

XIII Simpósio Nacional de Sistemas Prediais

DESEMPENHO E INOVAÇÃO DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS

SISPRED 2019
Book of Papers

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
São Paulo - SP - 04 de outubro de 2019

ORGANIZAÇÃO: POLITÉCNICA ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO; EECA ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL; UFG UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

APOIO: antac ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

PATROCÍNIO: sabesp; SÃO PAULO GOVERNO DO ESTADO

http://sispred13.pcc.usp.br/ https://www.antaceventos.net.br/

ANAIS DO
Proceedings of



XIII Simpósio Nacional de Sistemas Prediais

Desempenho e Inovação de Sistemas Prediais Hidráulicos

São Paulo - SP
04 de outubro de 2019

EPUSP – ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ORGANIZADORES / EDITORES

Profa. Dra. Lúcia Helena de Oliveira (EPUSP)
Prof. Dr. Ricardo Prado Abreu Reis (EECA-UFG)

COMITÊ CIENTÍFICO / EDITORES CIENTÍFICOS

Prof. Dr. Daniel Sowmy Setrak, (EPUSP)
Profa. Dra. Lúcia Helena de Oliveira (EPUSP)
Profa. Dra. Marina Sangoi de Oliveira Ilha, (FEC-UNICAMP)
Prof. Dr. Orestes Marracini Gonçalves (EPUSP)
Prof. Dr. Ricardo Prado Abreu Reis (EECA-UFG)
Profa. Dra. Vera Maria Cartana Fernandes (UPF)

COMITÊ ORGANIZADOR

Profa. Dra. Lúcia Helena de Oliveira (EPUSP)
Prof. Dr. Orestes Marracini Gonçalves (EPUSP)
Prof. Dr. Ricardo Prado Abreu Reis (EECA-UFG)

ISBN: 978-85-5338-009-1

EDITORA / PUBLISHER:
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

ENDEREÇO / ADDRESS:
Campus da Universidade de São Paulo,
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo,
Departamento de Engenharia de Construção Civil – PCC.
Av. Prof. Luciano Gualberto, Travessa do Politécnico, n° 380
CEP 05508-010 - São Paulo - SP

EDITORES / EDITORS:
Profa. Dra. Lúcia Helena de Oliveira (EP-USP)
Prof. Dr. Ricardo Prado Abreu Reis (EECA-UFG)

EDITORES CIENTÍFICOS / SCIENTIFIC EDITORS:
Prof. Dr. Daniel Sowmy Setrak, (EP-USP)
Profa. Dra. Lúcia Helena de Oliveira (EP-USP)
Profa. Dra. Marina Sangoi de Oliveira Ilha, (FEC- UNICAMP)
Prof. Dr. Orestes Marracini Gonçalves (EP-USP)
Prof. Dr. Ricardo Prado Abreu Reis (EECA-UFG)
Profa. Dra. Vera Maria Cartana Fernandes (UPF)

DATA DE PUBLICAÇÃO / PUBLICATION DATE:
04 DE OUTUBRO DE 2019

SUMÁRIO

PAINEL 1: MODELAGEM DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS

SISPRED 504 **USO DE COEFICIENTES DE INTERFACE NO DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS** 1-8
FERREIRA, Armando Traini
ILHA, Marina Sangoi de Oliveira

SISPRED 510 **AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL DESCENTRALIZADA E A PRODUÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL CENTRALIZADA NA RMSP** 9-15
PATUCCI, Renato Augusto
OLIVEIRA, Lúcia Helena
KUROKAWA, Fernando Akira

SISPRED 520 **ESTIMATIVA DOS USOS FINAIS DE ÁGUA EM DOIS APARTAMENTOS LOCALIZADOS EM JOINVILLE/SC** 16-23
GARCIA, Janine
GARCIA, Jayne
KALBUSCH, Andreza
HENNING, Elisa

SISPRED 541 **MODELO DE SIMULAÇÃO ESTOCÁSTICA DA DEMANDA DE ÁGUA EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS** 24-31
FERREIRA, Tiago
GONÇALVES, Orestes

SISPRED 538 **Mapeamento das principais causas de contaminação de água potável em sistemas prediais hidrossanitários** 32-44
OLIVEIRA, Paulo Henrique Stehling
BARRETO, Douglas

PAINEL 2A: GESTÃO DA DEMANDA E OFERTA DE INSUMOS PREDIAIS

SISPRED 505 **AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO USO DE CHUVEIROS DE VAZÃO RESTRITA NO DESEMPENHO DOS SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA QUENTE** 45-53
YAMADA, Marco Antonio Furtado
OLIVEIRA, Lúcia Helena

SISPRED 506 **COMPARAÇÃO DOS PADRÕES DE QUALIDADE EXIGIDOS POR DIRETRIZES NACIONAIS E INTERNACIONAIS PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL** 54-60
BORGERT, Aline Eloize
GHISI, Enedir

PAINEL 2A: GESTÃO DA DEMANDA E OFERTA DE INSUMOS PREDIAIS

SISPRED 515	**ANÁLISE DO POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE APARELHOS DE AR CONDICIONADO EM PRÉDIOS DO CAMPUS ANIL DA UNIVERSIDADE CEUMA-MA** BONI, Roni Cleber; BONI, Solange da Silva Nunes SOUSA, João Marcos Menezes de Sousa	61-67
SISPRED 519	**AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE HIDRÔMETROS COM AQUISIÇÃO DE DADOS POR TELEMETRIA PARA MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA DE UMA AGÊNCIA BANCÁRIA EM JOINVILLE/SC** LIMA, Marcio Ferreira de; FREITAS, Lucas Lepinski Golin HENNING, Elisa KALBUSCH, Andreza	68-75
SISPRED 522	**INDICADORES DE CONSUMO DE ÁGUA DE ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE DO DISTRITO FEDERAL** SANTANA, Lívia SANT'ANA, Daniel SANTOS, Susanna TOTUGUI, Natália	76-93
SISPRED 523	**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE BRASÍLIA: ESTIMANDO O POTENCIAL DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL EM IRRIGAÇÃO E LAVAGEM DE PISOS** SANTOS, Susanna SANT'ANA, Daniel TOTUGUI, Natália SANTANA, Lívia	94-102
SISPRED 525	**CARACTERIZAÇÃO DOS USOS-FINAIS DE ÁGUA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS: ESTUDO DE CASO DE UM CAFÉ EM BRASÍLIA-DF** TOTUGUI, Natália SANT'ANA, Daniel SANTOS, Susanna SANTANA, Lívia	103-110
SISPRED 540	**SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE FACILIDADES DE ÁGUA E ENERGIA PARA EDIFÍCIOS DE TIPOLOGIA HOTELEIRA COM O USO DO IDEF0** SEWELL, Alec Shoji Yamamoto SOUZA, Jorge Leon Cavalcante de OLIVEIRA, Lúcia Helena	111-123

PAINEL 2B: GESTÃO DA DEMANDA E OFERTA DE INSUMOS PREDIAIS

SISPRED 542 **BALANÇO HÍDRICO EM TELHADO VEGETADO COM GRAMA AMENDOIM (*Arachis repens* Handro)** 124-130
CALHEIROS, Herlane Costa
SILVA, Fernanda Gomes Gonçalves
COSTA, Luisa Silva
SILVA, Matheus Lins Macedo

SISPRED 551 **TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS DE MÁQUINA DE LAVAR ROUPAS COM COAGULANTES QUÍMICOS E NATURAL** 131-137
CAMPOS RODRIGUES, Karen
PAULA, Heber Martins de
SARMENTO, Antover P.
ILHA, Marina Sangoi de Oliveira

SISPRED 555 **CONSERVAÇÃO DE ÁGUA: ESTUDO DE IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM UMA INSTITUIÇÃO PÚBLICA** 138-147
ROCHA, Bruno Ribeiro
CRUZ, Caroline Lacerda da
SILVA, Patrícia
MARTINS, Marcia Viana Lisboa

SISPRED 556 **CONSERVAÇÃO DE ÁGUA EM SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS: ESTUDO DE CASO EM UMA RESIDÊNCIA** 148-153
COSTA, Ursula
CAMPOS, Marcos
SILVEIRA FILHO, Agnelo
MARTINS, Marcia

SISPRED 561 **INFLUÊNCIA DA REDUÇÃO DO VOLUME DE DESCARGA DA BACIA SANITÁRIA NO DESEMPENHO DE ESCOAMENTO DOS SISTEMAS PREDIAIS DE ESGOTO SANITÁRIO** 154-160
SILVA, Bruna Fioramonte
REIS, Ricardo Prado Abreu

SISPRED 562 **ESTIMATIVA DE RETORNO DE INVESTIMENTO DE UM SISTEMA DE REUSO DE ÁGUA CINZA EM UM PROJETO RESIDENCIAL** 161-168
BARBOSA, Lívia
ALVES, Lais
VAZQUEZ, Elaine

PAINEL 2B: GESTÃO DA DEMANDA E OFERTA DE INSUMOS PREDIAIS

SISPRED 563 **AVALIAÇÃO DE CUSTO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADO DE ÁGUA CONSIDERANDO À TARIFAÇÃO MÍNIMA E DIFERENTES CENÁRIOS DE CONSUMO** 169-177
SILVA, Leandro Rodrigues da
MAGALHÃES, Murilo Ribeiro
MARTINS, Tuane Rodrigues
SOUZA, Saulo Bruno Silveira
REIS, Ricardo Prado Abreu

SISPRED 564 **GESTÃO DA ÁGUA POR GAMIFICAÇÃO PARA CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS** 178-188
FARINA, Humberto
ZAPATA Fernanda

PAINEL 3: SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS

SISPRED 509 **BIM NO ENSINO DO PROJETO DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS E SANITÁRIOS NA ENGENHARIA CIVIL** 189-195
STAUT, Solange L. S.
ILHA, Marina. S. de O.

SISPRED 514 **APLICABILIDADE DAS NORMAS INTERNACIONAIS PARA A SELEÇÃO DE PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA SIFÔNICO DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAS NO BRASIL – PESQUISA DOCUMENTAL** 196-202
RICHERS, Sabine
SOWMY, Daniel

SISPRED 539 **ABORDAGEM BASEADA EM PROBLEMAS NO ENSINO DE SISTEMAS PREDIAIS NA ARQUITETURA** 203-210
ARAÚJO, Letícia Santos Machado de
ILHA, Marina Sangoi de Oliveira

SISPRED 549 **VERIFICAÇÃO DOS COMPRIMENTOS MÁXIMOS DE VENTILAÇÃO – ESTUDO DE CASO PARA BANHEIROS RESIDENCIAIS** 211-220
ZILIO, Laura
FERNANDES, Vera
SCORTEGAGNA, Vinicius
FIORI, Simone
SETOLI, Anelise

SISPRED 552 **GERENCIAMENTO DAS PRESSÕES E CONTROLE DAS PERDAS REAIS NOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA: UM MAPEAMENTO SISTÉMICO** 221-231
MORAIS, Lucas S.R. de
PAULA, Heber M.

