. Neste ano houve uma redução anual no consumo de água de 430m³ o que corresponde a uma redução de cerca 10%. O monitoramento do consumo era feito através da leitura diária do hidrômetro e uma análise feita a partir do registro desses valores em planilhas (Soares, 2019).

Oyamada (2003) apresenta 3 formas de obter os dados de consumo: através das contas fornecidas pela concessionária; através de medições feitas in loco e através de tele medição.

Essas formas podem ser combinadas entre si e ainda contar com uma setorização do consumo para ter uma melhor gestão da demanda.

Ao incluir a tele medição, os dados obtidos podem ser integrados a um sistema gestão predial (BMS). Estes sistemas são comumente utilizados em edifícios para monitorar e controlar os sistemas de aquecimento, ventilação e ar-condicionado além do monitoramento de energia do edifício. Ao integrar as leituras a esse sistema, também se torna possível a implementação de análises lógicas de alarme personalizadas que podem ajudar ao gestor de água na tomada de decisões.

1.2 Objetivo

O objetivo deste trabalho é descrever lógicas para detectar e alertar ao gestor de águas sobre possíveis anomalias no consumo, utilizando o Sistema de Gestão Predial (do Inglês, Building Management System), controladores e hidrômetros já existentes no edifício.

1.3 Metodologia

Oyamada (2003) elenca três parâmetros de controle importantes que podem ser obtidos a partir dos dados obtidos do sistema de tele medição de hidrômetros: Picos de vazão; vazões mínimas e vazões nulas. Devido à natureza dos instrumentos envolvidos no processo, não é possível determinar a vazão instantânea. Portanto, foi feita uma adaptação do conceito de Oyamada, de forma que o que será medido é a demanda nos últimos 15 minutos. Com base nesses três parâmetros foi desenvolvida uma lógica de controle que calcula:

- Período de Utilização;
- Período de pico de consumo dos últimos 5 dias úteis;
- Demanda máxima durante o período de pico;
- Demanda máxima média durante o período de pico dos últimos 5 dias úteis;
- Demanda mínima e máxima fora do horário de pico;
- Demanda mínima e máxima média fora do horário de pico nos últimos 5 dias úteis;

A partir desses parâmetros o BMS irá indicar os seguintes alarmes:

- Presença de demanda fora do período de utilização;
- Detecção de demanda máxima superior a 110% da média dos últimos 5 dias durante o período de pico;
- Detecção de demanda máxima superior a 110% da média dos últimos 5 dias fora do período de pico;
- Detecção de demanda mínima superior a 110% da média dos últimos 5 dias fora do período de pico.

Os programas previamente implantados no sistema já possuíam os históricos de consumo diário, mensal e anual, não sendo necessário o desenvolvimento desses parâmetros.

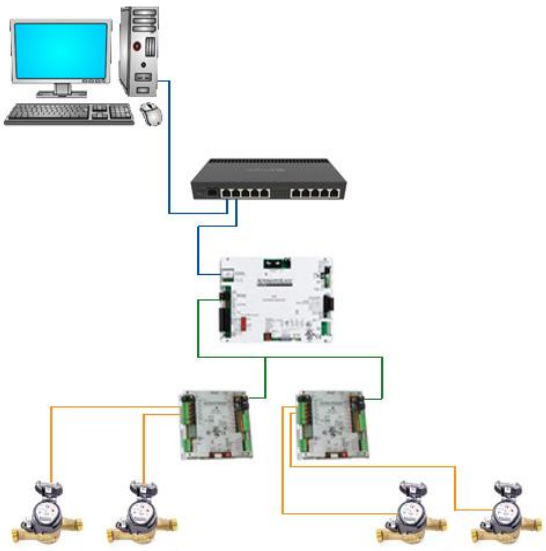
2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Caracterização do Sistema

O BMS em estudo, monitora e controla os sistemas de aquecimento, refrigeração e ar-condicionado, de energia, além da integração com os hidrômetros em oito lajes comerciais de um edifício comercial em Belo Horizonte - MG. Cada pavimento típico possui duas prumadas de água potável e duas prumadas de água de reuso posicionadas em lados opostos do edifício. O fornecimento de água é de responsabilidade do condomínio, que repassa a fatura mensal aos condôminos.

Do ponto de vista do monitoramento do consumo, o sistema de automação conta com 2 controladores que se comunicam através de protocolo de comunicação BACNet. Cada controlador monitora 2 hidrômetros através de entradas digitais que detectam os pulsos elétricos enviados pelo hidrômetro de acordo com o consumo de água. Os controladores estão conectados a uma rede Arcnet utilizando cabeamento de par trançado RS-485, esta rede Arcnet possui um roteador BACNet que conecta seus controladores a uma rede BACNet/IP. Através desta rede é possível fazer conexão com um servidor web que permite a interface com o usuário. A figura 1 mostra um resumo da arquitetura dos controladores de um pavimento típico. Apenas estão representados na imagem os equipamentos envolvidos no monitoramento do consumo de água.

Figura 1 – Arquitetura do Sistema



Fonte: Os Autores.

A leitura da demanda é feita através de uma entrada digital no controlador. O hidrômetro envia um pulso elétrico a cada litro de água que passa pelo instrumento. O controlador contabiliza a quantidade de pulsos dentro de uma janela de tempo para então determinar o volume de água dentro daquela janela, sendo a demanda calculada a partir da razão entre o volume consumido e o tempo de janela de 15 minutos, neste caso.

2.2 Período de Utilização

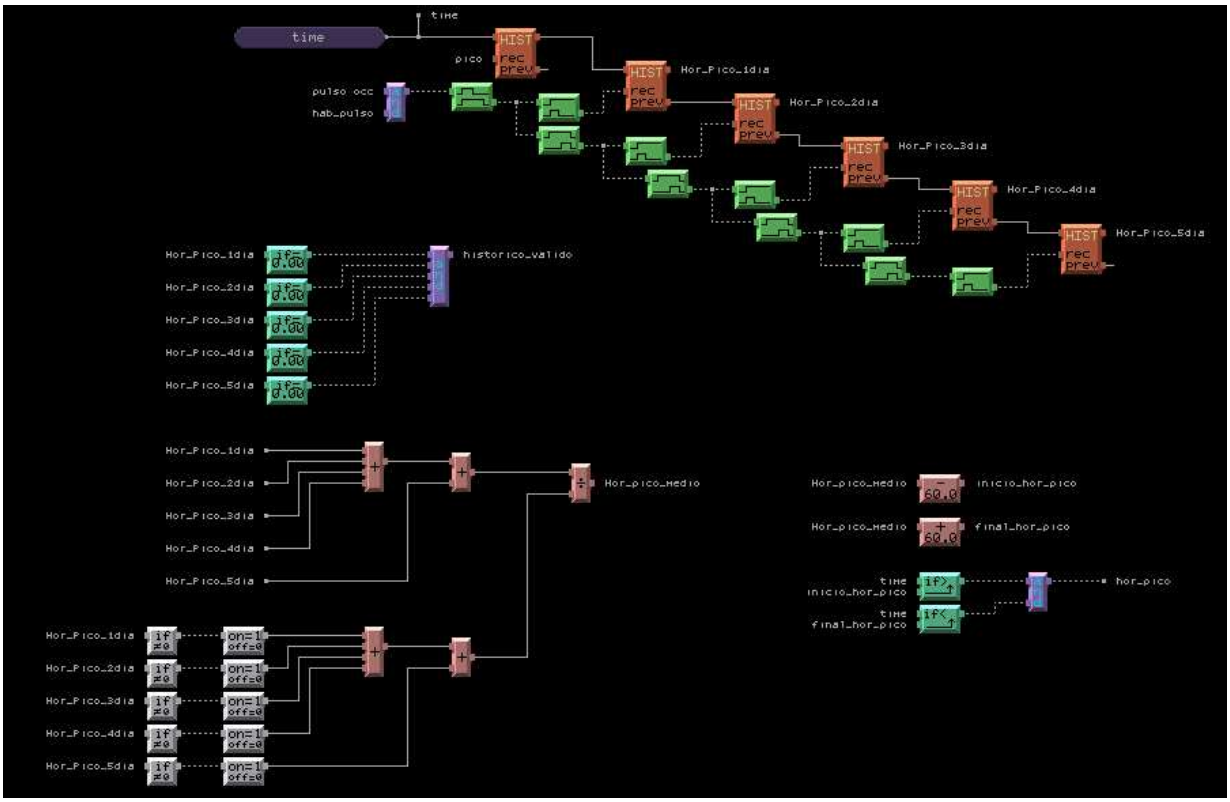
O BMS possui controle de equipamentos de ar-condicionado. Esses equipamentos funcionam

de acordo com uma programação horária que é determinada pelo usuário, que indica os dias e horários nos quais o pavimento está ocupado pelos seus usuários. Através de comunicação via protocolo BACNet, o controlador do hidrômetro se comunica com o controlador do ar-condicionado e determina se o pavimento está ocupado ou não. Como o hidrômetro está instalado a jusante do registro que alimenta um lado do pavimento, quando fora do período de utilização, a existência de vazões mínimas é um sinal de vazamentos ou de consumo noturno (Oyamada, 2003).

2.3 Período de pico de consumo dos últimos 5 dias úteis

O BMS detecta o pico de demanda do sistema hidráulico e registro o horário em que este pico se deu. A cada dia o controlador registra esse horário em que se deu o pico e armazena em variáveis distintas para os últimos 5 dias úteis. O controlador então calcula o horário médio dos últimos 5 dias e considera como período de pico o intervalo entre uma hora antes e uma hora depois deste horário médio de pico. A figura 2 representa o trecho do programa responsável por determinar o horário de pico. Esse período de pico só é utilizado na geração de alarmes após um período de 5 dias úteis consecutivos em que o controlador realizou registros válidos.

Figura 2 – Trecho do Programa Responsável pela Determinação do Período de Pico



Fonte: Os Autores.

2.4 Demanda máxima durante o período de pico

O controlador identifica qual é a demanda máxima dentro do período de pico. Picos anômalos podem ocorrer devido a variação de pressão no fornecimento de água para o pavimento, devido ao mau funcionamento ou mau uso de algum equipamento hidrossanitário ou até mesmo devido a algum vazamento.

2.5 Parâmetros de demanda fora do período de pico

De forma análoga às duas seções anteriores, o controlador determina quais sejam a demanda mínima fora do horário de pico, a demanda mínima média fora do horário de pico, a demanda máxima fora do horário de pico e a demanda máxima média fora do horário de pico.

Fora do horário de pico, a demanda máxima tende a ser menor; essa segregação de horários permite uma análise da demanda dentro de 3 períodos com perfis de consumo diferente e podem permitir uma melhor detecção de anomalias. Desconsiderando demandas que não sejam nulas, o aumento dessa demanda mínima também pode indicar vazamento.

Todos os parâmetros calculados pelo controlador ficam disponíveis em tempo real para o operador através de gráficos, sendo possível gerar relatórios em forma de planilha, enviá-los diariamente via e-mail, facilitando ainda mais o trabalho do gestor de água, assim como os alarmes gerados pelo sistema.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da utilização da automação predial é possível facilitar o trabalho do gestor de águas, fornecendo informação relevante na tomada de decisões para a correção de possíveis vazamentos, substituição de equipamentos hidrossanitários e até mesmo para campanhas de conscientização dos usuários.

Utilizando-se de algoritmos de controle, é possível determinar os intervalos de pico de demanda de água, as vazões máximas e mínimas e alertar ao gestor de água sobre possíveis anomalias no consumo.

A utilização do sistema existente facilita a implantação destas lógicas com o custo apenas da reprogramação e testes. Os instrumentos utilizados são utilizados para o monitoramento do consumo e não possuem precisão para determinar a vazão instantânea. As lógicas descritas, portanto, detectam as anomalias baseadas nas tendências de consumo, cabendo ao gestor de águas a análise se aquela variação anormal do consumo é de fato um evento que justifica uma intervenção ou se a variação é justificável por uma alteração no comportamento dos usuários.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16782**: Conservação de água em edificações — Requisitos, procedimentos e diretrizes. Rio de Janeiro, 2019.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO - CBIC (Brasília-DF). GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO: CONSERVAÇÃO DE ÁGUA E GESTÃO DA DEMANDA. **A Medição Setorizada como Instrumento de Gestão de Demanda de Água em Sistemas Prediais**: Estudo de Caso: Programa Racional da Água da Universidade de São Paulo, Brasília-DF, 2017.

EM BUSCA do Desenvolvimento Sustentável. In: COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD). **Nosso Futuro Comum**. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Fundação Getúlio Vargas, 1991. cap. 2, p. 46-71.

KALBUSCH, A. **Critérios de Avaliação de Sustentabilidade Ambiental dos Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários em Edifícios de Escritórios**. São Paulo, 2006. 162p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SOARES, Anna Elis Paz *et al*. O MONITORAMENTO COMO FERRAMENTA DA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL NA FACULDADE DE CIÊNCIAS DA ADMINISTRAÇÃO DE PERNAMBUCO – FCAP/UPE. **Tecno-lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 43, n. 1, p. 42-48, 2019.

TAMAKI, Humberto Oyamada.**A Medição Setorizada como Instrumento de Gestão de Demanda de Água em Sistemas Prediais**: Estudo de Caso: Programa Racional da Água da Universidade de São Paulo. Orientador: Orestes Marracini Gonçalves. 2003. 151 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia da Construção Civil, São Paulo, 2003.

VERIATO, Mara Karinne Lopes *et al*. Água: Escassez, crise e perspectivas para 2050. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 10, n. 5, p. 17-22, 22 dez. 2015.

SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

MÉTODO DE VERIFICAÇÃO EM CAMPO DE PRESSÕES DINÂMICAS EM PONTOS DE CONSUMO DE SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA FRIA E QUENTE

Method of field verification of dynamic pressure in points of use for cold and hot water supply

YAMADA, Marco Antonio Furtado[1]; OLIVEIRA, Lúcia Helena de[2]

Recebido em 06 de agosto de 2021, aprovado em 06 de setembro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

RESUMO: O comissionamento é uma inovação que requer alteração no processo de projeto. Além disso, devido a revisão e integração das normas técnicas NBR 5626 (ABNT, 1998) e NBR 7198 (ABNT, 1993) no ano de 2020, diversos requisitos foram atualizados e novos foram estabelecidos. A soma desses fatores criou a necessidade de pesquisas devido à dificuldade em integrar o comissionamento no processo de projeto dos sistemas prediais. Dentre as dificuldades encontradas, a etapa de verificação em campo da conformidade dos requisitos e critérios de desempenho é um dos pontos que precisa ser abordado. Parte dessa dificuldade ocorre devido à falta de métodos de verificação claramente definidos. Desse modo, este artigo propõe um método de verificação dos critérios de desempenho da distribuição de água do sistema predial de água fria e quente. O método foi desenvolvido com base em uma pesquisa exploratória sobre os temas relacionados, além de uma etapa em campo, onde o método e a instrumentação para a verificação foram empregados. Os resultados indicam que o método é capaz de verificar os critérios estabelecidos, porém a instrumentação precisa ser melhorada para verificar outros critérios que podem ser estabelecidos pelo Proprietário do Projeto.

Palavras-chave:
Comissionamento;
Sistemas prediais de água fria quente;
Uso eficiente da água.

ABSTRACT: The commissioning process is an innovation that requires changes in the design process. Besides that, due to the revision and integration of the technical standards NBR 5626 (ABNT, 1998) and NBR 7198 (ABNT, 1993) in the year of 2020, many requirements were updated and new ones were set. The sum of those factors created the need of research due to the difficulty of integrating the commissioning process in the design process of building systems. Amongst the difficulties encountered, the assessment of performance requirements and criteria on the delivery and operation phases must be addressed. In addition, part of the difficulties occurs due to the lack of clear methods of performance assessment. Therefore, this paper proposes a method of verification of performance criteria for water distribution in cold and hot water building systems. The method was developed based on exploratory research of the related themes, as well as a field application of the method and measuring equipment. The results show that the method can verify the performance criteria stablished, however the measuring instruments require improvement to allow the verification of other criteria that can be required by the Project Owner.

Keywords:
Commissioning;
Hot water systems;
Water efficiency.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **YAMADA, Marco Antônio Furtado**: Axiom Engenharia, marco.yamada@axiomengenharia.com.br
[2] **OLIVEIRA, Lúcia Helena de**: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, lucia.helena@usp.br

1 INTRODUÇÃO

O comissionamento dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários ainda é uma inovação no processo de projeto, de modo que ele necessita de mais pesquisas aprofundadas sobre diversas atividades. Além disso, em função da atualização e integração das normas técnicas NBR 5626 (ABNT, 1998) e NBR 7198 (ABNT, 1993), que regiam, respectivamente, sistemas de água fria e quente, na nova NBR 5626 (ABNT, 2020), diversos aspectos que foram modificados também necessitam de pesquisas mais aprofundadas.

Dentre as diversas atividades que precisam ser executadas para a realização do comissionamento e presentes na NBR 5626 (ABNT, 2020), verifica-se que algumas delas não possuem requisitos, critérios e métodos de verificação claramente definidos, como, por exemplo, a capacidade do sistema de aquecimento em fornecer água quente e a verificação da pressão dinâmica exigida nos pontos de consumo entre outras.

Um dos aspectos fundamentais do desempenho dos sistemas prediais de água quente e fria é no âmbito da distribuição. Neste artigo, o termo “distribuição de água quente e fria” se refere a capacidade do sistema em fornecer água de modo adequado. O termo “adequado” implica que a água deve ser fornecida dentro das faixas de pressão, vazão, temperatura e intervalos compatíveis com as atividades e processos consumidores definidos, considerando as condições de uso simultâneo, tempo de espera pela água quente e as oscilações máximas especificadas no ponto de utilização (YAMADA e OLIVEIRA, 2020).

Nota-se que este requisito, fundamental ao desempenho do sistema, não possui critérios e métodos de verificação claros descritos nas normas técnicas, de modo a garantir que as especificações de projeto sejam passíveis de verificação durante a fase de entrega e após o início da operação do sistema.

Assim, no caso de uma suspeita de falha nesse requisito, ou mesmo para fins de verificação de conformidade, não existem métodos padronizados para a sua verificação. Desse modo, este artigo propõe um método para a medição de pressões dinâmicas em campo para contribuir com o desenvolvimento das atividades de comissionamento.

2 OBJETIVO

O presente artigo tem como objetivo propor um método de medição em campo das pressões dinâmicas de água em pontos de consumo, de modo a permitir a verificação da conformidade dos requisitos e critérios de desempenho relativos a distribuição de água durante o comissionamento dos sistemas prediais de água fria e quente.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Critérios de desempenho para a verificação da distribuição de água em pontos de consumo

Considerando-se que os critérios de desempenho necessitam ser definidos em projeto, propõe-se o estabelecimento dos critérios abaixo para a verificação do requisito:

- a pressão dinâmica mínima no ponto de consumo;
- a faixa de vazão de cada um dos pontos a serem verificados;
- a condição de simultaneidade prevista;

- a temperatura da água quente e da água misturada.

Adicionalmente, recomenda-se estabelecer:

- o tempo máximo de espera;
- as oscilações máximas de pressão, temperatura da água misturada e das vazões nos pontos de consumo.

Para a análise de oscilações, os medidores de vazão, temperatura e pressão necessitam ser eletrônicos e devem permitir o ajuste do intervalo de captação e leitura dos dados obtidos. Considerando que as oscilações de pressão, vazão e temperatura podem ocorrer de modo brusco e ter uma duração reduzida, recomenda-se que o intervalo de captação dos dados pelos sensores não seja superior a 1 segundo.

3.2 Métodos de ensaios de verificação de vazões e pressões de operação de equipamentos sanitários

As diversas atividades relacionadas ao uso de água quente e fria são executadas pelos usuários, quer sejam para fins sanitários, quer por equipamentos específicos, a exemplo de máquinas de lavar roupas e louças. A capacidade do sistema em fornecer água para esses equipamentos está diretamente ligada à disponibilidade de pressão dinâmica e à vazão necessária para a realização de uma atividade.

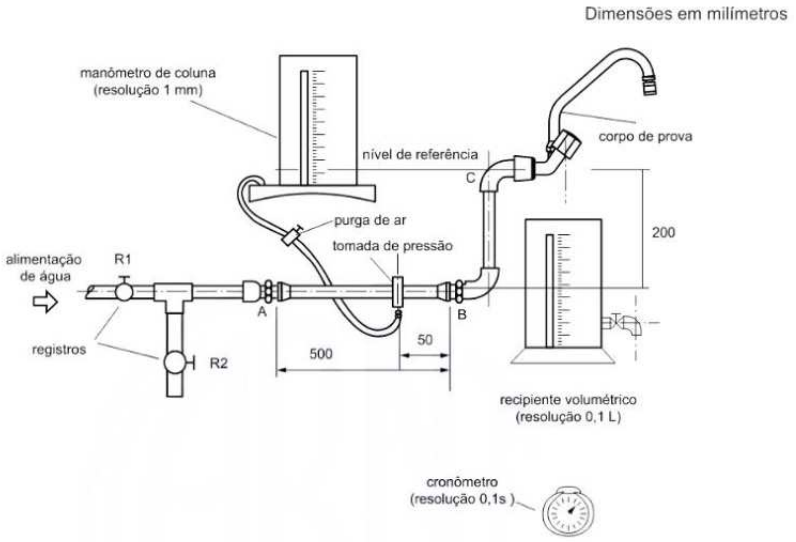
Assim, para avaliar se um determinado equipamento terá o desempenho esperado, o método de verificação deve ser capaz de medir a vazão e as pressões dinâmicas nos pontos de consumo.

Devido às diferentes características dos equipamentos sanitários, o método de verificação, preferencialmente, deve ser capaz de ser executado sem a presença do equipamento sanitário, de modo a verificar as condições do sistema independentemente do aparelho que será instalado posteriormente.

Adicionalmente, os projetos de sistemas prediais hidráulicos e sanitários geralmente contemplam a disponibilidade de vazão e de pressão dinâmica no ponto de consumo, sem a instalação do aparelho sanitário, uma vez que o modelo e suas características muitas vezes não são conhecidos na etapa de projeto.

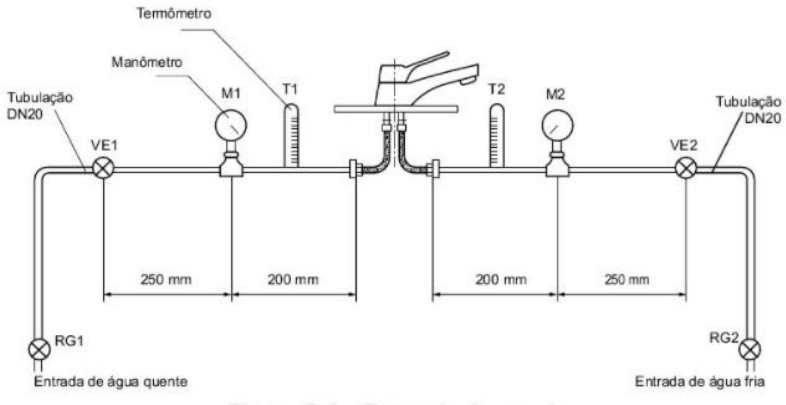
Para o desenvolvimento da instrumentação de teste realizou-se uma pesquisa exploratória nas normas dos aparelhos sanitários mais empregados nos sistemas prediais de água fria e quente, de maneira a verificar os métodos de ensaio normativos para a definição das pressões e vazões. Nas Figuras 1, 2 e 3 ilustra-se a instrumentação para a verificação desse requisito nas normas técnicas dos aparelhos.

Figura 1 - Instrumentação prescrita pela NBR 16749 para verificação da vazão mínima de misturadores duplocomando



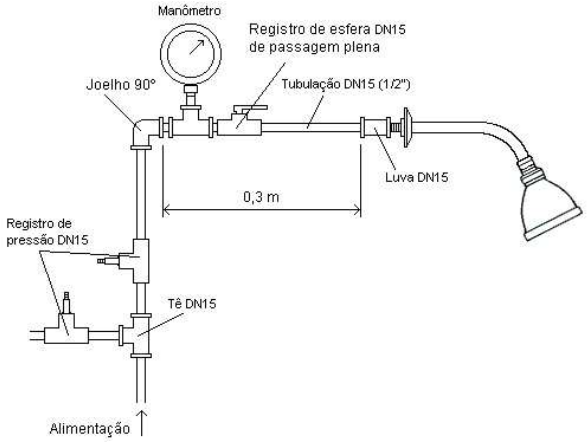
Fonte: NBR 16749 (ABNT, 2019).

Figura 2 - Instrumentação prescrita pela NBR 15267 para verificação da vazão mínima de misturadores monocomando



Fonte: NBR 15267 (ABNT, 2017).

Figura 3 - Instrumentação prescrita pela NBR 15206 para verificação da vazão mínima de chuveiros



Fonte: NBR 15206 (ABNT, 2005).

Nota-se que os ensaios normativos verificam apenas a vazão mínima e não foram desenvolvidas para a verificação dessa grandeza em campo. Considerando-se que o objetivo é verificar a vazão e a pressão dentro das condições de operação previstas ou existentes na edificação, é necessário modificar a instrumentação de teste.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

Após a verificação da aparelhagem empregada para a verificação das normas técnicas, um sistema de medição de vazão e pressão dinâmica foi desenvolvido para ser instalado em campo. O cronômetro e o recipiente volumétrico foram substituídos por um medidor de vazão, um armazenador de dados e um componente de interface, ilustrados na Figura 4(a), 4(b) e 4 (c), respectivamente.

Figura 4 - Componentes do sistema de medição de vazão



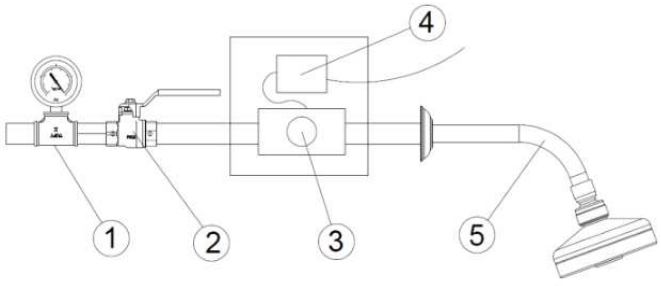
(a) (b) (c)

Fonte: Yamada (2021).

O sistema de medição de vazão foi instalado com um manômetro. A temperatura foi verificada com um termômetro, posicionado no jato de água, cerca de 30 a 40 cm abaixo do ponto de conexão do sistema de medição. Idealmente, os equipamentos de medição de temperatura e pressão deveriam ser eletrônicos e ligados no mesmo armazenador de dados, de modo que as leituras fossem simultâneas.

Considerando que, geralmente, os pontos críticos de consumo são os chuveiros, o sistema de medição, ilustrado na Figura 5, foi montado para fazer a avaliação em campo.

Figura 5 – Esquema do sistema de medição de vazão em chuveiros



	Componente
1	Manômetro
2	Válvula de esfera
3	Medidor de vazão
4	Armazenador de dados (*Datalogger*)
5	Chuveiro de vazão limitada (12 L/min)

Fonte: Yamada (2021).

4.2 Procedimento de verificação

A verificação foi feita por meio do seguinte procedimento:

- abrir totalmente o registro de água quente e medir a temperatura da água;
- abrir gradualmente o registro de pressão de água fria de modo que a temperatura da água misturada alcance o valor estabelecido no critério;
- regular a vazão da água misturada por meio da válvula de esfera (2);
- repetir o procedimento para cada um dos pontos de consumo descritos na condição de simultaneidade, corrigindo as temperaturas e vazões antes de iniciar a leitura;
- calcular as vazões médias, desconsiderando o tempo de ajuste;
- anotar as pressões dinâmicas de cada ponto.

4.3 Verificação em campo

O sistema de medição foi instalado em um edifício residencial com 25 pavimentos, sendo que cada pavimento possui 4 unidades. Cada unidade possui dois banheiros, uma cozinha e uma área de serviço. Um dos banheiros é o ponto menos favorável do sistema devido a maior extensão linear dos ramais. O sistema de distribuição de água é composto por 4 zonas de pressão, conforme descrito no Quadro 1.

Quadro 1 – Zonas de pressão

Pavimento	Zona
25 - 20	Pressurizada (P)
19 - 14	Gravitacional (G)
13 - 4	Reduzida 1 (R)
3 - Térreo	Reduzida 2 (RR)

Fonte: Yamada (2021).

Após a entrega das unidades diversos moradores alegaram que a vazão dos chuveiros era insuficiente. Devido a isso, a construtora e a incorporadora decidiram investigar as ocorrências. Os testes foram realizados nas unidades com menor pressão estática e naquelas que apresentaram maior número de reclamações. A instalação do sistema de medição está ilustrada na Figura 6.

Figura 6 – Instrumentação instalada em campo



Fonte: Yamada (2021).

Para melhor entendimento do comportamento do sistema foram instalados manômetros na entrada e na saída do aquecedor, bem como um termômetro na saída do aquecedor, conforme demonstrado na Figura 7.

Figura 7 - Manômetros e termômetros instalados a montante e a jusante do aquecedor



Fonte: Yamada (2021).

Os critérios de desempenho adotados estão apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Critérios de desempenho adotados

Critério de desempenho	**Valor**
Pressão dinâmica mínima no ponto de consumo	100 kPa
Faixa de vazão de cada um dos pontos a serem verificados	0,2±0,03 L/s (Qn±15%)
Condição de simultaneidade prevista	dois chuveiros em uso simultâneo
Temperatura da água quente	43ºC
Temperatura da água misturada	40ºC

Fonte: Adaptador de Yamada (2021).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Resultados

Os resultados estão dispostos no Quadro 3.

Quadro 3 - Resultados com temperatura de água quente a 43ºC e aquecedor de 23 L/min

PAV.	AQUEC.	PONTO DESF.		PONTO FAV.		RAMAL DE ALIMENTAÇÃO DAS UNI.			ATENDE? (S/N)
		Q (L/s)	Pd (kPa)	Q (L/s)	Pd (kPa)	REDUTORA (kPa)	ENTRADA AQ (kPa)	SAÍDA AQ (kPa)	
01 (RR)	AQ 23 L/min (43ºC)	0,1551	75	0,1643	75	290	250	110	N
05 (R)	AQ 23 L/min (43ºC)	0,1334	50	0,1289	40	-	150	70	N
07 (R)	AQ 26 L/min (43ºC)	0,1174	40	0,1095	40	-	110	60	N
08 (R)	AQ 23 L/min (43ºC)	0,1172	40	0,0908	40	-	110	50	N
14 (G)	AQ 23 L/min (42ºC)	0,1559	75	0,1357	60	-	350	140	N
25 (P)	AQ 23 L/min (43ºC)	0,1387	40	0,1538	50	-	190	125	N

Fonte: Yamada (2021).

Nota-se, no Quadro 2, que as unidades não atendem aos critérios estabelecidos em condição de simultaneidade, mesmo com pressões elevadas na entrada. Os resultados apontam que existe uma queda acentuada na pressão dinâmica a jusante do aquecedor, seguida por uma queda da pressão dinâmica a jusante do misturador.

Considerando que a troca do aquecedor por um modelo de maior potência poderia ser uma solução, foram feitos testes com aquecedores de maior potência em algumas unidades. Os resultados estão apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 - Resultados com temperatura de água quente a 43ºC e aquecedor de 36 L/min

PAV.	AQUEC.	PONTO DESF.		PONTO FAV.		RAMAL DE ALIMENTAÇÃO DAS UNI.			ATENDE? (S/N)
		Q (L/s)	Pd (kPa)	Q (L/s)	Pd (kPa)	REDUTORA (kPa)	ENTRADA AQ (kPa)	SAÍDA AQ (kPa)	
02 (RR)	AQ 36 L/min (43ºC)	0,1603	60	0,1732	75	250	250	140	N
18 (PR)	AQ 36 L/min (43ºC)	0,2157	170	0,2042	160	330	320	240	S

Fonte: Yamada (2021).

Observa-se que os resultados obtidos ainda não atenderam aos critérios estabelecidos.

Outra solução proposta foi aumentar a temperatura da água quente, de modo a reduzir a perda de carga do aquecedor. O Quadro 4 possui os resultados dos ensaios com uma temperatura de 60ºC.

Quadro 5 - Resultados com temperatura de água quente a 60ºC

PAV.	AQUEC.	PONTO DESF.		PONTO FAV.		RAMAL DE ALIMENTAÇÃO DAS UNI.			ATENDE? (S/N)
		Q (L/s)	Pd (kPa)	Q (L/s)	Pd (kPa)	REDUTORA (kPa)	ENTRADA AQ (kPa)	SAÍDA AQ (kPa)	
05 (R)	AQ 23 L/min (60ºC)	0,1965	160	0,1805	140	-	240	200	S
07 (R)	AQ 26 L/min (60ºC)	0,1822	110	0,1796	110	-	150	120	S
14 (G)	AQ 23 L/min (60ºC)	0,2156	280	0,1948	270	-	400	300	S
25 (P)	AQ 23 L/min (60ºC)	0,1896	120	0,2112	130	-	190	140	S

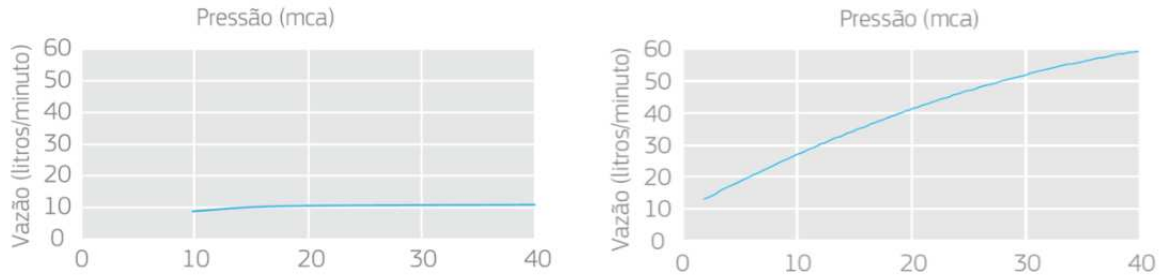
Fonte: Yamada (2021).

Com os resultados, verifica-se que o aumento da temperatura fez com que o critério fosse atendido mesmo em pressões mais baixas.

5.2 Discussões

Nota-se que a exigência de vazões máximas de 0,2 L/s (12 L/min) no ponto de consumo teve diversas consequências, uma vez que para o uso de limitadores de vazão, a pressão mínima no ponto para obtenção da vazão especificada é de 100 kPa. Na Figura 9 estão apresentadas as curvas de vazão de um mesmo chuveiro com e sem restritores de vazão instalados (a) e (b), respectivamente.

Figura 9 - Curvas de vazão com e sem restritor de vazão



(a) (b)

Fonte: Deca (2019).

Uma das soluções para aumentar a vazão nos pontos seria a remoção dos restritores de vazão, o que aumentaria a vazão em pressões dinâmicas mais baixas, porém essa medida pode incorrer em faixas de vazões mais amplas e em vazões que superam o valor máximo estabelecido.

Em todos os casos, observa-se que o uso de valores absolutos para pressão, vazão e temperatura não é uma prática ideal, uma vez que ao medir essas grandezas em campo existem erros causados por leitura, precisão da instrumentação empregada e diferenças nas vazões, mesmo em equipamentos sanitários iguais.

Logo, o projeto deveria trabalhar com intervalos de pressão, vazão e temperatura ou valores nominais e tolerâncias, conforme adotado nesta pesquisa.

6 CONCLUSÕES

Após a execução das medições e verificações, notou-se que o método proposto permitiu a verificação das grandezas que foram definidas no critério de desempenho. As grandezas adicionais listadas, a exemplo do tempo de espera e oscilações, ainda necessitam ser estudadas e testadas, uma vez que a instrumentação em campo não permitia sua verificação.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626:** Instalações prediais de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626:** Sistemas prediais de água fria e água quente - Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7198:** Projeto e execução de instalações prediais de água quente. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8130:** Aquecedor de água a gás tipo instantâneo - Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15206:** Instalações hidráulicas prediais - Chuveiros ou duchas - Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15267:** Misturadores monocomando para lavatório - Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16749**: Aparelhos sanitários - Misturadores - Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2019.

DECA. **Catálogo Metais 2019**. Acesso online. Disponível em: https://files.deca.com.br/static-files/catalogo/pt/deca_metais_2019_v2.pdf. Acesso em: 7 jun. 2019

YAMADA, Marco Antonio Furtado; OLIVEIRA, Lúcia Helena de. Comissionamento de sistemas prediais de água quente – Requisitos de projeto do proprietário. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

YAMADA, M. A. F. **Comissionamento de sistemas prediais de água quente**. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

REALIDADE AUMENTADA EM SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS RESIDENCIAIS

Augmented Reality In Residential Plumbing Systems

ENDRES, João Pedro[1]; BRIÃO, Vandré Barbosa[2]; FERNANDES, Vera Maria Cartana[3]

Recebido em 15 de julho de 2021, aprovado em 28 de outubro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

Palavras-chave:
Construção,
Inovação,
Tecnologia da informação e comunicação.

Keywords:
Construction,
Innovation,
Information and communication technology.

RESUMO: O uso de RA nos projetos dos sistemas hidrossanitários teve como objetivo estudar a aplicabilidade da Realidade Aumentada (RA) na execução dos projetos de sistemas hidrossanitários em edificações. A metodologia da pesquisa seguiu primeiramente com testes de precisão do método de rastreamento por visualização de marcadores e do aplicativo Augin, constatando nos piores casos 0,5 cm de distorção do sistema virtual para o real. Depois disso foram aplicados modelos em RA em 6 edificações de diferentes padrões construtivos. Por fim se fez uma pesquisa de satisfação com os instaladores de cada edificação e constatou-se excelente aceitação do método, não havendo diferenças nos resultados em relação ao padrão de qualidade das obras, universalizando assim o uso dessa tecnologia no setor da construção civil.

ABSTRACT: The use of AR in the plumbling systems design aimed to study the applicability of Augmented Reality (AR) in the execution of plumbling system projects in buildings. The research methodology followed, firstly, with accuracy tests of the marker visualization tracking method and the Augin application, noting in the worst cases 0.5 cm of distortion from the virtual system to the real one. Afterwards, models in RA were applied in 6 buildings of different construction standards. Finally, a satisfaction survey was carried out with the installers of each building and found an excellent acceptance of the method, with no differences in the results in relation to the quality standard, thus universalizing the use of this technology in the civil construction sector.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **ENDRES, João Pedro**: *Eng. Civil MSc. Universidade de Passo Fundo, joaopendres94@gmail.com*

[2] **BRIÃO, Vandré Barbosa**: *Eng. De Alimentos, Dr. Professor da Universidade de Passo Fundo, vandre@upf*

[3] **FERNANDES, Vera Maria Cartana**: *Enga. Civil Dra. Professora da Universidade de Passo Fundo, cartana@upf.br*

1 INTRODUÇÃO

A maneira como se visualiza os projetos de sistemas hidrossanitários é de extrema importância visto as inúmeras possibilidades de interferências. Os projetistas da área, em conjunto com profissionais da computação, têm estudado o desenvolvimento de novas tecnologias de visualização dos projetos hidrossanitários que tendem a facilitar o gerenciamento de suas informações. Essa nova forma de visualização inclui a realidade aumentada (RA).

Levando em consideração as dificuldades encontradas nas interpretações dos projetos de sistemas hidrossanitários e o atual cenário da realidade aumentada como possível solução para essas dificuldades, justifica-se a importância do desenvolvimento da presente pesquisa. A mesma buscou ajudar os instaladores no melhor entendimento dos projetos de sistemas hidrossanitários. Uma pesquisa realizada por Mesquita *et al.* (2018) demonstrou que a tridimensionalidade dos elementos com a utilização de RA facilitou o entendimento das áreas de projeto até mesmo para leigos. Pode o cenário atual ser favorável para o desenvolvimento e avanço da execução dos projetos de sistemas hidrossanitários?

Dessa forma, o objetivo geral da pesquisa é estudar a aplicabilidade da Realidade Aumentada (RA) na execução dos projetos de sistemas hidrossanitários em edificações. Para alcançar este objetivo foram contemplados os seguintes objetivos específicos:

A) Aplicar os conceitos de RA na execução dos projetos de sistemas hidrossanitários;

B) Avaliar possíveis desvios entre o modelo de realidade aumentada e os sistemas hidrossanitários;

C) Realizar uma pesquisa de satisfação quanto ao uso de RA em projetos hidrossanitários, verificando a aceitação dos instaladores.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Realidade aumentada

A realidade aumentada (RA) é a imagem do mundo real com introdução de elementos virtuais (EL AMMARI e HAMMAD, 2019). Esta ferramenta faz com que objetos virtuais e objetos reais coexistam no mesmo espaço do mundo real (AZUMA, 2001). A Figura 1 demonstra a aplicação de RA em um manual do proprietário.

Figura 1 – Exemplo de aplicação de realidade aumentada



Fonte: Moreira (2018).

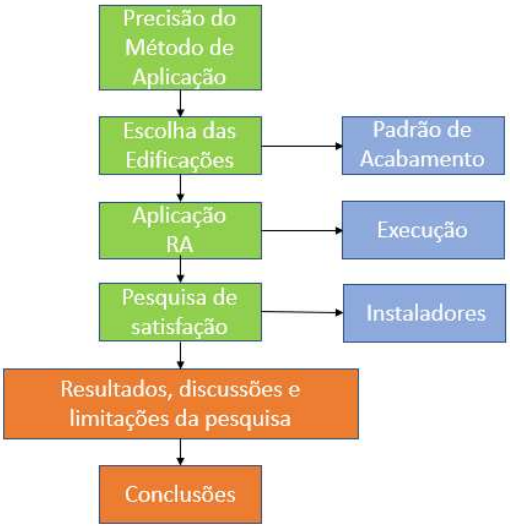
2.2 Realidade aumentada na construção civil

Uma pesquisa realizada no portal de periódicos da CAPES (www.periodicos.capes.gov.br) retornou 4636 resultados, e cerca de um terço dessas publicações (1535) são dos últimos cinco anos. Isso demonstra que a realidade aumentada tem ganhado espaço nos diferentes ambientes da construção civil e arquitetura.

3 METODOLOGIA

A Figura 2 representa a ordem metodológica que adotou-se para a realização da pesquisa.

Figura 2 – Exemplo de aplicação de realidade aumentada



Fonte: Próprio Autor (2021).

3.1 Precisão do método de aplicação

No software QiBuilder lançou-se 3 comprimentos diferentes de tubulação horizontal, sendo estes de 2 metros, 4 metros e 8 metros, isto para avaliar uma possível distorção no alinhamento do sistema em relação a distância. Esses testes foram realizados em uma edificação na cidade de Horizontina-RS. O protocolo seguiu o procedimento:

a) Desenhar tubulação no software *QiBuilder*;

b) Importar desenho para aplicativo *Augin*, locando reference tracker virtual;

c) Projetar nível a laser na mesma altura da tubulação virtual;

d) Locar *reference tracker* [1]físico;

e) Operar o sistema em RA a partir do uso de um celular;

f) Medir manualmente a distância do eixo da tubulação virtual com a linha laser de referência.

Sobre uma parede lançou-se então o nível a laser na mesma altura de 1,5 metros do lançamento virtual do tubo para assim conseguir medir manualmente a distância aproximada do eixo do tubo com a linha de referência (laser).

3.2 Edificações

A presente pesquisa foi realizada em 6 edificações que estavam em processos de construção, na cidade de Horizontina – Rio Grande do Sul. Com isso as construtoras desenvolvedoras dos projetos de sistemas hidrossanitários disponibilizaram os projetos utilizados nas construções. Para a classificação das casas utilizou-se a cartilha elaborada pelo SINDUSCON-MG (2007), sendo trabalhadas nessa pesquisa residências unifamiliares padrão baixo, padrão normal e padrão alto.

3.3 Aplicação RA

Os projetos hidrossanitários foram elaborados no software QiBuilder versão 2020 da empresa AltoQI; Já a modelagem em RA foi realizada no aplicativo nacional Augin, com método de rastreamento por visualização a partir de *QR code,* com leitura via celulares.

3.4 Pesquisa de Satisfação

Ao todo foram entrevistados 6 instaladores, 1 de cada edificação. O questionário foi composto por perguntas objetivas, tendo cada pergunta 5 respostas possíveis que foram pontuadas para computar graficamente os resultados. Essa pontuação foi definida como Horrível (2), Ruim (4), Bom (6), Muito Bom (8) e Excelente (10). A Figura 3 demonstra o questionário com as possíveis respostas.

[1] *Reference Tracker* é um ponto de referência criado no website Augin para ajudar a locar um modelo em RA na escala 1:1.

Figura 3 – Pesquisa de Satisfação

Perguntas para o **Instalador**:

1) Colaboração da RA durante a execução dos projetos dos sistemas hidrossanitários?

( )Excelente ( )Muito Bom ( )Bom ( ) Ruim ( ) Horrível

2) Ajuda da RA para prever a execução do sistema hidrossanitário, evitando retrabalho?

( )Excelente ( )Muito Bom ( )Bom ( ) Ruim ( ) Horrível

3) Facilidade em manusear o dispositivo móvel para a prática da RA? Escreva logo abaixo qual o dispositivo móvel utilizado (próprio ou da pesquisa)

( )Excelente ( )Muito Bom ( )Bom ( ) Ruim ( ) Horrível

_____

4) Comparando essa tecnologia (RA) de visualização do projeto com o sistema convencional (planta baixa e isométricos, impressos), houveram avanços?

( )Excelente ( )Muito Bom ( )Bom ( ) Ruim ( ) Horrível

5) O que achou do método de rastreamento por visualização de marcadores QR code dos modelos em RA?

( )Excelente ( )Muito Bom ( )Bom ( ) Ruim ( ) Horrível

6) Utilizando RA como permaneceu a execução em relação ao projeto?

( )Excelente ( )Muito Bom ( )Bom ( ) Ruim ( ) Horrível

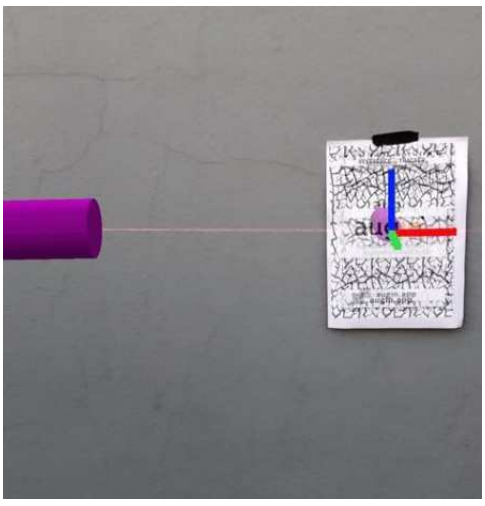
Fonte: Próprio Autor (2021).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação da precisão do aplicativo *Augin*

Após locar o sistema de referência físico, alinhar o laser na posição da tubulação, se fez a aplicação do aplicativo Augin como pode ser visto na Figura 4.

Figura 4 – Sistema aplicado *in loco* (1)



Fonte: Próprio Autor (2021).

Como pode ser visto na Figura 4 a tubulação está completamente alinhada ao laser, porém o reference tracker está dentro do campo de visão do dispositivo móvel. Ao girar a câmera tirando o ponto de referência do campo de visão notou-se um pequeno desalinhamento de aproximadamente 0,5 cm como demonstrado na Figura 5.

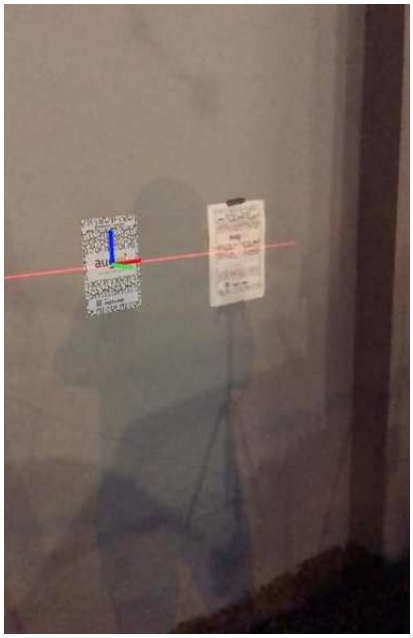
Figura 5 – Sistema aplicado *in loco* (2)



Fonte: Próprio Autor (2021).

Os testes foram feitos três vezes sucessivos para cada comprimento de tubulação e os resultados foram praticamente os mesmos, nunca variando para mais de 0,5 cm. Vale ressaltar que nesses testes apenas a câmera foi rotacionada, permanecendo a pessoa no mesmo local da leitura. Por fim testou-se fazer o deslocamento do dispositivo móvel em relação ao local de leitura, e assim a precisão do sistema foi comprometida ocorrendo o desalinhamento do reference tracker e consequentemente da tubulação, como pode ser visualizado na Figura 6.

Figura 6 – Deslocamento do dispositivo móvel em relação ao local de leitura



Fonte: Próprio Autor (2021).

Portanto, a partir destes testes da precisão do sistema constatou-se que o dispositivo móvel deve ficar parado em frente ao reference tracker, podendo ser feito a rotação para os lados para visualização das tubulações, não comprometendo assim a precisão mesmo quando o ponto de referência sai do campo de visão da câmera. Além disso a diferença de 0,5 cm na precisão do uso do aplicativo *Augin* pode ser resultado da diferença de casas decimais entre os softwares utilizados, como também pela calibração do giroscópio do dispositivo (SANTOS *et al.*, 2021).

4.2 Aplicação RA

A seguir, na Figura 7 apresenta-se a aplicação de RA nas edificações estudadas.

Figura 7 – Aplicação RA

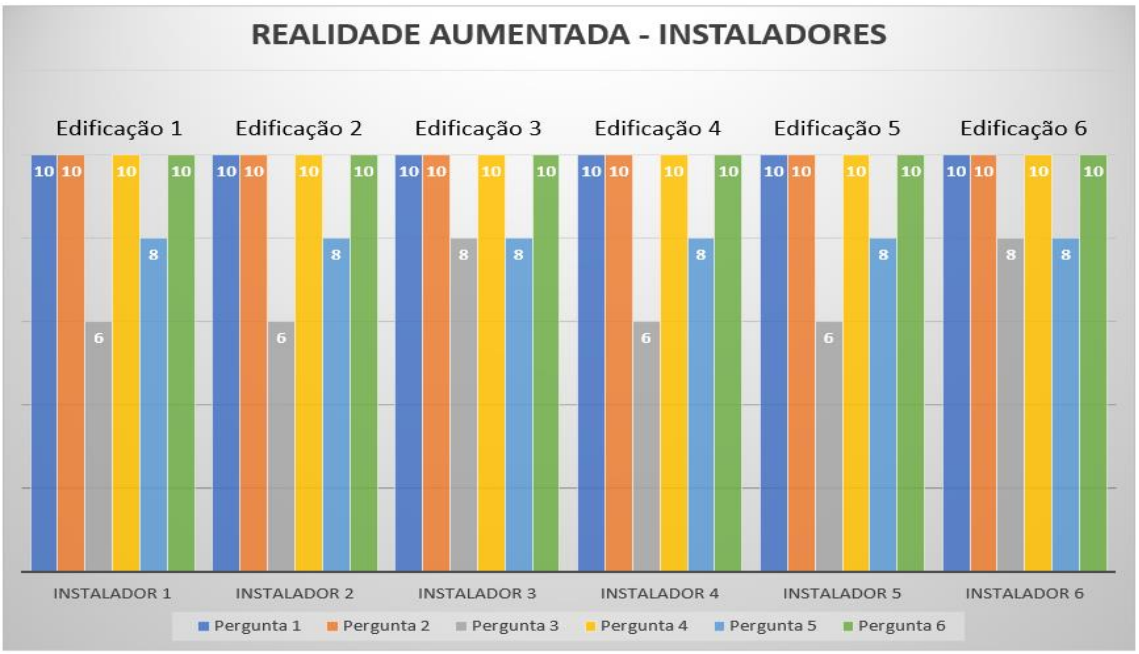


Fonte: Próprio Autor (2021).

4.3 Pesquisa de satisfação – Instaladores

O questionário da pesquisa de satisfação com os instaladores foi aplicado em cada uma das edificações (da 1 à 6). As respostas estão registradas no gráfico apresentado pela Figura 8.

Figura 8 – Pesquisa de Satisfação - Instaladores



Fonte: Próprio autor (2021).

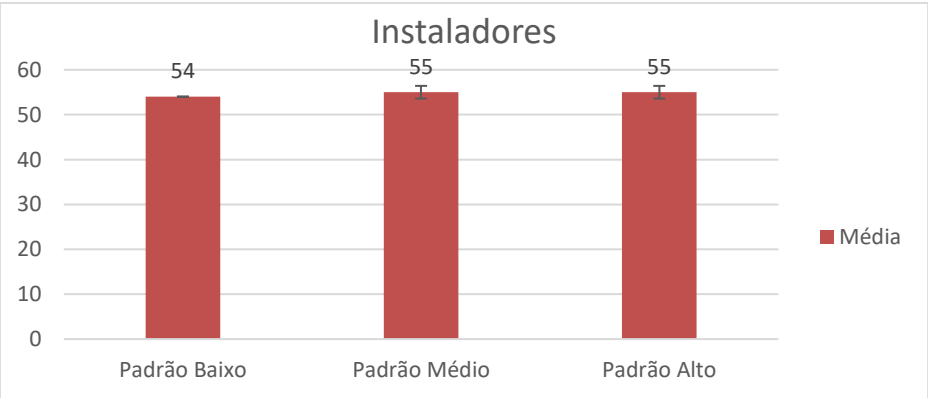
Para uma melhor conclusão dos resultados analisados com a pesquisa de satisfação gerou-se gráfico com a média e desvio padrão da soma das pontuações de cada entrevistado para cada padrão de edificação, conforme Figura 9. Em relação a classificação das pontuações, a Tabela 1 representa o resultado da pesquisa com os instaladores conforme pontuação determinada para cada tipo de resposta.

Tabela 1 – Resultado da pesquisa com os Instaladores

Classificação	*Horrível*	*Ruim*	*Bom*	*Muito bom*	*Excelente*
Pontuação	0 - 12	13 – 24	25 - 36	37 - 48	49 – 60

Fonte: Próprio Autor (2021).

Figura 9 – Médias e desvios padrões pesquisa de satisfação Instaladores



Padrão	Baixo	Médio	Alto
Desvio padrão	0	1,41	1,41

Fonte: Próprio Autor (2021).

Em relação aos instaladores a pontuação média atingida ficou dentro do intervalo de 48-60, resultando em uma avaliação “excelente”. Os padrões das edificações não apresentaram variações significantes de pontuações, o que demonstra uniformidade na aceitação da RA por parte dos instaladores.

Em todas as edificações da presente pesquisa os instaladores optaram pelo uso desta ferramenta tecnológica ao invés do uso do papel (método convencional). Essa mesma preferência também foi constatada na pesquisa de Yeh *et al.* (2012) onde os operadores receberam as informações de projeto de maneira mais eficiente e precisa, quando comparado ao método convencional, devido ao maior detalhamento dos desenhos. A RA faz com que a carga cognitiva dos profissionais seja reduzida, não precisando mais imaginar as tubulações locadas na obra, o que acaba por liberar recursos mentais fazendo com que os mesmos se concentrem mais na execução do serviço (RE *et al.*, 2016). O uso dessa ferramenta faz com que as pessoas possam visualizar em tempo real o que virá a acontecer (BEHZADI, 2017). Tudo isso faz com que diminua a quantidade de erros de execução, o que acaba por evitar retrabalho e assim desperdício de materiais. Conforme Dallasega *et al.* (2020) constataram em sua pesquisa, o uso de RA ajuda a melhorar indicadores de desempenho como o tempo de construção, o nível de qualidade como também o nível de sustentabilidade.

Em relação ao uso de dispositivos móveis como *smartphones* para a aplicação da tecnologia de RA, alguns instaladores que possuíam mais idade, na maioria das vezes apresentaram maiores dificuldades de manuseio. Porém, com o devido treinamento, os mesmos acabavam por aprender e conseguir projetar os sistemas hidrossanitários *in loco*. Os trabalhadores da construção civil vem preferindo inserir novas tecnologias com interfaces digitais no canteiro de obras e a grande explicação para isso é o ambiente familiar, que também adota novos dispositivos passando, então, muito mais confiança para o aprendizado (YANG *et al.*, 2021). Comparando o modo de visualização em RA com o 3D em tela, o primeiro é muito mais intuitivo o que facilita na aprendizagem da sua utilização (GARBETT *et al.*, 2021). Dessa forma percebe-se que o uso de RA acaba por ser mais vantajoso que o próprio uso de RV, visto essa maior facilidade de operação por parte dos instaladores. De fato, o monitoramento do progresso da construção é um dos grandes benefícios da realidade aumentada e tem potencial para identificar possíveis falhas na instalação de detalhes de construção (DAVILA DELGADO *et al.*, 2020).

5 CONCLUSÕES

A realidade aumentada é uma tecnologia que facilita na compreensão dos projetos dos sistemas hidrossanitários. O método de aplicação com o uso do Augin teve resultados satisfatórios, com precisão de 0,5 cm. Os instaladores entrevistados pontuaram como excelente o uso dessa tecnologia visto que os modelos 3D são projetados diretamente no local da edificação em escala real 1:1. Além disso esses resultados foram satisfatórios em todos os padrões de qualidade - baixo, médio e alto – universalizando o uso na construção civil.

REFERÊNCIAS

ALTOQI. QiBuilder 2020 Basic Next Software. (2020). Disponível em: <https://altoqi.com.br/qibuilder/>.

AUGIN. Augin App. (2020). Disponível em: <https://augin.app/>.

AZUMA, RONALD et al. **Recent advances in augmented reality.** Computer graphics and applications, IEEE, v. 21, n. 6, 2001.

BEHZADI, A. (2017). American Journal of Engineering Research (AJER) Open Access **Using Augmented and Virtual Reality Technology in the Construction Industry** Ajang Behzadi. *American Journal of Engineering Research*, *5*(12), 350–353.

DALLASEGA, P., REVOLTI, A., SAUER, P. C., SCHULZE, F., & RAUCH, E. (2020). **BIM, augmented and virtual reality empowering lean construction management: A project simulation game.** Procedia Manufacturing, 45, 49–54.

DAVILA DELGADO, J. M., OYEDELE, L., BEACH, T., & DEMIAN, P. (2020). Augmented and Virtual Reality in Construction: Drivers and Limitations for Industry Adoption. Journal of Construction Engineering and Management, 146(7), 04020079.

EL AMMARI, K., & HAMMAD, A. (2019). **Remote interactive collaboration in facilities management using BIM-based mixed reality.** Automation in Construction, 107(August), 102940.

GARBETT, J., HARTLEY, T., & HEESOM, D. (2021). **A multi-user collaborative BIM-AR system to support design and construction.** Automation in Construction, 122(November 2020), 103487.

MESQUITA, H. de C., EDUARDO, R. C., RODRIGUES, K. C., & PAULA, H. M. de. (2018). **Estudo de caso da análise de interferências entre as disciplinas de um edifício com projetos convencionais (re) modelados em BIM**. Matéria (Rio de Janeiro), 23(3).

MOREIRA, L. C. de S. **O Manual do Proprietário da Edificação Assistido pela Realidade Aumentada**. 2018. 241 f. Tese (Doutorado em Arquitetura, Tecnologia e Cidade) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.

SANTOS, A. S., SANTOS, F. E., CARVALHO, M. D. R., SILVA, W. R., SANTIN, K. R. S. (2020). **Realidade aumentada na construção civil, aplicada para solucionar problemas e prever falhas de projetos e execução.** 1-28.

SIDANI, A., DINIS, F. M., SANHUDO, L., DUARTE, J., SANTOS BAPTISTA, J., POÇAS MARTINS, J., & SOEIRO, A. (2021). **Recent Tools and Techniques of BIM-Based Virtual Reality: A Systematic Review.** Archives of Computational Methods in Engineering, 28(2), 449–462.

SINDUSCON-MG. (2007). **Custo Unitário básico (CUB/m2)**. 112. www.sinduscon-mg.org.br

RE, G. M., OLIVER, J., & BORDEGONI, M. (2016). **Impact of monitor-based augmented reality for on-site industrial manual operations.** Cognition, Technology and Work, 18(2), 379–392.

YANG, D., DE VRIES, B., & VAN DER SCHAFT, L. (2021). **The construction workers' preference and acceptance of innovations in data provision: A stated choice experiment study in the Netherlands.** Journal of Building Engineering, 35, 101970.

YEH, K.-C., TSAI, M.-H., & KANG, S.-C. (2012). **On-Site Building Information Retrieval by Using Projection-Based Augmented Reality.** Journal of Computing in Civil Engineering, 26(3), 342–355.

SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

KITS HIDRÁULICOS PREDIAIS INDUSTRIALIZADOS

Industrialized hydraulic building kits

DI RUZZA, Giulia[1] ; CARDOSO, Luiz Reynaldo[2]

Recebido em 29 de julho de 2021, aprovado em 13 de setembro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

RESUMO: A necessidade crescente de industrialização dos processos construtivos faz com que seja necessário modificar a lógica de produção de obras. Isso implica em tornar os processos mais inteligentes e produtivos, reduzir prazos e os desperdícios. Uma maneira de otimizar os processos é por meio da substituição das atividades convencionais por atividades industrializadas que visam a produção acelerada com maior controle de qualidade. Neste contexto, a aplicação de kits hidráulicos produzidos em ambientes fabris controlados se torna um importante objeto de estudo, pois modifica o modelo tradicional produtivo e incrementa tecnologia e inovação. O objetivo deste artigo é discutir a implantação de kits hidráulicos prediais industrializados, abordando os tipos existentes no mercado, seus componentes, vantagens, requisitos do sistema e realizando uma análise comparativa sobre a produtividade entre os sistemas industrializados e os convencionais, por meio de um estudo de caso preliminar. A metodologia compõe-se de levantamento bibliográfico e estudo de caso preliminar. Os resultados indicam que a incorporação dessa tecnologia industrializada pode representar um maior grau de eficiência em obras, permitindo maior velocidade de execução, escala produtiva e padronização.

Palavras-chave:

Kits hidráulicos;

Industrialização;

Inovação.

ABSTRACT: *The growing need for industrialization of construction processes makes necessary the modification of the logic in production of construction. This implies making processes smarter and more productive, reducing deadlines and wastes. One way to optimize processes is by replacing conventional activities with industrialized ones, aiming for accelerated production with greater quality control. In this context, the application of hydraulic kits produced in controlled manufacturing environments becomes an important subject of study, because it modifies the traditional production model and increments technology and innovation. The goal of this article is to discuss the implementation of industrialized hydraulic building kits, presenting the existing types on the market, the components, benefits, system requirements and performing a comparative analysis about the productivity of the industrialized and conventional systems, through a preliminary study case. The methodology consists of a bibliographic survey and a preliminary case study. The results indicate that the incorporation of this industrialized technology may represent a greater level of efficiency in works, allowing faster execution speed, productive scale and standardization.*

Keywords:

Hydraulic kits;

Industrialization;

Innovation.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **DI RUZZA, Giulia**: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), giuliadiruzza@usp.br

[2] **CARDOSO, Luiz Reynaldo**: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), luizcardoso@usp.br

1 INTRODUÇÃO

A industrialização dos processos construtivos e a aplicação de modos de produção acelerada por meio da mecanização intensiva de tarefas faz com que seja possível construir mais em menos tempo. Nesse sentido, é necessário modificar a lógica de produção atual de obras, o que requer maior grau de planejamento e logística dentro do canteiro de obras, sendo possível agregar mais agilidade e controle de qualidade. Tudo isso reflete a principal tendência do mercado contemporâneo: a indústria 4.0.

Entretanto, as práticas construtivas atuais ainda não refletem os avanços tecnológicos experimentados pelos demais setores. A produção tradicional é ainda muito atrelada à utilização de técnicas com composição artesanal, que dependem da habilidade da mão de obra, onde há maior dificuldade de controle, organização, maior número de operações nos canteiros de obras e maior número de pessoas trabalhando em campo.

De acordo com Barros (2013) “produzir em grande escala, com baixo custo e em curto prazo são os desafios frente aos quais as organizações identificaram claramente que não seria possível vencê-los utilizando-se da mesma base tecnológica das últimas décadas [...]”. Sendo assim, a incorporação de tecnologias e a adoção de modos de produção industrializada e racionalizada encontram oportunidades de crescimento dentro do mercado como formas de atingir as novas necessidades de otimização da construção civil.

Neste contexto, os sistemas prediais hidráulicos demonstram ser um subsistema dos edifícios que precisa ser aprimorado, visto a quantidade elevada de patologias que costumam ser apontadas após a entrega dos empreendimentos. Assim, os kits hidráulicos prediais industrializados se apresentam como uma alternativa para atingir um controle de qualidade mais apurado, com desempenho assegurado pelos testes realizados dentro da indústria, maior padronização, produtividade, entre diversos outros fatores a serem discutidos.

O principal objetivo deste trabalho é discutir a implantação dos kits hidráulicos prediais industrializados como inovações tecnológicas na construção civil. O objetivo secundário é sistematizar os conhecimentos sobre a utilização dos kits hidráulicos como uma alternativa construtiva industrializada, capaz de agregar valor e inovação no setor da construção civil.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho apresenta inicialmente um levantamento bibliográfico para detalhar informações atuais sobre a construção hidráulica convencional e a construção com os kits hidráulicos prediais industrializados, abordando os componentes dos sistemas, processo de montagem até instalação nos canteiros de obra, vantagens e requisitos do sistema.

Em seguida, o trabalho apresenta um estudo de caso preliminar de um empreendimento residencial de alto padrão situado na cidade de São Paulo, onde será avaliada a produtividade do sistema convencional e do sistema industrializado, composto pelos kits.

O estudo de caso preliminar foi desenvolvido em um apartamento modelo de 160 m², onde foram levantados os dados referentes às instalações hidráulicas convencionais e industrializadas de apenas cinco ambientes, sendo eles: quatro banheiros e uma área de serviço. Os dois tipos de instalações foram executados em um mesmo modelo de apartamento, pela mesma equipe, sendo que todos os funcionários haviam recebido os devidos treinamentos antes do início dos serviços.

Para o levantamento da produtividade da construção com os kits, os mesmos foram instalados em cinco ambientes do apartamento modelo, sendo: quatro kits banheiros (um em cada banheiro da unidade) e um kit área de serviço. Já para o levantamento da produtividade da construção sem os kits, a construção convencional foi adotada para as instalações hidráulicas dos cinco ambientes mencionados.

O levantamento foi realizado através da medição do tempo que a equipe precisou para executar a instalação dos kits e as instalações hidráulicas convencionais nos ambientes determinados, a fim de avaliar a produtividade das duas metodologias construtivas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Contextualização

Os sistemas prediais hidráulicos apresentam um alto índice de assistência técnica no pós venda, sendo o subsistema da construção que mais apresenta patologias após a entrega dos empreendimentos. É possível destacar algumas causas para o surgimento das patologias nos sistemas hidráulicos convencionais: erros de projeto ou de execução, falhas nos componentes, manutenção inexistente ou irregular e processo de desgaste dos materiais. No sistema convencional, os componentes dos sistemas hidráulicos são adquiridos separadamente e montados ou construídos no local da obra, o que requer um gerenciamento muito maior, por parte da construtora, nos quesitos materiais e mão de obra.

Sendo assim, a produção convencional se torna muito atrelada à utilização de técnicas com composição artesanal, que dependem da habilidade da mão de obra disponível nos canteiros, estando sujeita a erros, maiores desperdícios materiais, padronização e controle de qualidade não muito apurados.

De acordo com Oliveira (2002) “industrializar-se, para a construção, é sinônimo de evoluir”. Sendo assim, a industrialização é um processo evolutivo que por meio da implementação de novas tecnologias objetiva incrementar a produtividade. Oliveira (2002) ainda discute a industrialização como um conceito que pressupõe organização, planejamento, continuidade executiva, repetição e eficiência no processo de produção, sendo que sua principal ferramenta é a racionalização.

Segundo Sabbatini (1989), a racionalização construtiva é um processo composto pelo conjunto das ações que tenham por objetivo otimizar o uso de recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos, temporais e financeiros disponíveis na construção em todas as suas fases.

De acordo com Barros (2013) “não há dúvidas de que o modelo industrial de produção seriada pode e deve inspirar a indústria da construção. No entanto, esse modelo é muito mais do que a simples adoção do que se pode imaginar uma nova tecnologia”. Assim sendo, a adoção de tecnologias industrializadas e racionalizadas envolve também uma mudança de mentalidade, sendo necessário modificar a lógica de produção de obras.

De acordo com Aro (2004), a partir de 1990, o setor da construção civil brasileiro passou a contar com novidades provindas da indústria da pré-fabricação importadas da Europa e da América, surgindo como alternativa construtiva os kits hidráulicos para os sistemas prediais hidráulicos e sanitários.

Nesse sentido, a produção *off-site* (executada fora do canteiro, dentro das fábricas) garante maior segurança e qualidade dos sistemas, o que é possível verificar com a utilização dos kits hidráulicos industrializados, que surgiram para suprir essa necessidade de melhorar a qualidade das instalações, acelerar e padronizar o processo de montagem.

3.2 Kits hidráulicos prediais industrializados

Os conjuntos dos kits hidráulicos prediais industrializados são compostos por tubos, conexões, válvulas e acessórios que reproduzem as instalações hidráulicas completas, além da estrutura de fixação (alguns modelos contam com estruturas metálicas ou plásticas para fixação em alvenaria ou em *drywall*). De acordo com Aro (2004), os kits hidráulicos industrializados são caracterizados por conjuntos de tubos com cortes prévios e montagem fora do local de alocação das peças, facilitando a sua instalação.

Existem diversos tipos de kits hidráulicos: kit lavatório, kit área de serviço, kit banheiro, kit chuveiro, kit chicote, kit esgoto, kit prumadas, kit abrigo para medidores, entre diversos outros disponíveis no mercado.

Os kits são usados, principalmente, quando a repetição do sistema é elevada, como em edifícios e conjuntos habitacionais. Eles devem ser previstos na etapa de projeto, com a definição dos requisitos técnicos, customização conforme cada empreendimento e é indicado que seja realizada a elaboração prévia de um protótipo do kit para testes e validação da construtora e incorporadora.

Os kits não são normalizados, ou seja, não existem normas técnicas específicas para eles, mas seus componentes e suas instalações devem respeitar as normas vigentes da ABNT, garantindo o desempenho estabelecido pela NBR 15575-6 (ABNT, 2013), NBR 5626 (ABNT, 2020) e a NBR 8160 (ABNT, 1999).

3.3 Fabricação na indústria a montagem no canteiro: vantagens e requisitos do sistema

Os kits hidráulicos prediais industrializados são produzidos em fábricas, com produção em alta escala e testados de forma rigorosa. A grande maioria dos fabricantes do setor anuncia que realizam teste de estanqueidade em 100% dos conjuntos e não apenas em um percentual de amostragem.

Após serem testados, são protegidos e embalados de forma adequada, recebendo lacre de garantia e etiqueta de rastreamento. Posteriormente, são transportados para os canteiros de obra conforme o cronograma e programação de entrega, onde a instalação é realizada por uma equipe de obra treinada ou pela própria fornecedora e instaladora.

O material deve ser entregue de forma organizada e identificada nos canteiros, com a sinalização do modelo, local e ambiente de instalação. O armazenamento também exige cuidados, devendo-se respeitar o número máximo de empilhamento dos kits. A sua instalação não é uma etapa complexa, sendo necessário que as equipes responsáveis recebam um treinamento básico e orientações a respeito do uso e manuseio do produto. Os kits são totalmente produzidos em fábrica, exigindo apenas que sejam conectados nas prumadas, interligando os andares superiores aos inferiores.

De acordo com Colinart, Bendouma e Glouannec (2019), o uso de elementos pré-fabricados e oriundos da indústria são capazes de apresentar inúmeras vantagens, podendo-se citar a racionalização e industrialização dos processos de fabricação, maior padronização dos

sistemas, melhor controle de qualidade e desempenho assegurado por testes, com consequente melhoria na qualidade do produto.

Além disso, é possível mencionar a eliminação de algumas etapas de trabalho dentro dos canteiros, reduzindo tempo, garantindo maior velocidade de instalação, redução do desperdício de peças, menor geração de resíduos, maior sustentabilidade, garantia do sistema assegurada pelo fabricante no pós-venda, possibilidade de rastreamento dos lotes, sendo possível identificar em uma base de dados os locais onde cada kit produzido foi instalado e apresentando expressivo aumento da produtividade.

De acordo com Martins, Hernandez e Amorim (2003), a utilização dos kits hidráulicos em obras é considerada uma boa prática de gestão para prevenir patologias do sistema, além de poder acarretar em maiores ganhos de produtividade e qualidade se comparado ao sistema convencional construtivo.

Monteiro (2017) realizou um estudo exploratório para mensurar a produtividade dos kits hidráulicos, no qual foi destacado que em situações ideais, os kits atingiram produtividade 3,5 vezes maior que produtividade da mão de obra do sistema convencional, demonstrando um ganho de eficiência significativo.

O sistema industrializado também exige requisitos, como: necessidade de especificação adequada e detalhamentos antecipados na etapa de projeto, controle, planejamento e definição de cronograma de obra mais detalhado para a encomenda e recebimento dos materiais. Segundo Barros e Cardoso (2011), é preciso repensar o planejamento e logística dos canteiros, definindo previamente os processos de construção.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estudo de caso: produtividade dos kits

Nesta seção, este trabalho apresenta a discussão e os resultados obtidos com o estudo de caso preliminar, que será desenvolvido de forma mais detalhada e aprofundada em pesquisas futuras.

Trata-se de um estudo desenvolvido em uma obra de alto padrão na cidade de São Paulo, de uma empresa Incorporadora. O perfil do empreendimento apresenta duas torres, com quatro apartamentos em cada pavimento e 30 pavimentos residenciais. Para este empreendimento, foram contratados dois tipos de kits hidráulicos prediais industrializados: kit área de serviço e kit banheiro.

Conforme os detalhamentos da seção 2. MATERIAL E MÉTODOS, foi realizado o levantamento em campo e os resultados obtidos são descritos a seguir.

- No sistema convencional, a montagem das instalações hidráulicas dos cinco ambientes especificados do apartamento modelo é realizada em três dias de trabalho. Cada dia de trabalho com 8 horas trabalhadas, totaliza **24 horas** para a montagem das instalações hidráulicas.
- Com os kits hidráulicos industrializados, a montagem das instalações hidráulicas dos mesmos cinco ambientes é realizada em apenas **6 horas** de trabalho, ou seja, cada kit é instalado em, aproximadamente, 1 h e 12 min.

Desta forma, de acordo com os levantamentos coletados neste estudo de caso preliminar, é possível dizer que a instalação dos kits hidráulicos industrializados foi cerca de 4 vezes mais rápida, representando uma economia de 75% do tempo em relação ao sistema convencional construtivo. Vale ressaltar que este estudo não possuí tratamento estatístico, sendo que serão realizados levantamentos adicionais em pesquisas futuras, a fim de calibrar os resultados apresentados inicialmente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso dos kits hidráulicos prediais industrializados representa um avanço para o setor em direção à industrialização da construção, sendo uma alternativa promissora para substituição dos sistemas convencionais.

A implantação dos kits em obras requer um detalhamento de todas as etapas do processo. A produção desses componentes em ambientes controlados pode representar um aumento da produtividade, redução do desperdício e geração de entulho, possibilidade de rastreamento dos lotes e otimização do fluxo dos serviços dentro do canteiro.

Ressalta-se que é importante modificar a lógica de produção de obras, tornando-as um local de montagem e não de produção, transformando uma realidade que ainda é marcada pelo desperdício de materiais e de componentes, dificuldade de controle e organização, retrabalho, e número elevado de operações dentro do canteiro, repensando futuros projetos, investindo em industrialização e inovação.

Assim sendo, a incorporação dessa tecnologia pode anunciar um maior grau de eficiência em obras executadas em todo o país, permitindo maior velocidade de execução, escala produtiva, padronização apurada e agregando competitividade no setor da Construção Civil.

Através dos resultados apresentados no estudo de caso proposto, pode-se afirmar que a construção industrializada com os kits hidráulicos foi cerca de 4 vezes mais rápida do que a construção convencional. Este resultado se aproxima do estudo exploratório realizado por Monteiro (2017), no qual chegou-se em um índice de produtividade de 3,5 vezes maior com a utilização dos kits. Ambos os resultados obtidos demonstram um ganho expressivo de eficiência, portanto, sugere-se o prosseguimento de estudos sobre o tema, em busca de um entendimento mais apurado e resultados precisos através de um tratamento estatístico ampliado.

REFERÊNCIAS

ARO, Celso Ricardo. **A modernização tecnológica: seu patamar nos sistemas prediais hidráulicos e sanitários**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR5626**: Sistemas prediais de água fria e água quente — Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR8160**: Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário – Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15575**: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

BARROS, Mercia M. S. B. **Tecnologias construtivas para produção de edifícios no Brasil: perspectivas e desafios**. Departamento de Engenharia de Construção Civil. Escola Politécnica USP, 2013.

BARROS, M. M. S. B.; CARDOSO, F. F. **Inovação: espiral ou carrossel do conhecimento?**. Conjuntura da Construção, São Paulo, p. 10 - 11, 01 jun. 2011.

COLINART, Thibaut; BENDOUMA, Mathieu; GLOUANNEC, Patrick. **Building renovation with prefabricated ventilated façade element: A case study**. Elsevier - Energy & Buildings, 2019.

MARTINS, M. S; HERNADES, A. T.; AMORIM, S. V. **Ferramentas para melhoria do processo de execução dos sistemas hidráulicos prediais**. In: III SIBRAGEC – Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 16-19 set. 2003, São Carlos. Anais, sn.

MONTEIRO, Paulo Roberto Moreira. **Produtividade da mão de obra na execução de instalações prediais hidráulicas e sanitárias**. 2017. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, 2017.

OLIVEIRA, Luciana Alves de. **Tecnologia de painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto para emprego em fachadas de edifícios**. 2002. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002.

SABBATINI, Fernando Henrique. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia**. 1989. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

IMPACTOS DOS CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS NO COMPORTAMENTO DOS SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

Impacts of tank sizing criteria on the behavior of rainwater harvesting systems

PACHECO, Gabriela Cristina Ribeiro [1]; ALVES, Conceição de Maria Albuquerque [2]

Recebido em 16 de julho de 2021, aprovado em 06 de setembro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

Palavras-chave:

Água pluvial;

Dimensionamento de reservatórios;

Simulação computacional.

Keywords:

Rainwater;

Tank sizing;

Computer simulation.

RESUMO: O dimensionamento adequado dos sistemas de aproveitamento de água pluvial (SAAP) é fundamental para garantir a eficácia dos mesmos. Diante dos diferentes métodos e abordagens de dimensionamento, este estudo compara a influência dos critérios de dimensionamento na eficiência, no volume extravasado e no valor presente líquido (VPL) dos sistemas. Assim, foi empregado um programa computacional para comparar esses indicadores para sistemas dimensionados considerando os seguintes critérios: eficiência, confiabilidade, VPL, VPL por volume de armazenamento e diferença entre percentuais de economia por volume de armazenamento. Verificou-se uma grande variação dos indicadores para os critérios avaliados o que faz que cada critério deva ser empregado para um objetivo. Considera-se que os sistemas dimensionados pelo VPL máximo e pela diferença entre economia por volume apresentaram uma eficiência considerável e maiores retornos econômicos para a maioria dos cenários avaliados. Assim, de forma geral são mais adequados.

ABSTRACT: The proper sizing of rainwater harvesting systems (RWHS) is essential to guarantee their effectiveness. Given the different sizing methods and approaches, this study seeks to compare the influence of sizing criteria on the efficiency, spilled volume and net present value (NPV) of the systems. Thus, a computer program was used to compare these indicators for systems sized considering the following criteria: efficiency, reliability, NPV, NPV per storage volume and difference between percentages of savings per storage volume. There was a wide variation in the indicators for the evaluation criteria, which makes each criterion should be used for an objective. It is considered that systems scaled by the maximum NPV and by the difference between savings per volume presented considerable efficiency and higher economic returns for most of the evaluated scenarios. Thus, in general, they are more suitable.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **PACHECO, Gabriela Cristina Ribeiro**: Instituto Federal de Goiás (IFG) e Universidade de Brasíli (UnB), gabrielacrpacheco@gmail.com

[2] **ALVES, Conceição de Maria Albuquerque**: Universidade de Brasíli (UnB), cmaalves@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de aproveitamento de água pluvial (SAAP) vêm sendo cada vez mais empregados e são considerados uma alternativa em situações de estresse hídrico pois caso sejam empregados em grande escala até mesmo o sistema público de abastecimento pode ser beneficiado com a redução da demanda de água (ENNENBACH et al., 2017).

Apesar dos benefícios proporcionados, questões técnicas e econômicas muitas vezes dificultam a implantação assim como a aplicação de incentivos a essa técnica. A dependência de fatores locais torna o dimensionamento adequado dos reservatórios fundamental para a eficiência dos sistemas em termos de economia de água e retorno econômico. Além de definir o volume a ser economizado, o reservatório normalmente corresponde ao item mais caro do sistema (BEZERRA et al., 2010; LI et al., 2010).