PAINEL 3: SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS

SISPRED 553	**AVALIAÇÃO DO TAMANHO DAS SÉRIES HISTÓRICAS PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA** SILVA, Bruna Fioramonte; CAMPOS, Marcus André Siqueira	232-238
SISPRED 554	**SISTEMA CONVENCIONAL X SISTEMA SIFÔNICO: UMA ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA NO USO EM SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS** SASSO, Fabiane SCORTEGAGNA, Vinícius PAGNUSSAT, Rafaela Vicenzi FERNANDES, Vera FIORI, Simone LOPES, Anelise Sertoli	239-248
SISPRED 557	**CONCEPÇÃO DA INFRAESTRUTURA SANITÁRIA URBANA BASEADA NOS SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS SANITÁRIOS** SANTOS, Daniel Costa dos	249-255
SISPRED 559	**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SISTEMA SIFÔNICO E CONVENCIONAL DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL** FREITAS, Thiago De Oliveira Veloso REIS, Ricardo Prado Abreu	256-267
SISPRED 560	**ANÁLISE HIERÁRQUICA PARA APERFEIÇOAMENTO DE UMA FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DE PROJETOS HIDRÁULICOS E SANITÁRIOS PREDIAIS** PAIXÃO, Thyago Cesar Rodrigues REIS, Ricardo Prado Abreu	268-275

- PAINEL 1 -

MODELAGEM DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS



XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

Uso de coeficientes de interface no dimensionamento de pavimentos permeáveis

Use of interface coefficients in the design of permeable pavements

FERREIRA, Armando Traini[1]; ILHA, Marina Sangoi de Oliveira[2]

[1] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, IFSP, Rua Pedro Vicente, 625 – São Paulo, S.P, traini@ifsp.edu.br
[2] Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, milha@fec.unicamp.br

RESUMO

Pavimentos permeáveis são componentes destinados a permitir a infiltração de água no solo e auxiliar na atenuação do pico de enchente na rede urbana, contribuindo para a gestão do escoamento de água pluvial no lote. O equacionamento hidráulico desses sistemas é complexo, pois há dificuldade em se modelar os fenômenos envolvidos nas interfaces dos seus componentes, o ar armazenado nos vazios e o solo. Este trabalho propõe o uso de coeficientes de interface para a representação desses fenômenos, os quais são análogos às resistências térmicas no fluxo de calor em meios sólidos. Os coeficientes de interface foram obtidos em um pavimento permeável experimental considerando-se vazões entre 3,23 m^3/h a 13,05 m^3/h. Para a formulação das equações para a determinação dos coeficientes de interface foi considerado o Teorema do PI de Buckingham, com a seleção da equação com o maior coeficiente de correlação com os dados medidos. Assim, foi determinada a equação do tempo de enchimento da camada de brita sob o pavimento permeável em função da vazão de projeto. Os valores dos tempos de enchimento modelados não foram significativamente diferentes dos dados observados experimentalmente, considerando o teste t-pareado para o nível de significância de 2%, o que indica a aderência do equacionamento proposto, constituindo-se em uma alternativa para o dimensionamento de pavimentos permeáveis.

Palavras-chave: Drenagem no Lote; Gestão de Águas Pluviais; Pavimento Permeável; Analogia científica.

ABSTRACT

Permeable pavements are components that allow the water infiltration into the soil and help to attenuate the peak flow in the urban network, contributing to the on-lot drainage management. The dimensioning of these systems is complex, since it is difficult to model the phenomena that occurs in the interfaces among their components, the air in the soil voids and the soil. In this paper it was proposed the use of interface coefficients for the representation of these phenomena, which are analogous to thermal resistance in the heat flux in solid media. The interface coefficients were obtained in an experimental permeable pavement using flows between 3,23 m^3/h and 13,05m^3/h. The Buckingham PI Theorem was used for the formulation of the interface coefficients' equations, with the selection of the equation with the highest coefficient of correlation with the measured data. Finally, the equation of the filling time of the gravel layer under the permeable pavement was determined. The values of the filling times were not significantly different from the experimental data, considering the t-paired test for the significance level of 2%, which indicates the adherence of the proposed equations and resulting in an alternative for the permeable pavement sizing.

Keywords:*.On-Lot Drainage; Stormwater Management; Permeable Pavement; Scientific Analogy.*

1 INTRODUÇÃO

O pavimento permeável consiste em uma técnica estrutural para o controle de escoamento superficial, composta usualmente por uma camada de brita e o solo abaixo dessa camada. Dependendo das condições do solo, este sistema permite reduzir os volumes de escoamento superficial e vazões de pico a valores iguais ou até inferiores ao período anterior à urbanização (ARAUJO; TUCCI; GOLDENFUM, 2000).

O escoamento de água no solo envolve diferentes variáveis e, devido a sua complexidade, o dimensionamento de sistemas de infiltração tem sido feito de forma empírica, resultando, de um lado, em instalações subdimensionadas, em que uma parcela significativa da água de chuva se encaminha para a rede urbana de drenagem, ou, de outro, em instalações superdimensionadas, conforme exemplificado em Franco (2004), cuja utilização se inviabiliza em função do espaço disponível nos lotes urbanos.

Nesse sentido, Ferreira e Ilha (2016) propuseram um modelo para a determinação do tempo de enchimento de pavimentos permeáveis, utilizando o delineamento da TDA - Transferência de Domínios via Analogia. A TDA consiste na transferência de conhecimento de um domínio base (fonte ou origem), que contém informações já consolidadas, para o entendimento de um domínio meta (alvo), que é a questão a ser resolvida (KLENK, FORBUS, 2009).

O presente trabalho apresenta uma evolução do modelo TDA proposto pelos referidos autores, no sentido de representar o fenômeno tridimensional do escoamento, por meio das resistências que se desenvolvem no contato entre diferentes materiais/meios envolvidos no pavimento permeável, quais sejam: camada de brita; ar e solo.

2 MÉTODO

Os coeficientes de interface, que representam a variação da condutividade hidráulica entre as camadas, ao longo do eixo e ao redor da camada de brita, além das interações entre materiais diferentes que compõem o sistema em estudo, foram incorporados às equações para a determinação da umidade propostas por Ferreira e Ilha (2016), resultando em:

- Para a camada de brita:

$$h_b^{m+1} = C_{ar,b}\left\{h_b^m + \left[\frac{2*k_1*k_2*k_{s,1}\left(h_1^m - h_b^m\right)+Q_p}{\Delta X}\right] * \frac{\Delta t}{\left(\eta_b * \Delta X_b\right)}\right\} \quad \text{(eq. 1)}$$

- Para a camada de solo imediatamente inferior ao pavimento:

$$h_1^{m+1} = C_{b,s}\left\{h_1^m + \left[\frac{2*h_b^m - 3*h_1^m + h_2^m}{\Delta X}\right] * \frac{k_1*k_2*k_{s,1}*\Delta t}{\left(\eta_{s,1}*\Delta X\right)}\right\} \quad \text{(eq. 2)}$$

- Para uma camada genérica "i":

$$h_i^{m+1} = C_{i,i+1} * \left\{h_i^m + \left(\frac{h_{i+1}^m - 2*h_i^m + h_{i-1}^m}{\Delta X}\right) * \frac{k_1*k_2*k_{s,i}*\Delta t}{\left(\eta_{s,i}*\Delta X\right)}\right\} \quad \text{(eq. 3)}$$

- Para a última camada considerada ("n"):

$$h_n^{m+1} = h_{n-1}^m + \left(\frac{h_{n-1}^m - h_n^m}{\Delta X}\right) * \frac{k_1*k_2*k_{s,n}*\Delta t}{\left(\eta_{s,n}*\Delta X\right)} \quad \text{(eq. 4)}$$

Em que:

$C_{ar,b}$ = coeficiente de interação ar-brita [adimensional];
k_1 = coeficiente da variação da condutividade hidráulica do solo ao redor do eixo da camada de brita [adimensional];
k_2 = coeficiente da variação da condutividade hidráulica do solo ao longo da profundidade do solo [adimensional];
$C_{b,s}$ = coeficiente da interação brita-solo [adimensional];
$C_{i,i+1}$ = coeficiente da variação da condutividade hidráulica entre camadas diferentes de solo [adimensional];
h_b^{m+1} = umidade na camada de brita no instante "m+1" [%];
h_b^{m} = umidade na camada de brita no instante "m" [%];
$k_{s,1}$ = condutividade hidráulica da primeira camada de solo sob a camada de brita [m/s];
Q_p = vazão de projeto [m^3/h];
ΔX = espessura da primeira camada inferior à camada da brita [m];
Δt = incremento de tempo para as iterações [s];
η_b = porosidade da brita [%];
ΔX_b = espessura da camada de brita [m];
h_1^{m+1} = umidade na primeira camada de solo sob a camada de brita no instante "m+1" [%];
h_1^{m} = umidade na primeira camada de solo sob a camada de brita no instante "m" [%];
h_2^{m} = umidade na segunda camada sob a camada de brita no instante "m" [%];
$\eta_{s,1}$ = porosidade drenável na primeira camada de solo sob a camada de brita [%];
h_i^{m+1} = umidade na camada genérica "i" sob a camada de brita no instante "m+1" [%];
h_i^{m} = umidade na camada genérica "i" sob a camada de brita no instante "m" [%];
h_{i+1}^{m} = umidade na camada genérica "i+1" sob a camada de brita no instante "m" [%];
h_{i-1}^{m} = umidade na camada genérica "i-1" sob a camada de brita no instante "m" [%];
$k_{s,i}$ = condutividade hidráulica da camada genérica "i" de solo sob a camada de brita [m/s];
$\eta_{s,i}$ = porosidade drenável na camada genérica "i" de solo sob a camada de brita [%];
h_n^{m+1} = umidade na última camada de solo sob a camada de brita no instante "m+1" [%];
h_{n-1}^{m} = umidade na penúltima camada de solo sob a camada de brita no instante "m" [%];
h_n^{m} = umidade na última camada de solo sob a camada de brita no instante "m" [%];
$k_{s,n}$ = condutividade hidráulica da última camada de solo sob a camada de brita [m/s];
$\eta_{s,n}$ = porosidade drenável na última camada de solo sob a camada de brita [%].

Para a definição dos coeficientes de interface foi também utilizada a TDA, tendo como domínio base as resistências térmicas. Segundo Kreith (2003, p. 9): "quando duas superfícies condutoras diferentes são colocadas em contato, uma resistência térmica está presente na interface dos sólidos...".