Existem inúmeros métodos de dimensionamento de reservatórios: simplificados, estatísticos, de simulação contínua do balanço de massa e com função de custo (VARGAS et al., 2019). Métodos simplificados não consideram diversos parâmetros, portanto os reservatórios obtidos não apresentam as maiores eficiências para os SAAP. Métodos estatísticos incorporam as incertezas existentes nos SAAP para verificar como a eficiência dos sistemas pode alterar o dimensionamento, a economia gerada e a viabilidade econômica.

Métodos de simulação contínua do balanço de massa estabelecem a capacidade de armazenamento a partir do suprimento e do consumo de água de chuva. Podem ser associados a diferentes critérios para estabelecer os volumes que proporcionam maior eficiência para os sistemas. O programa Netuno usa o balanço de massa e define o reservatório ideal pela diferença entre percentuais de economia de água por volume de armazenamento (GHISI; MARCEL, 2014).

Há métodos que incorporam variáveis econômicas e determinam o volume de armazenamento que proporcionam maior viabilidade econômica. O Rain Toolbox determina para qual volume o valor presente líquido (VPL) é máximo (CAMPOS, 2012). O Sistema de Aproveitamento Racional de Água (SARA) emprega um indicador da economia de água com aumento no volume de armazenamento associado ao índice benefício custo (IBC) (SAMPAIO, 2013).

Dessa forma, a escolha do método de dimensionamento deve ser fundamentada no objetivo do sistema, na sua escala e na existência de incertezas. Também deve-se avaliar os efeitos de diferentes volumes para a seleção adequada da capacidade de armazenamento para cada sistema.

2 OBJETIVOS

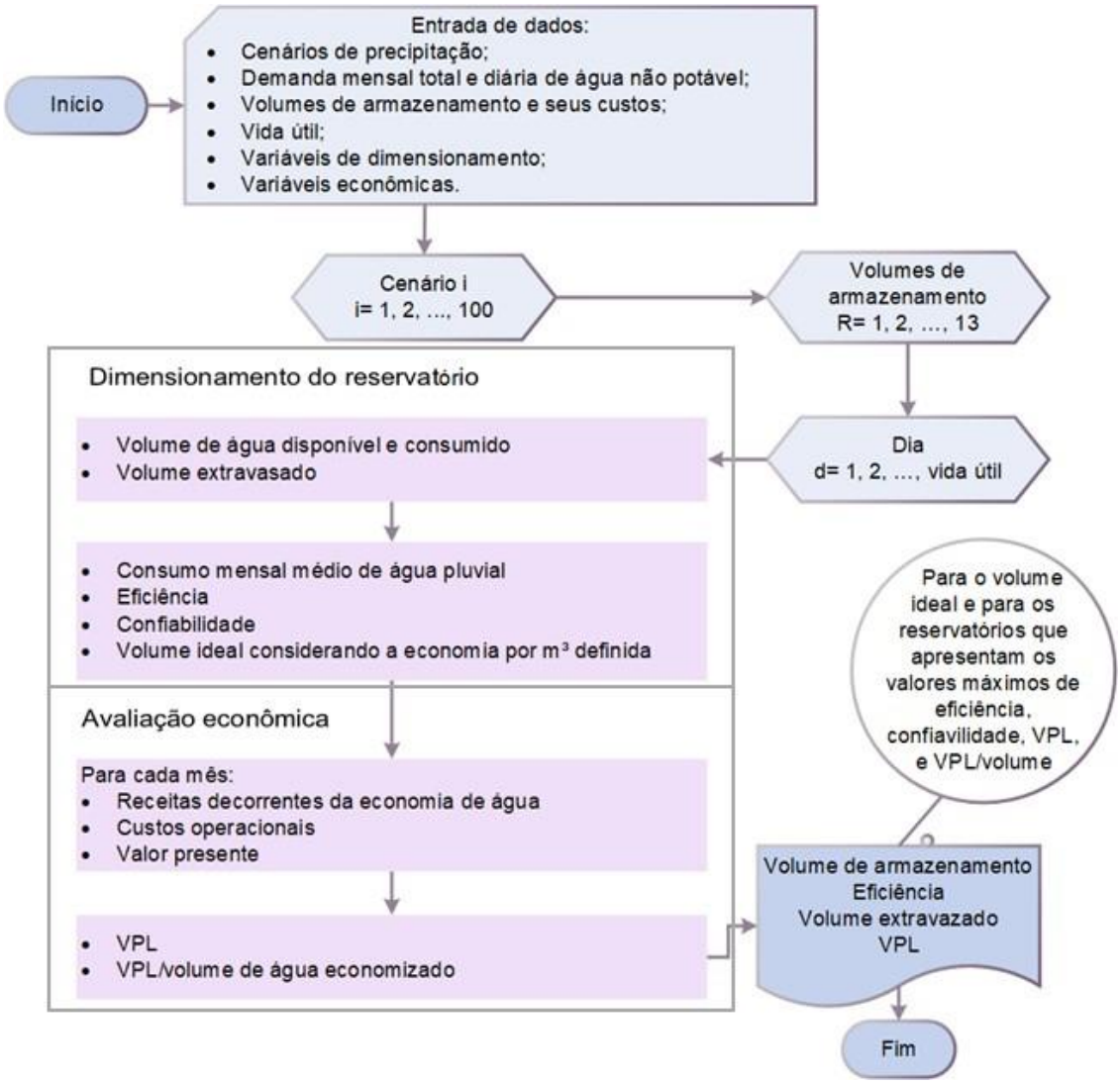
Foi definido como objetivo deste trabalho verificar a influência de diferentes critérios empregados no dimensionamento do reservatório na eficiência, no volume extravasado e nos ganhos econômicos apresentados pelos SAAP.

3 MÉTODO

Foi realizado o dimensionamento de um SAAP para quatro faixas de consumo considerando os seguintes critérios para definir os volumes ideais: eficiência, confiabilidade, VPL, VPL por volume de armazenamento e diferença entre a economia de água por metro cúbico entre um reservatório e o imediatamente superior. Para os quatro primeiros critérios foi efetuada a

maximização dos mesmos e para o último foi adotado um valor máximo de 4 %/m³. As avaliações foram realizadas em um programa computacional em Python apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma do programa computacional



O programa usa o modelo de simulação contínua do balanço de massa para definir o volume de água pluvial consumido a partir do valor disponível para captação, considerando o consumo de água antes do enchimento (Θ=1). Para cada reservatório foi calculada a eficiência (percentual de água economizado), a confiabilidade (percentual de dias que a demanda total é atendida) e o volume extravasado. Então, foi estabelecido o volume ideal para cada cenário (definido pela economia por metros cúbicos de armazenamento adotada).

Foi realizada a avaliação econômica por meio do cálculo das receitas geradas pelo volume de água que deixa de ser consumido, determinado a partir das tarifas antes e após a implantação dos SAAP. Assim, com os custos de implantação e operação foram calculados os indicadores: VPL e VPL por volume economizado.

3.1 Dados adotados para o dimensionamento dos sistemas

O estudo foi realizado para o município de Rio Verde (Goiás) e foram considerados quatro tipos de edificações, indicadas na Tabela 1, definidas a partir do consumo médio das oito faixas de consumo para a categoria residencial no mês de setembro de 2020, disponibilizadas pela Saneago. O consumo não potável foi considerado como 53% do valor total, como determinado por Sant'Ana (2011) para o Distrito Federal. As áreas de captação foram estipuladas a partir de um levantamento das áreas de cobertura do município sendo considerados valores compatíveis com os consumos médios.

Tabela 1 - Consumo e área de captação

Faixa de consumo	Consumo total por economia	Consumo não potável - usos interno e externo	Área de captação
	(m^3/mês)	(m^3/mês)	(m^2)
1	5,484	2,91	60, 100
2	17,808	9,44	100, 200
3	27,806	14,74	200, 300
4	44,668	23,67	300, 400

Foram adotados 100 cenários de precipitação para avaliar se esse parâmetro tem alguma influência no dimensionamento e eficiência dos sistemas. Para isso, elaborou-se séries de precipitação de 30 anos a partir dos dados pluviométricos locais de 1996 até 2020 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2021) pela reamostragem bootstrapping.

Foi efetuado o orçamento dos sistemas de acordo com os indicadores do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2020) e com cotações. O orçamento incluiu além dos reservatórios inferior e superior, a bomba, filtros e acessórios do reservatório inferior. Os valores obtidos podem ser observados na Tabela 2. Os custos operacionais foram considerados de acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2019), abrangem uma tarifa de energia mensal (0,116 multiplicado pelo consumo de água pluvial), a realização semestral de ensaios (R$ 80,00) e um custo anual para inspeção dos reservatórios e do sistema (1,5% do investimento inicial).

Tabela 2 - Custo dos sistemas por volume de armazenamento

Volume (m^3)	0,31	0,5	0,6	1	1,5	1,75	2	2,5	3	5	6	10	15
Custo (R$)	R$ 2.342,88	R$ 2.481,36	R$ 2.770,20	R$ 2.860,90	R$ 3.177,07	R$ 3.324,07	R$ 3.903,55	R$ 4.110,97	R$ 5.053,01	R$ 5.074,01	R$ 5.616,96	R$ 7.938,60	R$ 11.314,80

Foi considerado um aumento anual dos custos e da taxa de desconto de 1,1% a.a. e a taxa de desconto inicial foi adotada como a taxa Selic de maio de 2021: 3,5% a.a. (BANCO CENTRAL, 2021). Foi empregada a estrutura tarifária da companhia de saneamento local em janeiro de 2021 para edificações residenciais normais (não enquadradas na tarifa social). A partir do

histórico de reajustes foi incluída uma taxa de reajuste anual da tarifa de 1,12% a.a.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após efetuar o dimensionamento dos sistemas para os cem cenários de precipitação e as oito edificações (Tabela 1) considerando os cinco critérios estabelecidos é possível verificar como a eficiência, o volume extravasado e o VPL dos sistemas variam de acordo com o método, como ilustrado na Figura 2. Destaca-se que os gráficos possuem uma direção de preferência e os volumes encontrados por meio do critério de confiabilidade foram idênticos aos valores para eficiência máxima. Desse modo, são apresentadas somente as linhas de maior eficiência que também possuem maior confiabilidade.

Percebe-se que todos os sistemas para a primeira faixa de consumo (5,484 m³/mês) apresentaram VPL negativo. Assim, para edificações com consumos semelhantes, os SAAP devem ser implementados apenas com o objetivo de conservação de água já que não geram retorno econômico para o usuário. Verifica-se que para uma mesma demanda e volume de armazenamento o aumento na área de captação gera uma maior eficiência, maiores volumes extravasados e valores do VPL.

É possível confirmar em todos os gráficos que a precipitação apresenta pouca influência nos valores de reservatórios definidos. Não há grande mudança nos volumes para um mesmo critério e diferentes cenários pluviométricos. No entanto, não houve grande alteração da precipitação média por ano, considerando que a precipitação média da série histórica corresponde a 1570 mm/ano. Para uma variação significativa possivelmente não seria observado esse resultado. De toda forma, o regime pluviométrico acarreta alterações na eficiência, no volume extravasado e no VPL dos sistemas mesmo para os mesmos volumes de armazenamento.

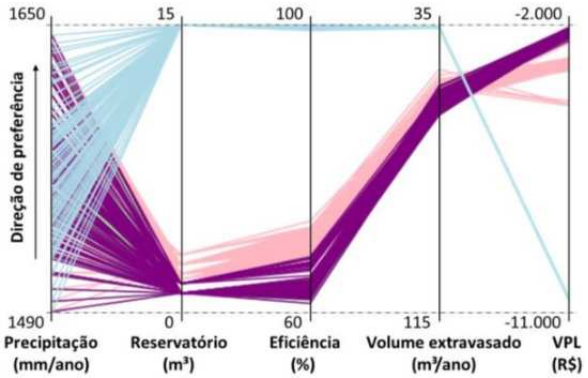
Observando apenas os reservatórios escolhidos pelos critérios de máxima eficiência e confiabilidade verifica-se que em todos os cenários foram selecionados o mesmo volume de 15 m³ (maior volume considerado). Constata-se que quanto maior a capacidade de armazenamento maior a eficiência dos sistemas. Em contrapartida, para edificações menores os volumes com maior eficiência apresentaram os menores valores do VPL. Com o aumento da demanda e da área de captação os valores do VPL apresentaram valores maiores e próximos aos indicadores máximos de cada cenário, enquanto o volume extravasado passou a apresentar valores próximos aos apresentados pelos reservatórios dimensionados pelos demais critérios.

Os reservatórios selecionados pelo critério do VPL máximo apresentaram para a primeira faixa de consumo volumes praticamente semelhantes aos adotados pelo critério de VPL por volume economizado e tornaram-se maiores com o aumento da demanda, em relação aos valores estabelecidos pelos outros critérios.

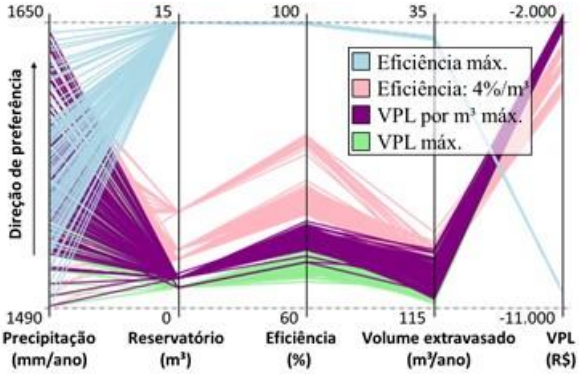
Em todos os cenários nota-se que os reservatórios encontrados pelo critério do VPL por volume economizado foram reduzidos. Isso se deve ao fato de uma maior capacidade de armazenamento resultar em maior VPL e também em maior volume economizado. Assim, considera-se que esse critério não deve ser empregado para definir o reservatório ideal de SAAP.

Figura 2 - Influência dos critérios de dimensionamento nos SAAP

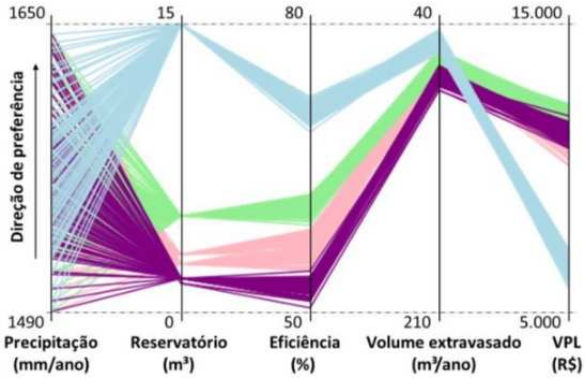
Faixa de consumo 1 - área de captação: 60 m²



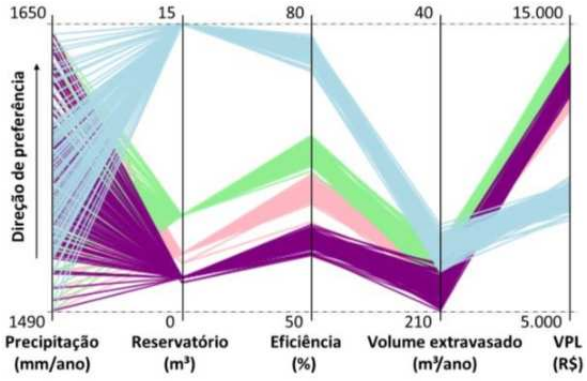
Faixa de consumo 1 - área de captação: 100 m²



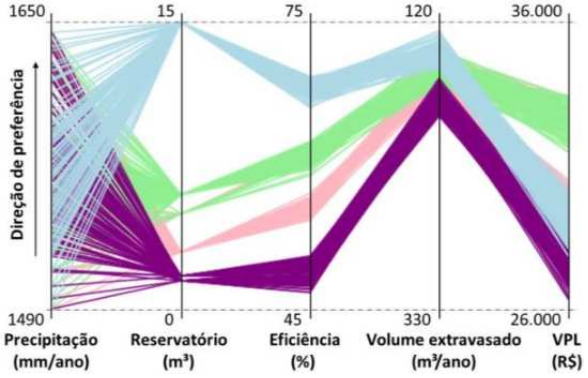
Faixa de consumo 2 - área de captação: 100 m²



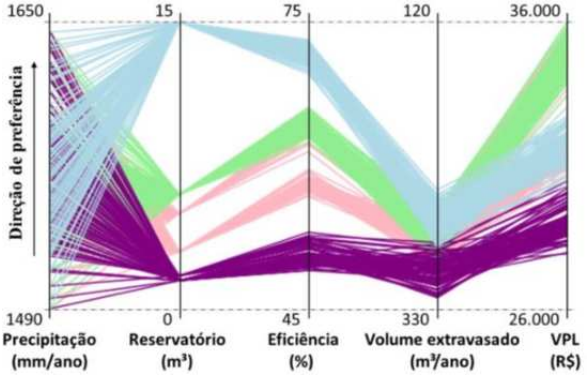
Faixa de consumo 2 - área de captação: 200 m²



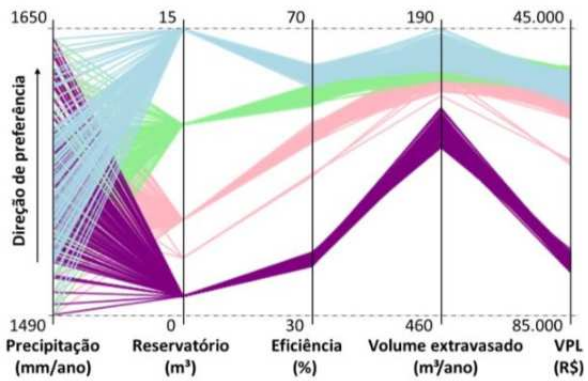
Faixa de consumo 3 - área de captação: 200 m²



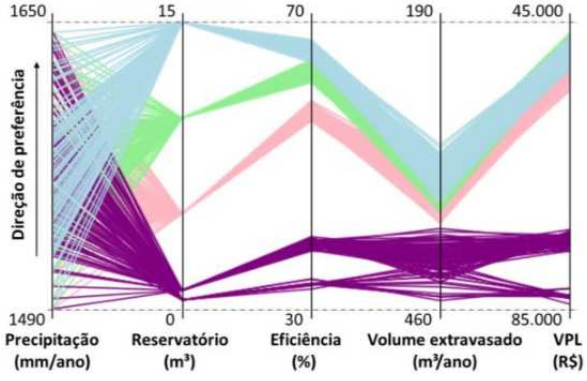
Faixa de consumo 3 - área de captação: 300 m²



Faixa de consumo 4 - área de captação: 300 m²



Faixa de consumo 4 - área de captação: 400 m²



Por fim, ao observar os volumes encontrados pelo critério de economia de água por metro cúbico de armazenamento inferior a 4 %/m³ constata-se que para a primeira faixa de consumo os volumes encontrados foram superiores aos valores obtidos pelo VPL máximo e tornaram-se menores com o aumento da demanda e da área de captação. Ressalta-se que os volumes dependem do valor adotado para este critério, quanto menor o valor maior o volume de armazenamento obtido. Ao usar este critério deve-se avaliar a edificação pois para obter o mesmo comportamento de eficiência quanto a economia de água e de retorno econômico deve-se adotar valores menores quanto maior o consumo e a oferta.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das análises efetuadas foi possível verificar o comportamento dos SAAP quando considerados diferentes critérios para a determinação do volume adequado. Nota-se grande variação dos volumes obtidos para cada critério o que faz que cada um seja indicado com um objetivo.

De modo geral considera-se que o VPL máximo e a diferença de economia por volume de armazenamento são mais adequados pois apresentaram uma eficiência considerável e maiores retornos econômicos para a maioria dos cenários avaliados. Todavia são necessários estudos para outros regimes pluviométricos e edificações para confirmar os padrões encontrados.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15527:** Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis - Requisitos, segunda ed. Rio de Janeiro, 2019.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Taxas de juros básicas – Histórico, 2021.

BEZERRA, S. M. C.; CHRISTIAN, P.; TEIXEIRA, C. A.; FARAHBAKHSH, K. Dimensionamento de reservatório de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e decreto municipal 293/2006 de Curitiba, PR. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 4, p. 219-231, 2010.

CAMPOS, M. A. S. **Qualidade de investimentos em sistemas prediais de aproveitamento de água pluvial: uso de partículas swarm optimization**. 95p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2012.

ENNENBACH, M. W.; LARRAURI, P. C.; LALL, U. County-Scale Rainwater Harvesting Feasibility in the United States: Climate, Collection Area, Density, and Reuse Considerations. **Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)**. p. 1-20, 2017. Doi: https://doi.org/10.1111/1752-1688.12607

GHISI, E.; MARCEL, M. **Neptuno 4 - Manual de usuário**, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, Brasil, 2014.

Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de Dados Meteorológicos. Disponível em: <http://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 05 de fev. 2021.

LI, Z.; BOYLE, F.; REYNOLDS, A. Rainwater harvesting and greywater treatment systems for domestic application in Ireland. **Desalination**, v. 260, p. 1-8, 2010.

SAMPAIO, F. E. O. V. **Análise da viabilidade de implantação e pré-dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água pluvial em centros urbanos**. 184p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

SANT'ANA, D. R. **A socio-technical study of water consumption and water conservation in Brazilian dwellings**. Tese, Oxford Brookes University, 2011.

Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Relatório de Insumos e Composições Goiás - dezembro de 2020, 2020.

VARGAS, D.; DOMINGUEZ, I.; WARD, S.; OVIEDO-OCAÑA, E. R. Assisting global rainwater harvesting practitioners: a decision support tool for tank sizing method selection under uncertainty. Environmental Science: **Water Research & Technology**, 2019.

SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

DIRETRIZES ARQUITETÔNICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIÁIS: UM MAPEAMENTO DE LITERATURA

Architectural guidelines for the development of rainwater harvesting systems: a mapping study

BARROS, Renata Lima[1]; CAMPOS, Marcus André Siqueira[2].

Recebido em 16 de julho de 2021, aprovado em 06 de setembro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

Palavras-chave:
Sistemas prediais de aproveitamento de águas pluviais.;
Arquitetura;
Diretrizes projetuais;
Revisão Sistemática.

Keywords:
Building systems for rainwater use;
Architecture;
Design Guidelines;
Systematic Review.

RESUMO: A busca por construções verdes, que priorizem utilização de métodos voltados para preservação do meio ambiente, vem sendo uma prática cada vez mais comum no meio arquitetônico. No entanto ainda é pouco comum a utilização de sistemas prediais de aproveitamento de águas pluviais (SPAAP). Sua baixa popularidade deve-se, principalmente, ao seu elevado custo de implementação que, em diversos casos, acabam tornando-o inviável. No entanto, tais sistemas são de grande relevância, quando consideramos os atuais alertas de escassez de água do planeta para próximas décadas. É necessário o investimento em análises e pesquisas a respeito dos SPAAP, na busca por alternativas que possibilitem sua maior disseminação. Neste sentido, este trabalho apresenta uma Revisão Sistemática da Literatura acerca dos estudos já desenvolvidos, relacionando arquitetura e SPAAP.

ABSTRACT: The search for green buildings, which prioritize the use of methods aimed at preserving the environment, is becoming an increasingly common practice in the architectural field. However, the use of rainwater harvesting systems (RWHS) is still uncommon. Its low popularity is mainly due to its high cost of implementation, which, in many cases, end up making it unfeasible. However, such systems are of great relevance when we consider the current warnings of water shortage on the planet for the next decades. It is necessary to invest in analysis and research about PHSS, in the search for alternatives that enable their wider dissemination. In this sense, this paper presents a Systematic Review of Literature about the studies already developed, relating architecture and RWHS.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **BARROS, Renata Lima**: Universidade Federal de Goiás, Brasil, renata_lima_barros@discente.ufg.br
[2] **CAMPOS, Marcus André Siqueira**: Universidade Federal de Goiás, Brasil, marcus_campos@ufg.br

1 INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento populacional, a crescente demanda por água, e as mudanças climáticas fazem com que os recursos hídricos diminuam a cada ano e começem a levar à escassez do recurso (MARIANA e SURYAWINATA, 2018). Segundo a ONU, em todo o mundo, cerca de três em cada dez pessoas, em um total de 2,1 bilhões, já não têm acesso a água potável. Além disto, a situação tende a agravar-se, uma vez que até 2030, devido ao crescimento populacional, se prevê um déficit de 40% deste recurso (ONU, 2017).

Portanto, uma abordagem sustentável aos recursos hídricos deve ser levada em consideração, pois a água é um recurso natural não renovável. Tudo isso, somados ainda ao alto consumo, o desperdício e a poluição da água. Neste contexto, destaca-se as vantagens da implementação do SPAAP, que possibilitam uma menor necessidade de fornecimento desse recurso por parte das companhias de saneamento. Tais sistemas ainda permitem uma economia das despesas de água e esgoto sendo sensível em todas as instâncias: residências unifamiliares, edifícios residenciais e comerciais, e principalmente indústrias, que geralmente possuem uma grande área de captação e diversos usos não potáveis.

Porém, de fato, a implementação de SPAAP demanda um alto investimento financeiro, elevando consideravelmente os custos de uma obra, o que, muitas vezes, pode inviabilizar o seu emprego. No entanto, seu custo é revertido ao longo dos anos, trazendo benefícios não só no aspecto financeiro como também ambientais e de conforto aos usuários (ALENCAR, 2004).

É necessário, é um maior investimento em análises e pesquisas a respeito dos SPAAP, na busca por alternativas maior disseminação. Considerando a importância desta discussão e pertinência do tema, este trabalho busca realizar um mapeamentode Literatura sobre o tema, auxiliando no desenvolvimento da tese proposta.

2 METODOLOGIA

O mapeamento de Literatura é uma ferramenta de estudo que foca na busca por referencias bibliográficas que possam contribuir para o desenvolvimento de determinado tema. Para a evolução deste processo foi necessário buscar, selecionar e avaliar pesquisas que agregassem conhecimento, construindo o Estado da Arte do assunto.

Este artigo apresenta o caminho percorrido no estudo de mapeamento da Literatura sobre o tema: diretrizes projetuais para o desenvolvimento os Sistemas de Aproveitamento de Água. O trabalho seguiu as seguintes etapas:

1. Planejamento – essa etapa baseia-se na melhor compreensão do tema. Como metodologia utilizou-se, primeiramente, a elaboração da questão de pesquisa e, então, a o preenchimento do protocolo de pesquisa por meio da estratégia PICOC;
2. Condução – essa é a etapa de seleção dos estudos aderentes;
3. Documentação – essa etapa de análise dos dados extraídos.

Após o trabalho de pesquisa e análise serão apresentados os resultados do trabalho no item 3 deste artigo.

2.1. Planejamento

A etapa de planejamento baseia-se na identificação da necessidade e desenvolvimento de um protocolo de revisão. Para a identificação da necessidade foi necessária uma análise exploratória de conduzisse a compreensão do tema estudado.

A elaboração das questões de pesquisa foi a etapa seguinte. O foco principal da pesquisa é a compreensão de critérios arquitetônicos que arquitetônicos que influenciem no funcionamento dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais. Sendo assim, elaborou-se as seguintes perguntas para a condução da pesquisa:

- Quais fatores influenciam na eficiência de um sistema de aproveitamento de águas pluviais?
- Quais questões arquitetônicas influenciam nos sistemas de aproveitamento de água pluvial?

2.2. Condução

Esta é a etapa de seleção dos estudos, baseados na elaboração da estratégia a ser utilizada na busca por pesquisas aderentes ao tema proposto. O primeiro passo foi a definição das palavras-chave que resumissem o assunto. Foram definas as palavras:

1) Sistemas prediais de aproveitamento de águas pluviais (Rainwater harvesting sistem);
2) Arquitetura (Architecture);
3) Diretrizes projetuais (project guidelines).

Após a escolhas das palavras, o próximo passo foi a elaboração do termo de busca (string) que melhor se adequasse ao tema. Após algumas simulações, a string escolhida foi Rainwater AND (harvest* OR collect) AND architecture AND (design OR project).

Assim, partiu-se para a próxima etapa: escolha das fontes de pesquisa. Foram selecionadas: Engineering Village, Science Direct, Scopus e Web of Science, que são bases de dados eletrônicas, mais comuns no meio acadêmico. Elas fornecem acesso a uma variedade de fontes com pesquisa acadêmicas, artigos científicos, periódicos, dentre outros.

A próxima etapa constituiu-se da seleção dos estudos. O processo foi feito com o auxílio do programa Parsifal. Trata-se de uma ferramenta online que auxilia na sistematização das referências. O programa organiza todos as literaturas encontradas nas bases, permitindo a visualização de seu título e autor. A sistematização feita pelo programa, nos permite separar manualmente as referências em: aceitas e rejeitadas. Neste trabalho os estudos foram selecionados da seguinte forma:

1. Primeiramente pela eliminação/seleção por leitura dos títulos - Através da leitura dos títulos das pesquisas encontradas, verificou-se previamente a aderência ou não da mesma ao tema estudado;
2. Após a eliminação por títulos, foi realizada eliminação por disponibilidade, pois alguns das literaturas selecionadas pelas bases de dados já não podem ser mais acessadas, o que acarretou na eliminação de tais literaturas;
3. A terceira etapa de seleção teve como critério a leitura dos resumos. Através da leitura de todos os resumos dos estudos selecionados na etapa anterior. Deste modo, foi possível uma análise mais acentuada.

2.3. Documentação

A etapa de documentação consistiu na análise da qualidade e da relevância da literatura encontrada, compreendendo a pertinência de cada estudo à questão de pesquisa e ao foco da mesma. Para tanto, após a etapa de condução, partiu-se para a leitura dos estudos por completo, buscando a confirmação da aderência ou não ao tema estudado.

3. RESULTADOS

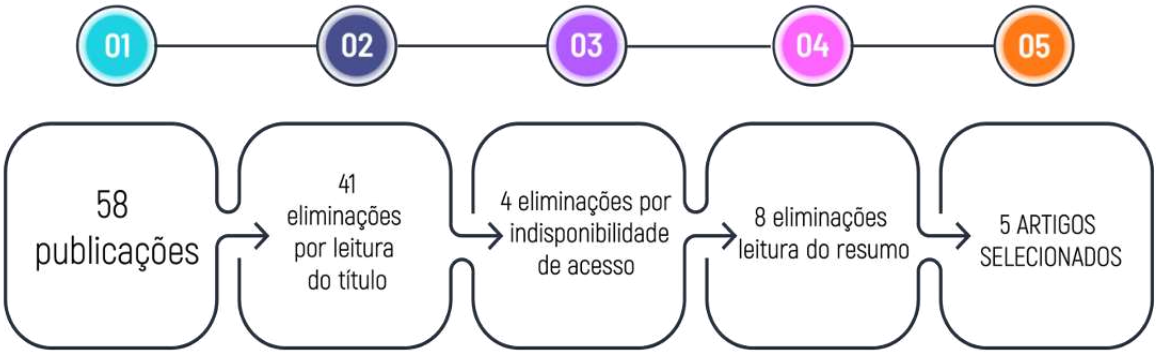
Seguindo a metodologia apresentada na seção anterior, foi realizada a busca da *string* nas bases de dados selecionada. Foram encontrados 58 publicações, sendo que delas:

1) 23 foram encontrados na base de dados Scopus;
2) 25 foram encontrados na base de dados ScienceDirect;
3) 10 foram encontrados na base de dados Web of Science.

Não foram encontradas literaturas na base Engineering Village. Também é importante ressaltar que não houve arquivos duplicados nas bases de dados. Realizando uma sistematização dos estudos disponibilizados em cada base o programa Parsifal gerou um o gráfico demonstrando a parcela de contribuição de cada base. Por meio do gráfico apresentado na Figura 1 percebe-se que a base Sicence Direct apresentou 43,1% dos estudos ofertados, o Scopus 38,7% e o Web os Science 17,2%, sendo somente essas as bases responsáveis pela oferta dos estudos aderentes.

Seguindo o método de avaliação apresentado na metodologia, do total de estudos encontrados, foram eliminados 41 arquivos por meio da leitura dos títulos, o que resultou em 17 publicações. Destas, 4 foram eliminadas por indisponibilidade de acesso e mais 8 por leitura de resumo. Deste modo, foram eliminados um total de 53 arquivos, restando apenas 5 para análise do conteúdo. A Figura 2 apresenta as etapas do processo de eliminações, assim como o descrito previamente na metodologia.

Figura 2 – Processo de seleção dos artigos.



Fonte – Elaborado pelos autores.

Quanto ao conteúdo propriamente dito, é possível perceber que todas as literaturas possuem o mesmo ponto de partida: a necessidade de desenvolvimento de sistemas de aproveitamento de águas pluviais como meio de solucionar a crise hídrica que já começa a surgir. Porém, apesar de todos tratarem a respeito de tal ponto chave, cada estudo trabalha com aspectos distintos sobre o assunto.

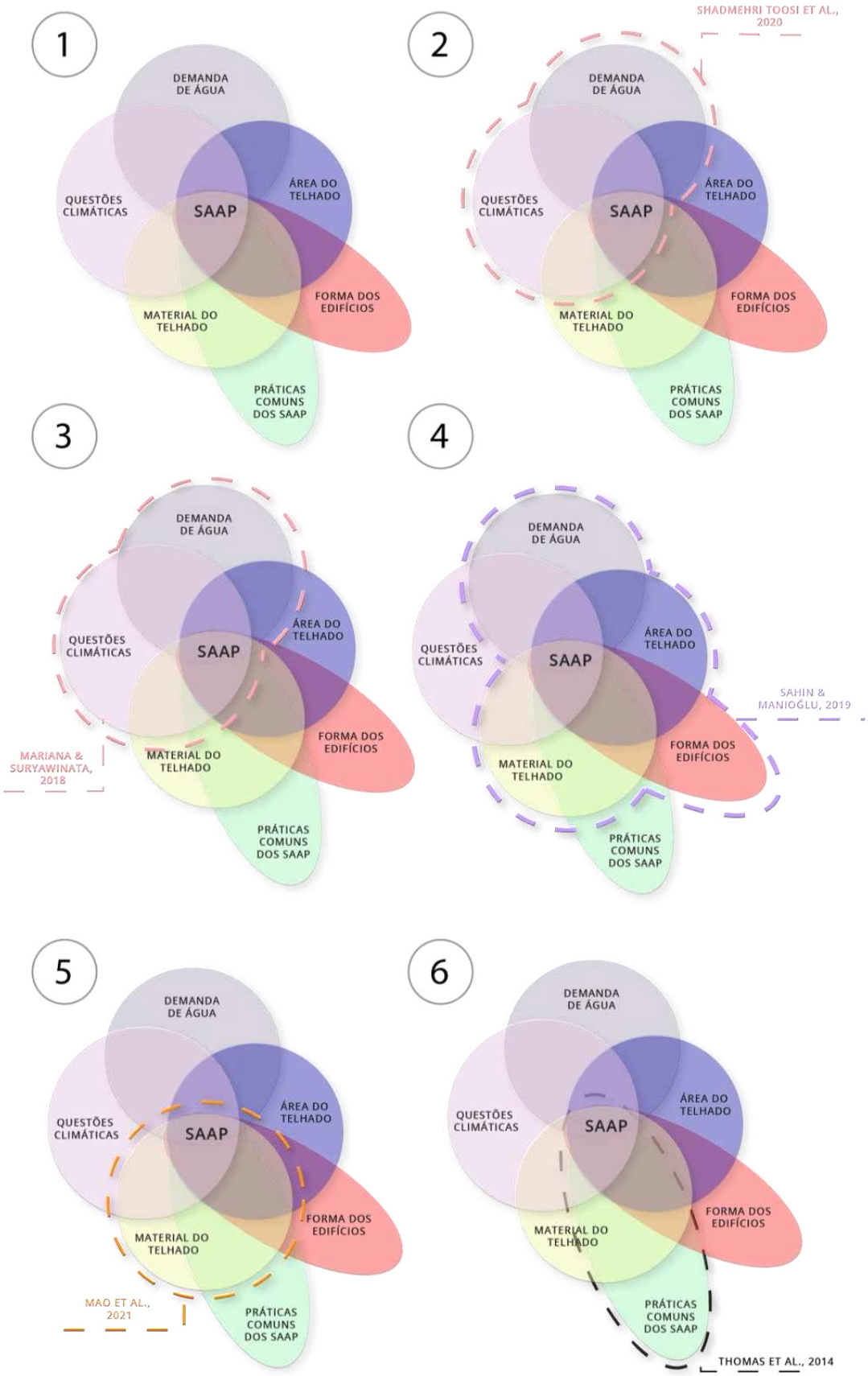
Deste modo, a partir das literaturas selecionadas, foi possível construir um referencial teórico sobre pontos importantes em torno do tema principal, auxiliando de maneira significativa na construção da tese. A partir da análise de todas as literaturas foi possível selecionar seis principais pontos influenciadores no funcionamento dos SPAAP, sendo eles:

1) **Questões climáticas** – Se colocam como uma variante de grande importância quando o assunto é sistema de reaproveitamento de água. É uma questão que deve ser obrigatoriamente tratada, pois de acordo com cada clima temos um índice pluviométrico, e deste modo, uma quantidade de precipitações, o que influencia na quantidade de água coletada. Outra questão relacionada às questões climáticas é a quantidade de partículas de sujeira acumuladas. Em climas mais secos, há uma maior retenção, reduzindo a qualidade da água captada. Todas as pesquisas selecionadas citam as questões climáticas, porém os estudos dos autores Mariana & Suryawinata (2018) e Shadmehri Toosi et al., (2020) o clima é um dos pontos chave das análises;
2) **Demanda de água** – Outro aspecto fundamental quando o tema está relacionado ao consumo de água. A ONU sugere uma recomendação mínima dos padrões de uso de água. A demanda é de essencial importância nos estudos de Mariana & Suryawinata (2018); Shadmehri Toosi et al., (2020) e Şahin & Manioğlu (2019);
3) **Área de captação do telhado** – Questão de grande importância quando o assunto é SAAP. O aspecto é levado em consideração em todos os artigos aderentes. Porém no estudo realizado por Shadmehri Toosi et al., (2020) a área de captação é um dos principais eixos, demonstrando a importância nos estudos da área;
4) **O material utilizado no telhado** – O material em que é construído cada telhado influência tanto na qualidade da água captada (pois determinado materiais retém mais sujeira do que outros, e alguns liberam partículas indesejáveis). Este critério deve ser levado em consideração, e o estudo de Mao et al., (2021) comprova a influência deste critério;
5) **Formas dos edifícios** – No critério forma do edifício podemos englobar várias variantes como: inclinação dos telhados, inclinação das fachadas, forma do telado, dentre outras. Todas as bibliográficas elencadas citam ao menos algumas destas variantes como importantes para os estudos, principalmente inclinação do telhado. Porém, o estudo de Şahin & Manioğlu (2019) foca nesta variante, realizando análises de acordo com a de acordo com diferentes formas;
6) **Práticas comuns dos SAAP** – Tema eixo do estudo realizado por Thomas et al., (2014). Trata-se da identificação dos padrões mais utilizados em Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais nos Estados Unidos, como os materiais mais utilizados, o tipo de sistema mais utilizado.

Deste modo, a partir das literaturas selecionadas, foi possível construir um referencial teórico sobre pontos importantes em torno do tema principal, auxiliando de maneira significativa na construção da tese.

Os esquemas da Figura 3 apresentam visualmente os seis eixos de estudo e relaciona a referência que construiu um estudo a respeito de cada tema. No esquema 1, temos os seis principais temas relacionados presentes em estudos a respeito SPAAP, e nos esquemas 2, 3, 4, 5 e 6 são apresentados com a linha pontilhada quais os temas-eixos de cada artigo, - escritos na cor da correspondente linha pontilhada. Assim como o dito, todos os artigos citam a importância de todos os critérios, mas cada um foca seu estudo em um ou dois deles. O estudo de Mariana e Suryawanta (2018), por exemplo, engloba um pouco de cada um dos temas, mas foca nas questões climáticas e demanda de água.

Figura 3 – Conexão dos eixos temáticos com os estudos aderentes.



Fonte – Elaborado pelos autores.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio do mapeamento da Literatura realizado foi possível construir uma fundamentação teórica a respeito das influências arquitetônicas na implementação dos Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais. Foi possível identificar, selecionar e avaliar criticamente estudos que se relacionam com o tema, auxiliando na construção dos próximos passos para o desenvolvimento de tese.

A sistematização das literaturas permitiu a constatação de que não há a ocorrência massiva de estudos a respeito do tema, sendo encontrados somente 5 estudos aderentes, em 4 bases eletrônicas de pesquisas mais utilizadas no meio acadêmico. Deste modo, foi possível perceber a necessidade da utilização de outras *strings* mais amplas para complementação da revisão bibliográfica da tese. É necessário o desenvolvimento de pesquisas que tragam uma maior quantidade de literatura para a construção da tese.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15575**: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

ABSOLAR, Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. Disponível em: http://www.absolar.org.br / Acesso em: 25 de maio de 2020.

ALENCAR, C. T.; O equilíbrio entre a sustentabilidade e a atratividade do investimento em edifícios de escritórios para locação em São Paulo; ENTAC, São Paulo Brasil; 2004.

CAMPOS, M. A. S. Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos. 2004, 131p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

CAMPOS, M. A. S. Qualidade de investimentos em sistemas prediais de aproveitamento de água pluvial: uso de partículas swarm optimization. 2012, 95p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2012.

CAMPOS, M. A. S.; AMORIM, S. V. In: IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 2005, Florianópolis. Anais... 2005.

CAMPOS, M. A. S.; ILHA, M. S. O. Dimensionamento de reservatórios para o aproveitamento de água pluvial: critérios econômicos. In: XIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2010, Canela, RS. Anais... 2010.

CAMPOS, M. A. S.; ILHA, M. S. O.; GRANJA, A. D. Investimento em sistemas de aproveitamento de água pluvial: Estudo de caso para uma edificação residencial multifamiliar no município. In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 2007, Campinas, SP. Anais... Campinas, 2007.

COLLA, L.L., Sistemas de Captação e Aproveitamento de Água de Chuva . 2003. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação de Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia Civil, UNESP. Sorocaba, 2008.

COSTA, S.C., SCOCUGLIA, J.B.C., Diretrizes de sustentabilidade na arquitetura. Disponível em www.vitruvius.com.br. Acesso em 13 mar.2014.

CUNHA, Eduardo Grala da, Discussão sobre o papel da tecnologia no processo de concepção arquitetônica contemporânea: o caso Norman Foster. Disponível em www.vitruvius.com.br. Acesso em 13 mar.2014.

DEMANTOVA, Graziella, Sustentabilidade e o futuro das cidades. Disponível em www.vitruvius.com.br. Acesso em 13 mar.2014.

DRESCH, Aline. LACERDA, Daniel Pacheco. ANTUNES, José Antônio Valle Júnior. Design Science Research: Método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. Porto Alegre: Bookman, 2015. 173p.

FLACH, Fernanda. GONZÁLEZ, Marco Aurélio Stumpf. KERN, Andrea Parisi. A knowledge discovery mechanism to user requirement identification in building design. Revista Ingeniería de Construcción, v 27, n 2, p. 83-98, 2012.

INCITIES JOURNAL CITATION REPORTS. InCities Journal Citation Reports. Disponível em: <https://jcr-clarivate.ez49.periodicos.capes.gov.br/JCRLandingPageAction.action?Init=Yes&SrcApp=IC2 LS&SID=H4-sIyvnoJ1ixxx2FqwdV4U6tQDwFx2BlePwdjJH-18x2dLph5jGqnrwCix2BC4bxxs5fRAx3Dx3Dvk81sp7FAuIoQXbTwGIu4Ax3Dx3D-qBgNuLRjcgZrPm66fhjx2Fmwx3Dx3D-h9tQNJ9Nv4eh45yLvkdX3gx3Dx3D> Acesso em: 22 dez. 2019.

LAMBERTS, R. Eficiência Energética na Arquitetura, Sao Paulo : Pro Livros, 2004.

MACOMBER, P. S. H. Guidelines on rainwater catchment systems for Hawaii. 2010. 52 p. ISBN: 1-929325-23-1.

MAO, J., XIA, B., ZHOU, Y., BI, F., ZHANG, X., ZHANG, W., & XIA, S. (2021). Effect of roof materials and weather patterns on the quality of harvested rainwater in Shanghai, China. Journal of Cleaner Production, 279, 123419. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123419

MARIANA, Y., & SURYAWINATA, B. A. (2018). Sustainable water management: Roof as a rainwater catchment area. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 195(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/195/1/012094

ŞAHIN, N. İ., & MANIOĞLU, G. (2019). Water conservation through rainwater harvesting using different building forms in different climatic regions. Sustainable Cities and Society, 44, 367–377. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.10.010

RAMOS, R.; Sustentabilidade e economia. Revista Casa e Construção, Rio de Janeiro, n. 55, 2010.

RAPOPORT, A. Origens culturais da arquitetura. In: SNYDER, J. C.; CATANESE, A. Introdução à arquitetura. Rio de Janeiro, Editora Campus, P 26 41, 1984.

RATTNER, H.; Meio ambiente, saúde e desenvolvimento sustentável. Ciência e saúde coletiva, São Paulo, v 14, n.6, p.1965 1971, 2009.

ROCHA, B. C. C. M; Avaliação do desempenho do sistema de descarte de água de chuva em coberturas de três diferentes tipos de materiais. 2010. 186f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) Programa de Pós-Graduação em Engenharia do Meio Ambiente da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2010.

SHADMEHRI TOOSI, A., GHASEMI TOUSI, E., GHASSEMI, S. A., CHESHOMI, A., & ALAGHMAND, S. (2020). A multi-criteria decision analysis approach towards efficient rainwater harvesting. Journal of Hydrology, 582, 124501. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124501

SILVA, L. M. Estudo da demanda de água não potável e desenvolvimento de um sistema de reuso de águas cinzas para habitações de interesse social. 2013. 157 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.

SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Disponível em: < www.snis.gov.br/ >. Acessado em 3 de novembro de 2016.

TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD; Texas Manual On Rainwater Harvesting; Third Edition, Austin Texas EUA. 2005. 88 p.

THOMAS, R. B., KIRISITS, M. J., LYE, D. J., & KINNEY, K. A. (2014). Rainwater harvesting in the United States: a survey of common system practices. Journal of Cleaner Production, 75, 166–173. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.03.073

VAN LENGEN, J. Manual do arquiteto descalço. São Paulo: Empório do Livro, 2008.

ONU, Organização das Nações Unidas. Disponível em: < www.nacoesunidas.org >. Acessado em 22 de maio de 2020.

SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL CAPTADA DE UM PAVIMENTO PERMEÁVEL PARA UTILIZAÇÃO NO SISTEMA DE HIDRANTES E EM USOS NÃO POTÁVEIS DE UMA EDIFICAÇÃO

Stormwater harvested from a permeable pavement for use in the hydrant system and non-potable uses of a building

Antunes, Lucas Niehuns[1]; Ghisi, Enedir[2]; Souza, João Carlos[3]

Recebido em 23 de julho de 2021, aprovado em 15 de outubro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

Palavras-chave:
Sistema de hidrantes,
Pavimentos permeáveis,
Água pluvial,
Edificações.

Keywords:
Hydrant system,
Permeable pavements,
Stormwater,
Buildings.

RESUMO: Com o aumento da demanda por água potável, cresce a preocupação com a escassez de recursos hídricos. Assim, o uso racional da água tornou-se uma das atividades necessárias para economizar esse recurso. Um assunto pouco abordado na literatura e com grande potencial de economia de água é o uso de água pluvial em sistemas de combate a incêndio. Este trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de aproveitamento de água pluvial coletada em um pavimento permeável para uso no sistema de hidrantes e usos não potáveis em uma edificação. O potencial de economia de água potável foi simulado com o auxílio do programa computacional Netuno 4, considerando o uso de água pluvial como reserva técnica de incêndio e para fins não potáveis, como descargas de bacias sanitárias, mictórios e rega de jardins. Os resultados mostram que a água pluvial coletada no pavimento pode gerar mais de 70% de economia de água potável e abastecer totalmente a edificação durante 83,9% dos dias do ano. A integração da água pluvial aos sistemas de proteção contra incêndio é uma forma importante e eficaz de aumentar a economia de água potável em edificações.

ABSTRACT: There is a growing concern about the scarcity of water resources due to the increase in the demand for potable water. A subject rarely addressed in the literature and with great potential for water savings is using stormwater in hydrant systems. This work aims to evaluate the potential for using stormwater collected from a permeable pavement in the fire extinguishing system and non-potable uses in a building. The potential for potable water savings was estimated using the Netuno computer programme. Stormwater was meant to supply the fire fighting water storage and non-potable uses, such as flushing toilets and urinals, and garden watering. The results show that stormwater can generate more than 70% potable water savings and completely supply the building during 83.9% of the days of the year. Integrating stormwater to fire protection systems is an important and effective way of increasing potable water savings in buildings.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **ANTUNES, Lucas Niehuns**: Universidade Federal de Santa Catarina, lucas_niehuns@hotmail.com
[2] **GHISI, Enedir**: Universidade Federal de Santa Catarina, enedir.ghisi@ufsc.br
[3] **SOUZA, João Carlos**: Universidade Federal de Santa Catarina, joão.carlos@ufsc.br

1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água vem decrescendo em todo o mundo devido ao crescimento da população e o consequente aumento da demanda por água. Um dos recursos que vêm sendo estudados e apresenta grande potencial de utilização é o sistema de aproveitamento de água pluvial.

Segundo Antunes et al. (2016), a água pluvial coletada pode ser utilizada em descarga de bacias sanitárias, torneiras de jardins, lavagem de calçadas e de automóveis. Além disso, alguns estudos destacam que a água pluvial pode ser utilizada em sistemas de combate a incêndio, tais como sistema de hidrantes e sistemas de chuveiros automáticos (CRUZ; ALMEIDA, 2020; SOUSA, 2016).

Dessa forma, por meio do aproveitamento de água pluvial, é possível reduzir o consumo de água potável, minimizar alagamentos, enchentes, racionamentos de água e preservar o meio ambiente reduzindo a escassez dos recursos hídricos, além de contribuir com a segurança contra incêndio de edificações.

Existe uma grande gama de artigos na literatura apresentando os benefícios do uso dos pavimentos permeáveis (ANTUNES et al., 2018), assim como a qualidade da água infiltrada por este tipo de pavimento (SELBIG et al., 2019; PILON et al., 2019). Existem também diversos artigos que mostram o aproveitamento de água pluvial captada de pavimentos permeáveis para usos não potáveis em edificações (HAMMES et al., 2018; THIVES et al., 2018; VAZ et al., 2020).

Este artigo tem como objetivo principal avaliar o potencial de aproveitamento de água pluvial captada de um pavimento permeável para utilização no sistema hidráulico preventivo e em usos não potáveis em uma edificação. A reserva técnica de incêndio, os reservatórios de água pluvial e o potencial de economia de água também foram estimados.

2 MÉTODO

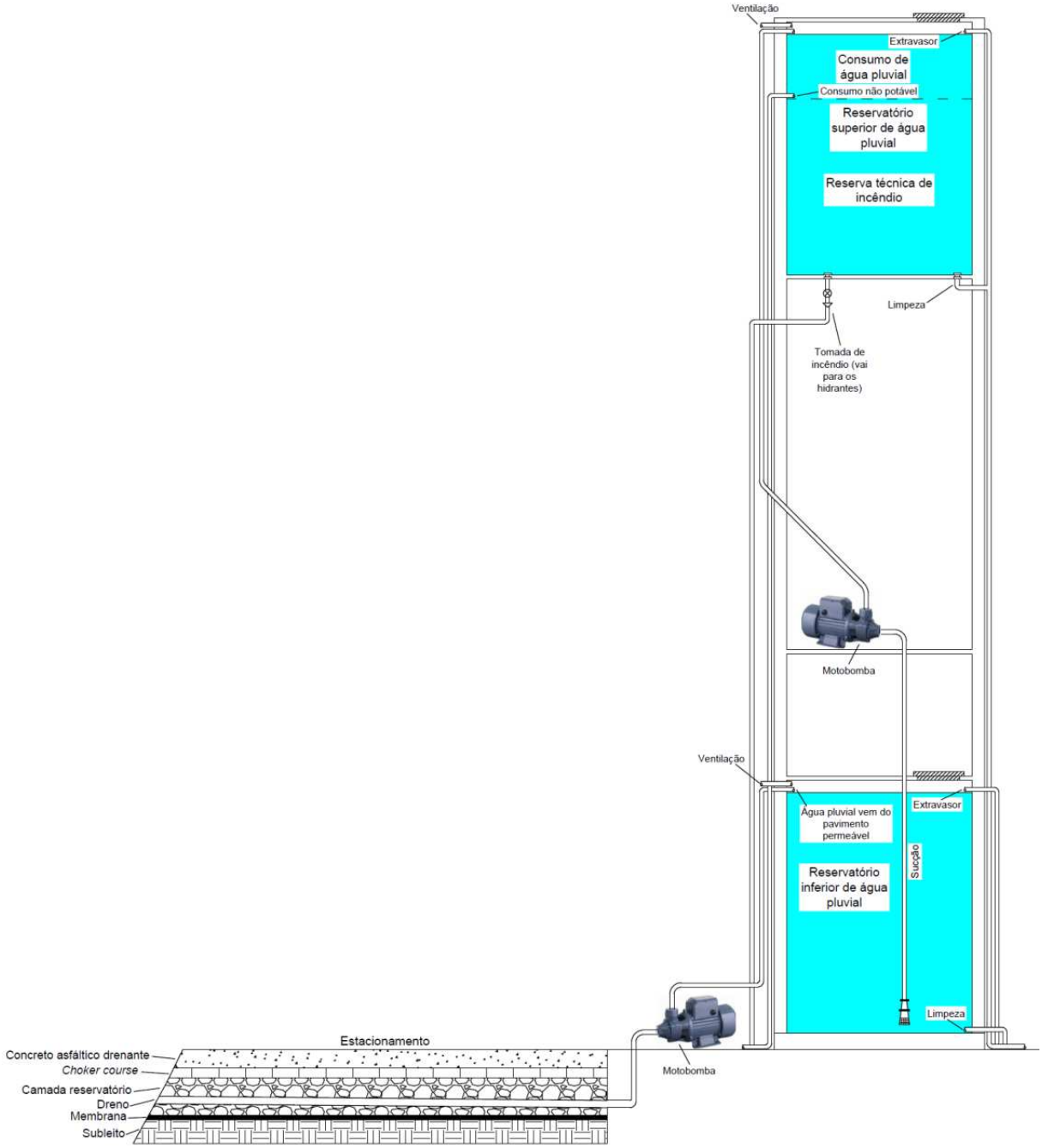
2.1 Área de estudo

Uma edificação pública (sede da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - Epagri) e seu estacionamento, localizados na cidade de Florianópolis/SC, foram considerados para a análise. A edificação é composta por dois blocos de dois andares, com uma área total de 8.025 m² e uma população de 271 pessoas.

2.2 Dimensionamento da reserva técnica de incêndio

A edificação em estudo é classificada como D-1 (local para prestação de serviço profissional), com carga de incêndio específica igual a 700 MJ/m², segundo as Instruções Normativas (IN) do Corpo de Bombeiros de Santa Catarina (CBMSC, 2020a; 2020b). Para este tipo de edificação, faz-se necessária a instalação de um sistema hidráulico preventivo (rede de hidrantes). O volume d'água da reserva técnica de incêndio (RTI) é definido em função da carga de incêndio e da área total construída do imóvel, conforme diretrizes da IN 07 (CBMSC, 2017). Dessa forma, o volume mínimo da RTI é igual a 15.000 litros. A Figura 1 apresenta o esquema vertical do sistema proposto para a edificação.

Figura 1 – Esquema vertical do sistema proposto.



Fonte: Autoria própria (2021).

2.3 Modelo de pavimento permeável adotado

O modelo de pavimento adotado é do tipo sem infiltração no subleito, constituído por uma camada de revestimento de concreto asfáltico drenante, uma camada de assentamento denominada *choker course* e uma camada reservatório, além da membrana impermeável, que tem como função impedir que a água passe da estrutura do pavimento para o subleito.

A camada de revestimento tem espessura de 5 cm e é composta por brita zero e pó de pedra. A mistura é composta por ligante modificado por borracha moída de pneus em 5%. O percentual de infiltração do pavimento é de 80%, conforme mostrou o resultado do estudo de Hammes et al. (2018). A camada *choker course* tem espessura de 3 cm e é composta por

agregados graníticos (brita 3/4”). A camada reservatório, por sua vez, é composta por brita nº 3 e sua espessura deve ser dimensionada de acordo com a NBR 16416 (ABNT, 2015).

2.4 Parâmetros de qualidade da água pluvial captada

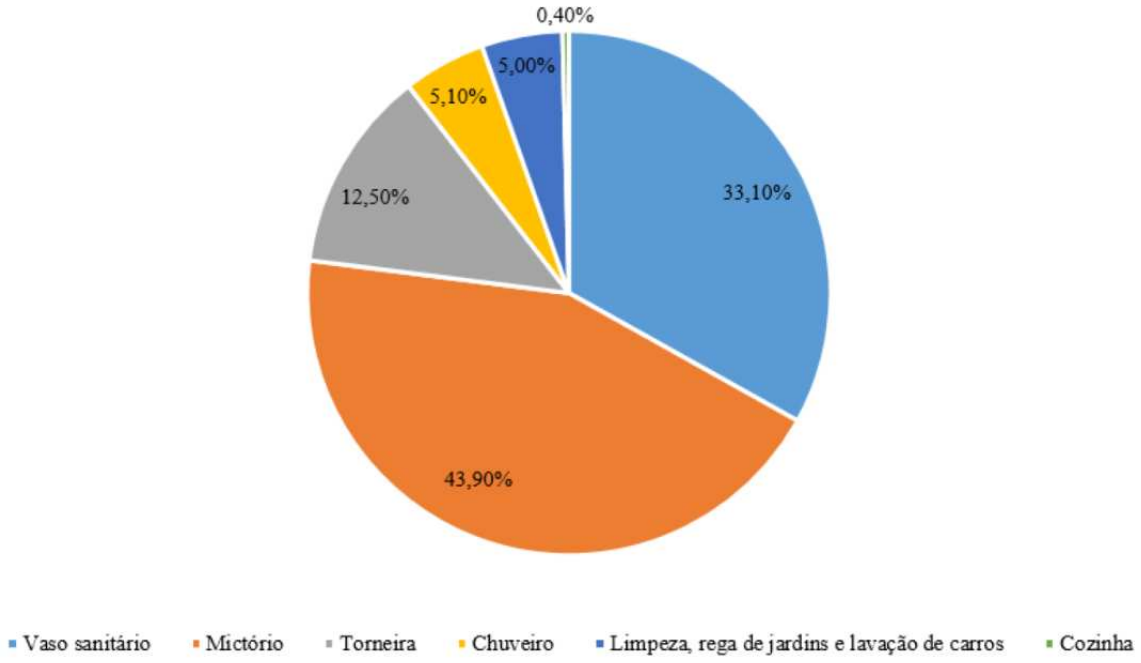
A NBR 15527 (ABNT, 2019) determina que a qualidade da água pluvial a ser aproveitada em usos não potáveis de edificações deve atender aos seguintes parâmetros mínimos: *Escherichia Coli* < 200/100 ml, Turbidez < 5,0 uT e pH de 6,0 a 9,0. Como a água pluvial será captada por meio de um pavimento permeável, não se fará uso de dispositivo de descarte de detritos ou descarte do escoamento inicial, visto que o pavimento permeável tem como característica a remoção de poluentes desde a primeira descarga pluvial. Recomenda-se tratamento com cloração no reservatório. Estudos realizados na Universidade Federal de Santa Catarina comprovam que a qualidade da água pluvial após a passagem pelo pavimento permeável possui os parâmetros Escherichia Coli, Turbidez e pH adequados para usos não potáveis (HAMMES et al., 2018; THIVES et al., 2018; GHISI et al., 2020). Outros estudos internacionais atestam a melhoria na qualidade da água pluvial por meio da infiltração em pavimentos permeáveis. Segundo Pagotto et al. (2000), os metais pesados chegam a ter redução de até 74%, sólidos são retidos a uma taxa de 87% e os hidrocarbonetos são interceptados a uma taxa ainda maior (90%).

2.5 Potencial de aproveitamento de água pluvial

Para determinar o potencial de aproveitamento de água pluvial, considerou-se que a água pluvial seria usada no sistema de hidrantes e em usos não potáveis, como descarga de vasos sanitários e mictórios, limpeza de áreas externas e rega de jardins. O programa computacional Netuno, versão 4, foi utilizado para avaliar o potencial de economia de água potável para diferentes capacidades de reservatórios (GHISI; CORDOVA, 2014). O Netuno é um programa aberto que tem por objetivo estimar o potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial para usos onde a água não precisa ser potável, tais como descarga de vasos sanitários, limpeza de pisos, rega de jardim, lavação de carros etc. O programa foi validado por Rocha (2009). Os dados de entrada para as simulações são a precipitação diária, a área da superfície do pavimento permeável, a demanda média diária de água potável na edificação, a demanda de água pluvial e a taxa de infiltração do pavimento.

Os dados de precipitação foram obtidos no site HidroWeb, da Agência Nacional de Águas (ANA, 2020). Assim, a precipitação diária durante um período de 16 anos (1 de janeiro de 2002 a 31 de dezembro de 2017) foi usada nas simulações. A taxa de infiltração é igual a 80%, resultado encontrado no modelo de pavimento permeável testado por Hammes et al. (2018). A demanda por água pluvial é igual a 82,0% da demanda total de água, conforme estudo realizado por Kammers e Ghisi (2005) na edificação, conforme ilustra a Figura 2.

Figura 2 – Estimativa dos usos finais de água da edificação em estudo.



Fonte: Adaptado de Kammers e Ghisi (2005).

Os dados de saída utilizados no trabalho são o potencial de economia de água potável para diferentes capacidades de reservatório, consumo de água pluvial e volume de água pluvial extravasada.

2.6 Volume dos reservatórios de água pluvial

O cálculo do volume do reservatório superior de água pluvial foi feito por meio da Equação 1, que leva em consideração o consumo médio per capita de água, o número de ocupantes da edificação, a demanda de água pluvial e a reserva técnica de incêndio.

$$V_{res.\ sup.} = C_{diário\ per\ capita} \times N \times D_{ap} + RTI \quad \text{(Eq. 1)}$$

Sendo: $V_{res.\ sup.}$ é o volume do reservatório superior de água pluvial (litros); $C_{diário\ per\ capita}$ é o consumo médio diário de água (litros/pessoa/dia); N é o número de ocupantes da edificação; D_{ap} é a demanda de água pluvial (%); RTI é a reserva técnica de incêndio (litros).

O dimensionamento do volume do reservatório inferior de água pluvial foi feito com auxílio do programa Netuno, versão 4, conforme explicado na seção 2.5. Foram feitas simulações para diferentes capacidades de reservatório. A capacidade máxima de reservatório avaliada foi de 100.000 litros e o intervalo entre cada capacidade foi de 5.000 litros. Decidiu-se indicar a capacidade ideal do reservatório por meio da diferença entre potenciais de economia de água potável. Tal escolha fica a critério do projetista. A diferença escolhida foi de 0,5%/m³.

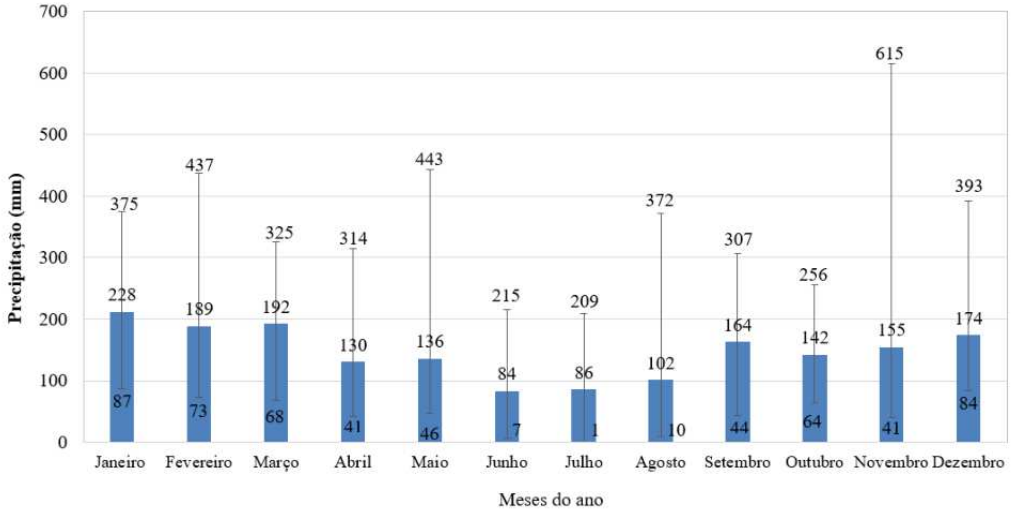
3 RESULTADOS

3.1 Dados pluviométricos

Na cidade de Florianópolis, há precipitações maiores nos meses de verão, sendo a maior média no mês de janeiro (228 mm), enquanto nos meses de inverno a precipitação diminui,

tendo a menor média no mês de junho (84 mm). A média de precipitação anual no período de 2002 a 2017 foi igual a 1764 mm (Figura 3).

Figura 3 – Precipitação mensal média de Florianópolis.



Fonte: Autoria própria (2021).

3.2 Área de captação

A área aproximada estimada para a coleta da água pluvial é de 5.800 m^2, envolvendo as áreas de calçadas e área do estacionamento propriamente dito. As calçadas entre as vagas, embora não sejam permeáveis, também contribuem para o escoamento superficial gerado, escoando para o pavimento permeável.

3.3 Consumo de água na edificação

Entre 2014 e 2018 foram verificados consumos anuais semelhantes, variando de 2.416 a 3.002 m³. A média mensal para o mesmo período foi de 226,68 m³. O mês de janeiro é o que possui a menor média (173 m³), devido principalmente ao período de recesso dos funcionários em parte desse mês.

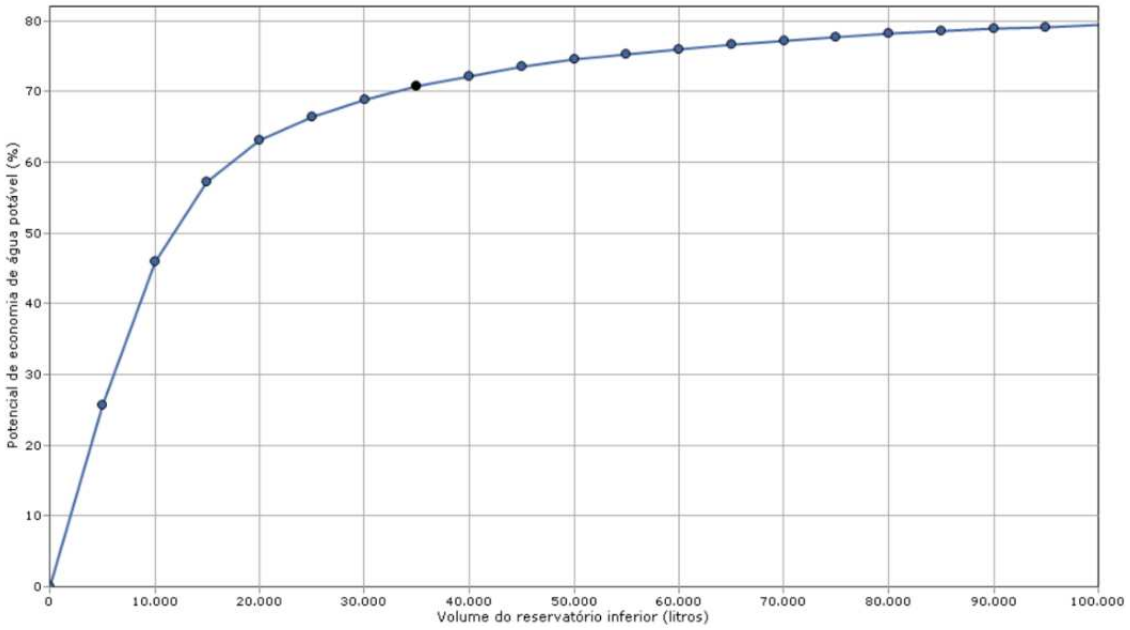
3.4 Volume do reservatório superior de água pluvial

Por meio da Equação 1 calculou-se o volume do reservatório superior de água pluvial necessário para o sistema. A média mensal para o período de consumo avaliado foi de 226,68 m³, conforme visto na seção 3.3. Considerando 30 dias por mês, tem-se que o consumo diário foi de 7.556 litros/dia. A população da edificação é igual a 271 pessoas. Assim, obteve-se consumo igual a 27,9 litros/pessoa/dia. A demanda de água pluvial é igual a 82,0% do consumo total. Somando a RTI de 15.000 litros, o volume do reservatório superior de água pluvial calculado foi de 21.196 litros.

Com os dados apresentados nas seções 3.1 a 3.4, foi calculado o volume do reservatório inferior necessário ao sistema de aproveitamento de água pluvial e, também, o potencial de aproveitamento de água pluvial que tal sistema geraria. A Figura 4 mostra o potencial de economia de água potável conforme a variação do volume do reservatório inferior. O volume de água no reservatório superior, abaixo do qual há recalque, foi calculado como sendo os 15.000 litros da RTI mais 10% do volume de consumo de água pluvial, resultando

em 15.619 litros. Conforme mencionado anteriormente, a água pluvial é usada no sistema de hidrantes e em usos não potáveis, como descarga de vasos sanitários e mictórios, limpeza de áreas externas e rega de jardins. O valor de 10% para o recalque foi escolhido conforme recomendação da NBR 15527 (ABNT, 2015).

Figura 4 – Potencial de aproveitamento de água pluvial e economia de água potável.



Fonte: Autoria própria (2021)

Utilizando a diferença entre potenciais de economia de água potável igual a 0,5%/m³, com o auxílio do programa Netuno, foi adotado um volume de reservatório inferior de 35.000 litros. O potencial de aproveitamento de água pluvial alcançado foi de 70,8%, o que representa um consumo médio de água pluvial igual a 5.348 litros/dia. Em relação ao suprimento de água pluvial na edificação, o volume de reservatório adotado atende completamente à demanda de água para fins não potáveis em 83,9% dos dias do ano, parcialmente em 4,5% e não atende em 11,5% dos dias.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta o potencial de aproveitamento de água pluvial captada de um pavimento permeável para utilização no sistema hidráulico preventivo e em usos não potáveis de uma edificação. Os resultados mostram que a precipitação do município de Florianópolis é suficiente para abastecer completamente os usos não potáveis da edificação durante 83,9% dos dias do ano. O potencial de economia de água potável calculado é de 70,8%, o que representa um consumo médio diário de água pluvial igual a 5.348 litros. Anualmente a economia média é de 1.952.020 litros.

Sabe-se que o tratamento e o posterior aproveitamento de água pluvial captada de pavimentos permeáveis para uso em fins não potáveis pode reduzir o consumo de água potável, minimizar o racionamento de água, reduzir a escassez dos recursos hídricos e, além disso, pode ser usada em sistemas de combate a incêndio de edificações.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16416:** Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e procedimentos. São Paulo, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527:** Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. São Paulo, 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Séries históricas**. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf>. Acesso em: 01 mar. 2020.

ANTUNES, L.N., THIVES, L.P., GHISI, E. Potential for potable water savings in buildings by using stormwater harvested from porous pavements. **Water** 2018, v. 8 (4), p. 110.

ANTUNES, L.N., GHISI, E., THIVES, L.P. Permeable pavements life cycle assessment: A literature review. **Water** 2016, v. 10 (11), p. 1575.

CBMSC. **IN 1 – Parte 02 – Procedimentos administrativos:** sistemas e medidas de segurança contra incêndio e pânico. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Instruções Normativas, 2020a.

CBMSC. **IN 3 – Carga de incêndio**. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Instruções Normativas, 2020b.

CBMSC. **IN 7 – Sistema Hidráulico Preventivo**. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Instruções Normativas, 2017.

CRUZ, F.G., ALMEIDA, D.G. **Aproveitamento de Água da Chuva Para Uso em Instalações de Combate a Incêndio e Aparelhos Sanitários em um Centro de Convenções**. Universidade de Rio Verde, Rio Verde/GO, 2020.

GHISI, E., CORDOVA, M.M. **Netuno 4**. Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departmento de Engenharia Civil, Florianópolis, SC, 2014.

GHISI, E., BELOTTO, T., THIVES, L.P. The use of permeable interlocking concrete pavement to filter stormwater for non-potable uses in buildings. **Water** 2020, 12, 2045.

HAMMES, G., THIVES, L.P., GHISI, E. Application of stormwater collected from porous asphalt pavements for non-potable uses in buildings. **Journal of Environmental Management** 2018, v. 222, p. 338-347.

KAMMERS, P.C., GHISI, E. Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído** 2005, v. 6 (1), p. 75-90.

PILON, B.S., TYNER, J.S., YODER, D.C., BUCHANAN, J.R., 2019. The Effect of Permeable Concrete on Water Quality Parameters: A Case Study. **Water** 2019, 11, 263.

ROCHA, V.L. **Validação do algoritmo do programa Netuno para avaliação do potencial de economia de água potável e dimensionamento de reservatórios de aproveitamento de água pluvial em edificações**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2009.

SELBIG, W.R., BUER, N., DANZ, M.E. Stormwater-quality performance of lined permeable pavement systems. **Journal of Environmental Management** 2019, 251, 109510.

SOUSA, E.A. **O uso sustentável dos recursos hídricos nas operaçãoes de combate a incêndios em João Pessoa - Um estudo de caso.** Trabalho de Conclusão de Curso. Centro de Pós-Graduação e Pesquisa do Centro de Educação da PMPB. Curso de Especialização em Segurança Pública. Polícia Militar da Paraíba. João Pessoa, PB, 2016.

THIVES, L.P., GHISI, E., BRECHT, D.G., PIRES, D.M.. Filtering capability of porous asphalt pavements. **Water** 2018, 10, 206.

VAZ, I.C.M., GHISI, E., THIVES, L.P. Life cycle energy assessment and economic feasibility of stormwater harvested from pervious pavements. **Water Research** 2020, 170, 115322.

SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

ESTUDO BIBLIOMÉTRICO DA LITERATURA SOBRE O SISTEMA SIFÔNICO DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

Bibliometric Study of Literature on Siphonic Rainwater Drainage System

MORGADO, Uiara Talitta Martins Araújo [1] CAMPOS, Marcus André Siqueira [2]

Recebido em 16 de julho de 2021, aprovado em 06 de setembro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

RESUMO: Este artigo teve como objetivo realizar um mapeamento da Literatura sobre a produção bibliográfica do Sistema Sifônico De Drenagem De Águas Pluviais, a fim de que sejam identificadas tanto áreas de maior número de estudos, quanto as áreas pouco exploradas. Foi realizada uma busca de artigos publicados nas bases de dados *Engineering Village, Science Direct, Scopus e Web of Science,* por meio de critérios pré-definidos e um total de 24 artigos aderentes foram selecionados. Com as análises realizadas, são ofertadas recomendações para futuros estudos e uma visão geral da literatura sobre o conteúdo.

Palavras-chave: Sistema Sifônico de Drenagem de Águas Pluviais; Mapeamento da literatura; Bibliometria; VosViewer.

ABSTRACT: This article aimed to map the literature on the bibliographic production of the Siphonic Stormwater Drainage System, in order to identify the areas with the greatest number of studies and the underexplored areas. A search for articles published in the Engineering Village, Science Direct, Scopus and Web of Science databases was performed using predefined criteria and a total of 24 adherent articles were selected. With the analyzes carried out, recommendations for future studies and an overview of the literature on the content are offered.

Keywords: *Siphonic Rainwater Drainage System; Literature mapping; Bibliometrics; VosViewer.*

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **MORGADO, Uiara Talitta Martins Araújo**, Mestranda em Construção Civil, PPG-GECON- Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás (EECA/UFG), uiaramorgado@discente.ufg.br .

2 **CAMPOS, Marcus André Siqueira,** Professor Doutor da Universidade Federal de Goiás, PPG-GECON- Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás (EECA/UFG), marcus_campos@ufg.br.

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de drenagem ditos convencionais necessitam do ar para o seu funcionamento, uma vez que nestes sistemas a água escoa por gravidade e o sistema opera unicamente sob pressão atmosférica (ARTHUR E SWAFFIELD, 1999).

Para grandes coberturas (> 5.000m²), em sistemas de drenagem convencionais com calhas internas, faz-se necessário a utilização de caixas de passagem dentro da edificação, os condutores horizontais no sistema necessitam de inclinação, é preciso também a utilização de várias colunas com diâmetros maiores, estes fatos geram tanto redução na capacidade do sistema, como interferências arquitetônicas e para a redução destes é preciso utilizar técnicas mais modernas, já disponíveis no mercado.

Uma alternativa consiste no Sistema Sifônico de Drenagem de Água Pluvial (SSDAP), sistema este que trabalha sob pressão. O ar é impossibilitado de entrar na tubulação devido aos captores tipo antivórtice, fazendo com que a tubulação trabalhe a seção plena.

A maior capacidade de drenagem dos SSDAP, permite que ocorram: reduções nos diâmetros, menor tempo de execução da rede, eliminação de declividades, redução na quantidade de prumadas e diminuição das interferências arquitetônicas, os tornando assim atraentes para grandes coberturas (MAY, 2004).

Mesmo com sua crescente utilização, poucos são os trabalhos voltados a análise da literatura no tocante ao funcionamento do sistema e com a proposta de compreender melhor o que a bibliografia traz sobre o assunto. Assim, este artigo realizou um mapeamento de literatura sobre a produção bibliográfica do SSDAP, a fim de que fossem identificadas tanto áreas de maior número de estudos, quanto as áreas pouco exploradas, entendendo assim o estágio geral de desenvolvimento das pesquisas sobre o tema.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração do mapeamento, foram seguidas as diretrizes propostas por Kitchenham (2004) sendo realizada a divisão do estudo em três estágios, conforme processo demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Diretrizes para mapeamento da literatura

Etapas	Estágios	Descrição
Etapa i	Planejamento da Revisão	Identificação da questão de pesquisa Protocolo da revisão
Etapa ii	Condução da Revisão	Identificação da pesquisa Seleção de estudos Avaliação da Qualidade Extração e monitoramento dos dados Síntese dos dados
Etapa iii	Documentação da Revisão	Analise Bibliométrica dos resultados Síntese e documentação dos resultados

Fonte – Adaptado de Kitchenham (2004).

2.1 Planejamento da Revisão

Identificação da questão de pesquisa

A questão de pesquisa que norteou o mapeamento foi: Qual o panorama da produção científica sobre o SSDAP?

Protocolo da revisão

Com o intuito de responder à pergunta de pesquisa, elaborou-se um protocolo de revisão, tendo como população de pesquisa todos os artigos que contemplem o funcionamento do SSDAP e foram excluídos os artigos que trouxessem tratativas sobre o sistema de drenagem convencional de águas pluviais.

Os termos de pesquisa articulados (strings) utilizadas foram: “Siphonic Drainage Pluvial" OR "Siphonic Outlets " OR "Siphonic Roof Drainage System" no intuito de abarcar o maior número de documentos que tratassem do assunto, não deixando nenhum trabalho relevante de fora da seleção.

Optou-se em buscar apenas documentos que tivessem sido publicados em periódicos internacionais. Para tal, selecionou-se bases internacionais de relevância no cenário científico mundial. As bases selecionadas foram: *Engineering Village, Science Direct, Scopus e Web of Science* por serem estas as bases que contém um maior número de pesquisas representativas para a engenharia.

2.2 Condução da Revisão

Identificação da pesquisa /seleção dos estudos

Considerou-se como parâmetro apenas artigos publicados de 1990 em diante e com o intuito de refinar a busca foi adotado o critério de seleção de apenas artigos na língua inglesa.

Todos os documentos obtidos neste estágio foram importados para o website Parsifal (https://parsif.al) e os estudos nele gerenciados.

Seleção dos artigos

Foram analisados manualmente cada estudo e excluídos os trabalhos que estivessem duplicados e que não se enquadravam como descrito na população do planejamento.

Exclusões foram feitas através das etapas: leitura dos títulos, resumos e leitura de artigos na íntegra, eliminando assim, os não aderentes.

Extração e monitoramento dos dados

Após exportados do Parsifal e dispostos em uma planilha eletrônica, foram extraídos de cada estudo os seguintes dados: A fonte (revista ou conferência) e referência completa, ano de publicação, autores e sua instituição e o país onde se encontra situado, referências e palavras chaves.

Síntese dos dados

A síntese de dados envolve a comparação e o resumo dos estudos, que para Kitchenham (2004) esta etapa tem o fim de gerar um novo conhecimento a partir dessas análises.

Os dados foram tabulados para mostrar as técnicas utilizadas em cada trabalho e realizada uma classificação do tipo de trabalho (estudo de caso, teórico, experimental).