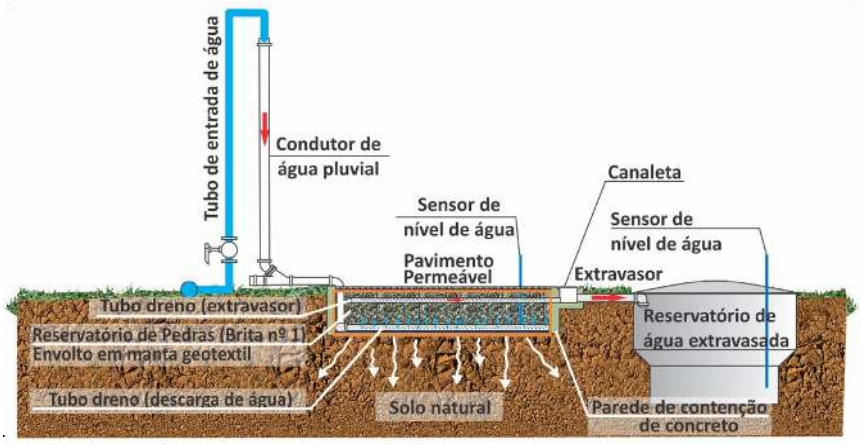
A resistência térmica pode ser expressa por meio da relação entre o fluxo de calor e a diferença de temperatura entre os meios ou, ainda, em função da relação entre a condutividade térmica e a área transversal à passagem do fluxo de calor (KREITH, 2003).

Analogamente, no escoamento de água no solo, a resistência hidráulica, aqui denominada de coeficiente de interface, pode ser expressa por meio da relação entre a vazão de projeto

e a diferença de umidade entre as camadas do solo ou, ainda, em função da relação entre a condutividade hidráulica e a área transversal à passagem do fluxo de água.

Os coeficientes de interface foram obtidos em um pavimento permeável experimental, (Figura 1) com dimensão de 5,0 x 2,5 m e 1,0% de declividade, composto por um sistema modular denominado Ecopavimento®, componente disponível no mercado nacional (REIS, 2018). O dimensionamento do pavimento permeável foi feito considerando-se um período de retorno de 5 anos e uma duração da chuva de 10 min, precipitada sobre uma cobertura de 50 m^2. A intensidade pluviométrica foi definida de acordo com a equação proposta por Zuffo e Leme (2005).

FIGURA 1 - Pavimento permeável experimental.



Fonte: Reis (2018)

Considerando-se as Equações 1 a 4, o instante inicial, quando a primeira gota de chuva toca a superfície da brita e o instante final, quando a umidade na camada de brita é igual ao valor da sua porosidade, a partir de 41 valores de vazões de projeto (3,23 m^3/h a 13,05 m^3/h) ensaiadas em um pavimento permeável experimental, foram determinados os coeficientes de interface, os quais variaram de 0,95 a 1,05.

Para a formulação das equações para a determinação dos coeficientes de interface foi utilizado o Teorema do PI de Buckingham, o qual pode ser expresso por (FOX; PRITCHARD; MCDONALD, 2014):

$$G(\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \ldots \Pi_n) = 0 \qquad \text{(Eq. 5)}$$

Em que Π_1, Π_2, Π_3, ... Π_n são os parâmetros independentes, obtidos pela combinação de parâmetros pré-definidos.

Assim, a partir da consideração de diferentes tipos de equações, foi selecionada aquela que apresentou o maior coeficiente de correlação com os dados medidos.

Para a definição dos parâmetros independentes (Quadro 1) foram consideradas as analogias entre: vazão de projeto e fluxo de calor; condutividade hidráulica e condutividade térmica; e área transversal da camada de brita e área transversal ao fluxo de calor.

QUADRO 1 - Parâmetros para a determinação dos coeficientes de interface.

Coeficiente de interface	Parâmetro
Interação ar-brita ($C_{ar,b}$)	• vazão de projeto • área da brita
Variação da condutividade hidráulica ao redor do eixo do da brita (k_1)	
Variação da condutividade hidráulica ao longo da profundidade do solo (k_2)	• condutividade hidráulica do solo • área da brita
Interação brita-solo ($C_{b,s}$)	
Variação da condutividade hidráulica entre camadas diferentes de solo ($C_{i,i+1}$)	

A partir disso, a equação do tempo de enchimento da camada de brita em função da vazão de projeto foi determinada em função das vazões experimentais utilizadas para a definição dos coeficientes de interface, ajustando-se para uma equação na forma potencial. Substituindo-se as vazões de projeto experimentais na equação ajustada foram determinados os respectivos tempos de enchimento modelados, os quais foram comparados, por meio do teste t-pareado, para nível de significância de 2%, com os valores medidos em campo.

3 RESULTADOS

Os coeficientes de interface determinados nesse trabalho são apresentados no Quadro 2. Verifica-se que o k_2 resultou em uma constante, o que indica uma uniformidade da condutividade hidráulica ao longo da profundidade experimental.

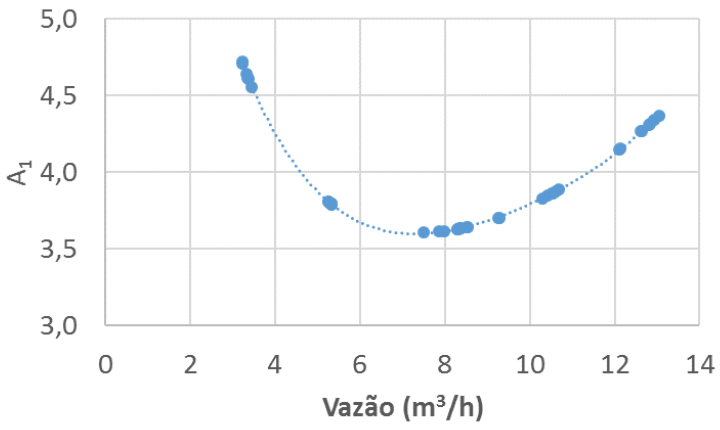
O valor mínimo da função da variável A_1 representa, aproximadamente, o valor da vazão de projeto utilizada no sistema (Figura 2).

QUADRO 2 – Coeficientes de interface.

Coeficiente de interface	Equação	
A_1	$A_1=\frac{9{,}877e^{0{,}134Q_p}}{Q_p}$	(eq 5)
Interação ar-brita (Car,b)	$C_{ar,b}=1{,}004*\left(\frac{A_1}{0{,}8115*A_1+2*10^{-5}}\right)$	(eq 6)
Variação da condutividade hidráulica ao redor do eixo do pavimento (k_1)	$k_1=\frac{\log(C_{ar,b})+0{,}2959}{(0{,}3136*C_{ar,b})}$	(eq 7)
Variação da condutividade hidráulica ao longo da profundidade do solo (k_2)	$k_2=0{,}90$	(eq 8)
Interação brita-solo ($C_{b,s}$)	$C_{b,s}=\frac{e^{\frac{[0{,}9807*ln(k_2)+0{,}0318]}{0{,}013}}}{300}$	(eq 9)
Variação da condutividade hidráulica entre camadas diferentes de solo ($C_{i,i+1}$)	$C_{i,i+1}=\frac{701{,}018k_1^3+2*10^6*k_1^2-2*10^6*k_1+706{,}099}{4.654{,}3}$	(eq 10)

A1 = representa o comportamento tridimensional da vazão de projeto, a qual foi modelada de forma unidimensional [adimensional]
Qp = vazão de projeto [m^3/h]

FIGURA 2 – Função da variável A1



A equação do tempo de enchimento da camada de brita do pavimento permeável experimental resultou em:

$$T_{e,E,P}=aQ_p^b \quad \text{(eq. 11)}$$

Em que:
$T_{e,E,P}$ = tempo de enchimento da camada de brita do pavimento permeável experimental [s];
a,b = coeficientes de ajuste da curva vazão de projeto x tempo de enchimento da camada de brita [adimensionais];
Q_p = vazão de projeto [m^3/h]

Ou, com R^2 = 0,9924, tem-se:

$$T_{e,E,P}=5.046,4Q_p^{-0,984} \quad \text{(eq. 12)}$$

Por sua vez, a equação do tempo de enchimento modelado da camada de brita do pavimento permeável resultou em:

$$T_{e,M,P}=cQ_p^d \quad \text{(eq. 13)}$$

Em que:
$T_{e,M,P}$ = tempo de enchimento modelado da camada de brita do pavimento permeável [s];
c,d = coeficientes de ajuste da curva vazão de projeto x tempo de enchimento da camada de brita [adimensionais];
Q_p = vazão de projeto [m^3/h]

Ou, com R^2 =0,9968, tem-se:

$$T_{e,M,P}=5.667,9Q_p^{-1,046} \quad \text{(eq. 14)}$$

Substituindo-se a vazão de projeto de 6,54 m^3/h, a qual foi utilizada no dimensionamento do pavimento permeável experimental na Equação 12 e na Equação 14, obtém-se, respectivamente, $T_{e,E,P}$ = 795,2 s (13,2 minutos) e $T_{e,M,P}$ = 794,9 s (13,2 minutos). Pode-se dizer que esses valores são praticamente idênticos, indicando a aderência do equacionamento proposto.

4 CONCLUSÕES

Pavimentos permeáveis têm sido utilizados como ferramenta de gestão de águas pluviais, atenuando picos de enchentes a jusante do lote. O equacionamento deste sistema requer a modelagem entre as várias interfaces envolvidas no fenômeno.

Os modelos unidimensionais propostos nesse trabalho contemplam o uso de coeficientes de interfaces para representação do comportamento tridimensional do escoamento de água no solo, considerando-se a interação entre o ar e a brita; a variação da condutividade hidráulica ao redor do eixo da camada de brita; a variação da condutividade hidráulica ao longo da profundidade do solo; a interação entre a brita e o solo e a variação da condutividade hidráulica entre camadas diferentes de solo.

Os valores do tempo de enchimento modelados não foram significativamente diferentes dos dados observados experimentalmente, para o nível de significância de 2%. O modelo proposto permite determinar o comportamento do fluxo de água e as interações temporais

com as camadas de solo subjacentes. podendo ser utilizado em outros locais, desde que com características físicas e hidrológicas similares.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Projeto 311525/2015-6); à FAPESP (Projeto 2012/04807-3) e ao Centro Cultural de Inclusão e Integração Social da Unicamp (CISGuanabara/Unicamp) pelo apoio ao desenvolvimento do presente trabalho; e às empresas Aqualimp, Eternit, Amanco e Ecotelhado pela doação dos componentes utilizados no aparato experimental.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, P. R.; TUCCI, C. E. M.; GOLDENFUM, J. A. Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial. **RBRH. Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 5, n.3, p. 21-29, 2000.

FERREIRA, A.T.; ILHA, M.S.O. Tempo de transbordamento de pavimento permeável com reservatório de brita. XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC, 2016, **Anais.**

FOX, R. W.; PRITCHARD, P. J.; MCDONALD, A. T**. Introdução à mecânica dos fluidos**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos S. A., 2014. 504 p.

FRANCO, E. J. **Dimensionamento de bacias de detenção das águas pluviais com base no método racional**. 2004. 143f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

KLENK, M.; FORBUS, K. Domain transfer via cross-domain analogy. **Scince Direct**. v. 10, p. 240-250, 2009.

KREITH, F.; BOHN, M. **Princípios de transferência de calor**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003. 683p

REIS, Ricardo P. A. Avaliação de desempenho e modelagem numérica de sistemas de infiltração de água de chuva integrados aos sistemas prediais, 2018. 277 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.

ZUFFO, A. C.; LEME, P. E. GRADEX e Santa Barbara: método híbrido para cálculo de vazão de projeto para macrodrenagem urbana. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16., João Pessoa, 2005. **Anais**... João Pessoa, 2005.



XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

Avaliação da produção de água não potável descentralizada e a produção de água potável centralizada na RMSP[1]

Evaluation of decentralized non-potable water production and centralized water production in SPMR

PATUCCI, Renato Augusto[1]; OLIVEIRA, Lúcia Helena[2]; KUROKAWA, Fernando Akira[3]

[1] Escola Politécnica da USP, Av. Prof. Almeida Prado, Travessa 2 nº 83 – Edifício da Engenharia Civil, renato.patucci@usp.br
[2] Escola Politécnica da USP, lucia.helena@usp.br
[3] Escola Politécnica da USP, fernando.kurokawa@usp.br

RESUMO

A população no Brasil atingirá seu pico aproximadamente no ano 2050, período em que a demanda por recursos naturais crescerá, sobretudo a da água. O adensamento populacional reduz a disponibilidade hídrica por habitante, além de prejudicar a qualidade dos mananciais. O objetivo desse artigo é aplicar um modelo matemático para avaliar se a utilização de sistemas prediais de água não potável podem ser uma fonte alternativa economicamente viável, em relação à ampliação do sistema centralizado de produção de água potável. A água não potável pode atender uma parte da demanda dos usos domésticos numa proporção estimada de 80% de consumo de água potável e 20% de consumo em fins que não demandam água potável. Realizou-se pesquisa bibliográfica e foram coletados custos de execução, operação e manutenção, de um sistema predial de água não potável recuperada (SPANP-R) descentralizado individual e do sistema produtor São Lourenço (SPSL). O modelo matemático foi formulado e aplicado aos dados coletados, que foram ajustados para levar em consideração o ganho decorrente da utilização em larga escala dos sistemas de água não potável. Os resultados indicam que a produção de água não potável em edifícios tem menor viabilidade econômica em relação ao SPSL no cenário avaliado.

Palavras-chave: Sistema predial de água não potável, Sistema centralizado de água potável, Tomada de decisão.

ABSTRACT

The population in Brazil will reach its peak approximately in the year 2050, until then, the demand for natural resources will grow, especially water. Population densification reduces per capita water availability, as well as impairing the quality of water sources. The aim of this article is to apply a mathematical model to evaluate if the use of non-potable water systems can be an economically viable alternative source in relation to the expansion of the centralized drinking water system. Non-potable water can meet a portion of the demand for domestic uses, the approximate proportion of 80% of drinking water consumption and 20% of consumption can be considered for purposes that do not require potable water. Bibliographic review was carried out and costs were collected for the construction, operation and maintenance of a decentralized individual non-potable water production system and the São Lourenço production system. The mathematical model was formulated and applied under the collected data, which were adjusted to take into account the gain resulting from the large-scale use of non-potable water systems. The results indicate that the production of non-potable water in buildings has less economic viability compared to SPSL in the evaluated scenario.

Keywords: *Non-potable water system, Centralized drinking water system, Decision making.*

---

[1] PATUCCI, R. A.; OLIVEIRA, L. H.; KUROKAWA, F. A. Avaliação da produção de água não potável descentralizada e a produção de água potável centralizada na RMSP. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS DESEMPENHO E INOVAÇÃO DE SISTMAS PREDIAIS HIDRAULICOS, 13., 2019, São Paulo. Anais... São Paulo: SISPRED, 2019.

1 INTRODUÇÃO

A população no Brasil continuará a crescer até atingir o pico por volta do ano de 2050 (ONU, 2015) e na macrometrópole de São Paulo o crescimento será de aproximadamente 9% no período de 2018 a 2035 ANA (2007). Esse crescimento populacional ocorrerá com a ampliação da urbanização, que exerce forte pressão no aumento do consumo de água.

Fontes alternativas geram novos recursos de água e a adoção das mesmas possibilita que ampliações do sistema de abastecimento centralizado sejam evitadas ou prorrogadas (DAIGER,2009). Durante os anos de 2015 a 2018, o Sistema Produtor São Lourenço (SPSL) foi construído para abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo.

O objetivo desse artigo é aplicar um modelo matemático de tomada de decisão com base na Programação Inteira para avaliar a utilização de sistemas prediais de água não potável recuperada (SPANP-R) em larga escala, tendo em vista a possibilidade de ser uma fonte alternativa de água economicamente viável, em relação à implantação do SPSL.

2 FONTES DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO URBANO

A demanda crescente de água potável é majoritariamente atendida pelo sistema centralizado de abastecimento, em que se verificam problemas de escassez e de ordem econômica, devido às distâncias, cada vez maiores, dos mananciais, bem como, à necessidade de tratamentos mais intensos causados pela poluição da água (OLIVEIRA e GONÇALVES, 1999).

Entretanto, a água não potável pode atender uma parte da demanda dos usos domésticos que prescindam de água potável. Como parâmetro médio, pode-se considerar a proporção aproximada de 80% de consumo de água potável e 20% de consumo em fins que não demandam água potável (Patucci *et al.*, 2018).

2.1 Sistema de produção de água potável

A ampliação da oferta de água potável que abastece a RMSP, entre os anos de 2015 a 2018, se deu através da construção do SPSL, que realiza a captação de água no Rio Juquiá com uma vazão média de 4,7 m³/s. A captação ocorre na cota 645 m acima do nível do mar, e exige a elevação do fluxo em 3.900 kPa devido o elevado desnível topográfico da Serra do Paranapiacaba.

A perda de água, entre produção e o consumo final no sistema interligado metropolitano (SIM) é de 33%, e o consumo médio diário *per capita* no SIM foi de 138,4 litros (SNIS, 2015). Dessa forma, é previsto que o SPSL atenda uma população de 1.996.131 habitantes.

2.2 Sistema de produção de água não potável

Conforme Marques e Oliveira (2014), as águas cinzas são aquelas advindas de aparelhos sanitários, excluindo os efluentes de bacias sanitárias, em alguns casos, excluem-se também o efluente da pia de cozinha e da máquina de lavar louças.

Essa fonte apresenta a importante característica, de ter o seu perfil de produção proporcional à demanda de água não potável. Esse atributo, característico das águas residuárias, é fundamental para a avaliação da viabilidade técnica e econômica dessa fonte.

Os sistemas descentralizados individuais atendem a um único edifício e sistemas descentralizados em grupo atendem a um conjunto de edifícios (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Neste trabalho, coletaram-se dados de custos de construção, manutenção e operação do SPANP-R de um edifício de cinquenta e seis apartamentos no bairro da Saúde, na cidade São Paulo.

Para a avaliação do ganho de eficiência com o aumento da escala de diferentes concepções de sistemas, foi realizada a simulação dos custos de implantação, manutenção e operação do SPANP-R para atender dois e dez edifícios, com cento e doze e quinhentos e sessenta unidades no total, representando um sistema descentralizado em grupo e centralizado, respectivamente.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o alcance dos objetivos foi utilizado um modelo matemático para a tomada de decisão com base na PI, desenvolvido por Dias (2017). A solução do modelo foi obtida com o auxílio do software LINDO™. O estudo iniciou-se por meio de pesquisa bibliográfica, para avaliar as experiências de implantação de SPANP-R em diferentes localidades. Também foram verificadas as formas de projetar as economias de escala, relacionadas à implantação em larga escala dos SPANP-R, para alcançar o porte da população atendida pelo SPSL.

3.1 Coleta de dados

Foram coletados dados relativos aos custos de implantação, operação e manutenção do SPSL, através principalmente do contrato público de concessão administrativa, cujo prazo é de 25 anos, sendo aproximadamente 5 anos de construção e 20 anos de operação.

Considerou-se também os valores do contrato específico para o gerenciamento das obras desse empreendimento e os custos para ampliação da capacidade de tratamento de esgoto, decorrentes do acréscimo de efluentes a serem gerados com o funcionamento do SPSL.

Os mesmos dados foram obtidos de um SPANP-R, que utiliza a tecnologia de disco biológico rotativo, instalado em um edifício residencial na RMSP. Foram coletados os custos de implantação do sistema diretamente com a construtora. Os dados dos custos de operação e de manutenção do SPANP-R foram obtidos por meio de visita ao edifício e contato com o síndico.

3.2 Ajuste de parâmetros do modelo e a população atendida em cada sistema

Foi realizado um ajuste de parâmetros do modelo, para projetar os dados de custos de construção, operação e manutenção obtidos, para um sistema com dois edifícios compartilhando o sistema de tratamento, representando um sistema descentralizado em grupo, outro sistema com dez edifícios representando um sistema centralizado de produção de água não potável.

A população do edifício com SPANP-R descentralizado individual é de 224 pessoas, o condomínio com SPANP-R descentralizado em grupo abriga 448 pessoas, e o condomínio com SPANP-R centralizado possui 2.240 pessoas. Dessa forma, como a parcela de água que pode ser substituída por água não potável em residências representa cerca de 20% do total consumido, a população equivalente atendida por cada sistema encontra-se apresentada na Tabela 1.

TABELA 1 – População equivalente atendida pelos sistemas

	P*i*	**Tipo de sistema (*i*)**	**População equivalente atendida (pessoas)**
SPANP-R	P_1	Descentralizado individual	45
	P_2	Descentralizado em grupo	90
	P_3	Centralizado	448
	P_4	SPSL	1.966.131

Fonte: Os autores (2019).