2.3 Documentação da revisão

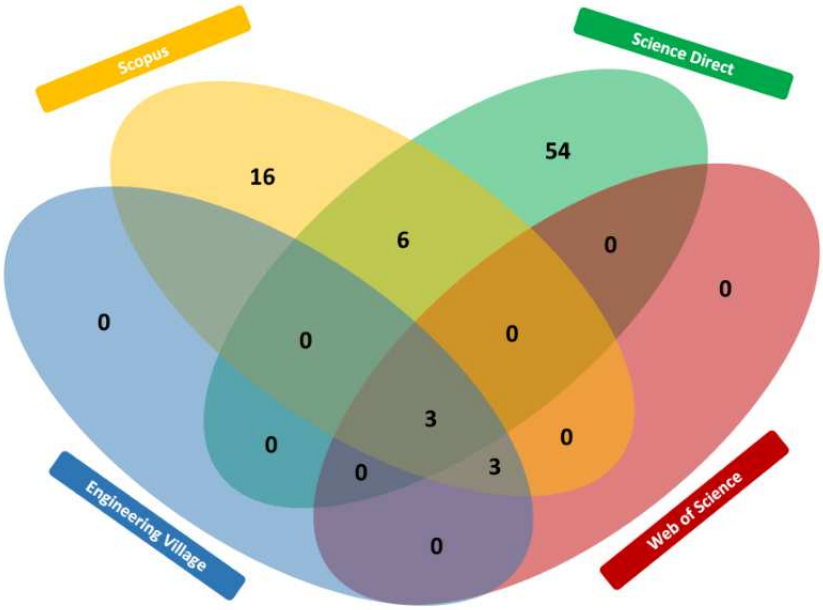
A etapa de documentação objetivou descrever os artigos selecionados por meio de uma análise bibliométrica, onde foram selecionados como indicadores: A quantidade de artigos publicados por ano, os autores mais citados, fontes das publicações, fator de impacto, principais palavras chaves.

Para as análises de redes como os autores mais frequentes, cocitação de autores, cocitação de referência e coocorrência de palavras chaves, utilizou-se o programa computacional VOSviewer. Esta ferramenta é fundamentada na construção de mapas baseados nas distâncias e em gráficos, conforme explanado por Jan van Eck, *et al.* (2009).

3 RESULTADOS

As buscas nas bases de dados retornaram um total de 103 trabalhos, sendo estes, distribuídos conforme diagrama de Venn apresentado na Figura 1. A base que apresentou um maior número de artigos foi a *Science Direc*t contendo 61% dos trabalhos, seguida da base *Scopus* com 27,4% e as bases *Engineering Village e Web of Science* igualmente com 5,8%.

Figura 1 – Diagrama de Venn

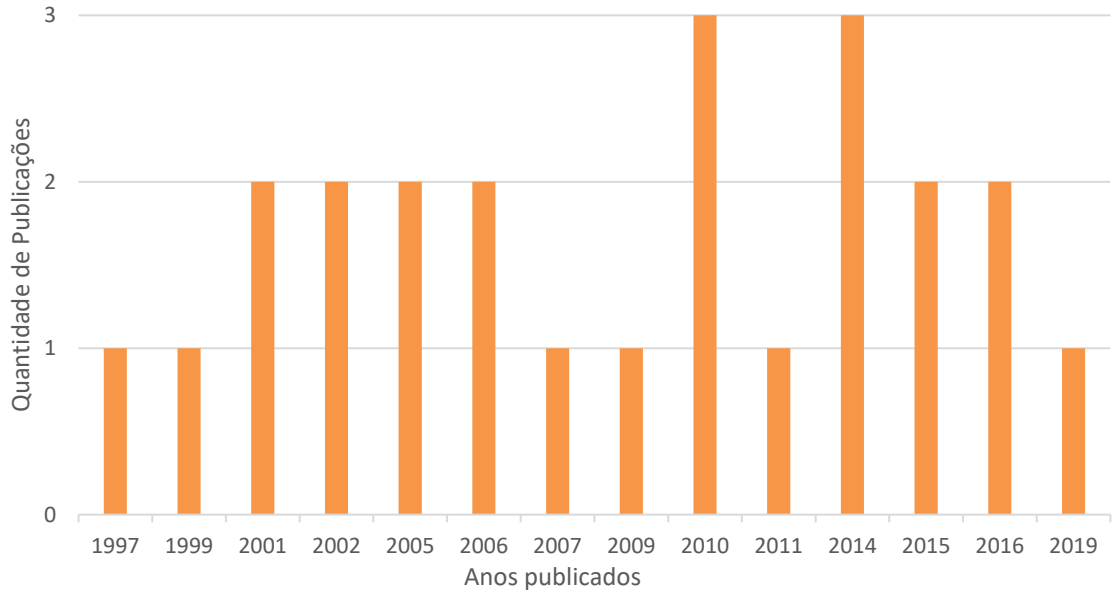


Fonte: Elaborada pelos Autores (2021).

Após a seleção dos artigos, iniciou-se a exclusão dos mesmos. Do total de artigos, verificou-se que 23 estavam duplicados. Eliminou-se mais 52 artigos por leitura de títulos e mais 2 por leitura de resumos e 2 por leitura dos textos completos. Não se obteve nenhum artigo por meio da amostragem bola de neve (snowball sampling). Desta forma, 24 artigos foram analisados.

A primeira análise realizada foi sobre os anos de publicação, demostrada na Figura 2. Percebeu-se que não houve grandes variações durantes os anos, destaque para o ano de 2010 e 2014 com maior número de publicações.

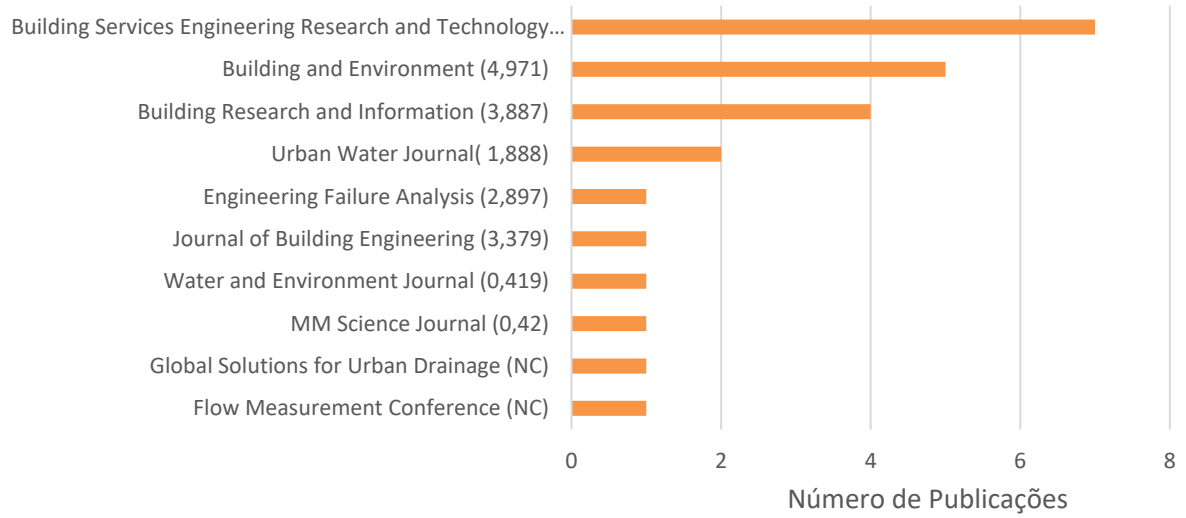
Figura 2 – Classificação por publicações por ano



Fonte: Elaborada pelos Autores (2021).

Outra análise foi o local de publicação dos artigos bem como o fator de impacto dos mesmos. Neste trabalho, utilizou-se o *Journal Citation Report* (JCR). Eles são apresentados na Figura 3. Os documentos apresentaram uma variedade na qualidade dos periódicos, indo de 0,419 e atingindo um máximo de 4,971 em cinco publicações.

Figura 3 – Classificação por meio de publicação

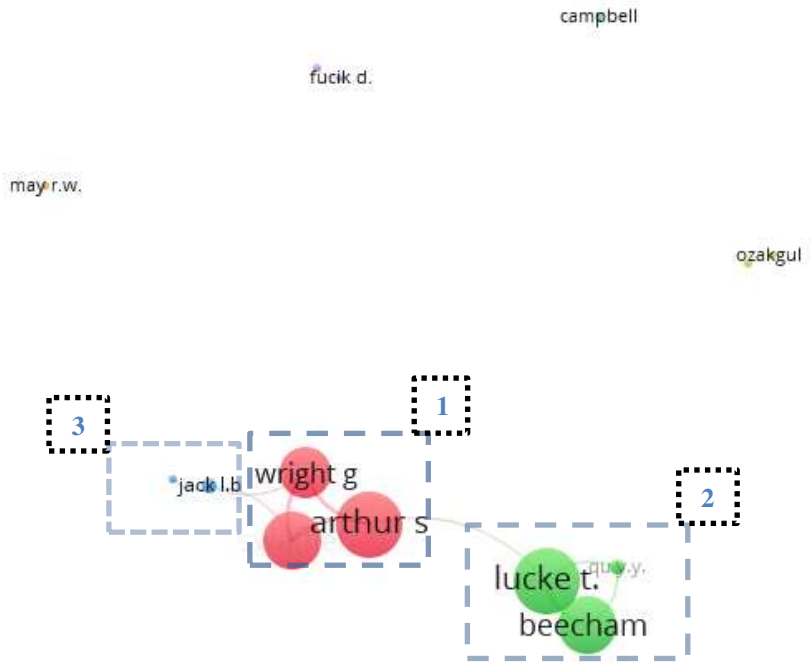


Fonte: Elaborada pelos Autores (2021).

A Figura 4, mostra a análise de rede da colaboração de coautoria entre os 14 autores mais relevantes.

Em destaque tem-se os autores Swaffield J.A, seguido de Arthur s. e Wright G.B., com maior número de citações.

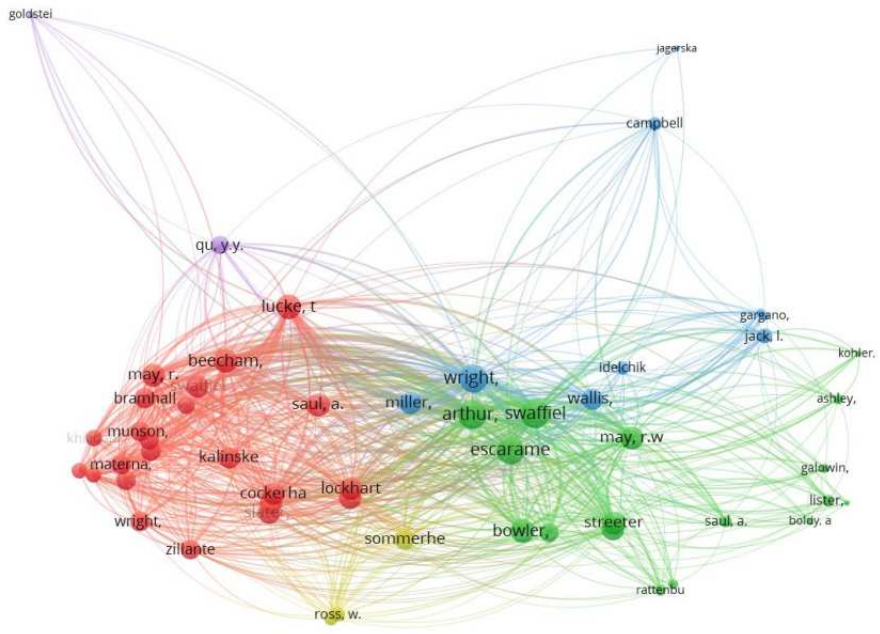
Figura 4 – Mapa de Coautoria (Autores)



Fonte: Elaborada pelos Autores (2021).

A Figura 5 mostra a rede de relacionamentos de cocitação de autores. O tamanho de cada nó indica a quantidade de citações que determinado autor recebeu. Quanto mais próximos dois nós estão, mais forte é a relação de cocitação entre eles.

Figura 5 – Mapa de Cocitação de Autores



Fonte: Elaborada pelos Autores (2021).

Na Tabela 2 estão demonstrados quais estudos foram mais relevantes para a construção teórica do assunto, e das 368 referências encontradas, 8 estudos foram citados mais de 3 vezes.

Tabela 2 – Trabalhos mais citados e quantidade de citações

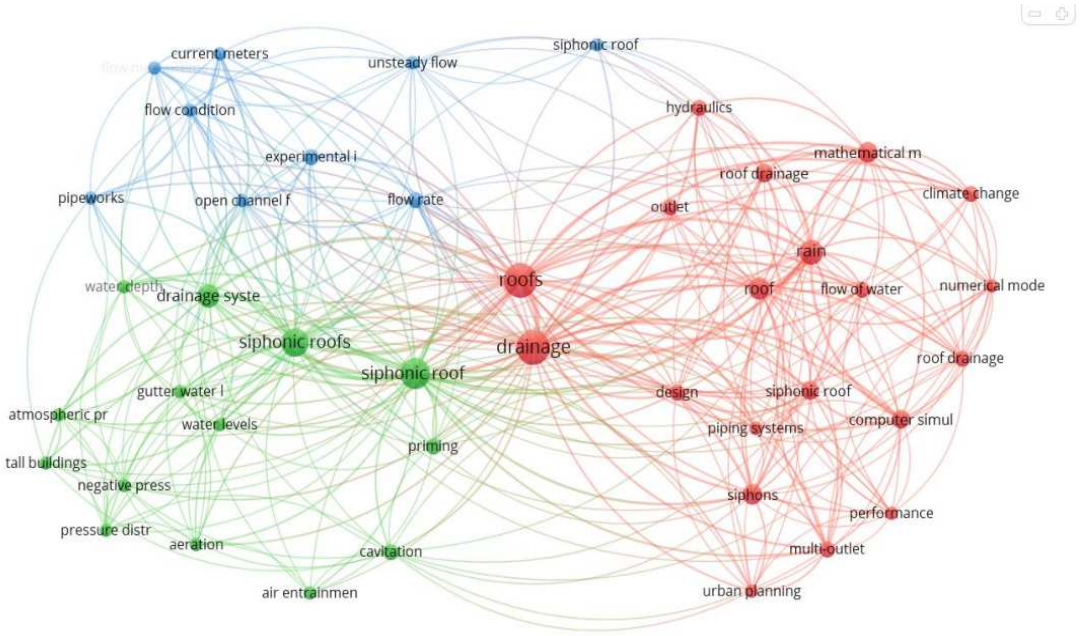
Id	Referências	Nº de citações
1	WRIGHT, G.B., SWAFFIELD, J.A., ARTHUR, S., The Performance Characteristics Of Multi-Outlet Siphonic Rainwater Systems (2002) Building Services Engineering Research And Technology.	7
2	ARTHUR, S., SWAFFIELD, J.A., Siphonic Roof Drainage System Analysis Utilising Unsteady Flow Theory (2001) Building And Environment.	6
3	ARTHUR, S., SWAFFIELD, J.A., Siphonic Roof Drainage: Current Understanding (2001) Urban Water.	6
4	ARTHUR, S., WRIGHT, G.B., SWAFFIELD, J.A., Operational Performance Of Siphonic Roof Drainage Systems (2005) Building And Environment.	6
5	ARTHUR, S., SWAFFIELD, J.A., Siphonic Roof Drainage: The State Of The Art (2001) Urban Water.	5
6	LUCKE, T., BEECHAM, S., Cavitation, Aeration And Negative Pressures In Siphonic Roof Drainage Systems (2009) Building Services Engineering Research And Technology.	5
7	MAY, R.W.P., Escarameia, M., (1996) Performance Of Siphonic Drainage Systems For Roof Gutters, , Report No. Sr463. Wallingford: Hr Wallingford	3
8	WRIGHT, G.B., ARTHUR, S., SWAFFIELD, J.A., Numerical Simulation Of The Dynamic Operation Of Multi-Outlet Siphonic Roof Drainage Systems (2006) Building And Environment.	3

Fonte: Elaborada pelos Autores (2021).

Outra avaliação realizada foi a de ocorrência de palavras-chave, sendo a rede apresentada na Figura 6.

Conforme avaliação de rede apresentada, a centralidade é formanda em torno dos termos “Drainage” e “Roofs” sendo estas as palavras chaves que mais aparecem na amostra, seguidas dos termos “Siphonic Roof Drainage”, “Siphonic Roofs”, “Rain”, “Drainage Systems” que respectivamente compõem as palavras mais citadas.

Figura 6– Mapa de Co ocorrência de palavras chaves



Fonte: Elaborada pelos Autores (2021).

Avaliou-se também o tipo de estudo realizado nos artigos, onde 54% foram reproduzidos em escala real e os estudos apresentados possuíam mais características experimentais / numéricas do que apenas teóricas, conforme classificação apresentada na Tabela 3.

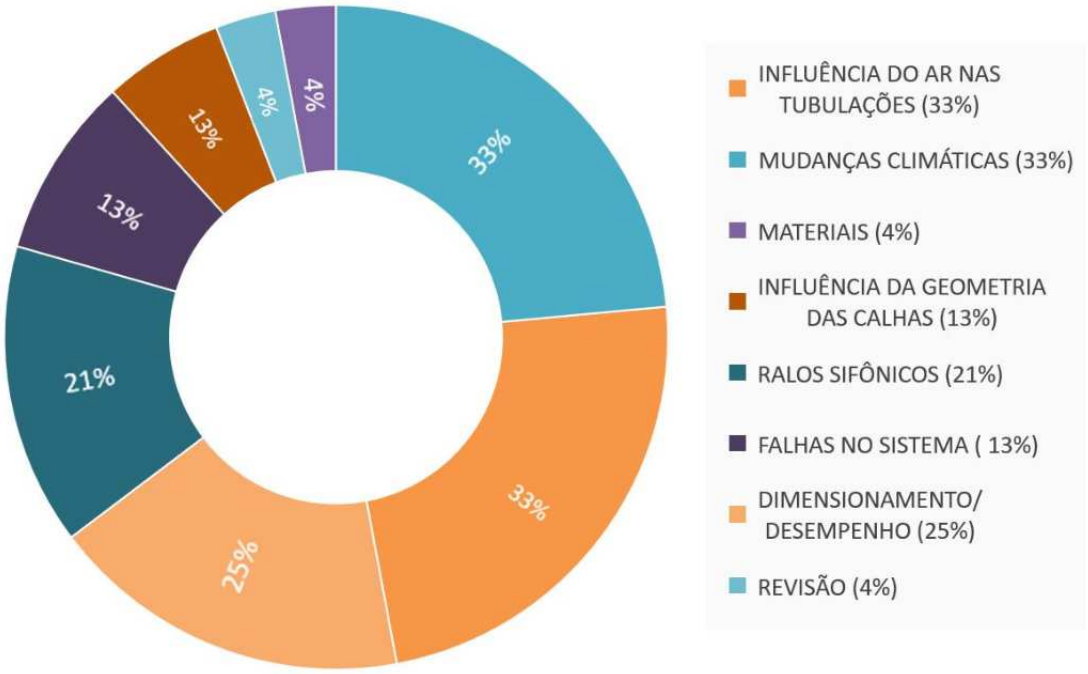
Tabela 3 – Tipo de estudos realizados

Classificação quanto ao tipo de estudo	**Quantidade de estudos aderentes**
Experimental	8
Experimental e Numérico	10
Teórico	6
Classificação quanto a escala aplicada	**Quantidade de estudos aderentes**
Escala real	13
Escala reduzida	5
NA	6

Fonte: Elaborada pelos Autores (2021).

Por fim, foram separados e evidenciados, dentro dos trabalhos, os tópicos para melhor visualização sobre como estava sendo tratado o tema, sendo divididos em 7 categorias, conforme apresentado na Figura 7.

Figura 7 – Classificação dos estudos aderentes



Fonte: Elaborada pelos Autores (2021).

As variáveis Clima, Geometria da Calha, Material da tubulação e Tomadas Sifônicas, foram debatidas em 67 % dos trabalhos, a categoria influência do ar na tubulação também foi amplamente explanada sendo comentada em 33%, enquanto que o dimensionamento/desempenho do sistema foi tratado em 25% dos estudos da amostra aderente.

Os estudos relacionados as falhas ocasionadas no sistema apareceram ainda em 13% da amostra e por fim 4% trouxeram uma revisão da literatura sobre o sistema.

Uma parcela de 33% dos artigos, trataram da variável clima (MAY, 1997; ARTHUR; SWAFFIELD, 1999, 2001a, 2001b; ARTHUR; WRIGHT, 2007; LUCKE; BEECHAM, 2009, 2010a; BEECHAM; LUCKE, 2015).

A influência do ar na tubulação foi estudada por 33% dos artigos aderentes (MAY, 1997; ARTHUR; SWAFFIELD, 1999; WRIGHT; SWAFFIELD, 2002; ARTHUR; WRIGHT, 2005; ARTHUR; WRIGHT; SWAFFIELD, 2005; LUCKE; BEECHAM, 2010a; BEECHAM; LUCKE, 2014; JACK; BEATTIE, 2014).

Tratativas sobre o dimensionamento dos ralos sifônicos ainda foram relatados por 21% dos trabalhos (MAY, 1997; LUCKE; BEECHAM, 2010a; JACK; BEATTIE, 2014; WRIGHT; SWAFFIELD ,2002; WRIGHT; SWAFFIELD; ARTHUR, 2002).

Outro parâmetro relevante para esta análise é a influência da geometria das calhas, aparecendo em 13% dos estudos (ARTHUR; SWAFFIELD, 2001b; BEECHAM, S. BEECHAM; LUCKE, 2014).

Explanações sobre o dimensionamento e desempenho do sistema, foi tratado em 25% dos estudos (MAY, 1997, WRIGHT; SWAFFIELD; ARTHUR, 2002; ARTHUR; SWAFFIELD, 2001; ARTHUR; WRIGHT, 2005; WRIGHT; JACK; SWAFFIELD, 2006; WRIGHT; ARTHUR; SWAFFIELD, 2006).

As falhas ocasionadas no sistema, apareceram em 13% da amostra (CAMPBELL, 2014; LUCKE; BEECHAM, 2015; PIROGLU; OZAKGUL, 2016) e por fim, as análises quanto aos tipos de tubulação, se PVC ou PEAD, apareceram em apenas um estudo sendo 4% (LUCKE; ARTHUR, 2011).

A amostra ainda trouxe uma revisão sobre o SSDAP, sendo 4% do total (FUCIK; RUCKA,2019).

Dentro da amostra aderente, as questões relativas aos custos não apareceram com grande ênfase, apesar do SSDAP ser mais complexo e requerer uma manutenção mais acirrada que o sistema de drenagem convencional, nenhum dos artigos tratou do quesito da viabilidade econômica do sistema sifônico e, também, não foram encontradas, como objeto específico de estudo, ligações de todas as variações paramétricas com o custo global do sistema sinfônico.

As mudanças climáticas debatidas, tratavam-se apenas da região do Reino Unido, deixando a dúvida sobre o desempenho do sistema em locais com padrões de chuvas diferentes.

4 CONCLUSÃO

A partir da pesquisa realizada, foi possível cumprir o objetivo inicial proposto de conhecer a linha dos artigos que estão sendo publicados sobre o SSDAP. De um modo geral, os artigos foram publicados em periódicos com alto fator de impacto, o que manifesta a relevância e o potencial que possui a pesquisa envolvendo o SSDAP.

Na análise de rede (coautoria) observou-se pouca relação entre os autores dos documentos, a rede apresentou 7 grupos de colaboração em pesquisa, onde os autores mais citados são os pioneiros no assunto e os que possuem maior número de artigos.

Dos trabalhos experimentais, 54% foram reproduzidos em escala real, o que dá a entender que o estudo de caso é uma alternativa viável de modelo de pesquisa visto que, a maior parte da amostra de estudos aderentes utilizou deste modelo.

Partindo das lacunas observadas, pode-se sugerir como trabalhos futuros estudos que relacionem otimizações de projeto de SSDAP com base na viabilidade econômica, avaliação de desempenho dos SSDAP sob diferentes regimes pluviométricos, em especial no Brasil e estudos que abordem os custos gerais de implantação do SSDAP em detrimento dos sistemas ditos convencionais.

5 REFERÊNCIAS

ARTHUR S, SWAFFIELD, JA. Numerical modelling of the priming of a siphonic roof drainage system. Proceedings of CIBSE building services engineering researchand technology, 1999. Vol. 20, p. 83-91.

ARTHUR S, SWAFFIELD, JA. Siphonic roof drainage system analysis utilising unsteady flow theory. Building and Environment, 2001.Vol. 36, p. 939-948

ARTHUR, S. AND SWAFFIELD, J.A. Siphonic roof drainage: Current understanding, Urban Water, 2001. Vol. 3, p. 43-52.

ARTHUR, S. AND WRIGHT, G. AND SWAFFIELD, J. Operational performance of siphonic roof drainage systems, Building and Environment, 2005. Vol. 40, pág. 788-796.

ARTHUR, S. AND WRIGHT, G.B. Recent and future advances in roof drainage design and performance, Building Services Engineering Research and Technology, 2005. Vol. 26, pág 337-348.

ARTHUR, S. AND WRIGHT, G.B. Siphonic roof drainage systems-priming focused design, Building and Environment, 2007. Vol 26, pág. 337-348.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844: Instalações prediais de água pluvial. Rio de Janeiro, 1989.

BEECHAM, S. AND LUCKE, T. Air water flows in building drainage systems, Urban Water Journal, 2015. Vol. 12, pág. 455-467.

BEECHAM, S. AND LUCKE, T. Influence of channel geometry on water levels above siphonic roof outlets, Building Services Engineering Research and Technology, 2014. Vol. 35, pág. 83 – 98.

CAMPBELL, D.P. Novel modulated flow, self configuring, siphonic roof drainage system, Building Services Engineering Research and Technology, 2014. Vol. 35, pág 349 – 361.

COSTA, C. H. A.; STAUT, S. L. S.; ILHA, M. S. O; Projeto de sistemas prediais hidráulicos sanitários com BIM: mapeamento da literatura, 11/2014, XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Vol. 1, pp.2760-2769, Maceió, AL, Brasil, 2014.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. Design Science Research: Método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. Porto Alegre: Bookman, 2015.

FUCIK, D. AND RUCKA, J. Review of siphonic roof drainage systems, MM Science Journal, 2019, pág. 3683-3689.

JACK, L.B. AND BEATTIE, R.K. The impact of detritus accumulation on the performance of siphonic rainwater outlets, Building Services Engineering Research and Technology, 2014. Vol. 35, pág. 214 – 232.

KITCHENHAM, B. (2004). Procedures for performing systematic reviews. Technical Report, Departament of Computer Science, Keele University, Keele. UK (TR/SE-0401), 28. ISSN : 1353-7776.

LUCKE, T. AND BEECHAM, S. Cavitation, aeration and negative pressures in siphonic roof drainage systems, Building Services Engineering Research and Technology, 2009. Vol. 30, pag 103-119.

LUCKE, T. AND BEECHAM, S. Aeration and gutter water levels in siphonic roof drainage systems, Building Research and Information, 2010. Vol. 38, pág. 670 – 685.

LUCKE, T. AND BEECHAM, S. Capacity loss in siphonic roof drainage systems due to aeration, Building Research and Information. Vol 38 – pág. 206-217.

LUCKE, T. AND ARTHUR, S. Plastic pipe pressures in siphonic roof drainage systems, Building Research and Information,2011, Vol. 39, pág. 79-92.

LUCKE, T. AND BEECHAM, S. Alternative low-cost overflows for siphonic roof drainage systems: Proof of concept, Journal of Building Engineering, 2015, Vol. 2, pág. 9 - 16 .

LUCKE, T. AND BEECHAM, S. and Qu, Y.Y. Estimating flow rates through individual outlets of siphonic roof drainage systems, Building Research and Information, 2016, Vol. 44, pág. 289-300.

MAY, R. W. P. The design of conventional and siphonic roof-drainage systems. Journal CIWEM, 11, Feb. 1997. Vol. 11, pág. 56 – 60.

MAY, R. W. P. Design criteria for siphonic roof drainage systems. Wallingford: HRS, 2004. (Report SR 654).

PIROGLU, F. AND OZAKGUL, K. Partial collapses experienced for a steel space truss roof structure induced by ice ponds, Engineering Failure Analysis, 2016. Vol. 60, pág. 155 – 165.

QU, Y.Y. AND LUCKE, T. AND BEECHAM, S. Measuring flowrates in partially-filled pipes in siphonic roof drainage systems, 15th International Flow Measurement Conference 2010, FLOMEKO 2010. Vol. 01, pág. 487 – 494.

RUIZ, MILTON ARTUR; GRECO, OSWALDO TADEU; BRAILE, DOMINGO MARCOLINO. Fator de impacto: influência e influência no meio editorial, acadêmico e científico. **Rev Bras Cir Cardiovasc**, São José do Rio Preto, v. 24, n. 3, pág. 273-278, setembro de 2009.

NEES JAN VAN ECK AND LUDO WALTMAN (2009), VOSviewer: A Computer Program for Bibliometric Mapping, *ERIM report series research in management Erasmus Research Institute of Management*. Erasmus Research Institute of Management. Disponível em http://hdl.handle.net/1765/14841 . Acessado em 10/05/2021.

SIPHONIC ROOF DRAINAGE ASSOCIATION (SRDA) disponível em : http://www.siphonic-roof-drainage.co.uk/, acessado em 10/05/2021.

VAN ECK, N. J., & WALTMAN, L. (2014). Visualizing bibliometric networks. In Y. Ding, R. Rousseau, & D. Wolfram (Eds.), Measuring scholarly impact: methods and practice (pp. 285– 320). London: Springer.

WRIGHT, G.B. AND SWAFFIELD, J.A. AND ARTHUR, S. Investigation into the performance characteristics of multi-outlet siphonic roof drainage systems, Global Solutions for Urban Drainage, 2002. Pág. 1-16.

WRIGHT, G.B. AND SWAFFIELD, J.A. The performance characteristics of multi-outlet roof drainage systems, Building Services Engineering Research and Technology, 2002. Vol. 23, Pág 127- 141.

WRIGHT, G.B. AND JACK, L.B. AND SWAFFIELD, J.A. Investigation and numerical modelling of roof drainage systems under extreme events, Building and Environment, 2006. Vol. 40, pág. 788 - 796.

WRIGHT, G.B. AND ARTHUR, S. AND SWAFFIELD, J.A., Numerical simulation of the dynamic operation of multi-outlet siphonic roof drainage systems, Building and Environment, 2006. Vol. 41, pág. 126-135.

SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

EXPERIÊNCIA DE PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS EM BIM DURANTE O ENSINO NÃO PRESENCIAL

A BIM plumbing systems design experience during emergency remote teaching

LEEPKALN, Carlos Eduardo[1]; ROSA, Inaê Silva[2]; BRANDÃO, Milena de Mesquita[3]

Recebido em 16 de julho de 2021, aprovado em 06 de setembro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

Palavras-chave: Instalações Hidrossanitárias; BIM; Ensino remoto.

Keywords: *Plumbing systems; BIM; Emergency remote teaching.*

RESUMO: A partir de janeiro de 2021, a utilização do *Building Information Model* (BIM) em obras e serviços de engenharia da esfera pública federal tornou-se obrigatória. No entanto, os cursos de graduação em Engenharia Civil abordam de maneira superficial essa metodologia, reduzindo-a muitas vezes a uma forma de representação gráfica, simplesmente. Sendo assim, o objetivo deste artigo é relatar uma experiência de projeto hidrossanitário para edifícios residenciais multifamiliares desenvolvido em uma unidade curricular não presencial em um curso de graduação de Engenharia Civil. Testou-se a utilização do método BIM na realização de um projeto hidrossanitário predial e constatou-se que apesar do ensino ser remoto, a realização do projeto foi eficiente, rápida e dinâmica.

ABSTRACT: From January 2021, using Building Information Model (BIM) in engineering works and services in the federal public system became mandatory. However, undergraduate courses in Civil Engineering superficially approach this methodology, often reducing it to a form of graphical representation. Therefore, the aim of this article is to report an experience of a *Plumbing systems* project for residential buildings developed during the emergency *remote teaching in an undergraduate* course in Civil Engineering. The use of the BIM method was tested in the realization of a building plumbing project and it was found that despite the teaching being remote, the project was efficient, fast and dynamic.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **LEEPKALN, Carlos Eduardo:** Graduando em Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, carlos.l10@aluno.ifsc.edu.br.

[2] **ROSA, Inaê Silva:** Graduanda em Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, inae.sr@aluno.ifsc.edu.br.

[3] **BRANDÃO, Milena de Mesquita: Arquiteta e Urbanista, Mestre,** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, milena.brandao@ifsc.edu.br.

1 INTRODUÇÃO

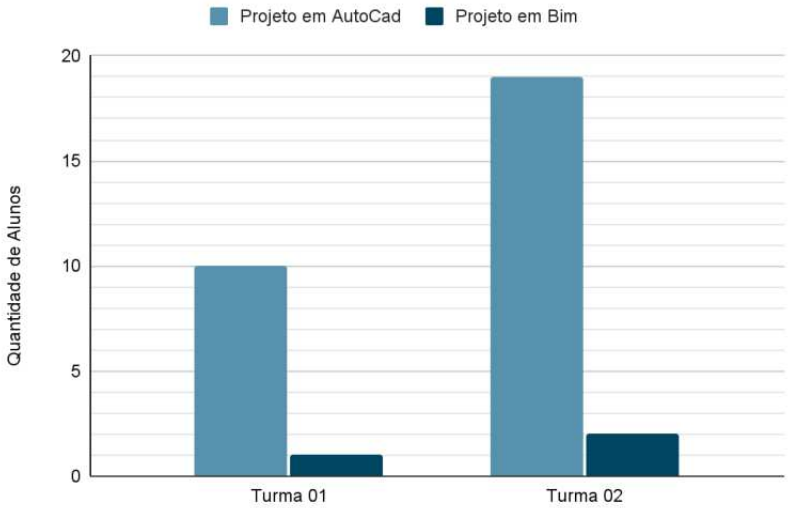
O Decreto Federal nº 10.306 (BRASIL, 2020) implementa nas obras e serviços de engenharia, realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal a utilização *Building Information Model* (BIM) a partir de 01 de janeiro de 2021, de modo gradual. O BIM vem se mostrando como tendência desde o início dos anos 2000, ao redor de todo mundo, por proporcionar redução de custos, maior controle nos processos e aumento da produtividade nos projetos. Considerando este contexto, os cursos de graduação precisam se atualizar trazendo a lógica BIM nas unidades curriculares.

O Curso de Graduação em Engenharia Civil do IFSC - Câmpus Florianópolis, em seu projeto pedagógico de curso (IFSC, 2013), que está vigente desde 2014, não apresenta em seu texto a metodologia BIM. No entanto, na unidade curricular de Desenho Auxiliado por Computador os estudantes modelam em 3D um projeto arquitetônico no *software* REVIT. A carga horária semestral de 40 horas/aula permite com que os estudantes aprendam somente de forma introdutória a utilização do *software*.

Nas unidades curriculares de projetos complementares, como estruturas de concreto, aço e madeira; instalações elétricas e hidrossanitárias, projeto preventivo contra incêndio e sistemas de climatização, não existe obrigatoriedade em utilizar BIM. Sendo assim, muitos estudantes optam por desenvolver projetos em AutoCAD, por julgarem ser menos trabalhoso para cumprir o objetivo e os prazos das disciplinas. Além disso, cabe destacar que os computadores existentes nos laboratórios didáticos da instituição, em sua maioria, estão desatualizados e não apresentam desempenho satisfatório em modelagens mais complexas.

No semestre letivo de 2020.2, ministrado de forma não presencial devido à pandemia da COVID-19, na Unidade Curricular Instalações Hidrossanitárias do sexto semestre do curso, com carga horária semestral de 80 horas/aula, apenas três, de um total de 32 estudantes, divididos em duas turmas, se voluntariam para desenvolver seus projetos em BIM, o baixo percentual é ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Comparativo entre o desenvolvimento de projetos em AutoCad e REVIT



Fonte: autores (2021).

Considerando o contexto apresentado, o objetivo deste artigo é relatar uma experiência de desenvolvimento de projeto hidrossanitário para edifícios residenciais multifamiliares em uma unidade curricular ministrada de modo não presencial em um curso de graduação de Engenharia Civil.

2 PROJETOS DESENVOLVIDOS EM CAD 2D X PROJETOS DESENVOLVIDOS ADOTANDO A METODOLOGIA BIM

O Desenho Auxiliado por Computador, do inglês *Computer Aided Design* (CAD), permite a geração de desenhos plotados em duas dimensões (2D) e modelagem em três dimensões (3D). Esses desenhos são compostos basicamente por vetores em diferentes camadas (*layers*), permitindo também a criação de blocos de dados e textos associados (CHUCK et al 2014, p.12)

A Modelagem da Informação da Construção, do inglês *Building Information Modeling* (BIM), permite a criação de um modelo virtual de uma edificação com precisão. Esse modelo virtual, quando alimentado de todas as informações da construção, possui a forma exata e todos os dados necessários para a sua execução real (CHUCK et al 2014, p.1). Assim, é possível reduzir os erros na obra e agilizar a execução, uma vez que o projeto arquitetônico e complementares estão compatibilizados neste modelo virtual.

Pode-se dizer que o CAD permite realizar desenhos em 2D e 3D por meio de um *software*, facilitando a representação gráfica de um projeto. Já o BIM permite construir um projeto virtualmente, considerando de forma unificada e compatibilizada o projeto arquitetônico e complementares, possibilitando a extração de diversas informações. Neste sentido, cabe considerar o BIM como uma metodologia projetual que extrapola a simples representação gráfica em 2D e 3D de diferentes projetos. Kensek (2018, p.7) afirma que o BIM não se resume a um desenho em três dimensões, mas é um banco de dados integrado e estruturado de todos os componentes da construção.

Uma das principais características das ferramentas BIM é a vinculação, que permite ter um olhar de futuras incompatibilidades, detectando conflitos entre projeto arquitetônico e complementares. No AutoCAD, a compatibilização é feita de maneira mais lenta e manual. A modelagem 3D proporcionada pelo BIM traz dinamismo e clareza ao processo de compatibilização.

Outra vantagem da metodologia BIM é a possibilidade da modelagem paramétrica. Essa função é capaz de adicionar pré-configurações a um modelo, como por exemplo nos hidrossanitários, as quais são pré-definidas as conexões, os diâmetros e inclinações, tornando o ato de projetar mais rápido e dinâmico. Por outro lado, os *softwares* de ferramentas 2D, não permitem essas alterações, uma vez que o projeto é composto por um conjunto de vetores e não como elementos com informações.

Entende-se que, para o uso das ferramentas BIM, no cotidiano dos cursos de graduação e nos escritórios de engenharia, é necessária formação específica sobre a metodologia e sua aplicação O investimento em horas de estudo e computadores com maior desempenho pode ser elevado. Além disso, muitos optam por continuar trabalhando com base no método antigo, no qual cada projetista faz seu trabalho isoladamente e direciona para execução, ficando a cargo do engenheiro de execução solucionar conflitos dos projetos.

Em outra frente, por não haver muitos profissionais envolvidos com o conceito BIM, a quantidade de materiais disponíveis gratuitamente é escassa. Dessa forma, é preciso

desenvolver as famílias paramétricas para elaboração dos projetos, o que requer horas de estudo e desenvolvimento.

3 RELATO DE EXPERIÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS EM UNIDADE CURRICULAR DE GRADUAÇÃO

A graduação em Engenharia Civil do IFSC - Câmpus Florianópolis, cujo Projeto Pedagógico de Curso está vigente desde 2014 (IFSC, 2013), aborda a utilização do *software* REVIT em uma disciplina de Desenho Auxiliado por Computador, do terceiro semestre. Apesar de não haver tempo hábil para aprofundar os conhecimentos sobre a metodologia BIM na unidade curricular, alguns estudantes acabam sendo instigados a se aprofundar na utilização da ferramenta, aplicando-a no desenvolvimento de diferentes projetos ao longo do curso e buscando estágios em escritórios que adotam o BIM.

Em Instalações Hidrossanitárias, do sexto semestre do curso, busca-se desenvolver a competência de projetar as instalações prediais de água fria, quente, esgoto sanitário e águas pluviais de edificações comerciais e residenciais (IFSC, 2013). Como exercício acadêmico, os estudantes desenvolvem individualmente projeto hidrossanitário de um edifício residencial multifamiliar com quatro pavimentos-tipo e dois de serviços gerais, projetado por eles na unidade curricular de Projeto Arquitetônico. A maioria dos estudantes realiza esta atividade acadêmica utilizando AutoCAD, uma vez que os professores não costumam abordar a metodologia BIM para os projetos complementares.