3.3 Modelo de Programação Inteira

Foi aplicado um modelo matemático para tomada de decisão, com base no problema de Programação Inteira (PI), desenvolvido por Dias (2017b). O modelo verifica a combinação que promove o menor custo total acumulado em 20 anos de operação dos sistemas em diferentes cenários. A formulação é dada pela Equação (1).

$$(MIN)\ Z = A_{11}X_{11} + A_{12}X_{12} + A_{13}X_{13} + A_{21}X_{21} + A_{22}X_{22} + A_{23}X_{23} + A_{31}X_{31} + A_{32}X_{32} + A_{33}X_{33} + A_{41}X_{41} + A_{42}X_{42} + A_{43}X_{43}$$

$$\text{s.a.} \begin{cases} X_{12} - X_{11} \leq 0 \\ X_{13} - X_{12} \leq 0 \\ X_{22} - X_{21} \leq 0 \\ X_{23} - X_{22} \leq 0 \\ X_{32} - X_{31} \leq 0 \\ X_{33} - X_{32} \leq 0 \\ X_{42} - X_{41} \leq 0 \\ X_{43} - X_{42} \leq 0 \\ P_1X_{11} + P_2X_{21} + P_3X_{31} + P_4X_{41} \geq População_{min} \\ P_1X_{12} + P_2X_{22} + P_3X_{32} + P_4X_{42} \geq População_{min} \\ P_1X_{13} + P_2X_{23} + P_3X_{33} + P_4X_{43} \geq População_{min} \\ X_{ij} \in \mathbb{Z}_+ \end{cases} \quad \text{(eq.1)}$$

Em que X_{ij} representa a implantação ou não de determinado sistema, i corresponde ao tipo de sistema (i = 1, 2, 3 e 4) e j o tipo de custo associado (j = 1, 2, e 3) e os coeficientes A_{i1}, A_{i2} e A_{i3} correspondem aos custos de implantação, manutenção e operação, respectivamente, de um determinado tipo de tratamento do sistema. A variável P_i representa a população equivalente atendida pelo tipo de sistema i. Os custos acumulados de manutenção e operação durante a vida útil dos sistemas são calculados de acordo com as Equações (2) e (3), respectivamente.

$$A_{i2} = \sum_{i=1}^{n} M_i \times EE_i \times (1 + 1\%)^n \quad \text{(eq. 2)}$$

$$A_{i3} = \sum_{i=1}^{n} O_i \times EE_i \times (1 + 3\%)^n \quad \text{(eq. 3)}$$

Em que:

- M_i é o custo de manutenção do sistema tipo i no primeiro ano de operação;
- O_i é o custo de operação do sistema tipo i no primeiro ano de operação;
- EE_i corresponde ao efeito escala no sistema tipo i;
- n caracteriza o ano de funcionamento do sistema escolhido para a análise;

De acordo com Dias (2017), a taxa de aumento anual do custo de manutenção de cada sistema pode ser considerada como 1% a.a., e a taxa de aumento anual do custo de operação foi considerada como o crescimento médio anual, acima da inflação, da energia elétrica, que foi de 3% a.a. de acordo com o histórico dos últimos 15 anos (ANEEL, 2003; ANEEL, 2018 e Portal Brasil, 2018).

A solução do problema foi obtida através da utilização do software LINDO™.

4 APLICAÇÃO DO MODELO – RESULTADOS

Conforme apresentado na Tabela 1, para haver produção equivalente da demanda de 1.966.131 pessoas, seriam necessários 43.887 edifícios com SPANP-R descentralizado individual, 21.944 descentralizados em grupo ou 4.389 centralizados.

Guo *et al.* (2014) avaliaram o impacto de redução de custos devido ao efeito escala em sistemas reúso. Com base nesse estudo e aplicando coeficientes das economias de escala sobre os dados brutos coletados, obtêm-se os custos de construção, operação e manutenção, durante a vida útil dos sistemas, conforme apresentado na Tabela 2.

TABELA 2 – Custos de construção, operação e manutenção acumulados – cenário com efeito escala

Sistema	Construção (US$ 1.000)	5 anos		10 anos		15 anos		20 anos	
		O	M	O	M	O	M	O	M
Desc. ind.	59,7	19,8	2,2	39,5	4,4	59,3	6,6	79,1	8,8
Desc. gru.	109,0	34,0	4,3	68,0	8,6	102,0	12,9	135,9	17,1
Centrali.	475,6	127,8	18,0	255,7	36,0	383,5	53,9	511,4	71,9
SPSL	1.248.914	268.296	24.898	531.591	49.797	804.887	74.695	1.073.182	99.593

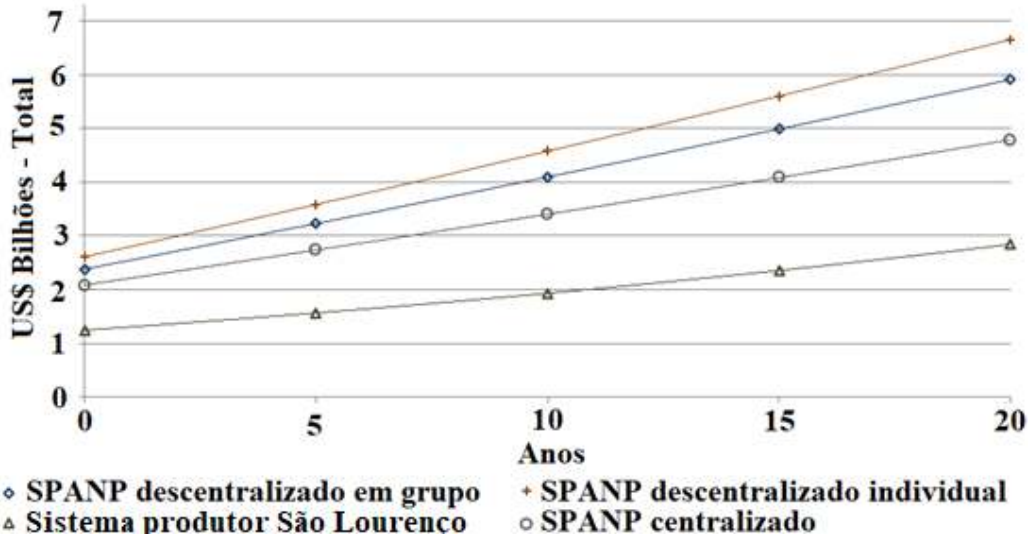
Fonte: Os autores (2019).

O – Operação
M – Manutenção
Desc. ind. – descentralizado individual
Desc. gru. – descentralizado em grupo
Centrali. – centralizado

Esses dados indicam que os custos de operação e de manutenção ao final de 20 anos, são superiores aos custos de implantação nos quatro sistemas. Isso mostra que, no longo prazo, tanto nos sistemas de tratamento que atendem pequenas populações, quanto no sistema centralizado de abastecimento de água potável, os custos de operação e de manutenção tendem a ser mais importantes do que os custos de implantação.

Por meio da aplicação dos coeficientes da Tabela 2 na Equação 1 e com o emprego do software LINDO™, obteve-se os resultados apresentados na Figura 1.

FIGURA 1 – Custo total acumulado durante os 20 primeiros anos de operação



Fonte: Os autores (2019).

Na Figura 1, observa-se que o impacto do aumento dos custos da tarifa de energia elétrica, é muito relevante, e mais significativo no SPSL. Os SPANP-R apresentam custos operacionais mais previsíveis, uma vez que o principal custo é relacionado à terceirização do serviço de monitoramento do sistema, que é realizado por meio de um contrato que tem regras de reajustamento definidas.

5 CONCLUSÕES

Com base nos princípios da Programação Inteira, foi possível aplicar um modelo para tomada de decisão, apresentando qual alternativa fornece o menor custo total acumulado durante 20 anos de operação dos sistemas.

A verificação de uma tecnologia incipiente de tratamento de efluentes de pequena escala, quando avaliada para a aplicação em larga escala, necessita de extrapolação quanto os custos para capturar o benefício do efeito escala. Essa extrapolação deve ser realizada criteriosamente, tanto para não subdimensionar os ganhos possíveis, quanto para não ocorrer o superdimensionamento.

Os resultados indicam que a produção de água não potável em edifícios, através da tecnologia de disco biológico rotativo, tem menor viabilidade econômica em relação ao Sistema Produtor São Lourenço no cenário avaliado.

No entanto, existem outras tecnologias para tratamento de fontes alternativas não avaliadas. E há a tendência de aumento de custos, de um futuro sistema de produção de água potável de grande porte, em relação ao Sistema Produtor São Lourenço. Dessa forma, torna-se importante a consideração dessas variáveis para futuras avaliações.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Tarifa de energia ELETROPAULO - 2003. Disponível em: <http://www.energetica.eng.br/wa_files/Tarifas_202003_20-_202005.pdf>. Acesso em: 20 de outubro de 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Tarifa de energia ELETROPAULO - 2018. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20182412ti.pdf>. Acesso em: 20 de outubro de 2018e.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil – Caderno de Recursos Hídricos 2. Brasília, 2007.

DAIGER, G.T. Evolving Urban Water and Residuals Management Paradigms: Water Reclamation and Reuse, Decentralization and Resource Recovery. **Water Environment Research,** v. 81:8, p. 809-823, 2009.

DIAS C.M., **Modelos para a tomada de decisão quanto ao tipo de sistema predial de água não potável.** 2017. 221 p. Dissertação – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 28 de abril de 2017.

DIAS, C. M.; OLIVEIRA, L. H.; KOROKAWA, F. A. A mathematical model for decision-making of a non-potable water system in residential buildings: decentralized in clusters or individual decentralized? **International Symposium of CIB W062**, v.1, p.283-293, 2017b.

GUO, T; ENGLEHARDT, J.D.; WU, T. Review of cost versus scale: water and wastewater treatment and reuse processes. **Water Science & Technology.** v. 69, p. 223-234. 2014.

MARQUES, I. G.; OLIVEIRA L. H., **Padronização de terminologia e de conceitos de sistemas prediais de água não potável.** Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS). São Paulo, 2014. 9 p.

OLIVEIRA, L. H., GONÇALVES O. M., **Metodologia para implantação de programa de uso racional da água em edifícios**. 1a ed. São Paulo; EPUSP-PCC, 1999. 18 p.

OLIVEIRA, L. H.; CORRÊA F. R.; SANTOS, M. O. Sistemas de água não potável: centralizados ou descentralizados? **Revista Hydro,** v. 88, p. 54-57, 2014.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Novo estudo da ONU indica que mundo terá 11 bilhões de habitantes em 2100. Disponível em: <www.nacoesunidas.org/novo-estudo-da-onu-indica-que-mundo-tera-11-bilhoes-de-habitantes-em-2100/>. Acesso em: 05 de setembro de 2016.

PATUCCI, R. P.; OLIVEIRA, L. H.; KUROKAWA, F. A.; MIELLI, V. G. **Tomada de decisão entre a produção de água não potável em edifícios residenciais e água potável no Sistema Produtor São Lourenço**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 18., 2018, São Paulo. Anais... Foz do Iguaçu: ENTAC, 2018.

PORTAL BRASIL. **Índice Geral de Preços do Mercado.** Disponível em: <https://www.portalbrasil.net/igpm.htm>. Acesso em: 6 de junho de 2018.

SAUTCHÚK, C. A. et al. **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo, 2005, 152 p. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/conservacao-e-reuso-de-aguas-em-edificacoes-2005>. Acesso em 25 de agosto de 2017.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2015. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2015>. Acesso em: 2 nov. 2017.



XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

Estimativa dos Usos Finais de Água em Dois Apartamentos Localizados em Joinville/SC

Assessment of Water End-Uses in Two Apartments Located in Joinville/SC

GARCIA, Janine [1]; GARCIA, Jayne [2]; KALBUSCH, Andreza [3]; HENNING, Elisa [4]

[1] Universidade do Estado de Santa Catarina, janinegarcia01@gmail.com
[2] Universidade do Estado de Santa Catarina, jaynegarcia00@gmail.com
[3] Universidade do Estado de Santa Catarina, andreza.kalbusch@udesc.br
[4] Universidade do Estado de Santa Catarina, elisa.henning@udesc.br

RESUMO

A análise dos padrões de consumo e usos finais de água em edificações é essencial para planejar medidas de incentivo ao uso racional de água. Assim, o objetivo deste artigo foi estimar os usos finais de água em dois apartamentos localizados no município de Joinville/SC, mediante levantamento dos hábitos de consumo dos usuários e medição da vazão dos componentes hidráulicos. A estimativa realizada no apartamento A apresentou erro médio de -5,5% em relação ao medido pelo hidrômetro. No apartamento B, a diferença entre o consumo estimado e medido indicou possível existência de vazamento. Os resultados obtidos mostraram que o chuveiro foi o aparelho sanitário com maior consumo de água (30,9% no apartamento A e 59,9% no apartamento B), seguido da bacia sanitária (22,0% e 15,7%).

Palavras-chave: Usos finais de água, Consumo residencial de água, Apartamento.

ABSTRACT

The assessment of water consumption patterns and water end uses in buildings is essential to encourage water conservation. Thus, this article aims to estimate the water end uses in two apartments located in Joinville/SC, by considering water consumption habitats and measuring water flow rates. The estimated water consumption for apartment A presented an average error rate of -5.5% over that measured by the hydrometer. The difference between the estimated and measured water consumption indicated a possible leak in the apartment B. The results showed that the shower was the fixture with the largest water consumption (30.9% in apartment A and 59.9% in apartment B), followed by the toilet (22.0% and 15.7%).

Keywords: *Water end uses, residential water consumption, Apartment.*

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento dos usos finais de água é fundamental para o uso racional de água em edificações, pois possibilita a verificação dos aparelhos sanitários responsáveis pelos maiores consumos de água (Proença; Ghisi, 2009). Partindo desses dados, é possível desenvolver estratégias integradas a fim de reduzir o consumo de água potável como o emprego de equipamentos economizadores de água, aproveitamento da água pluvial e reúso de águas cinzas (Marinoski *et al*., 2014).

Acrescenta-se também o fato de que a análise dos usos finais de água permite a criação e avaliação de ações com o intuito de reduzir a demanda de água e desperdícios gerados nas edificações. A consequente economia alcançada pelos programas de gestão da demanda de água pode ter um impacto significativo sobre o sistema de abastecimento (Willis *et al*., 2013).

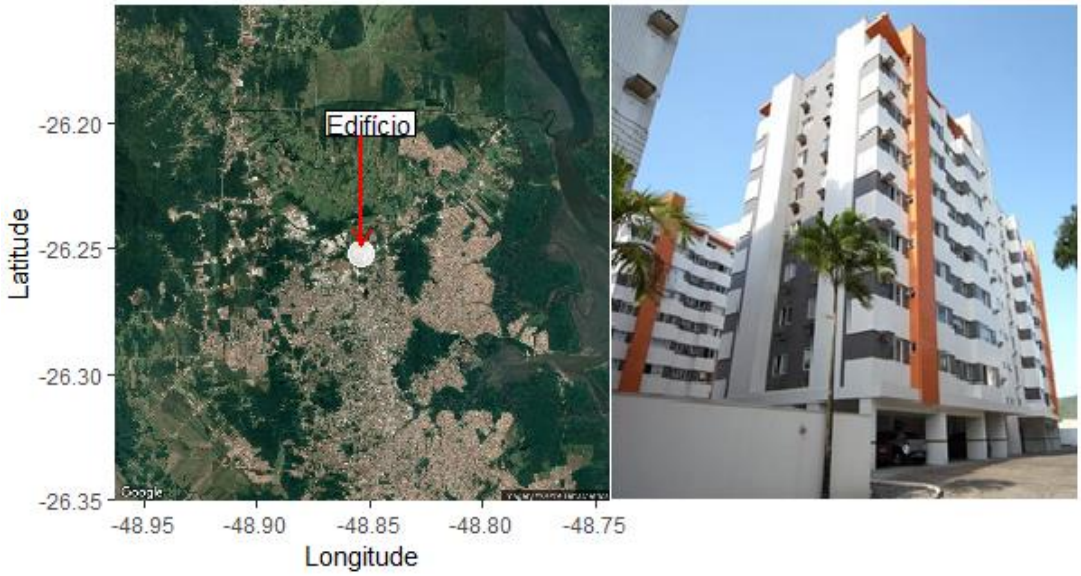
Este artigo tem como objetivo principal estimar os usos finais de água em dois apartamentos localizados na cidade de Joinville/SC, contribuindo dessa forma para a caracterização dos usos finais em edifícios residenciais multifamiliares.

2 MÉTODO

O método adotado na pesquisa foi baseado nos estudos de Kammers e Ghisi (2006), Ghisi e Oliveira (2007), Ghisi e Ferreira (2007), Proença e Ghisi (2009) e Marinoski *et al.* (2014). Baseia-se, assim, na estimativa do consumo de água de cada aparelho sanitário e determinação dos usos finais por meio de medição de vazões e obtenção dos hábitos de consumo dos moradores da edificação em análise. Buscou-se também detectar a existência de possíveis vazamentos que pudessem ocasionar desperdícios de água.

O estudo de caso foi realizado em dois apartamentos de um edifício residencial multifamiliar projetado para estudantes universitários, situado no município de Joinville, em Santa Catarina (Figura 1). Os pontos de utilização eram alimentados por um sistema predial de água fria. Além disso, a edificação possuía medição individualizada, com hidrômetros instalados no último pavimento. O apartamento A tinha 51 m² de área privativa e era habitado por duas moradoras. O apartamento B, habitado por uma pessoa do sexo masculino, possuía 37,5m².

FIGURA 1 – Localização dos apartamentos



Inicialmente foram identificados os aparelhos sanitários existentes nos apartamentos e verificados a vazão e o consumo de água de cada aparelho por meio de uma avaliação *in loco*. No caso das torneiras e chuveiro elétrico, foi solicitado ao usuário que abrisse os componentes conforme a vazão típica de utilização. Dessa forma, foram realizadas três medições durante cinco segundos e anotada a massa de água contida no recipiente padrão. Os valores observados foram convertidos em unidades de volume e vazão. Ao final, foi utilizada a média aritmética das vazões obtidas. Para a bacia sanitária e máquina de lavar roupa, foi adotado o consumo de água por descarga e ciclo de lavagem conforme as especificações técnicas do equipamento.

Foi necessário determinar também a frequência e duração de uso de cada aparelho sanitário. Nessa etapa, o usuário registrava a quantidade de lavagens (para a máquina de lavar roupas) e de descargas (nas bacias sanitárias) ou tempo de utilização dos demais aparelhos em uma tabela. O monitoramento do consumo no apartamento A foi realizado durante quinze dias consecutivos, entre 04 e 18 de maio de 2018. No apartamento B, o período considerado foi de 07 a 13 de maio de 2018, totalizando sete dias de medição.

2.1 Caracterização do consumo de água

O consumo de água em cada aparelho sanitário foi calculado com base em duas fórmulas. A primeira estima o consumo do componente pela multiplicação da sua vazão média e respectivo tempo de uso, no caso das torneiras e chuveiro elétrico. A segunda é destinada à bacia sanitária e lavadora de roupas e relaciona o volume de água consumido por ciclo de lavagem ou a vazão de descarga com o número de eventos por dia, conforme Equações 1 e 2.

$$Cd_{tr,ch} = \sum_{i=1}^{n} Q * t \qquad \text{(eq.1)}$$

sendo:
$Cd_{tr,ch}$, o consumo diário de água por aparelho sanitário (torneiras e chuveiro elétrico) (L);
Q, a vazão média (L/s);
t, o tempo de utilização (s);
n é o número diário de utilizações do aparelho sanitário.

$$Cd_{bs,lr} = c * F \qquad \text{(eq.2)}$$

sendo:
$Cd_{bs,lr}$, o consumo diário de água por aparelho sanitário (bacia sanitária e lavadora de roupas) (L);
c, o consumo de água por lavagem ou descarga (L);
F, a frequência de uso (número de utilizações diárias do aparelho sanitário).

Assim foi calculado o consumo diário e total de água no período. Como o condomínio possui medição individualizada de água, foram efetuadas leituras diárias dos medidores de consumo correspondentes aos apartamentos. Com esses valores, pôde-se comparar o consumo de água estimado com o medido pelo hidrômetro e prever o erro associado à estimativa.

Por fim, realizou-se a estimativa dos usos finais considerando o percentual de consumo estimado de água de cada aparelho sanitário em relação ao consumo total. Desse modo, foi possível verificar os aparelhos com maior contribuição no consumo de água.

2.2 Detecção de vazamento

Foi verificada também a existência de vazamentos na bacia sanitária por meio do teste da caneta, com base na NBR 15.097-1 (ABNT, 2011) e em Kalbusch *et al.* (2018).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em cada apartamento analisado foram identificados seis aparelhos sanitários, sendo: três torneiras (cozinha, tanque e lavatório), chuveiro elétrico, máquina de lavar roupa e bacia sanitária. As torneiras da cozinha e lavatório possuíam arejadores e a bacia sanitária contava com caixa acoplada.

A vazão média das torneiras e chuveiro bem como o consumo de água da bacia sanitária e lavadora de roupas são indicados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. Esses valores de vazão média foram comparados com a vazão de projeto estabelecida pela NBR 5626 (ABNT, 1998).

TABELA 1 – Vazão média de água

Ponto de utilização	Vazão média (L/s)		Vazão de projeto (L/s)*
	Apto A	Apto B	
Pia da cozinha	0,09	0,07	0,25
Chuveiro	0,07	0,07	0,10
Lavatório	0,08	0,05	0,15
Tanque	0,08	0,10	0,25

* Fonte: NBR 5626 ABNT (1998)

TABELA 2 – Consumo de água

Ponto de utilização	Consumo de água (L/ciclo)	
	Apto A	Apto B
Bacia sanitária	6	6
Lavadora de roupas	137	103

Fonte: Catálogo do fabricante (2018)

Em todos os casos, verificou-se que os resultados obtidos no estudo foram inferiores à vazão de projeto utilizada no dimensionamento do sistema predial de água fria. Com relação ao chuveiro elétrico, por exemplo, a norma determina que a vazão disponível nesse ponto de utilização seja de 0,10 L/s. Na medição *in loco*, contatou-se que a vazão média no respectivo ponto de utilização foi de 0,07 L/s, tanto no apartamento A, quanto no apartamento B.