Um dos pilares do curso é desenvolver as habilidades dos acadêmicos por meio do desenvolvimento detalhado de projetos ao longo dos semestres letivos. Dessa forma, os estudantes são estimulados a buscar por soluções de problemas dos projetos complementares desde do início do projeto arquitetônico.

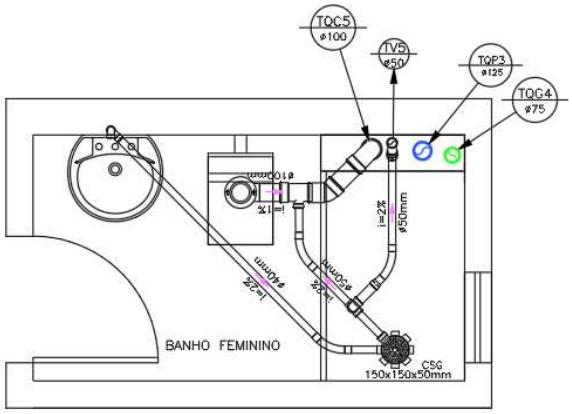
Durante o isolamento imposto pela pandemia da COVID-19, os conteúdos passaram a ser ministrados remotamente. Acredita-se que essa possibilidade de estudar por meio de vídeos, com conteúdos não somente elaborados pelos docentes das unidades curriculares, mas também por outros cursos disponíveis *online*, fez com que os estudantes buscassem outras formas de desenvolver o seu projeto. Após realizar curso *online* gratuito de 6h, disponível na Plataforma Cursos Construir[1], alguns estudantes decidiram pela metodologia BIM na unidade curricular de Instalações Hidrossanitárias. Para realização desses projetos em BIM, os estudantes precisavam acessar a extensão MEP (*mechanical, electrical, and plumbing-piping)* do REVIT*, plugin* necessário para projetos mecânicos (M), elétricos (E) e de instalações hidrossanitárias (P).

As Figuras 2 e 3 comparam o detalhamento das instalações de esgoto de um banheiro de um edifício residencial multifamiliar. É disponibilizado aos estudantes um arquivo de AutoCAD com blocos de todas as conexões em três diferentes vistas. Por estarem tendo um primeiro contato com o conteúdo, os estudantes demonstram dificuldade em entender as conexões e como encaixá-las. Outra dificuldade é visualizar essas instalações, principalmente com relação à localização dos ramais (abaixo da laje) e de seus encaixes com tubo de queda e coluna de ventilação. Consequentemente, é possível determinar, por exemplo, precisamente a altura do forro. Essa dificuldade de visualização no AutoCAD fica evidente pela quantidade de atividades com erros entregues pelos estudantes. Ao ir “construindo” a instalação em meio virtual,

1 Disponível no site: https://cursosconstruir.com.br/curso/revit-mep-basico-projeto-hidrossanitario/

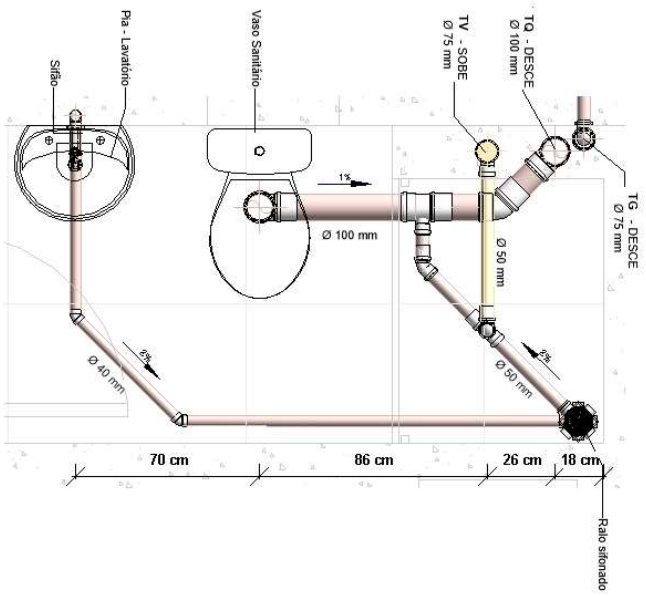
tendem a aplicar as diretrizes de projeto previstas pelas normas de maneira bastante eficiente, minimizando erros de projeto. Os estudantes, ao navegarem nesta "construção virtual" demonstram uma familiaridade com o projeto muito maior do que aqueles que o desenvolveram utilizando o AutoCAD.

Figura 2 – Desenho técnico de um banheiro - *Software* AutoCAD



Fonte: autores (2021).

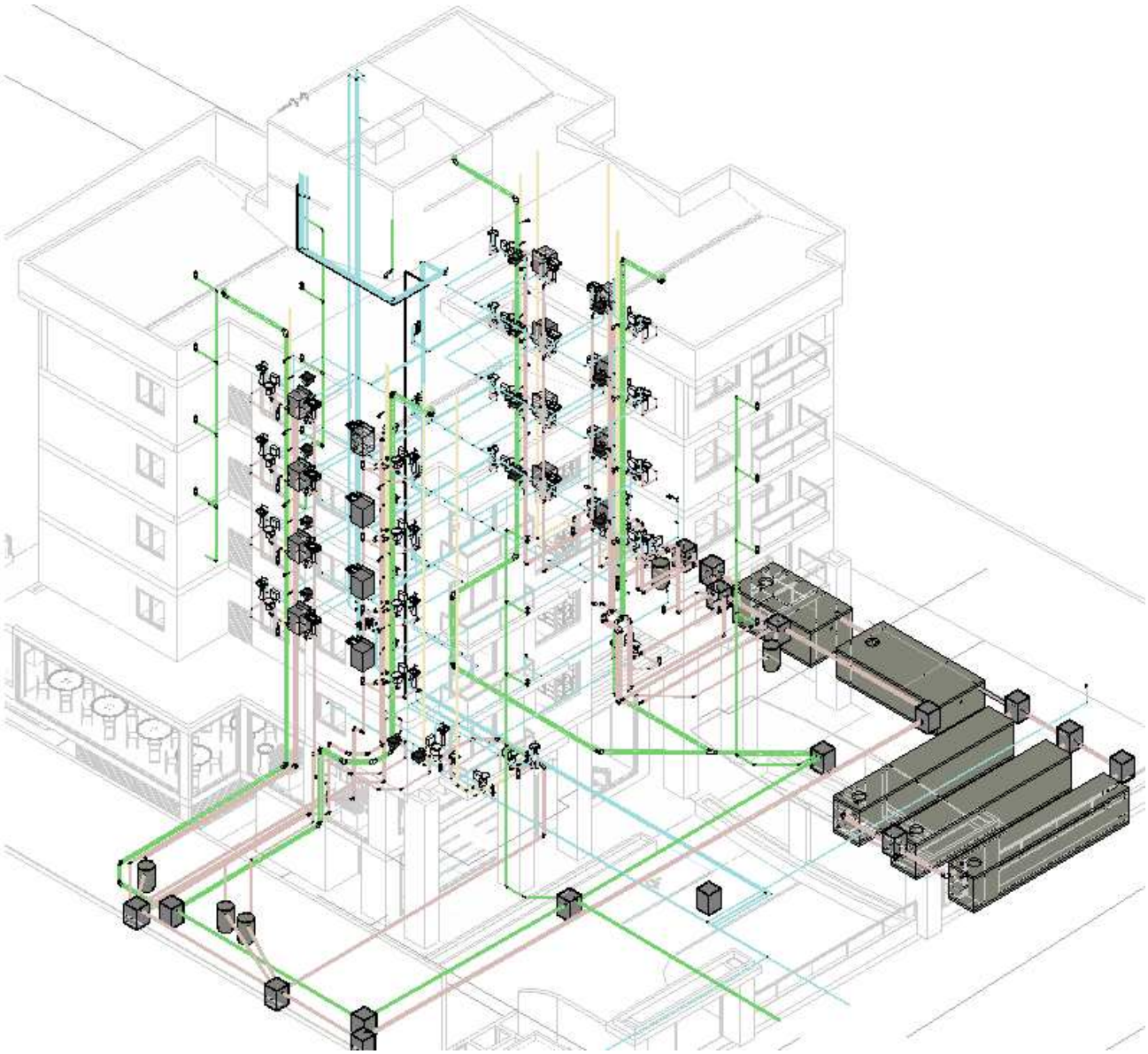
Figura 3 – Modelagem de um banheiro - *Software* REVIT MEP



Fonte: autores (2021).

Os estudantes autores deste artigo realizaram modelagem completa no REVIT MEP. Verificou-se que esse *software* dinamiza troca de informação entre modelagem arquitetônica e hidrossanitária, possibilitando soluções rápidas e precisas, como a melhor localização dos *shafts*, ilustrado na Figura 4.

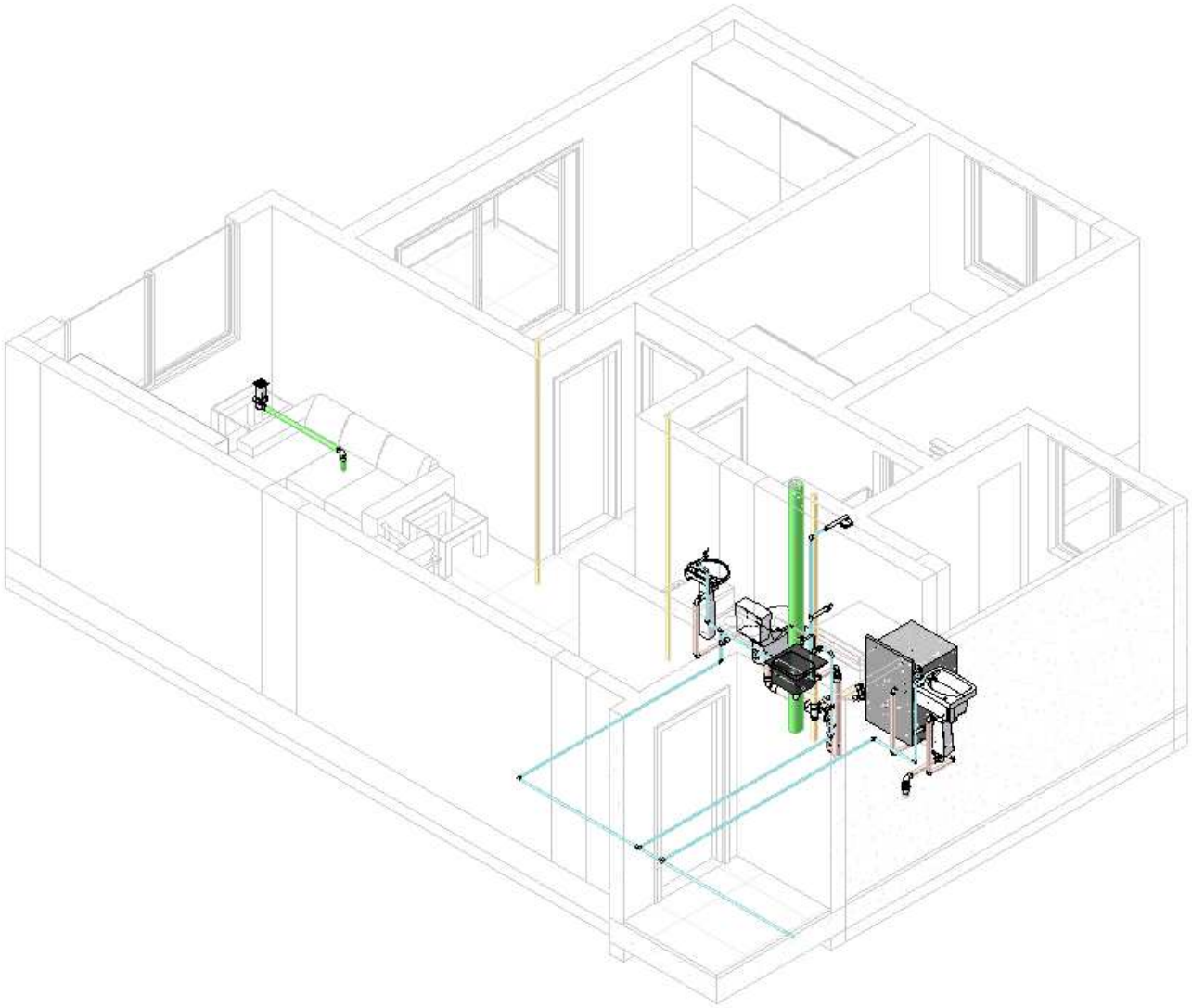
Figura 4 – Modelagem Predial - *Software* REVIT MEP



Fonte: autores (2021).

Ademais, consoante Catelani (2016, p.29), qualquer informação ou revisão realizada em qualquer parte do modelo é automaticamente propagada para as demais partes do projeto, facilitando a visualização da distribuição do sistema, conforme pode ser visto na Figura 5 em que tem-se a tubulação de água, esgoto e pluvial unidos em um único projeto. Dando espaço para prever erros e solucioná-los, tornando a instalação mais eficiente e econômica. Além de ficar mais fácil de visualizar algumas incompatibilidades estruturais, como a passagem de um encanamento em um elemento estrutural, possibilitando visualizar um desvio no encanamento, trazendo o projeto mais próximo da realidade de uma instalação.

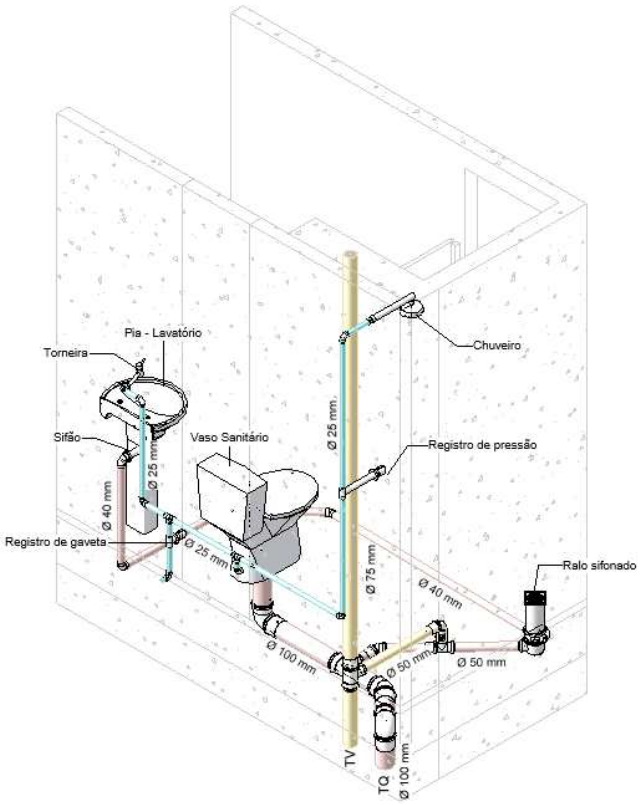
Figura 5 – Modelagem de um apartamento - *Software* REVIT MEP



Fonte: autores (2021).

A grande dificuldade dos *softwares* de CAD 2D, é o processo de um desenho isométrico da tubulação. No REVIT, esta etapa do desenvolvimento do projeto é facilitada, visto que o modelo em 3D é gerado automaticamente. A Figura 6 ilustra o detalhamento isométrico das instalações de água fria e de esgoto sanitário de um banheiro. Nos projetos desenvolvidos em CAD, o detalhe das instalações de água fria é unifilar em perspectiva isométrica e o das instalações de esgoto é em planta baixa. Com o REVIT MEP, ambas instalações podem ser visualizadas juntas, se aproximando da sua construção real.

Figura 6 – Modelagem Isométrica de um banheiro - *Software REVIT MEP*



Fonte: autores (2021).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que enquanto ferramenta didática para compreensão das instalações hidrossanitárias, o *software* REVIT MEP mostrou-se efetivo. Ao desenvolver o projeto proposto na unidade curricular, os estudantes puderam visualizar praticamente todos os detalhes executivos do sistema, permitindo que compreendessem em detalhes a sua execução, garantindo eficiência à obra. Destaca-se a possibilidade de extração automática de quantitativos dos componentes paramétricos, como metragem das tubulações e quantidade de conexões, otimizando as etapas de orçamentação.

Acredita-se que o baixo interesse dos estudantes em aceitarem o desafio de desenvolver seus projetos em REVIT, ou seja, em conceito BIM, dá-se pelo desconhecimento dos detalhes do uso da ferramenta e, também, por possuírem computadores com baixo desempenho.

Além disso, observa-se que existe um crescente interesse do mercado em realizar projetos compatibilizados em BIM, ao acompanhar os estágios obrigatórios curriculares. Neste sentido, é enfatizado que a demanda por profissionais com domínio nesse *software* é essencial.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Decreto nº 10.306**, de 2 de abril de 2020. Estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação

do Building Information Modelling- Estratégia BIM BR, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019.. . Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.306-de-2-de-abril-de-2020-251068946 Acesso em: 10 jul. 2021.

CHUCK, E.; PAUL, T.; RAFAEL, S.; KATHLEEN, L. **Manual de BIM**: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014. 9788582601181. Disponível em: https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582601181/ . Acesso em: 10 Jul 2021

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA (IFSC). **Projeto Pedagógico de Curso - Engenharia Civil**. Florianópolis, 2013. Disponível em: http://florianopolis.ifsc.edu.br/images/stories/ppc/graduacao/ppc%20engenharia%20civil.pdf . Acesso em: 10 jul. 2021.

KENSEK, K. **Building Information Modeling (BIM)** - Fundamentos e Aplicações. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018. 9788595153011. Disponível em: https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595153011/ Acesso em: 10 Jul 2021

CATELANI, Wilton Silva. **Coletância implementação do BIM para construtoras e incorporadoras V.1**: Fundamentos BIM. 1 Edição. Brasília, Distrito Federal: Editora Gadioli Cipolla Branding e Comunicação, 2016.

SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

GESTÃO E CONCEPÇÃO DOS PROJETOS HIDROSSANITÁRIOS INTEGRADOS COM OS DEMAIS PROJETOS ELABORADOS NA CIDADE DE GOIÂNIA-GO

Management and design of plumbing systems integrated with other projects developed in the city of Goiânia-GO

AMARAL, Letícia Leal[1]; PITALUGA, Douglas Pereira da Silva[2]

Recebido em 09 de agosto de 2021, aprovado em 06 de setembro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

Palavras-chave:

Projetos de Sistemas Hidrossanitários,

Coordenação de projetos,

Fases do projeto,

Projeto na engenharia civil.

Keywords:

Plumbing design project coordination;

Project phases;

Design in

civil engineering.

RESUMO: Diante as dificuldades e os problemas relacionados à gestão de projetos no âmbito da construção civil, é almejado com este trabalho entender como as empresas localizadas na cidade de Goiânia se organizam durante o processo de elaboração dos projetos hidrossanitários em conjunto com os demais projetos existentes das edificações, a fim de identificar a real contribuição de aspectos facilitadores como a atuação dos coordenadores de projetos e daqueles que possam comprometer com os resultados. A metodologia utilizada para este estudo deu-se a partir de entrevistas realizadas com empresas projetistas da cidade, visando compreender a gerência de elaboração dos projetos hidrossanitários para os diversos edifícios em obra, enfatizando o trabalho simultâneo dos projetistas de diferentes áreas. A partir da análise dos resultados obtidos, pôde-se identificar se existe um padrão quanto a elaboração dos projetos; identificar as fases pelas quais os projetos hidrossanitários passam durante sua concepção; entender como funciona a comunicação entre os projetistas de diferentes áreas; e identificar o reflexo da atuação dos coordenadores de projetos nos resultados das empresas.

ABSTRACT: In view of the difficulties and problems related to project management in the scope of civil construction, it is aimed with this work to understand how companies located in the city of Goiânia are organized during the process of elaboration of plumbing systems projects in conjunction with the other existing projects of buildings, in order to identify the real contribution of facilitating aspects such as the role of project coordinators and those who may compromise with results. The methodology used for this study was based on interviews with design companies in the city, aiming to understand the management of the elaboration of plumbing systems projects for the different buildings under construction, emphasizing the simultaneous work of designers from different areas. From the analysis of the results obtained, it was possible to identify if there is a standard regarding the elaboration of the projects; identify the phases that the plumbing systems projects go through during their conception; understand how communication works between designers in different areas; and to identify the reflex of the performance of the project coordinators in the results of the companies.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **AMARAL, Letícia Leal**: Instituto Federal de Goiás, leticialealamaral@gmail.com.
[2] **PITALUGA, Douglas Pereira da Silva**: Instituto Federal de Goiás, douglas.pitaluga@ifg.edu.br.

1 INTRODUÇÃO

Face a dinâmica das mudanças tecnológicas e o movimento do setor da construção civil para melhoria da qualidade dos processos produtivos, tem-se observado nos últimos 20 anos que as empresas do setor têm mudado suas concepções diante a importância do processo de produção de projetos (WOOD Jr., 1993). Estes devem cada vez mais serem inovadores e adequados às necessidades atuais, atendendo às expectativas dos incorporadores e consumidores, não só em qualidade, mas também em sustentabilidade, eficiência e produtividade.

Em vista dos altos padrões de qualidade exigidos no processo de produção dos projetos, somado ao aumento de complexidade e ao pouco tempo de elaboração disponibilizado às empresas, o mercado da construção de edifícios vem contando com a atuação de diferentes profissionais e empresas distintas para trabalharem em conjunto, mesmo estando em locais diferentes (NÓBREGA e MELHADO, 2013). Com isso, a figura do gestor e coordenador de projetos se tornou cada vez mais importante e necessária, atuando como uma “ponte” para troca de informações entre os profissionais.

De acordo com Helene (2003), os erros de projetos são responsáveis por cerca de 40% dos problemas relatados no período de assistência pós-obra. Em pesquisa realizada por Brandão (2007), tem-se que o principal motivo de chamado para reparo feito pelos usuários durante o período de assistência, são os problemas relacionados aos sistemas prediais hidrossanitários, responsáveis por cerca de 9% das ocorrências e com problemas distribuídos entre: retorno de gases, vazamentos, obstruções nas tubulações, retorno de espuma, vazamento em ralos.

Quando se verifica os diversos estudos sobre os processos de elaboração dos variados projetos na indústria da construção civil, têm-se que as patologias na construção, em sua maioria, são consequências do processo de elaboração dos projetos (FIESS et al, 2004). De acordo com pesquisas realizadas pelo autor, a fase de projeto delimita em torno de 35% das principais causas dos problemas patológicos.

Portanto, a relevância do tema de gestão do processo de elaboração dos projetos, do ponto de vista mercadológico, é bastante relevante, pois, é na fase de projeto que se evita grande parte dos problemas gerados durante e após a execução da obra, logo, este trabalho se justifica.

2 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi identificar o reflexo das ações dos coordenadores de projetos no número de problemas patológicos ocorridos no período pós-obra. Caracterizando, assim, como funciona a gestão de projetos e atuação dos seus coordenadores durante a elaboração dos projetos hidrossanitários na cidade de Goiânia. Bem como, identificando a estrutura organizacional das fases de produção que um projeto hidrossanitário passa até ser entregue ao cliente e, por fim, caracterizando a forma de comunicação e troca de informação entre os profissionais de projetos de diferentes áreas.

3 FUNDAMENTAÇÃO

Nos empreendimentos de engenharia, a motivação pela implantação de um sistema da qualidade deve estar predominantemente vinculada à redução de custos finais dos produtos, à diminuição das perdas no processo de produção e aos custos de retrabalho e correções pós-

entrega (MELHADO, 1994). Logo, pensando em qualidade de produto na construção civil, dar-se-á importância não só à fase de execução da obra, como também à fase de planejamento e projeto.

Levando em conta a importância do sistema hidrossanitário sob a ótica de desempenho, Borges (2008) mostra que esses sistemas, além de exercer sua função específica de abastecer de maneira adequada os usuários com água quente e fria, deve também ter a capacidade, entre outras funções, de absorver as deformações e esforços gerados pelos outros sistemas inter-relacionados, notadamente a estrutura do edifício. O desempenho de um sistema, portanto, afeta outros sistemas e vice-versa, e o desempenho global deve ser encarado como um todo integrado.

Essa colaboração de diferentes profissionais, como ainda afirmaram Nóbrega e Melhado (2013) é fundamental para o sucesso do projeto final, porém traz consigo diversas dificuldades relativas à coordenação dos projetos e dos projetistas. Nesse contexto, o coordenador de projetos surge como agente fomentador não apenas da interação e cooperação entre todos os agentes envolvidos no processo de projeto, mas também do bom resultado do processo e das soluções de projeto adotadas. (NÓBREGA JR. e MELHADO, 2013).

Já no assunto de compatibilização de projetos, Silva e Novaes (2008) entendem esta como uma atividade necessária para que as diversas soluções dimensionais, tecnológicas e estéticas sejam compatíveis entre si e no conjunto dos projetos. Após a avaliação das soluções propostas nos diversos projetos, ela se processa por meios manuais ou digitais. É realizada a superposição e análise de desenhos impressos ou digitais em pranchas bidimensionais ou em 3D. A compatibilização de projetos se inicia na fase de estudos preliminares, prossegue na fase de anteprojetos e termina com a compatibilidade parcial e final na fase dos projetos executivos.

4 MÉTODO

A pesquisa aqui apresentada tem finalidade básica-estratégica e objetivo exploratório. Como método de pesquisa deste trabalho, foram feitas entrevistas via vídeo conferência (devido a pandemia do COVID-19) com o maior número de empresas de projetos disponíveis localizadas na cidade de Goiânia, com perguntas baseadas na referência bibliográfica aqui apresentada.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

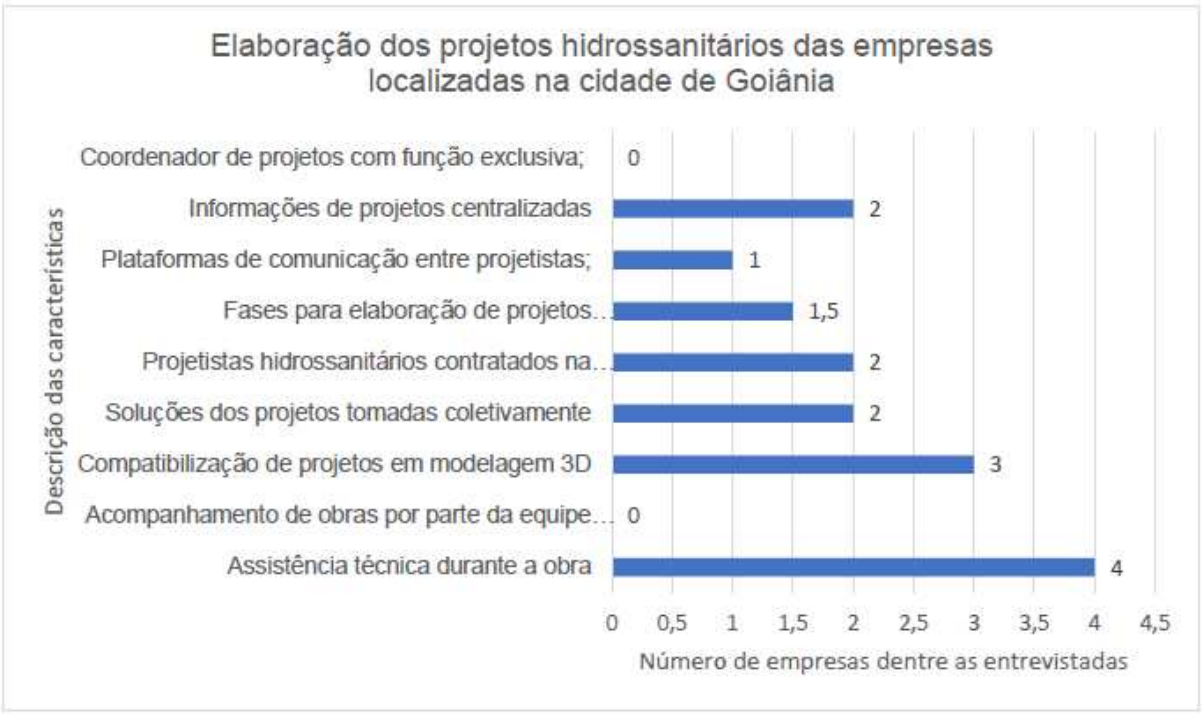
A partir da análise das respostas fornecidas pelos entrevistados, foi elaborado uma Tabela 1 indicativa que contém os tópicos das conversas que mais interessam neste trabalho. Indicado com “X” as medidas ainda não adotadas pelas empresas. Não há indicativos de certo ou errado.

Tabela 1 – Medidas ainda não adotadas pelas empresas (indicadas com "X")

DESCRIÇÃO DE CARACTERÍSTICAS	EMPRESA			
	01	02	03	04
Coordenador de projetos com função exclusiva;	X	X	X	X
Informações de projetos centralizadas	X	SIM	X	SIM
Plataformas de comunicação entre projetistas;	X	SIM	X	X
Fases para elaboração de projetos hidrossanitários bem definidos;	SIM	+/-	X	X
Projetistas hidrossanitários contratados na empresa	SIM	SIM	X	X
Soluções dos projetos tomadas coletivamente	SIM	SIM	X	X
Compatibilização de projetos em modelagem 3D	SIM	SIM	SIM	X
Acompanhamento de obras por parte da equipe projetista	X	X	X	X
Assistência técnica durante a obra	SIM	SIM	SIM	SIM

Fonte: Próprio do autor, 2020.

Figura 1 – Elaboração dos projetos hidrossanitários das empresas consultadas



Fonte: Próprio do autor, 2020.

Verifica-se que nenhuma das empresas entrevistadas conta com a presença de um profissional coordenador de projetos de função exclusiva e especializado na área, porém todas as empresas possuem um profissional que desempenha, dentre várias funções, a de coordenador.

Apesar de todas as empresas possuírem um coordenador de projetos, apenas as empresas 2 e 4 optam por centralizar todo o contato com o cliente e recebimento de informações de projetos por esse único profissional. Observa-se ainda que somente a empresa 2 utiliza de

uma plataforma de apoio na comunicação entre os projetistas, a fim de manter toda a equipe atualizada sobre as alterações que ocorrem comumente.

Quanto a elaboração dos projetos hidrossanitários em conjunto com os demais projetos da edificação, tem-se que somente a empresa 1 possui as fases de concepção da área bem definidas, enquanto que a empresa 2 tem-se essas fases parcialmente definidas, visto que possui algumas etapas pré-definidas, porém essas são um pouco confusas, podem mudar de acordo com o cliente e o contrato, e se misturam entre si.

As empresas 1 e 3 não possuem engenheiros com contratos fixos para elaborarem os projetos hidrossanitários, tais são terceirizados.

As empresas 1, 2 e 3 utilizam da tecnologia de modelagens 3D para compatibilização das diferentes áreas. Todas afirmam que essa compatibilização não deve ser feita somente no final do processo, mas sim durante toda a concepção.

Por fim, nenhuma das empresas entendem que seja necessário o acompanhamento em obras por parte da equipe de projetos, mas todas defendem que a empresa deve estar disponível para fornecer qualquer assistência que o cliente venha solicitar durante e após a obra, ou para tirar quaisquer dúvidas que podem surgir na leitura dos projetos durante a execução.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da interpretação das respostas obtidas pelos entrevistados, é entendido que as empresas localizadas na cidade de Goiânia não seguem um certo padrão quanto aos desenvolvimentos dos projetos, principalmente quando verificado os projetos complementares, em específico o hidrossanitário.

A maneira como as empresas entrevistadas elaboram seus projetos hidrossanitários e determinam suas obrigações com os clientes, depende muito do tipo de cliente que está as contratando. Em casos onde se tem clientes privados, a elaboração dos projetos e os produtos apresentados aos clientes ao final de cada etapa, depende muito do que foi combinado em contrato, ou seja, do quanto o cliente está disposto a pagar.

De forma geral, os projetos hidrossanitários passam por fases de elaboração semelhantes às fases dos projetos de arquitetura, porém, nestes primeiros as fases são menos definidas e se misturaram mais entre si. A partir das entrevistas, conclui-se que os projetos hidrossanitários passam basicamente por 3 (três) fases comuns a todas as empresas, sendo essas: reunião de partida ou descoberta (1); estudos preliminares/anteprojeto (2) e projetos executivos (3).

A atuação dos coordenadores durante essa concepção dos projetos na cidade de Goiânia é bem sutil. As empresas afirmam ter um profissional responsável pela função de coordenador, entretanto este não está destinado a realizar somente as tarefas destinadas ao mesmo, e percebe-se que tal cargo não se destaca como a função principal dos colaboradores. A maioria dos coordenadores de projetos são os próprios sócios das empresas e, também, atuam como projetistas. Logo, entende-se que as empresas ainda não perceberam a necessidade desses profissionais na equipe e que ainda não se faz uma tradição de mercado na cidade.

Quanto a comunicação entre os projetistas, é constatado que as empresas encontram dificuldades na implementação de plataformas de apoio. A maioria das empresas ainda têm como principal troca de informações as mensagens informais, que não mantém um histórico organizado e não lembram os projetistas de todas as alterações de projetos adotadas a cada

revisão. Logo, percebe-se que a dificuldade das empresas em implementarem essas novas tecnologias, estão diretamente relacionadas à falta do profissional responsável pela coordenação de projetos, este que deveria se dedicar exclusivamente a manter a equipe em perfeita sintonia.

A compatibilização dos projetos hidrossanitários com os demais projetos da edificação ocorrem em maioria das vezes durante todo o processo de elaboração dos mesmos. A maior parte das empresas entrevistadas já trabalham com projetos em modelagens 3D. Consta-se que é muito importante que a compatibilização dos projetos ocorra desde os estudos preliminares das soluções adotadas nos projetos hidrossanitários, ou seja, é preciso estar com os projetos arquitetônicos em mãos para planejar e começar a desenvolver os demais projetos. Percebe-se que é um senso comum entre as empresas projetistas que os projetos de arquitetura devam se manter inalterados.

Por fim, pode-se perceber com base nas respostas das empresas entrevistadas, que falta uma valorização da etapa de elaboração dos projetos. Essa etapa é comumente definida de acordo com cada contrato e muitas vezes os clientes não pagam por todos os projetos que a empresa tem a oferecer, sendo assim retratado o problema cultural do imediatismo brasileiro, descrito por vários autores e citados na revisão bibliográfica deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BORGES, C.A.M. O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil. 2008. 263 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

BRANDÃO, R.M.L. Levantamento das manifestações patológicas nas edificações com até cinco nos de idade, executadas no Estado de Goiás, 2007. 196 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007.

FIESS, J.R.F.; OLIVEIRA, L.A.; RBIANCHI, A.C.; THOMAZ, E. Causas da ocorrência de manifestações patológicas em conjuntos habitacionais do estado de São Paulo. In: I CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo. Anais... São Paulo, 2004. p. 1-6.

HELENE, P. Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: Red Rehabilitar, 2003.

MELHADO, S.B. Qualidade do Projeto na Construção de Edifícios: Aplicação ao Caso das Empresas de Incorporação e Construção. São Paulo, EPUSP, 1994. (Tese Doutorado – EPUSP. Departamento de Engenharia de Construção Civil).

NÓBREGA JÚNIOR, C. L.; MELHADO, S. B. Coordenador de projetos de edificações: estudo e proposta para perfil, atividades e autonomia. São Paulo: EPUSP, 2013. 26 p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/579).

SILVA, M. V. M. F. P. da; NOVAES, C. C. A COORDENAÇÃO DE PROJETOS DE EDIFICAÇÕES: ESTUDOS DE CASO. Gestão & Tecnologia de Projetos, [S.l.], v. 3, n. 1, p. 44-78, 2008. DOI: 10.4237/gtp.v3i1.28. Disponível em: http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50927. Acesso em: 5 out. 2020.

WOOD JR, T. Teoria Sistêmica Avançada e a Terceira Onda da Qualidade. Revista Politécnica da Usp, São Paulo, v. 211, p. 32-40, 1993.

SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

ESTUDO DE CASO DAS CONDIÇÕES DO TANQUE SÉPTICO DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DO CAMPUS DO ARAGUAIA

Case study of the septic tank conditions of the university restaurant of the Araguaia Campus

MARINHO, Lucas Jorge Freitas[1]; SILVA, Thamires Ferreira da [2]; POSSATI, Deise [3]

Recebido em 09 de agosto de 2021, aprovado em 13 de setembro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

Palavras-chave:

Esgotamento Sanitário;

Tanque Séptico;

Manifestação patológica;

UFMT.

Keywords:

Sewage;

Septic Tank;

Pathological manifestation;

UFMT.

RESUMO: O saneamento básico é um dos direitos básicos da vida moderna e compreende uma série de serviços, como a coleta, transporte e tratamento de esgoto sanitário. Dentre os diferentes tipos de sistemas individuais, o objeto deste estudo é o sistema de fossa séptica, que ainda é bastante usado para coleta e tratamento de esgoto. A fossa séptica estudada é a do restaurante universitário do Vale do Araguaia, onde foi constatada a ocorrência do transbordamento do tanque, que gerou o vazamento de matéria orgânica em decomposição na superfície e, por consequência, o mau cheiro. O objetivo deste trabalho é identificar possíveis causas para o aparecimento dessa manifestação patológica num sistema que deve ser estanque e duradouro e, para isso, foram feitas análises como: dimensionamento atual do tanque e dimensionamento baseado na média de refeições servidas tanto para o tanque como para o sumidouro, perfil de infiltração do solo etc. Após as análises constatou-se erros na execução, gerando o não cumprimento da norma em alguns aspectos; área de infiltração elevada para o sumidouro e, também, foi promovida pelo próprio campus, uma nova instalação de tratamento de esgoto que foi conferida se suas dimensões atendem ao uso do restaurante.

ABSTRACT: Basic sanitation is one of the basic rights of modern life and comprises a series of services, such as the collection, transport, and treatment of sanitary sewage. the object of this study is the septic tank system, which is still widely used for sewage collection. The septic tank studied is that of the university restaurant in Vale do Araguaia, where the overflow of the tank was found, which caused the leakage of decomposing organic matter on the surface and, consequently, the bad smell. The objective of this study is to identify possible causes for the appearance of this pathology in a system that must be watertight and durable and, for this, analyzes were carried out, such as: current sizing of the pit and sizing based on the average of meals served both for the pit and for the sink, soil infiltration profile, among others. After the analysis, errors were found in the execution, generating non-compliance with the standard in some aspects; an elevated infiltration area for the sinkhole and, also, a new sewage treatment facility was promoted by the campus itself, which was checked if its dimensions suit the use of the restaurant.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **MARINHO, Lucas Jorge Freitas**: Engenheiro Civil - Universidade Federal de Mato Grosso, lucasjmarinho.eng@gmail.com

[2] **SILVA, Thamires Ferreira da**: Engenheira Civil - Universidade Federal de Mato Grosso, eng.thamiresferreira@gmail.com

[3] **POSSATI, Deise**: Mestranda da Universidade Federal de Catalão, deise.engenharia@gmail.com

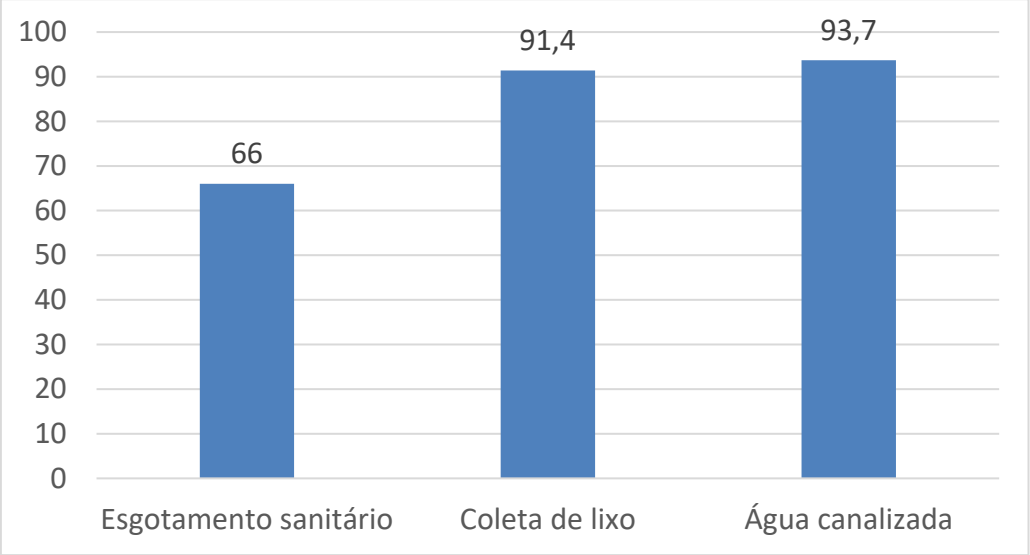
1 INTRODUÇÃO

O conhecimento de saneamento básico sempre esteve relacionado à evolução da população e consequentemente, da sociedade. De acordo com a Organização Mundial da Saúde- OMS, publicou as Diretrizes sobre Saneamento e Saúde (2018) que diz que o saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que podem exercer efeitos nocivos ao bem-estar geral, sejam eles físico, mental e/ou social.