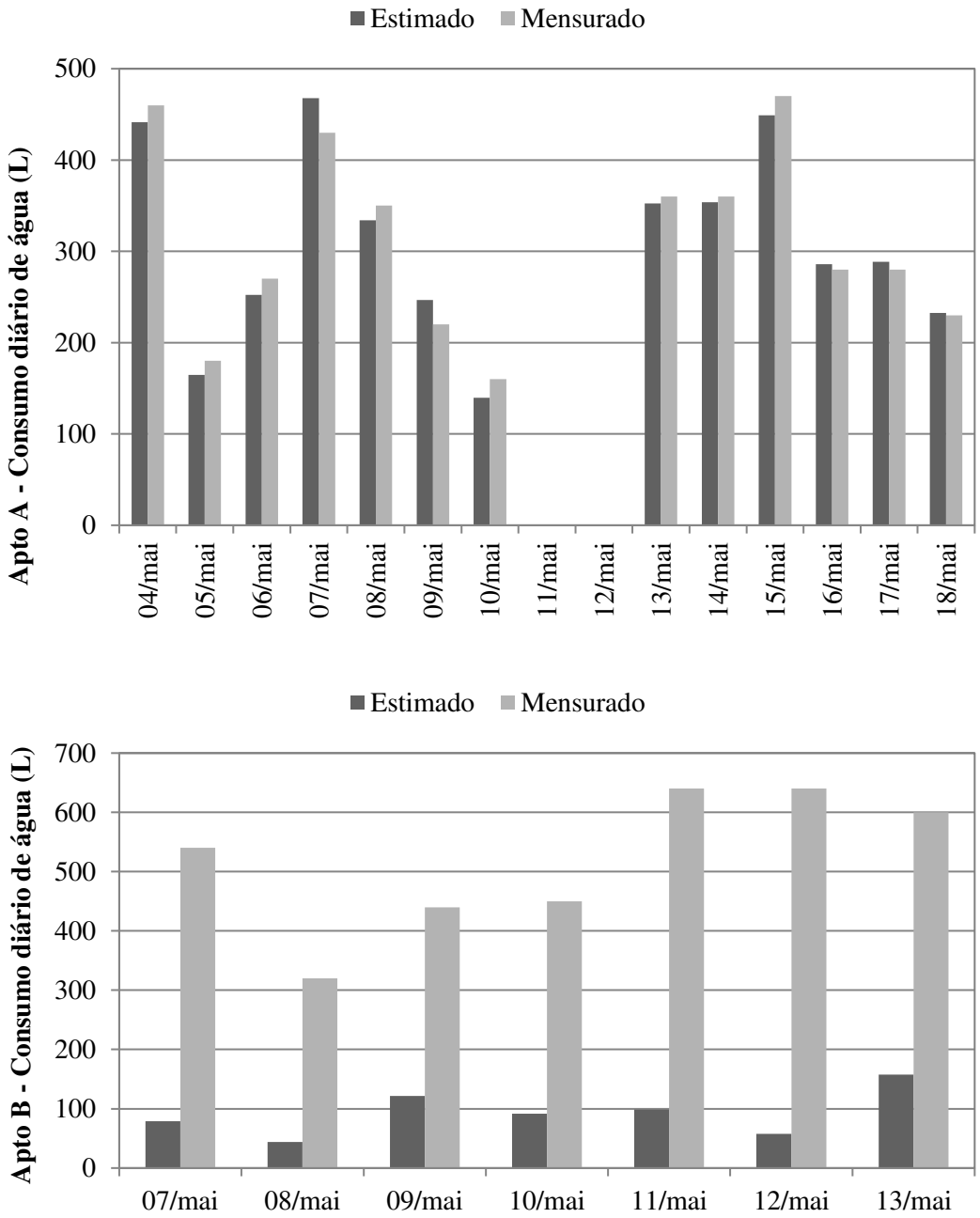
3.1 Consumo estimado e medido

A Figura 2 apresenta o consumo diário de água estimado e medido pelo hidrômetro ao longo do período analisado. No apartamento A, o erro médio entre o consumo de água estimado e o mensurado foi de -5,5%. Ressalta-se que nos dias 11 e 12 de maio não houve consumo de água pois as residentes não estavam no apartamento. Em relação ao apartamento B, o consumo medido foi consideravelmente superior ao estimado, indicando a existência de possível vazamento.

O consumo *per capita* de água do apartamento A foi igual a 155,8 litros/(hab.dia) enquanto o do apartamento B foi 518,6 litros/(hab.dia). Indicadores de consumo semelhantes ao do apartamento A são descritos em outros estudos envolvendo edifícios residenciais multifamiliares situados no Brasil.

Em Joinville, Dias, Kalbusch e Henning (2018) obtiveram o valor de 114,6 litros/(hab.dia), enquanto em Brasília o consumo *per capita* foi 205,0 litros/(hab.dia), de acordo com Sant'Ana e Mazzega (2018). Para Florianópolis, Ghisi e Ferreira (2007) obtiveram o valor de 151,3 litros/(hab.dia). Pode-se afirmar que o consumo *per capita* do apartamento B foi alto se comparado com os valores citados, possivelmente devido à presença de vazamento.

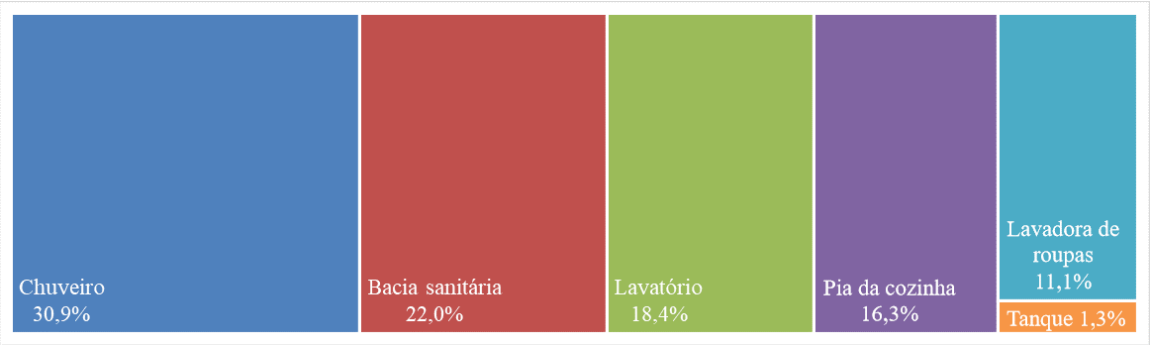
FIGURA 2 – Consumo diário de água dos apartamentos A e B



3.2 Usos finais de água

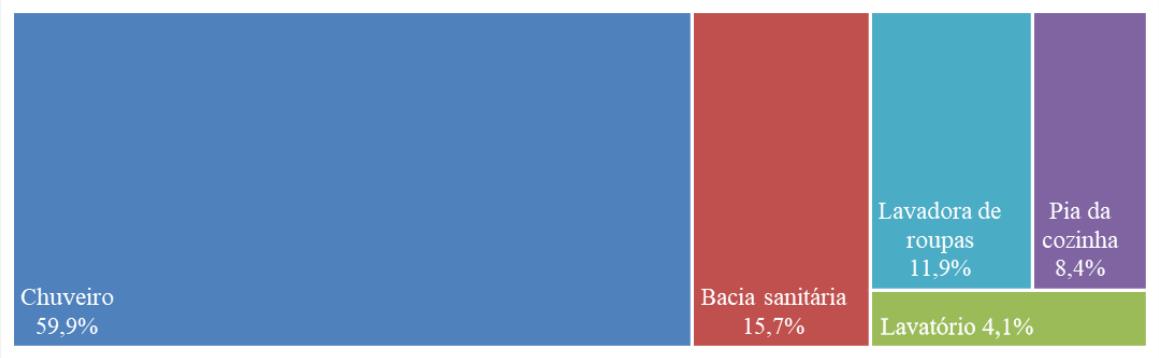
Os usos finais de água de cada ponto de utilização foram calculados com base no consumo diário estimado do componente hidráulico e seu percentual em relação ao consumo total de água. A Figura 3 indica que o chuveiro e a bacia sanitária foram os aparelhos sanitários com maior consumo no apartamento A, representando 30,9% e 22,0% do consumo total de água, respectivamente. O lavatório correspondeu ao terceiro maior uso final de água, com 18,4%, seguido da pia da cozinha (16,3%), lavadora de roupas (11,1%) e tanque (1,3%).

FIGURA 3 – Usos finais de água do apartamento A



Quanto ao apartamento B, constatou-se que o chuveiro foi o aparelho sanitário com maior consumo de água, responsável por 59,9% do consumo total (Figura 4). O segundo maior consumo foi observado na bacia sanitária (15,7%), seguido sucessivamente pela máquina de lavar roupa (11,9%), torneira da cozinha (8,4%) e lavatório (4,1%). Não houve consumo de água na torneira do tanque durante o período de observação.

FIGURA 4 – Usos finais de água do apartamento B



3.3 Detecção de vazamento na bacia sanitária

Foi aplicado o teste da caneta com o intuito de verificar a existência de vazamentos na bacia sanitária, como apresentado na Figura 5. O próprio usuário relatou a possibilidade de vazamento no aparelho sanitário. Constatou-se que, de fato, havia vazamento não visível na bacia sanitária, sob a forma de filetes. Entretanto, não foi possível mensurar o volume de água desperdiçado.

FIGURA 5 – Detecção de vazamento na bacia sanitária



4 CONCLUSÕES

O presente artigo caracterizou os usos finais de água em dois apartamentos situados em Joinville/SC. Diante dos resultados, percebeu-se que a vazão dos aparelhos sanitários foi inferior à vazão de projeto recomendada pela NBR 5626 (ABNT, 1998). Em geral, os equipamentos sanitários comercializados atualmente são fabricados com componentes que reduzem o consumo de água (arejadores, por exemplo), como observado nas torneiras dos apartamentos.

O método adotado na pesquisa mostrou-se eficaz na estimativa do consumo de água uma vez que o consumo estimado no apartamento A teve um erro de -5,5% em relação ao medido pelo hidrômetro. Além disso, a aplicação do método auxiliou na detecção de vazamento no apartamento B. Os resultados apontaram que o chuveiro foi responsável pela maior parcela do consumo de água, com 30,9% e 59,9% nos apartamentos A e B, respectivamente, seguido pela bacia sanitária.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15097-1**: aparelhos sanitários de material cerâmico: parte 1: requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2011.

DIAS, Talita F.; KALBUSCH, Andreza; HENNING, Elisa. Factors influencing water consumption in buildings in southern Brazil. **Journal of Cleaner Production** 2018; 184: 160-167.

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** 2007; 42: 2512-2522.

GHISI, E.; OLIVEIRA, S. M. 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.

KALBUSCH, A.; GOLÇALVES, F.; CUREAU, R. J.; DEFAVERI, D.; RAMOS, D. A. Avaliação das condições de operação de equipamentos hidrossanitários em edificações públicas. **Ambiente Construído** 2018; 18: 393-408.

KAMMERS, P. C.; GHISI, E. Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído** 2006; 6: 75-90.

MARINOSKI, A. K.; VIEIRA, A. S.; SILVA, A. S.; GHISI, E. Water end-uses in low-income houses in southern Brazil. **Water** 2014; 6: 1985-1999.

PROENÇA, L. C.; GHISI, E. Estimativa de usos finais de água em quatro edifícios de escritórios localizados em Florianópolis. **Ambiente Construído** 2009; 9: 95-108.

SANT'ANA, Daniel; MAZZEGA, Pierre. Socioeconomic analysis of domestic water end-use consumption in the Federal District, Brazil**. Sustainable Water Resources Management** 2018; 4: 921-936.

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.

XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

Modelo de simulação estocástica da demanda de água em edifícios residenciais

Stochastic simulation model of water demand in residential buildings

FERREIRA, Tiago[1]; GONÇALVES, Orestes[2]

[1] Universidade de São Paulo, Av. Prof. Almeida Prado, trav.2 nº. 83 Cidade Universitária, São Paulo – SP, Brasil, tvasconcelosgf@gmail.com

[2] Universidade de São Paulo, orestes.goncalves@usp.br

RESUMO

Ao longo dos anos, pesquisadores vêm realizando estudos para investigar o perfil de consumo de água em edificações, o que contribui para o conhecimento sobre o correto dimensionamento dos sistemas hidráulicos prediais. No contexto dos métodos para caracterização das solicitações, as rotinas comumente utilizadas para obtenção das vazões de projeto foram propostas, em sua grande maioria, na metade do século XX. Esses modelos precisam ser revisados e adaptados para a realidade atual da conservação da água. Nos últimos anos, alguns estudos têm proposto modelos de simulação com foco de aplicação em sistemas de distribuição de água, devido ao comportamento aleatório e temporal das solicitações neste tipo de sistema. Neste estudo, foi proposto um modelo de simulação estocástico da demanda de água em edifícios residenciais, que contemplou a modelagem comportamental dos usuários e sua interação com o sistema, a fim de melhorar o processo de projeto de sistemas de distribuição de água. Para tal, foram revisadas as bases teóricas de modelos previamente propostos para a identificação de aspectos significativos para a construção de um novo modelo, que mesclaram a modelagem comportamental dos usuários e o sistema hidráulico. Simulações foram feitas com finalidade de aplicação do modelo proposto no trabalho. Ao comparar as vazões obtidas pela simulação e pelo Método dos Pesos Relativos nas tubulações do barrilete de um edifício hipotético, a redução da vazão de projeto variou entre 10 e 73%. Em termos de consumo de material, a redução ficou entre 25% e 63%.

Palavras-chave: Demanda de água, Vazão de projeto, Simulação computacional.

ABSTRACT

Over the years, researchers have been conducting studies to investigate the water consumption profile in buildings, which contribute to the knowledge regarding the correct sizing of the building hydraulic systems. In context of the methods for characterization of requests, the routines commonly used to obtain the project flows were mostly proposed in mid-20th-century. These models need to be revised and adapted to nowadays water conservation reality. In recent years, some studies have proposed simulation models with application focus in water distribution systems, due to the random and temporal behavior of the requests in this type of system. In this study, a stochastic simulation model of water demand in residential buildings has been proposed, which contemplated the behavioral modeling of users and their interaction with the system, in order to improve the design process of water distribution systems. For such, the theoretical bases of previously- proposed models for the identification of significant aspects for the construction of a new model were revised, which merged the behavioral modeling of users and the hydraulic system. A simulation was made to apply the model proposed in the paper. When comparing the flows obtained by the simulation and the Brazilian Standard Method, in roof pipes, the reduction of the project flow varies from 10 to 73%. In terms of material consumption, the reduction was between 25% and 63%.

Keywords: *Water demand, Design flow rates, Computational simulation.*

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, pesquisadores têm liderado estudos com o objetivo de investigar o perfil de consumo de água em edifícios. Estes estudos contribuem para o conhecimento no que tange ao dimensionamento dos sistemas prediais, seja na proposição de métodos ou modelos que descrevam as solicitações nestes sistemas ou com dados da demanda, que auxiliam no entendimento do comportamento das variáveis associadas. Diversos aspectos podem influenciar os níveis de demanda; estes devem ser considerados para estimar a demanda simultânea máxima e garantir a eficiência e economia do sistema implantado.

No contexto dos métodos para a caracterização das solicitações nos sistemas de distribuição de água, os procedimentos comumente empregados para a obtenção das vazões de projeto foram, em sua maioria, propostos na metade do século XX. O método proposto por Hunter (HUNTER, 1940) é amplamente utilizado em países como os Estados Unidos, Inglaterra e Japão; os métodos baseados na aplicação de raiz quadrada são usados em países como Alemanha, Brasil e Holanda. Nos últimos anos, alguns autores apresentaram modelos de simulação com foco de aplicação em sistemas prediais de distribuição de água. Petrucci e Gonçalves (2002) combinaram a Teoria dos grafos para representação do sistema hidráulico e um modelo *bottom-up* de simulação estocástica, em que cada aparelho é tratado de forma independente e as vazões são resultados da pressão disponível em cada ponto de utilização; Blokker, Vreeburg e Van Dijk (2010) sugeriram um modelo *bottom-up* de simulação estocástica em que o instante de acionamento dos aparelho sanitários varia em função das rotinas dos usuários do sistema; Oliveira et. al. (2013) apresentaram uma simulação em que considerou utilização de lógica-nebulosa para a determinação do tempo de banho dos usuários. Estes modelos não avaliaram o real impacto quando utilizados os modelos de simulação durante o processo de dimensionamento dos componentes do sistema predial de distribuição de água.

Neste estudo, um modelo de simulação estocástica foi desenvolvido para determinar a demanda de água com base na caracterização do comportamento do usuário e na interação do usuário com o sistema. Assim, a aplicação do modelo será demonstrada para o dimensionamento do sistema hidráulico de um edifício, destacando assim todos os benefícios deste tipo de abordagem nos processos de tomada de decisão e avaliação de desempenho dos sistemas de distribuição de água.

2 APRESENTAÇÃO DO MODELO

A caracterização das vazões em sistemas de distribuição de água depende da interação entre os usuários e o sistema. Para fins de modelagem, essa caracterização pode ser dividida em dois grupos: o grupo de usuários e o grupo de sistemas. No grupo de usuários, fatores populacionais (quantidade, distribuição e organização) são considerados; no grupo do sistema, aspectos relacionados ao sistema hidráulico são considerados. Nas seções seguintes, uma metodologia foi apresentada para o estudo da demanda de água em sistemas de distribuição de edifícios residenciais.

2.1 Modelagem dos usuários do sistema

A caracterização do usuário é um passo fundamental para a construção do perfil de demanda de equipamentos sanitários e para toda a demanda de água do edifício estudado. O processo de geração de um usuário do sistema é baseado no número de andares e apartamentos (variável determinística) do edifício e na definição dos grupos populacionais de edifícios (variável aleatória), que variam de lugar para lugar (cidades, estados, regiões e países, entre outros)

2.2 Modelagem do sistema hidráulico

As relações físicas entre os componentes do sistema de distribuição de água podem ser descritas via teoria dos grafos (PETRUCCI; GONÇALVES, 2001). A caracterização de um componente pode ser realizada usando um banco de dados contendo os parâmetros deste que são considerados necessários para o processo de configuração do sistema. A Figura 1 mostra um sistema hipotético de distribuição de água com seus componentes.

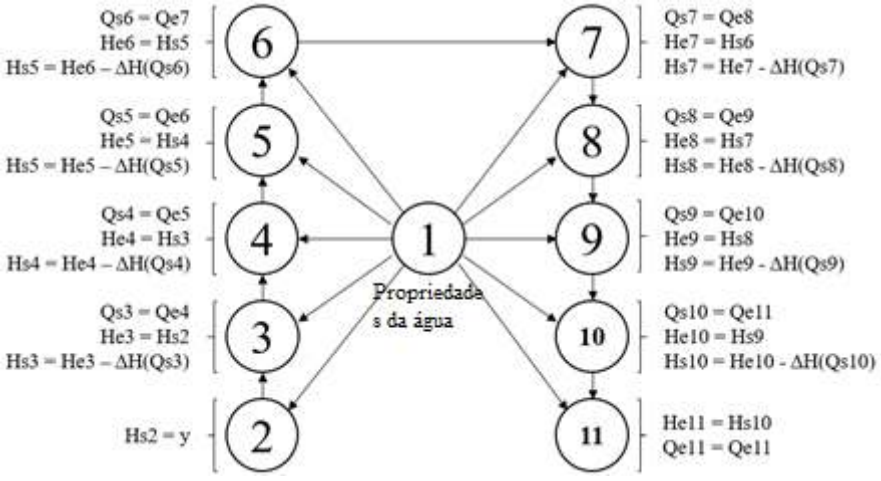
FIGURA 1 – Sistema de distribuição de água hipotético.



Fonte: Autores

Para representar um sistema de distribuição de água através de um grafo, os componentes do sistema são representados como vértices (nós) e as relações entre as propriedades do componente são representadas como arestas do grafo. A Figura 2 mostra a representação do sistema ilustrado na Figura 1, aplicando os conceitos da teoria dos grafos, onde He é a pressão de entrada de um componente, Hs é a pressão de saída, Qe é a vazão de entrada, Qs é a vazão, y é a altura da água no tanque, ΔH é a perda de carga total no componente, Ze é a cota de entrada geométrica e Zs é a cota de saída geométrica.

FIGURA 2. Representação das relações entre as propriedades dos componentes do sistema apresentado



Fonte: Autores

A duração da descarga de aparelhos sanitários, denominada t, baseia-se na maneira pela qual os usuários ativam os aparelhos sanitários e em seu comportamento temporal após sua ativação. A frequência de uso de aparelhos sanitários durante um dia, denotado como f, pode ser classificada de acordo com a abrangência de usuários alcançados ao utilizar o aparelho; portanto, distinguem-se entre aparelhos para uso individual e aparelhos para uso coletivo. A variável que descreve a vazão de aparelhos sanitários - denotado como q - foi estabelecida de acordo com a capacidade de permitir ajustes de vazão, como aparelhos predeterminados e aparelhos de ajuste contínuo.

2.3 Modelagem da variável que representa o instante de acionamento do aparelho sanitário

A variável aleatória, denotada como τ, representa o instante em que os aparelhos sanitários são utilizados no modelo e segue a metodologia proposta por Blokker, Vreeburg e Van Dijk (2010); a função de densidade de probabilidade dessa variável aleatória pode ser obtida como uma função das variáveis de rotina de cada usuário do sistema (por exemplo o horário em que o usuário acorda, sai de casa, retorna para a residência ou dorme).

3 DADOS DE ENTRADA DO MODELO

Os dados para a caracterização dos usuários do prédio variam de acordo com o local e o tipo de construção. Esses dados podem ser encontrados em bancos de dados do governo. O Quadro 1 lista os grupos populacionais identificados no Brasil e o Quadro 2 lista os dados que podem ser utilizados para classificação de idade dos usuários (IBGE, 2011). Estes dados serão necessários para a criação dos usuários do modelo (quantidade) e classe de idade dos usuários criados.

QUADRO 1 - Grupos da população brasileira e seus respectivos percentuais de ocorrência

Grupo populacional	%
Uma pessoa	14.60
Casal sem filhos	20.00
Casa com filhos	42.30
Apenas um adulto e filhos	16.30
Famílias de outros tipos	6.50
Outros tipos	0.30

QUADRO 2 - Grupos etários utilizados no modelo de simulação

Grupo	Descrição	%
Grupo 1	Criança	54
	Adolescente	46
Grupo 2	Adulto	84
	Idoso	16
Grupo 3	Adulto	100

Fonte: IBGE (2011).