No Brasil, o saneamento básico é um direito estabelecido pela Lei Federal nº 11.445 (BRASIL, 2007), que define saneamento como sendo o conjunto de serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais.

Segundo IBGE, na Pesquisa Nacional da Saúde (2019), 96,7% da população possui água canalizada, 66% possui acesso a rede geral de esgoto sanitário e 91,4% tem acesso a coleta de lixo sendo o segundo sistema mais utilizado são as fossas sépticas (Figura 1).

Figura 1- Porcentagem populacional com serviços de saneamento básico (%)



Fonte: IBGE (2019).

Situado em perímetro urbano o RU do Araguaia utiliza o sistema de fossa séptica. Estando em concessão contratual com a empresa Kadeas Restaurante Ltda, as instalações foram construídas para se tornar um restaurante universitário, uma vez que a antiga instalação não suportava a demanda de alunos que utilizavam do serviço.

Em vigência do contrato desde 2013, a empresa fornece serviços de café da manhã, almoço e jantar, de segunda a sábado, com ressalva ao jantar que não é servido aos sábados e, aos domingos, há folga da equipe. O fluxo de pessoas no local é bastante intenso, principalmente nos períodos de início de semestre quando os calouros dos diversos cursos ativos no campus começam suas aulas.

Em detrimento deste fato, surgiu uma manifestação patológica quanto ao sistema de tratamento de esgoto, que veio a extravasar por consequência da grande contribuição de esgotos, gerando mau cheiro e vazamento de matéria orgânica em decomposição na superfície.

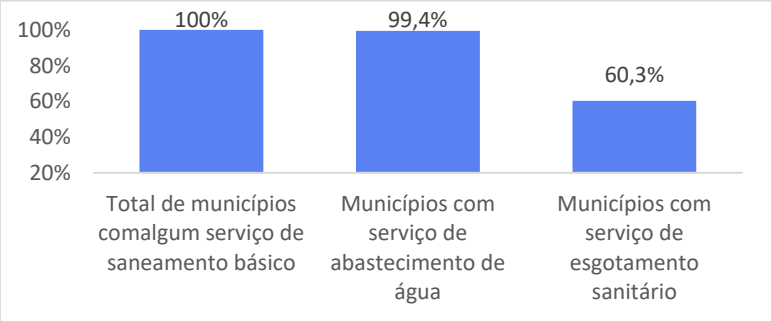
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Saneamento Básico no Brasil

No Brasil, o saneamento básico, é um direito assegurado pela Constituição Federal (BRASIL, 1988) e pelo artigo 3º da Lei Federal nº11.445 (BRASIL,2007), diz que o saneamento básico se constitui do conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais relacionadas ao abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas.

Seguindo ainda o IBGE, pode-se comparar a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico do ano de 2017 (Figura 2) com a pesquisa do ano de 2019 (Figura 1) e verificar que o serviço de esgotamento sanitário aumentou em 5,7%.

Figura 2 – Acessos a serviços de saneamento básico por município em 2017 (%)



Fonte: IBGE (2017).

2.2 Esgoto doméstico: características e tratamento

Araújo (2013) define esgoto sanitário como resíduos industriais, dejetos humanos e águas servidas, que são poluídos ou contaminados, consequentemente, podendo contaminar águas de rios, lagos, mares e o solo.

Nuvolari (2011) apresenta as fossas sépticas como sendo um reservatório ou câmara, onde nela irão ocorrer os processos de sedimentação, armazenamento e digestão da matéria orgânica tendo como produto do processo a formação de gás natural, pequenas quantidades de gás sulfídrico, dentre outros gases, sendo composta por um conjunto de sistemas de captação do esgoto e deposição dos efluentes.

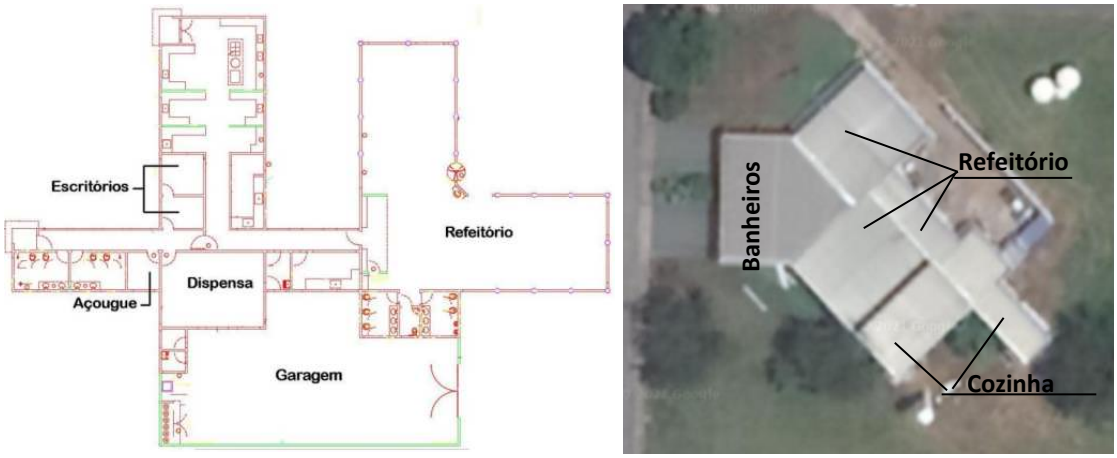
3 METODOLOGIA

O presente artigo é o resultado do estudo apresentado a UFMT, para a conclusão do curso de Engenharia Civil, tem como objeto de estudo o sistema hidrossanitário do restaurante universitário da UFMT-Campus do Vale do Araguaia. Para a realização deste trabalho foram analisadas as informações referentes aos projetos hidrossanitários e o *As Built*, visita ao local de estudo, obtenção do total de refeições servidas anualmente, quantidades de aparelhos contribuintes para o sistema de esgoto, informações da dimensão da fossa instalada, do tipo de solo, e análise comparativa do sistema de coleta projetado e o do sistema que foi executado.

Ao fazer a primeira comparação do projeto arquitetônico com o projeto de *As Built*, Figura 4, foi verificado que os projetos arquitetônico e das instalações hidrossanitários não foram

seguidos durante a execução da obra, havendo mudanças no layout do refeitório, nos banheiros, na locação da seção de depósito e lavagem de louças.

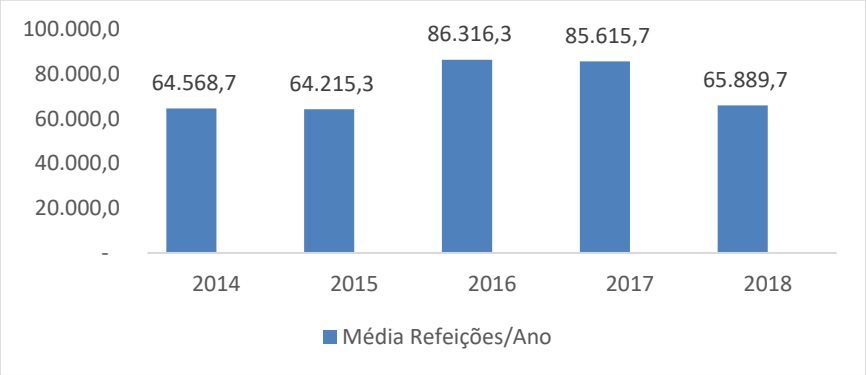
Figura 4- Localização do Restaurante Universitário- RU



Fonte: Acervo UFMT (2019).

Com as informações do total de refeições servidas anualmente, pôde-se obter resultados da média de refeições servidas por ano (Figura 5), o relatório obtido do RU conta com registros dos anos completos de 2014 a 2018.

Figura 5- Média de Refeições servidas por ano



Fonte: Restaurante Universitário Kadeas (2019).

As quantidades de aparelhos sanitários são 22 pias sifonadas, 12 caixas sifonadas, 5 caixas simples de gordura, 7 bacias sanitárias com válvula de descarga, 2 chuveiros e 1 mictório, distribuídos no perímetro do restaurante (Figura 6).

Figura 6- Aparelhos contribuintes para o esgoto - RU



Fonte: Do Autor (2019).

3.1 Comparativo Tanque Séptico - Atual x Executado

A primeira hipótese para se determinar a causa do transbordamento do tanque séptico utilizado pelo restaurante universitário é do mal dimensionamento do mesmo. Para isso foi realizado o dimensionamento com os dados coletados durante as visitas e tendo como base a Norma Brasileira- NBR 7.229 (ABNT,1993).

3.1.1. Dimensionamento Tanque Séptico

Como se observa na Figura 5, houve um aumento de cerca de 67% das refeições servidas nos anos de 2016 e 2017 em comparação ao ano de 2015. Para a determinação do volume útil que a fossa necessita, utilizou a Equação 1.

$$V = 1000 + N \times (C \times T + K \times Lf) \quad \text{(Eq. 1)}$$

Sendo:

V = Volume útil, em litros.

N = Número de pessoas ou unidades de contribuição.

C = Contribuição de despejos, em litros/pessoa x dia ou em litro/unidade de acumulação de lodo

T = Período de detenção, em dias

K = Taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivale a acumulação de lodo fresco

Lf = Contribuição de lodo fresco, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia

Com base nas tabelas de dimensionamento dos coeficientes, presentes na norma vigente NBR 7229 (ABNT, 1993) e considerando a pior situação possível da quantidade de refeições servidas sendo esse o ano de 2016, temos:

VC = 25 x 825 = 20.625 L (Eq. 2)

Sendo:

C= Contribuição de despejos (L) (tabela 1)

Número de Contribuições = 825 (ano de 2016)

O volume de contribuição ultrapassa os 9.000 litros, com isso o valor de T= 0,5 dias = 12 horas, Para determinação do volume útil, o fator K, tabelado pela NBR 7229 (ABNT, 1993), com temperatura maior que 20°C, limpeza do tanque séptico, realizada anualmente o fator K será igual a 57. Logo, determinando o volume útil da fossa com os valores obtidos será equivalente a:

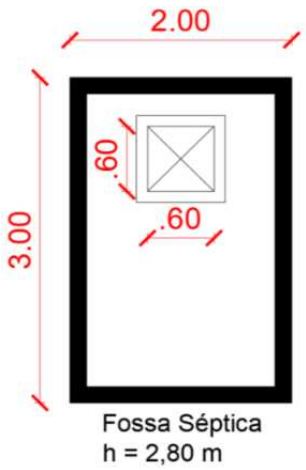
V= 1000 + N x (C x T + K x Lf)

V= 1000 + 824,68 x (25 x 0,5 + 57 x0,1)

V=16,01m³

O último passo é a determinação da altura mínima e máxima úteis do tanque séptico e do sumidouro, tendo como base os valores da Tabela 4 da NBR 7.229 (ABNT,1993), que varia de acordo com o volume útil definido, sendo a altura mínima de 1,80 m e a máxima de 2,80m. Comparando os resultados obtidos com o projeto original disponibilizado da fossa, constatou-se que o volume útil = 16,8 m³, conforme a Figura 7.

Figura 7- Tanque séptico em vista em planta baixa



Fonte: Adaptado do projeto de instalações em detalhes (2019).

O dimensionamento do sumidouro está diretamente relacionado a absorção do solo, representada na Tabela 11 do Manual de Saneamento (FUNASA, 2007) e, por norma, se trata de um pré-dimensionamento. Para o dimensionamento, Equação 3, usou como base os dados obtidos do estudo de sondagem realizado no campus por Araújo (2013), Quadro 1, sendo assim podemos afirmar que por causa do alto volume de afluentes, um sumidouro que suporte tal descarga se faz necessário e uma das hipóteses para a ocorrência da manifestação patológica é o subdimensionamento do sumidouro.

Quadro 1- Dados das amostras coletas

Amostra	Profundidade (m)	Classificação
1	1,00	Silte arenoso de cor variegada mediano compacto
2	2,00	Silte arenoso de cor variegada mediano compacto
3	3,00	Silte arenoso de cor variegada mediano compacto
4	4,00	Silte arenoso de cor variegada mediano compacto
5	5,00	Silte arenoso de cor variegada mediano compacto
-	-	pedegrulho compacto

Fonte: Araújo Neto (2013)

O perfil de solo da área do restaurante universitário é constituído principalmente de silte e areia e, segundo a tabela 11 do Manual de Saneamento (FUNASA, 2007), este perfil possui o Coeficiente de Infiltração (Ci) de 60 a 90 L/m² x dia. Tendo estabelecido este parâmetro é possível determinar a área vertical do sumidouro e, consequentemente, sua profundidade por meio das Equações 4 e 5, sucessivamente. Adotando Ci igual a média dos valores de 60 e 90 e o diâmetro igual ao apresentado no projeto sanitário, de 2,30 m, obtêm-se:

$A = Vc / Ci$ (Eq. 4)

$h = Af / (\pi \times D)$ (Eq. 5)

Logo, tem-se:

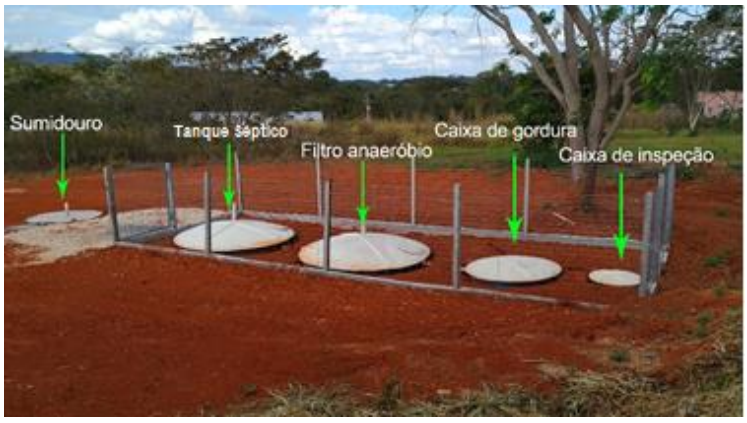
$A = 20625/75 = 273{,}33\ m^2$

$h = 273{,}33 / (\pi \times 2{,}30) = 37{,}86$ m.

Observa-se que a profundidade necessária para o sumidouro é elevada e de inviável instalação. Uma alternativa é a construção de mais sumidouros, ou adotar o sistema de valas de filtração cobertas.

Para solucionar o problema de transbordamento dos tanques sépticos, o proprietário do restaurante universitário executou um novo sistema de tratamento de esgoto, contendo um caixa de inspeção, caixa de gordura, filtro anaeróbio, tanque séptico e sumidouro (Figura 9), possuindo o dimensionamento descrito na Tabela 6 da NBR 7.229 (ABNT,1993).

Figura 9 - Novo Sistema de tratamento de esgoto.



Fonte: Autor (2019).

Tabela 6 - Dimensão do novo sistema de tratamento de esgoto.

Quantidade	Descrição do Produto	Capacidade em litros	Altura total	Diâmetro superior	Diâmetro inferior
01	Tanque séptico	20.000	3,50	3,35	2,44
01	Filtro Anaeróbio	20.000	3,50	3,35	2,44
01	Caixa de gordura	3.000	1,50	2,00	1,50
01	Caixa de inspeção	310	0,69	1,05	0,75

Fonte: Adaptado empresa executora do projeto (2017).

4 CONCLUSÃO

Diante dos dados apresentados, pode-se concluir que o projeto de dimensionamento do tanque séptico atende à demanda, porém na hora de sua execução uma série de adaptações foram utilizadas para o local de sua instalação, dentre elas estão a localização e dimensão do tanque séptico.

Com as alterações do projeto as instalações não satisfazem algumas exigências da norma de execução de tanques sépticos. Uma delas é a altura útil mínima do tanque, que deveria ser de 1,80 m ao invés de 1,50 m como apresentado. Outra exigência, não considerada, foi a proporção de comprimento x largura a do tanque, por norma, deveria ser mínima de 2:1 e a máxima é de 4:1.

Quando prevista as dimensões do sumidouro para a demanda calculada, baseada na média diária de refeições servidas, constatou-se que, utilizando o diâmetro apresentado em projeto, seria necessário a construção de mais de um sumidouro ou o uso de valas de infiltração complementares.

Outra possível solução para o problema apresentado é a instalação de um novo tanque séptico. O novo tanque séptico conta com uma estrutura mais robusta e complexa, contando com caixa de gordura, caixa gradeada, filtro anaeróbio e sumidouro.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, E. de P**. Apostila de Esgoto Sanitário e Águas Pluviais**. 2012. 46. Dissertação (Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – FATECS. Brasília, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **- ABNT. NBR 13969:** Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. 1997, Brasil.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **– ABNT. NBR 7229:** Projeto, construção e operação de tanques sépticos. 1993, Brasil.

BRASIL, Lei nº 11.445, de 05 de maio de 2007. Dispõe sobre as diretrizes nacionais e política federal sobre o saneamento básico.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

FUNASA. Manual de Saneamento Básico. 3°Ed. Brasília: Núcleo de Editoração e Mídias de Rede, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saúde de 2013**. Rio de Janeiro, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. 2019.

NUVOLARI, A. Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola 2ª ed. São Paulo, 2011.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Diretrizes sobre Saneamento e Saúde**. 220f. 2018.TRATA BRASIL. **Conheça Algumas Doenças Causadas Pela Falta de Saneamento Básico**. Disponível em: http://www.tratabrasil.org.br/blog/2018/02/27/doencas-falta-de-saneamento-basico/ Acesso em: 16 de Junho de 2019.

SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

ESTUDO COMPARATIVO DOS ASPECTOS TÉCNICO E ECONÔMICO DO SISTEMA DE AQUECIMENTO INDIRETO PARA PISCINAS

A comparative study of the technical and economic aspects of indirect heating system for pools

ROCHA, Allison Lopes[1]; SOWMY, Daniel Setrak[2]

Recebido em 15 de julho de 2021, aprovado em 06 de setembro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

Palavras-chave:
Aquecimento;
Aquecedores;
Bomba de Calor.

Keywords:
Heating;
Heaters;
Heat Pump.

RESUMO: Este estudo apresenta a análise dos aspectos técnico e econômico do sistema de aquecimento de água da piscina através de bombas de calor elétricas e aquecedores de passagem a gás natural como alternativa ao sistema de aquecimento composto por bombas de calor e aquecedor de passagem elétricos de uma piscina de recreação em ambiente coberto. O estudo compreende comparar o histórico dos dados reais de consumo e operação das bombas de calor e aquecedor de passagem elétrico – configuração 01, com os dados estimados, com base nas especificações dos fabricantes, para o sistema de aquecimento composto por bombas de calor elétricas e aquecedores de passagem a gás natural – configuração 2. Os resultados obtidos com o estudo apresentaram uma redução de 38% no custo de operação do sistema proposto na configuração 02 em relação a configuração inicial, com período de retorno do investimento de 5,41 anos, ficando abaixo do período proposto de 10 anos.

ABSTRACT: This study presents the analysis of the technical, economic aspects of the pool water heating system using electric heat pumps and natural gas heaters as an alternative to the heating system consisting of heat pumps and electric heaters of a indoor recreation pool. The study compares historical energy consumption and system operation data of heat pumps and electric passage heater - configuration 01, with the estimated data, based on the manufacturers' specifications, for the heating system composed of electric heat pumps and natural gas passage heaters - configuration 2. Results showed a reduction of 38% in operating costs of the system proposed in configuration 02 compared to the initial configuration, with a payback period of 6.17 years, below the proposed 10-year period.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **ROCHA, Allison Lopes**: Eng. Civil, Especialista em Tecnologia e Gestão na produção de Edifícios Coordenador do setor de Infraestrutura da Unidade Operacional do Sesc Consolação - SP, allisonlopesrocha@gmail.com

[2] **SOWMY, Daniel Setrak**: Eng. Civil, Doutor, pesquisador do Laboratório de Conforto Ambiental, Eficiência Energética e Sistemas Prediais do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) e professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, dss@usp.br

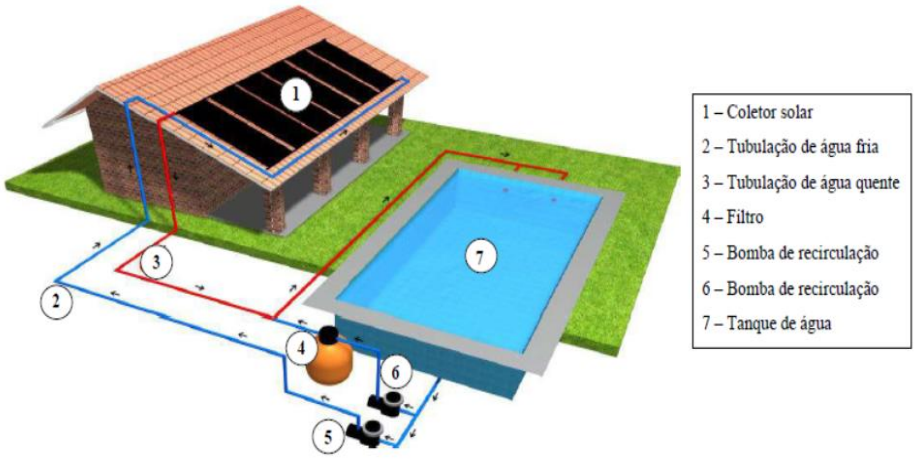
1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de aquecimento de piscinas estão cada vez mais sendo utilizados, não apenas em piscinas de clubes e academias, bem como em casas e condomínios residenciais. Independentemente da fonte, a demanda por energia para aquecimento da água das piscinas deve ser melhor compreendida com intuito de melhoria no desempenho energético (MALUF, 2010).

Hoje, mais consumidores buscam por essa vantagem, situação que faz as indústrias enxer - garem o potencial do mercado e investirem em tecnologias que prometem, acima de tudo, eco - nomia, seja no aquecimento a gás, elétrico, so - lar ou por bomba de calor (ANAPP, 2019).

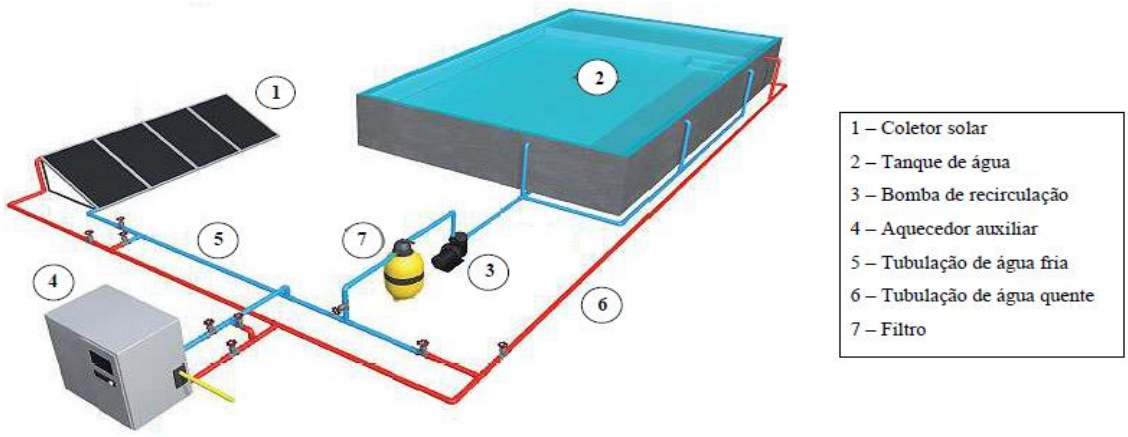
A manutenção da temperatura da água das piscinas aquecidas requer o emprego de sistemas que propiciem a geração de energia térmica. Os sistemas podem ser compostos por equipamentos com aquecimento direto (Figura 1) ou indireto com base em fonte solar, elétrica ou a gás natural (Figura 2).

Figura 1 – Sistema de aquecimento direto para água de piscina.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em TurboHot (2021).

Figura 2 – Sistema de aquecimento indireto para água de piscina.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em TurboHot (2021).

A Associação Nacional das Empresas e Profissionais de Piscinas - ANAPP, ressalta que o aquecimento da água das piscinas de parques aquáticos, clubes e academias utiliza grande quantidade de energia térmica, que será produzida e transferida através de equipamentos apropriados. O desempenho energético dos sistemas de aquecimento é influenciado por vários fatores, dentre eles o custo da fonte para produção da energia térmica. A disponibilidade da fonte para produção da energia térmica, os aspectos ligados a operação, a manutenção e espaço físico devem ser considerados na utilização de determinada tecnologia (ANAPP, 2019).

O aumento crescente da tarifa média cobrada pelas concessionárias de energia elétrica impacta diretamente no custo de operação do sistema de aquecimento. Neste sentido, o estudo de alternativas com a aplicação de gás natural como fonte parcial para transformação em energia térmica pode ir de encontro as necessidades. O Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2020), nos últimos nove anos o Brasil tem mantido o crescimento da produção de gás natural e as tarifas cobradas pelas concessionárias vem mantendo-se estáveis.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é analisar os aspectos técnico e econômico do sistema de aquecimento de água da piscina através de bombas de calor elétricas e aquecedores de passagem a gás natural como alternativa ao sistema de aquecimento composto por bombas de calor e aquecedor de passagem elétricos de uma piscina de recreação em ambiente coberto.

3 MÉTODO

O estudo compara os dados do consumo e operação do sistema de aquecimento d'água de uma piscina coberta em empreendimento multifuncional existente, considerando duas configurações distintas, a primeira composta por bombas de calor e aquecedor de passagem elétrico – configuração 01, e a segunda composta por bombas de calor elétricas e aquecedores de passagem a gás natural – configuração 2.

A metodologia de pesquisa contempla a coleta e tratamento dos dados reais de consumo e operação dos equipamentos da configuração 1 e os dados de consumo dos equipamentos das da configuração 2, fornecido pelos fabricantes. Os dados coletados compreendem o período entre os meses de janeiro de 2016 e fevereiro de 2019.

Os dados coletados permitem estimar o consumo médio diário mensal dos equipamentos e determinar a carga térmica média diária necessária para manutenção da temperatura d'água da piscina, conforme parâmetros estabelecidos pelo empreendimento durante o período de janeiro a dezembro.

O comparativo dos custos considera a demanda média diária real de consumo de energia elétrica dos equipamentos da configuração 1, nos horários de ponta e fora de ponta, e a estimativa de consumo médio diário dos equipamentos da configuração 2.

A avaliação econômica considera além dos custos de operação, os custos para implantação da configuração 2, com as adequações necessárias da infraestrutura existente.

4 ESTUDO DE CASO

A metodologia de pesquisa contará com o estudo de caso com aferição dos dados de consumo do sistema de aquecimento e operação da piscina de recreação coberta de um empreendimento multifuncional existente.

A piscina estudada possui volume aproximado de 420,00 m³ de água aquecida, as dimensões do tanque são 25,00 m x 12,00 m, com profundidade que varia de 1,20 m a 1,60 m (Figura 3).

Figura 3 - Tanque de recreação

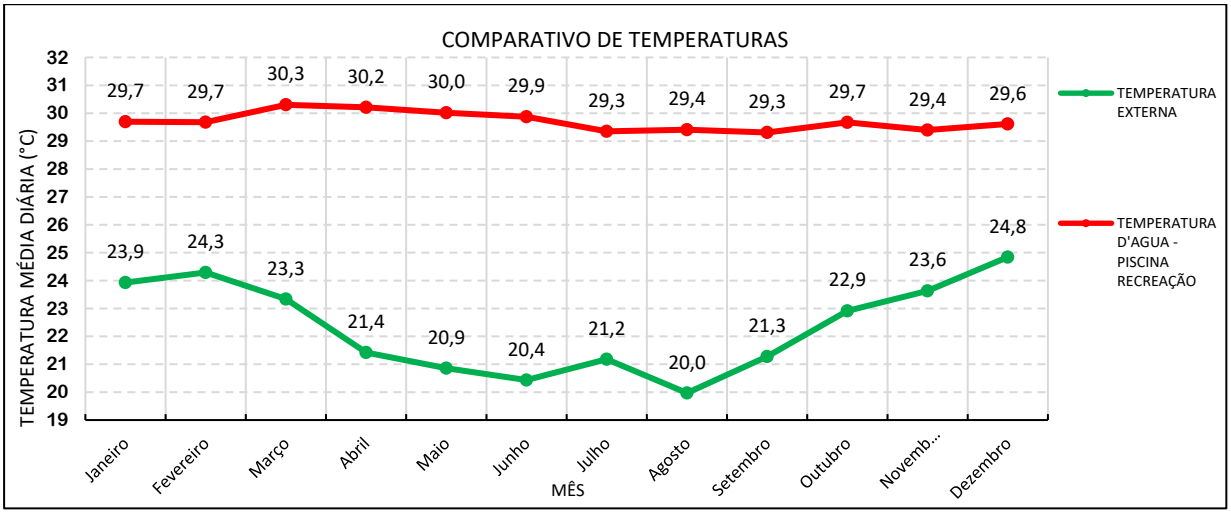


Fonte: Autoria própria (2021).

A piscina é utilizada pelo público adulto para prática de atividades agendadas e atividades livres de terça-feira a sexta-feira, das 07h00 até às 21h30 e aos sábados e domingos das 10h às 18h30.

A temperatura da água da piscina de recreação oscila entre 28 ºC e 31 ºC, o gráfico da Figura 4, ilustra o histórico da média mensal das temperaturas d'água da piscina e a temperatura externa ao ambiente do parque aquático entre os meses de janeiro de 2016 e fevereiro de 2019. Os índices mensais do gráfico consideram a média das temperaturas diárias registradas nas planilhas de controle diário de qualidade da água da piscina.

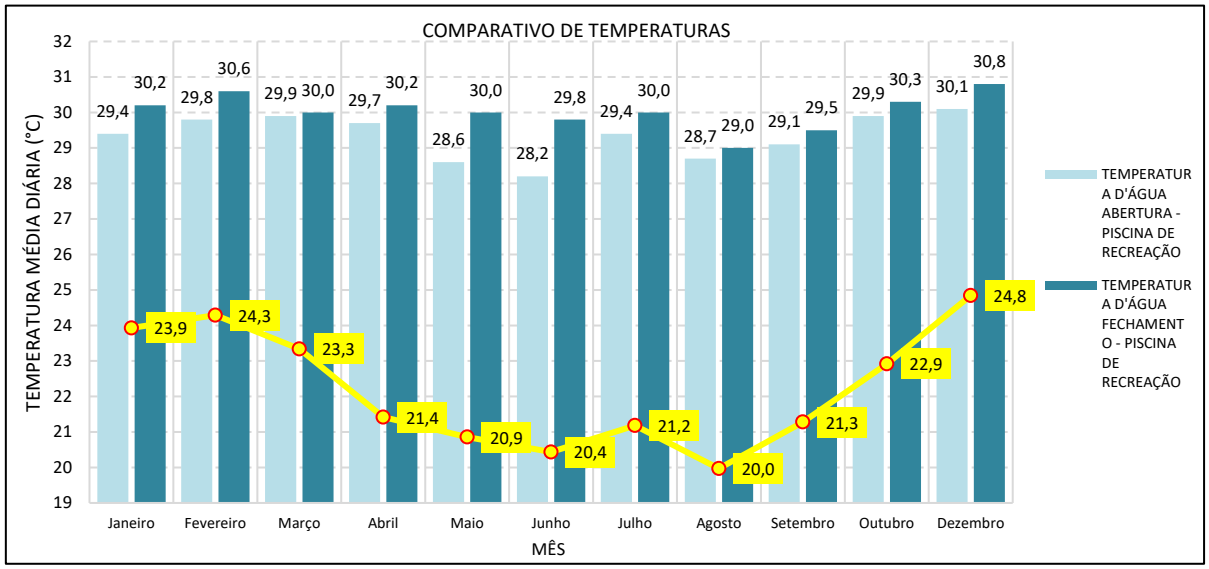
Figura 4 - Tanque de recreação



Fonte: Elaborado pelo autor com base nas planilhas de controle diário da balneabilidade da água da piscina (2021).

No gráfico da Figura 5, é possível verificar que nos meses em a temperatura externa é mais baixa, a diferença entre a temperatura d'água da piscina no momento da abertura e fechamento sofre maior oscilação, com diferenças que variam de entre 1,0 °C e 1,5 °C, muito similar a perda entre o final da operação e o início da operação do dia seguinte.

Figura 5 - Gráfico comparativo das temperaturas - abertura e fechamento e a temperatura externa

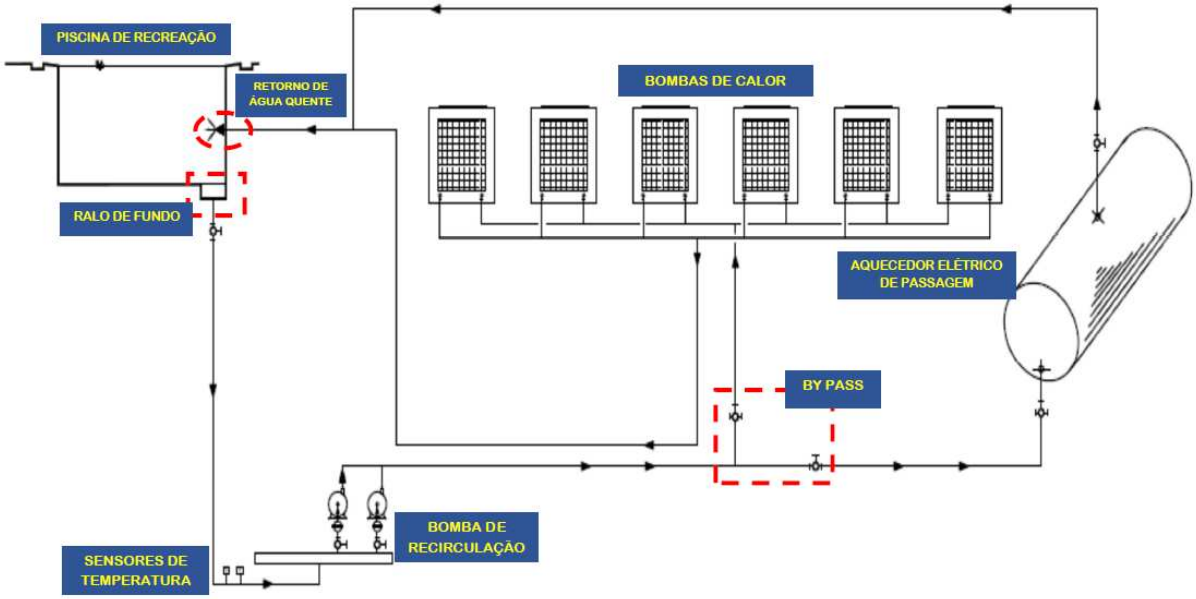


Fonte: Elaborado pelo autor com base nas planilhas de controle diário da balneabilidade da água da piscina (2021).

O sistema de aquecimento da piscina estudada compara duas configurações, a primeira configuração ilustrada na Figura 6, ficou em operação até o mês de fevereiro de 2019. Após, o parque aquático foi fechado para manutenção dos tanques das piscinas, adequações civis e substituição dos sistemas de aquecimento d'água, tratamento químico e filtragem das piscinas.

O sistema é composto por duas fontes de energia térmica, sendo uma primária que disponibiliza a maior demanda de energia térmica e uma secundária com a função de oferecer suporte a primária em situações que a demanda de energia térmica necessária para o aquecimento d'água é superior ao oferecido pelos equipamentos do sistema primário.

Figura 6 - Fluxo de funcionamento do sistema de aquecimento da piscina - configuração 01



Fonte – Elaborado pelo autor com base no fluxo de aquecimento Alltech – Folha 01/02 (2000).

A Figura 7, ilustra as bombas de calor elétricas que operam como a fonte primária de energia térmica e a Figura 8, ilustra o aquecedor elétrico de passagem, funcionando como fonte secundária de energia térmica.

Figura 7 – Bombas de Calor Elétricas



Fonte: Autoria própria (2021).

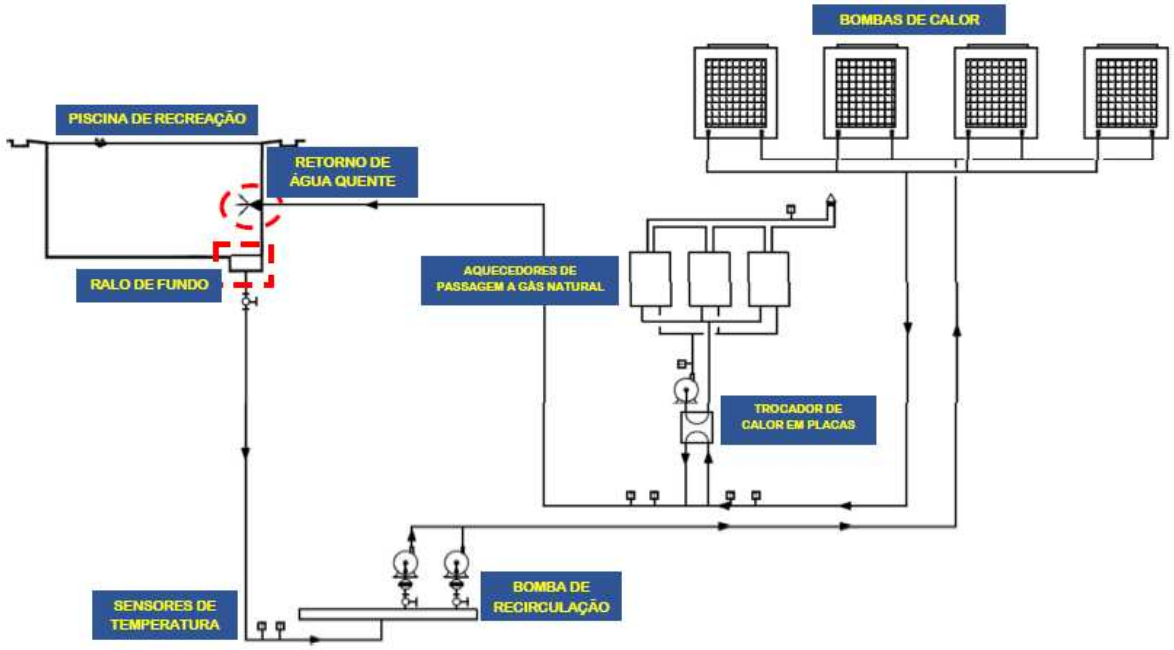
Figura 8 – Aquecedor Elétrico de Passagem



Fonte: Autoria própria (2021).

A segunda configuração segue o mesmo fluxo de funcionamento com dois estágios, o primeiro fornece a maior demanda de energia térmica e o segundo opera em suporte a fonte primária, a Figura 9, ilustra o fluxo de operação do sistema.

Figura 9 - Fluxo de funcionamento do sistema de aquecimento da piscina - configuração 02



Fonte – Elaborado pelo autor com base no projeto fluxograma Mollinari – Folha 01/01 (2020).

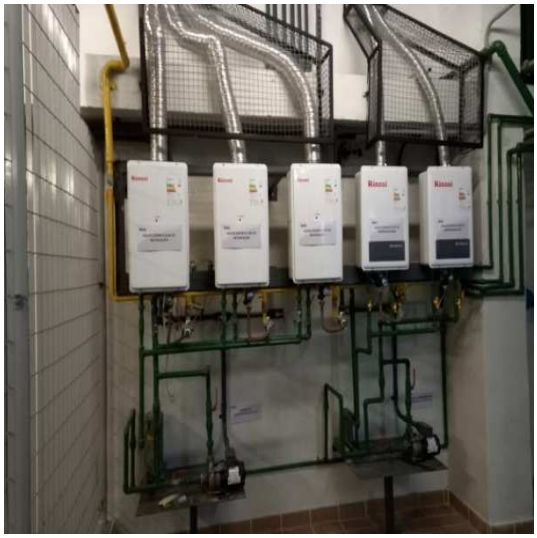
A Figura 10 ilustra as bombas de calor elétricas que operam como a fonte primária de energia térmica e, a Figura 11, ilustra os aquecedores de passagem a gás natural, funcionando como fonte secundária de energia térmica.

Figura 10 – Bombas de Calor Elétricas



Fonte: Autoria própria (2021).

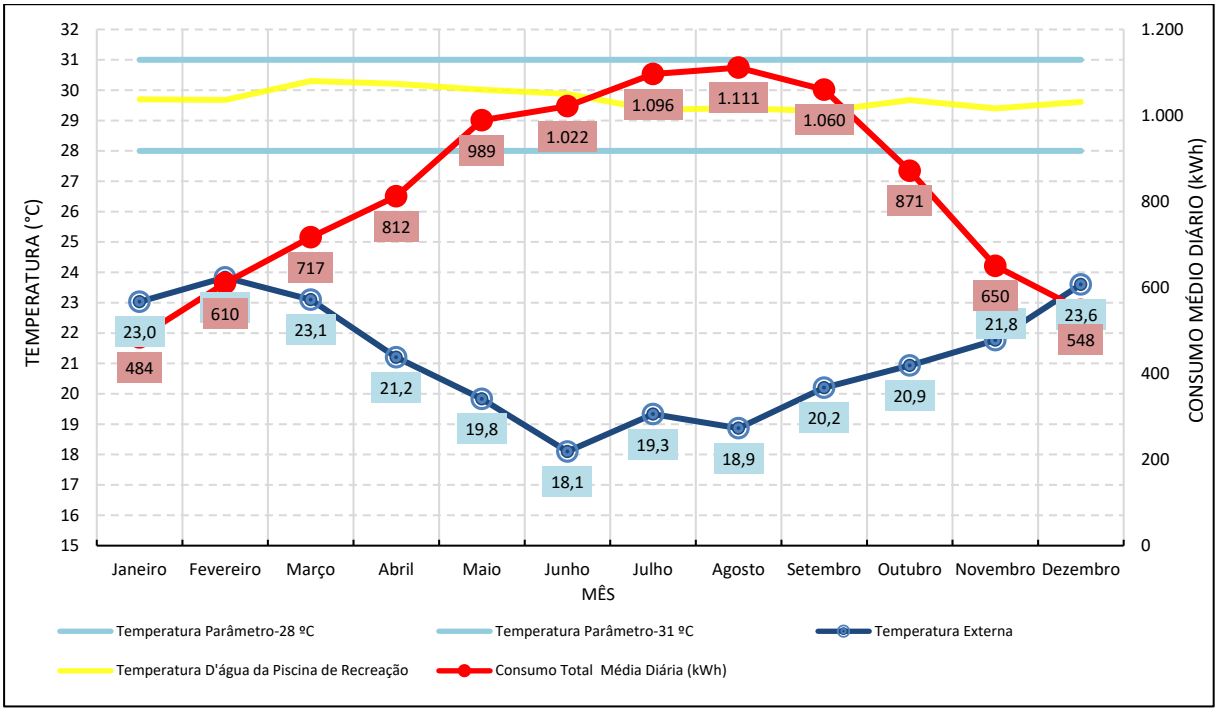
Figura 11 – Aquecedores de Passagem



Fonte: Autoria própria (2021).

O gráfico da Figura 12, apresenta os dados compilados da temperatura média da piscina, a temperatura média externa e o consumo médio diário de energia elétrica, no período entre o mês de janeiro de 2016 e fevereiro de 2019, para o sistema de aquecimento da configuração 01.

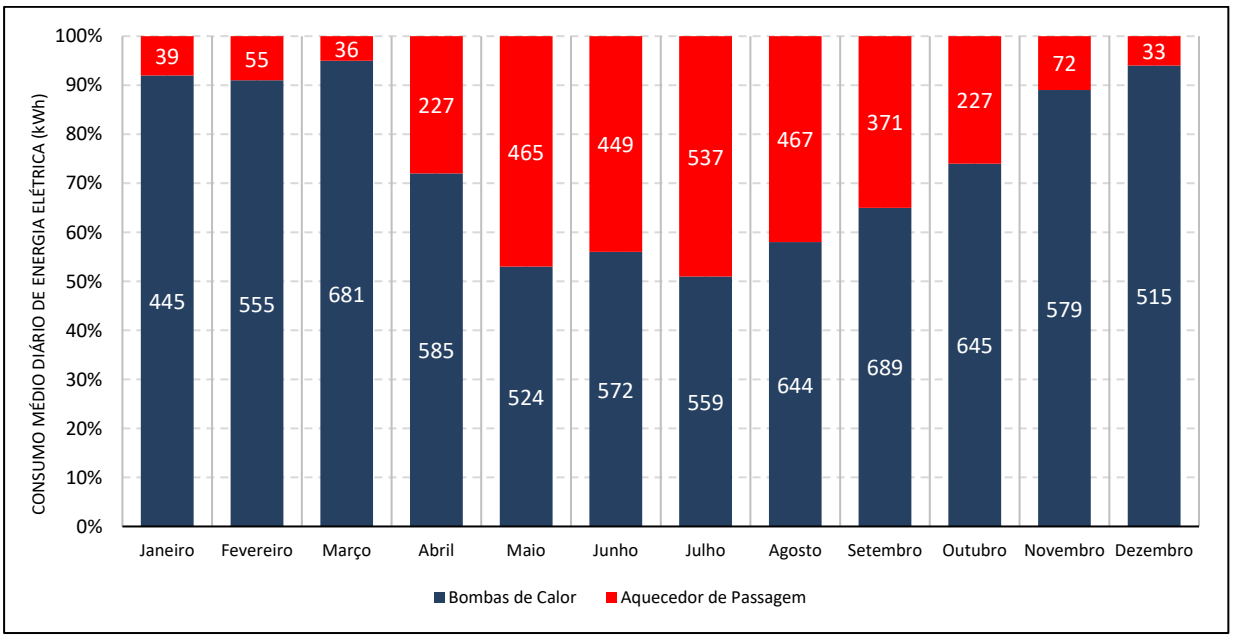
Figura 12 - Gráfico comparativo



Fonte – Elaborado pelo autor com base nas planilhas de controle diário da balneabilidade da água da piscina e de telemetria (2020).

O gráfico da Figura 13, ilustra o consumo médio diário de energia elétrica pelas bombas de calor e aquecedor de passagem elétricos para a configuração 01.

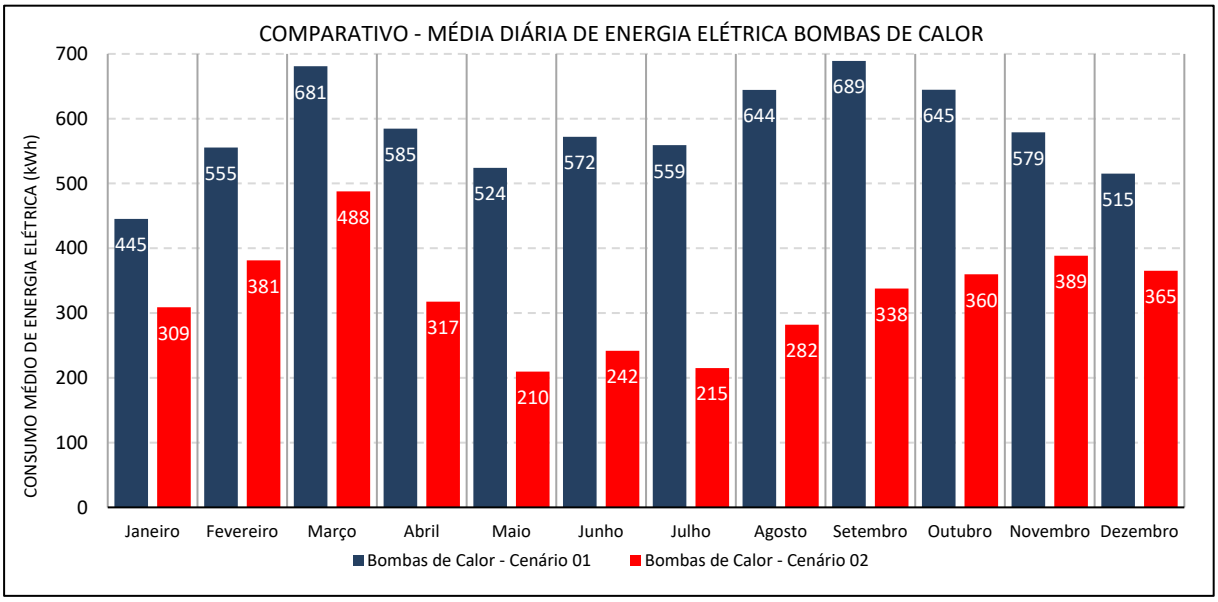
Figura 13 – Consumo médio diário de energia elétrica



Fonte: Autoria própria (2021).

Na configuração 02, foi considerada a demanda térmica média produzida para aquecer a piscina e a mesma proporcionalidade de utilização dos equipamentos da configuração 01. As bombas de calor elétricas da configuração 02 possuem um coeficiente de performance superior aos equipamentos da configuração 01 e os aquecedores de passagem a gás natural substituem o aquecedor de passagem elétrico. O gráfico da Figura 14, ilustra o consumo médio diário de energia elétrica das bombas de calor elétricas

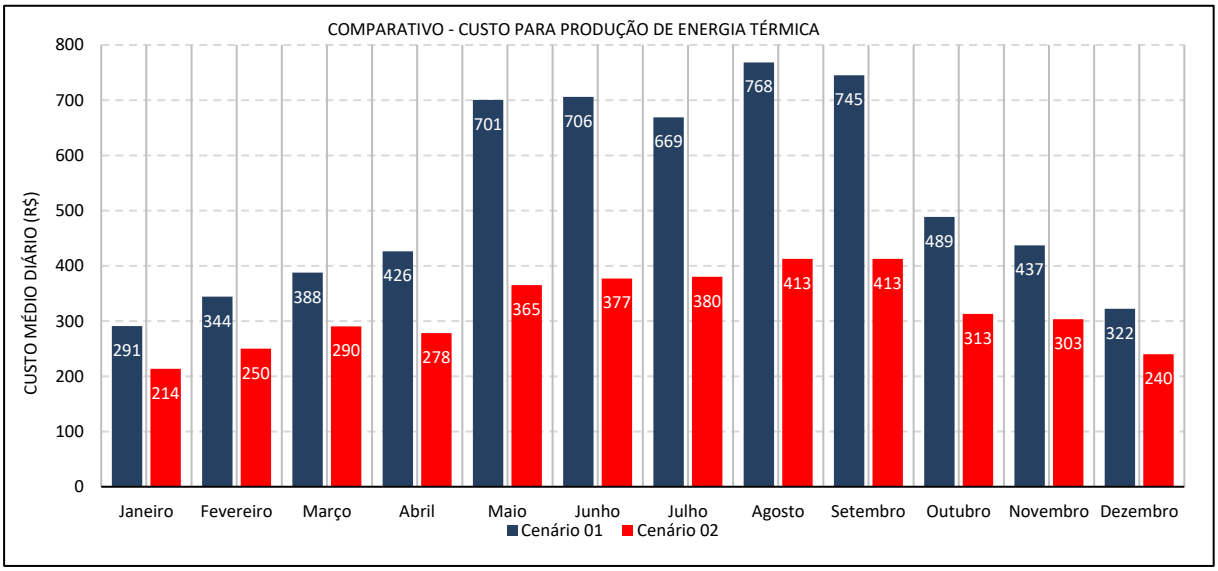
Figura 14 – Consumo médio diário de energia elétrica



Fonte: Autoria própria (2021).

A análise financeira compara os custos de operação do sistema de aquecimento para as configurações 01 e 02. O gráfico da Figura 15, ilustra o custo médio diário para produção de energia térmica nas duas configurações.

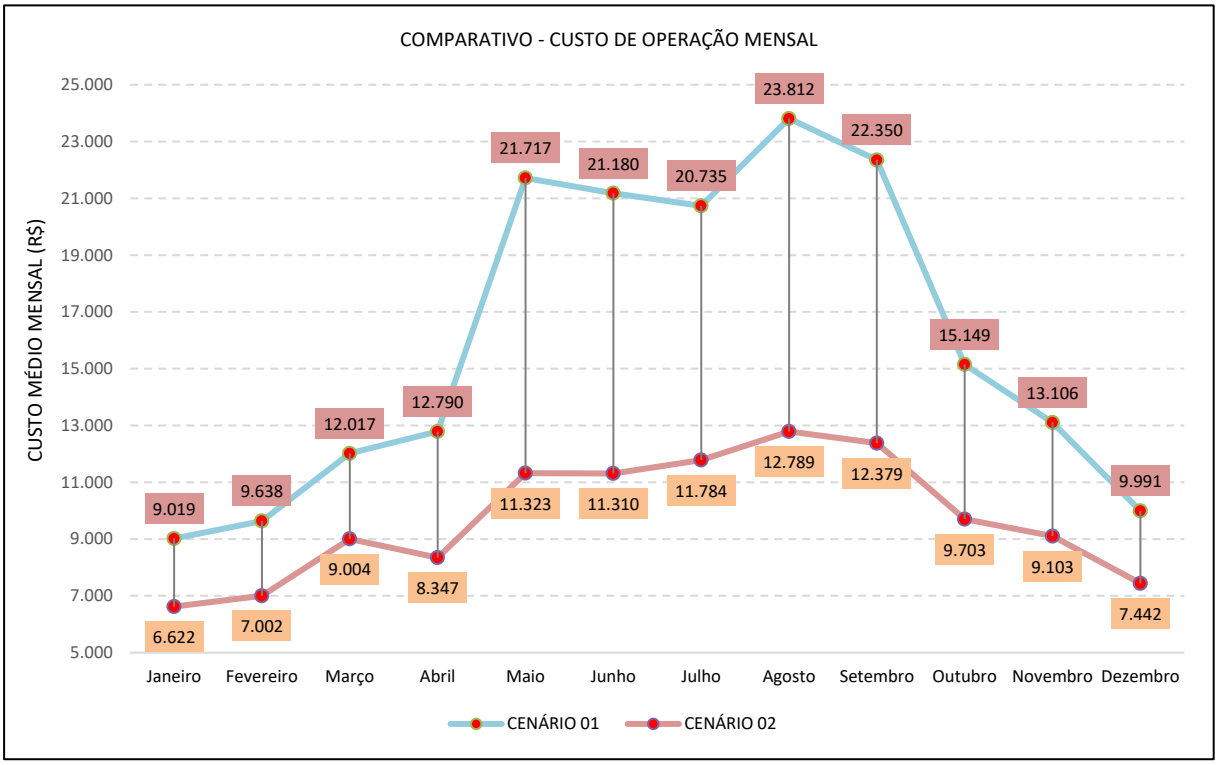
Figura 15 – Comparativo do custo para produção de energia térmica



Fonte: Autoria própria (2021).

O gráfico da Figura 16, ilustra o custo médio mensal para operação do sistema de aquecimento nas configurações 01 e 02.

Figura 16 – Comparativo do custo para produção de energia térmica



Fonte: Autoria própria (2021).

A Tabela 1, ilustra o custo anual para operação do sistema de aquecimento das duas configurações e a economia operacional apresentada pela configuração 02 em comparação com a configuração 01.

Tabela 1 - Cálculo dos custos anual para operação do sistema de aquecimento nas duas configurações

Mês de Referência	Cenário 01	Cenário 02
Janeiro	R$ 9.019	R$ 6.622
Fevereiro	R$ 9.638	R$ 7.752
Março	R$ 12.017	R$ 9.004
Abril	R$ 12.790	R$ 8.625
Maio	R$ 21.717	R$ 11.323
Junho	R$ 21.180	R$ 11.687
Julho	R$ 20.735	R$ 11.784
Agosto	R$ 23.812	R$ 12.789
Setembro	R$ 22.350	R$ 12.791
Outubro	R$ 15.149	R$ 9.703
Novembro	R$ 13.106	R$ 9.406
Dezembro	R$ 9.991	R$ 7.442
Custo de Operação Anual (R$)	R$ 191.503	R$ 118.929
Economia Operacional (R$) - Referência: Cenário 01		R$ 72.574
		38%

Fonte: Autoria própria (2021).

A implantação do sistema de aquecimento na configuração 02, contempla a infraestrutura necessária para alimentação dos equipamentos, aquisição dos equipamentos e adequações dos espaços para instalação dos equipamentos, peças e acessórios, a Tabela 2, ilustra os custos para implantação da configuração.

Tabela 2 – Comparativo dos custos de investimento da configuração 02

Comparativo dos Custos de Investimento	
Descrição do Item	Cenário 02
Aquisição de bombas de calor	R$ 28.743
Aquisição de Aquecedores de passagem	R$ 20.651
Aquisição de Trocadores de calor	R$ 22.530
Infraestrutura e adequação dos espaços	R$ 320.620
Total	R$ 392.544

Fonte: Autoria própria (2021).

O custo inicial de implantação estimado para a configuração 02 é de R$ 392.544 com a aquisição dos equipamentos, acessórios e adequação da infraestrutura e dos espaços. O custo anual de operação do sistema é 38% menor quando comparado a configuração inicial com redução anual de R$ 72.574. O critério considerado para o período de retorno do estudo foi o limite de 10 anos. O payback simples para o investimento na configuração 02 é de (Equação 1):

$$Payback \text{ simples} = \frac{Investimento\ Inicial}{Economia\ Anual} = 5{,}41 \text{ anos} \qquad \text{Eq (1)}$$

5 APRESENTAÇÃO GRÁFICA

O estudo envolveu a análise de dados reais de consumo de energia elétrica para atender a demanda de energia térmica necessária para o aquecimento d'agua da piscina. O estudo avaliou e comparou os aspectos técnicos e econômicos de duas configurações distintas de sistema de aquecimento. A primeira configuração utiliza como fonte primária de combustível a energia elétrica, com a operação de bombas de calor e aquecedor elétrico de passagem. A segunda configuração utiliza como fonte primária de combustível a energia elétrica e o gás natural. Na configuração 1, o aquecedor elétrico de passagem trabalha com resistência e que, devido ao efeito Joule, possui menor eficiência. As bombas de calor desta configuração, possuem coeficiente de *performance* inferior as bombas de calor da configuração 2. Na configuração 2, as especificações do fabricante dos aquecedores de passagem a gás natural, indica maior eficiência em comparação ao aquecedor elétrico, bem como foi possível verificar os resultados obtidos. Os comparativos de custos também sofrem forte influência dos valores cobrados pelos combustíveis utilizados, ou seja, a variação das tarifas de energia elétrica e do gás natural. Com isso, ao comparar a configuração pós reforma com a configuração inicial do estudo, houve uma redução de custos de 38%, e com o critério para o período de retorno de 10 anos, o $payback$ simples para o investimento inicial é de 5,41 anos, portanto, o investimento é viável para o período proposto.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. **Relatório de Combustível – Novembro 2020**. Paris, 2020. Disponível em < https://www.iea.org/fuels-and-technologies/renewables>. Acesso em: 19 fev. 2021.

_____. **Relatório do Mercado de Eletricidade – Dezembro 2020**. Paris, 2020. Disponível em < https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020/electricity#abstract. Aceesso em: 19 fev. 2021.

_____. **Energy Policies Of IEA Countries – 2018 Review**. Paris, 2018. Disponível em < https://iea.blob.core.windows.net/assets/ee5f4f0d-cd59-40f9-924e-ef260d248ccc/Energy_Policies_of_IEA_Countries_Finland_2018_Review.pdf. Acesso em: 19 fev. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Tarifa Média por Classe de Consumo e por Região**. Brasília. Disponível em: <http://relatorios.annel.gov.br/_layouts/xlviewer.aspx?id=/RelatoriosSAS/RelSampRegCC.xlsx&Source=http://relatorios.aneel.gov.br/RelatoriosSAS/Forms/AllItems.aspx&DefaultItemOpen=1. Acesso em: 17 out. 2020.

AGÊNCIA REGULADORA DE SANEAMENTO E ENERGIA DO ESTADO DE SÃO PAULO - ARSESP. **Deliberação ARSESP nº 296, de 19/01/2012**. São Paulo. Disponível em: < http://www.arsesp.sp.gov.br/LegislacaoArquivos/ldl2962012.pdf. Acesso em: 17 out. 2020.

_____. **Deliberação ARSESP nº 1.136, de 25/02/2021**. São Paulo. Disponível em: < http://www.arsesp.sp.gov.br/SitePages/informacoes-economico-financeiras/deliberacao.aspx. Acesso em: 17 out. 2020.

ANPP. **Revista ANPP.** São Paulo, n. 145, p. 28 – 31, 2019. Disponível em < http://www.anapp.org.br/revistas. Acesso em: 15.out. 2020.

COMPANHIA DE GÁS DE SÃO PAULO. **Tarifas**. São Paulo. COMGAS. 2021. Disponível em: <https://www.comgas.com.br/tarifas/cogeracao/?utm_source=pesquisa_interna_site_comgas&utm_medium=site&utm_campaign=pesquisa_interna_site_comgas&utm_content=135. Acesso em: 17 out. 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2020 – Base 2019**. Ministério de Minas e Energia. Brasília, 2020. Disponível em <htpp://www.epe.gov.br>. Acesso em: 19 fev. 2021.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2020**. Brasília, 2020. Disponível em: < https://www.gov.br/publicacoes/anuario-estatistico/5809-anuario-estatistico-2020. Acesso em: 05 jan. 2021.

MALUF, C. A. **Desempenho energético e caracterização dos sistemas de aquecimento de água de piscinas.** 2010. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.11606/D.3.2010.tde-20082010-150300. Acesso em: 15 fev.2021.

SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

ESTUDO DA ENERGIA DISSIPADA NA VÁLVULA REDUTORA DE PRESSÃO VISANDO SEU APROVEITAMENTO NA EDIFICAÇÃO

Study of the energy dissipated in the pressure reducing valve aiming at its utilization in the building

DA SILVA, Brenda Marcelly Rios[1]; PITALUGA, Douglas Pereira da Silva[2]; ALVES, Dálcio Ricardo Botelho[3]

Recebido em 15 de agosto de 2021, aprovado em 31 de outubro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

RESUMO: O presente trabalho constitui uma pesquisa bibliográfica direcionada ao aproveitamento da energia dissipada nas válvulas redutoras de pressão. Nesse sentido, propõe-se o estudo do sistema de distribuição predial e análise da possibilidade de conversão da energia potencial dissipada na VRP em energia elétrica a fim de ser utilizada em sistemas e equipamentos de baixa demanda de carga. Desse modo, o presente estudo aborda as particularidades construtivas das edificações em paralelo com as características técnicas das VRPs existentes no mercado a fim de avaliar a possibilidade técnica de aproveitamento da energia dissipada. O levantamento baseou-se nos seguintes dados de entrada: 1) o consumo mensal de água, 2) consumo diário por habitante, 3) quantitativo de vazão e pressão para abastecimento do sistema e 4) altura manométrica de cada ponto para, em seguida, definir o tipo de turbina e gerador indicados para o projeto com sistema de aproveitamento de energia. De posse dos dados levantados na literatura, foi realizada uma simulação para um edifício de 36 pavimentos considerando sua instalação predial de água fria, incluindo as VRP's. Por meio de equações matemáticas sugeridas pela literatura, pode-se alcançar com a simulação a geração de energia diária de 3,88 kWh.

Palavras-chave:
Potencial hidráulico predial,
Instalações hidráulicas prediais,
Válvula redutora de pressão,
Micro geração.

ABSTRACT: The present work is a bibliographic research directed to the utilization of the energy dissipated in pressure reducing valves. In this sense, it is proposed the study of the building distribution system and analysis of the possibility of converting the potential energy dissipated in the PRV into electrical energy to be used in systems and equipment of low load demand. In this way, the present study approaches the constructive particularities of the buildings in parallel with the technical characteristics of the VRPs existing in the market in order to evaluate the technical possibility of using the dissipated energy. The survey was based on the following input data: 1) monthly water consumption, 2) daily consumption per inhabitant, 3) quantitative flow rate and pressure to supply the system and 4) manometric height of each point to then define the type of turbine and generator indicated for the project with energy use system. With the data collected in the literature, a simulation was performed for a 36-story building considering its cold water installation, including the VRP's. Using the mathematical equations suggested in the literature, a daily energy generation of 3.88 kWh could be achieved with the simulation.

Keywords:
Building hydraulic potential;
building hydraulic installations;
pressure reducing valve;
microgeneration.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **DA SILVA, Brenda Marcelly Rios**: Aluna de graduação em Engenharia Civil do Instituto Federal de Goiás, brenda_rios@hotmail.com.

[2] **PITALUGA, Douglas Pereira da Silva**: Mestre em Engenharia do Meio Ambiente. Professor do Instituto Federal de Goiás, douglas.pitaluga@ifg.edu.br.

[3] **ALVES, Dálcio Ricardo Botelho**: Doutor em Agronomia - Conc. Irrigação e Drenagem ESALQ/USP, Professor do Instituto Federal de Goiás, dalcio.alves@ifg.edu.br.

1 INTRODUÇÃO

Com a expansão vertical das cidades e o crescimento do mercado de construção de edifícios altos, torna-se inerente às instalações prediais hidráulicas o uso de bombas para recalcar a água. Por outro lado, estes edifícios ocasionam pressões altas na coluna de distribuição geradas por metros de coluna de água (mca), ao passo que, quando o subsistema alcança 40 mca, há necessidade de reduzir a pressão na coluna de distribuição, conforme estabelece a NBR 5626: 2020. Usualmente a pressão é reduzida por meio de Válvulas Redutoras de Pressão (VRP).

A Válvula Redutora de Pressão é um dispositivo hidráulico de regulação e controle de pressão a jusante aplicado em subsistemas de distribuição de água que possui grande pressão de saída (COVAS e RAMOS, 1998). Nos sistemas de distribuição de água, a utilização das VPR permite minimizar a ocorrência de fugas e consumos desnecessários, sem o prejuízo do desempenho hidráulico do sistema e do nível de serviço dos consumidores. Na situação em que não se utiliza qualquer dispositivo redutor de pressão, a pressão varia significativamente ao longo do dia (no tempo) e ao longo do perfil da conduta (no espaço), exigindo-se a garantia do nível de serviço mínimo aos consumidores (COVAS e RAMOS, 1998).

Diante da procura por métodos sustentáveis e de eficiência energética, este trabalho se propôs em estudar a possibilidade de aproveitamento da energia dissipada na VRP. Do ponto de vista energético, as VRPs dissipam energia de pressão ao adicionarem ao sistema uma perda localizada. Essa considerável perda de energia antagoniza-se com os preceitos modernos de eficiência energética e uso racional de recursos.

O presente trabalho buscou, por meio de levantamentos bibliográficos e catálogos, avaliar os tipos de máquinas hidráulicas, suas características de funcionamento, operação e posicionamento. Bem como, buscou avaliar, por meio de simulação com equações matemáticas, o potencial hidráulico de um edifício residencial de 36 pavimentos, a fim de analisar quantitativamente o aproveitamento da energia dissipada na VRP que, após passar por conversão potencial-elétrica, poderia ser utilizada na alimentação de equipamentos e sistemas de baixa demanda de carga, existentes na edificação.

Diante de todo o exposto, o trabalho em tela se justifica por buscar formas de redução de impactos ambientais e contribuição para uso racional de energia por meio da eficiência energética.

2 OBJETIVOS

Identificar e avaliar o potencial energético dissipado na Válvula Redutora de Pressão (VRP) através de revisões bibliográficas visando o seu aproveitamento na própria edificação;

Simular, por meio de equações matemáticas adaptadas da literatura, a geração de energia de um edifício, considerando seu sistema predial de água fria.

3 FUNDAMENTAÇÃO

Baseados nos conceitos existentes na Lei de Conservação de Energia, Çengel e Boles (2013) definem que a variação total de energia (ΔE) de um determinado sistema é calculada pelo somatório de variação das energias internas (ΔU), energia cinética (ΔEC) e energia potencial (ΔEP), conforme visto na Equação 1.

$$\Delta E = \Delta U + \Delta EC + \Delta EP \quad \text{(Eq. 1)}$$

Com isso, a energia que seria dissipada na VRP pode ser reduzida ao passar antes por outro equipamento com a finalidade de converte-la em energia elétrica, tais como máquinas hidráulicas (turbinas), definidas por Simone (2013) como dispositivos de conversão de energia mecânico-motriz em energia mecânico-hidráulica (bombas hidráulicas).

O uso de micro turbinas ou bombas operando como turbinas apresenta uma solução alternativa e sustentável para regularizar as altas pressões e, paralelamente, gera energia. Esse tipo de solução, pode ser vista como fonte renovável de energia em caráter compensatório, haja vista que no subsistema de suprimento das instalações prediais de água fria consome energia elétrica para recalcar a água em níveis altos e, indiretamente, no retorno desta desperdiça-se a energia no subsistema de distribuição por meio da VRP. Contudo, nota-se que a conversão e utilização desta energia promove o uso racional de energia com aplicação do conceito de eficiência energética.

4 MÉTODO

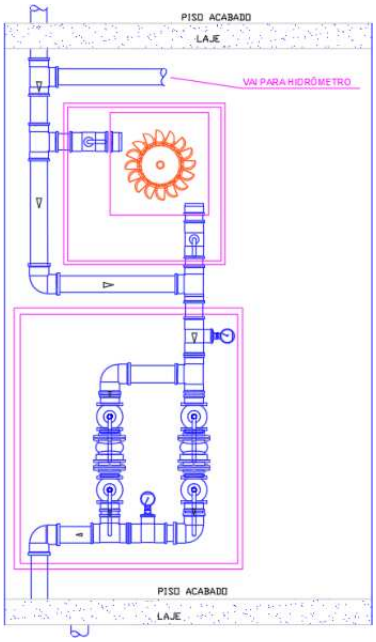
O método utilizado foi revisão bibliográfica, no qual foram analisados tipos de máquinas hidráulicas, grandezas de funcionamento, posicionamentos e simulações teóricas de consumo energético a fim de encontrar valores das energias dissipadas nas VRP's, ao passo que, utilizadas em máquinas hidráulicas gerasse energia elétrica. De posse desses dados levantados, por meio de equações matemáticas adaptadas da literatura, fez-se uma simulação com um edifício residencial de alto padrão composto por 36 pavimentos tipos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Posicionamento das Turbinas

A quantidade de energia gerada é calculada em função da quantidade de água que passa pelo gerador hidráulico e da pressão que passa por este, sendo exclusivamente dependente da posição do equipamento, tornando a escolha do local de instalação um critério importante. Conforme Chechinel e Speck (2017) as turbinas deverão ser posicionadas em locais onde haja pressão excedente e maiores vazões. Considerando que o local de maior pressão esteja anterior à válvula redutora de pressão, sugere-se que a instalação do equipamento seja realizada através de um desvio no *by pass*, anterior à entrada da VRP, conforme Figura 1.

Figura 1 – Simulação de instalação de máquina hidráulica



Fonte: Acervo próprio do autor

Observa-se que o fluxo é desviado da prumada de água fria e direcionado para o distribuidor da turbina. Posteriormente, direciona-se o fluxo para estação redutora de pressão, passando primeiramente pelo manômetro que realizará a medição de pressão na chegada do equipamento. A regularização da pressão de acordo com os critérios de projeto é realizada pela válvula redutora de pressão, seguidamente, o fluxo direciona-se à prumada de distribuição e segue para os pavimentos inferiores à válvula.

5.2 Simulação

Considerando um edifício residencial de alto padrão composto por 36 pavimentos tipo, 04 pavimentos de garagem, 01 pavimento térreo e 01 pavimento de lazer, sendo que, os pavimentos tipo contam com 02 apartamentos por andar, em que, cada apartamento conta com 03 suítes, 01 lavabo, 01 área de serviço, 01 banho de serviço e circulação, totalizando uma área de 200 m². Supondo que cada apartamento conta com 06 moradores, obteve-se por meio da Equação 2 a população do edifício.

$$P = Apto \times Hab \times Pav \quad \text{(Eq.2)}$$

Sendo:
P = População do edifício
Apto = Quantidade de apartamento por pavimento
Hab = Quantidade de habitantes/moradores por apartamento
Pav = Quantidade de pavimentos

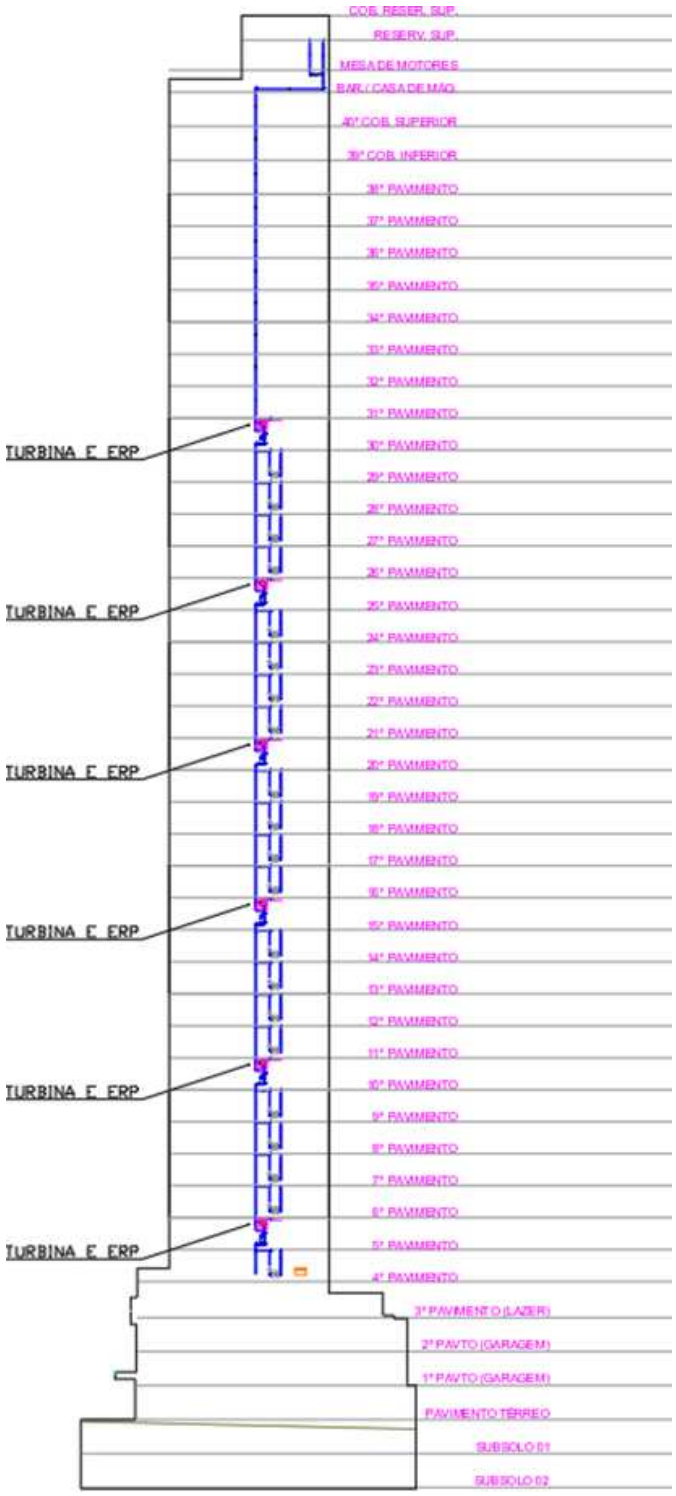
Segundo Creder (1991) e Macintyre (1990), o consumo per capto de apartamentos característicos de alto padrão é de 250 L/hab.dia. Supondo que cada morador consome 250 litros de água por dia, obteve-se por meio da Equação 3 o consumo diário de água do edifício.

$$CD = C \times P \quad \text{(Eq.3)}$$

Sendo:
CD = Consumo diário de água do edifício
C = Consumo per capto
P = População do edifício

Simulando um sistema hidráulico com 06 válvulas redutoras de pressão, dividindo-se em cinco trechos nas colunas verticais, totalizando 06 pontos de geração de energia (Figura 2), tem-se o dimensionamento e cálculo de pressão em cada ponto. Considerando o pé direito de 3,00 m entre pavimentos, optou-se pela instalação da primeira VRP a 39,12 m após saída do reservatório superior, sendo este o local previsto para inserção da primeira turbina.

Figura 2 – Coluna de Distribuição de Água Fria



Fonte: Acervo próprio do autor

Para cálculo da vazão na entrada do sistema de aproveitamento entre VRP's, considerou-se o somatório dos pesos dos aparelhos sanitários (Tabela 1).

Tabela 1 - Pesos para cálculo de vazão de projeto

Ambiente	Aparelho sanitário	Pesos relativos	∑ Peso
ESTAR/ JANTAR	PIA	0,7	0,7
COZINHA	02 PIA + MLL	2x0,7 + 1,0	2,4
ÁREA DE SERVIÇO	TQ + MLR	0,70+ 1,0	1,7
BANHO DE SERVIÇO	LV + BS + CH	0,3 + 0,3 + 0,1	0,7
LAVABO	LV + BS	0,3 + 0,3	0,6
SUÍTE 01	LV + BS + CH	0,3 + 0,3 + 0,1	0,7
SUÍTE 02	LV + BS + CH	0,3 + 0,3 + 0,1	0,7
SUÍTE MASTER	02 LV + BS + CH	2x0,3 + 0,3 + 2x 0,1	1

Fonte: Acervo próprio do autor

Considerando os trechos da coluna de distribuição entre VRP's e a quantidade de unidades por pavimento, obteve-se a vazão do trecho por meio da Equação 4.

$$Q = \left(0{,}3\sqrt{\sum nipi}\right) \text{x} \left(Apto \text{ x } Pav\right) \quad \text{(Eq.4)}$$

Sendo:
Q = Vazão do trecho (L/s);
ni = Número de aparelhos sanitários tipo *i*;
pi = peso das peças do tipo *i*;
Apto = Quantidade de apartamento por pavimento
Pav = Quantidade de pavimentos do trecho

A Figura 3 apresenta os tipos de turbinas e suas respectivas margens de rendimento em razão dos dados de entrada, dentre eles, a vazão. Na presente simulação adotou-se a turbina da *Kaplan*.

Figura 3 – Quadro de Eficiência dos equipamentos

Nome	Rotação NS	Especificação	Vazão Q (m³/s)	Queda H (m)	Potência kW	ηmáximo (%)
	Nº Jatos	Ns				
	1	30				
Pelton	2	30 - 50	0,05-50	30-1.800	0,1-300.000	70-91
	4	40 - 60				
	6	50 - 70				
Banki	40 - 160		0,025 - 5	1 - 50	1 - 750	65 - 82
	Tipo	Ns	0,05 - 700	2 - 750	1 - 750.000	80 - 93
Francis	Lenta	60 - 170				
	Normal	150 - 250				
	Rápida	250 - 400				
Kaplan	300 - 800		0,3 - 1.000	5- 80	2- 200.000	88 - 93

Fonte: Tiago Filho (2008)

Considerando os dados de entrada alcançados com as equações supracitadas constatou-se, por meio da Equação 5, que o sistema ora simulado tem o potencial de gerar energia elétrica equivalente a 3,88 kWh por dia.

$$E = \eta_{máx} \times \rho \times g \times CD \times d \quad \text{(Eq.5)}$$

Sendo:
E = Energia gerada
$\eta_{máx}$ = Rendimento máximo da turbina
ρ = Densidade da água;
g = Aceleração da gravidade;
CD = Consumo diário;
d = Desnível.

Por fim, com a simulação em tela, embasada nos dados e informações levantados na literatura, pode-se avaliar todas as características, funções e novas possibilidades que esse sistema de controle de pressão poderia proporcionar, visando o aproveitamento energético.

6 CONCLUSÕES

Em termos de aproveitamento energético visto na simulação, conclui-se:

O aproveitamento é viável no que tange a sustentabilidade, no uso racional de recursos;

O aproveitamento é inviável no que se refere a compensação econômica, haja vista que quantidade de energia gerada é razoavelmente baixa, frente ao custo de implantação que se vislumbra.

A instalação em prédios existentes mostra-se inviável economicamente falando, frente ao custo de implantação que se vislumbra;

Para determinar uma forma mais assertiva da viabilidade de operação do sistema proposto, recomenda-se a implementação de um projeto piloto, tornando possível realizar de forma fiel os estudos de viabilidade, levantamento de custos, materiais, funcionamento e outros fatores interferentes.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, Marcos Carvalho. Máquinas hidráulicas. Curitiba, 2015.

CHECHINEL, Karina Malisca; SPECK, Jaison Araújo. Microgeração de energia elétrica a partir do potencial hidráulico predial, 2017.

COVAS, D.; RAMOS, H. A Utilização de válvulas redutoras de pressão no controle e redução de fugas em sistemas de distribuição de água. 8º Encontro Nacional de Saneamento Básico, Barcelos. 27 a 30 de outubro, 1998.

ÇENGEL, Yunus A.; BOLES, Michael A. Termodinâmica. 7. ed. Porto Alegre, Brasil: AMGH, 1019 p., 2013.

CREDER, Hélio. Instalações hidráulicas e sanitárias 5.ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1991

SIMONE, Gilio Aluisio. Centrais e aproveitamentos hidrelétricos: uma introdução ao estudo. São Paulo: Editora Érica. 2013.

TIAGO FILHO, Geraldo L. T. et al. Pequenos aproveitamentos hidroelétricos. Ministério de Minas e Energia. Brasília, 2008.

XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais [SISPRED 2021]

18 e 19 de novembro de 2021

Evento on-line

Organização:

Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Catalão

Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás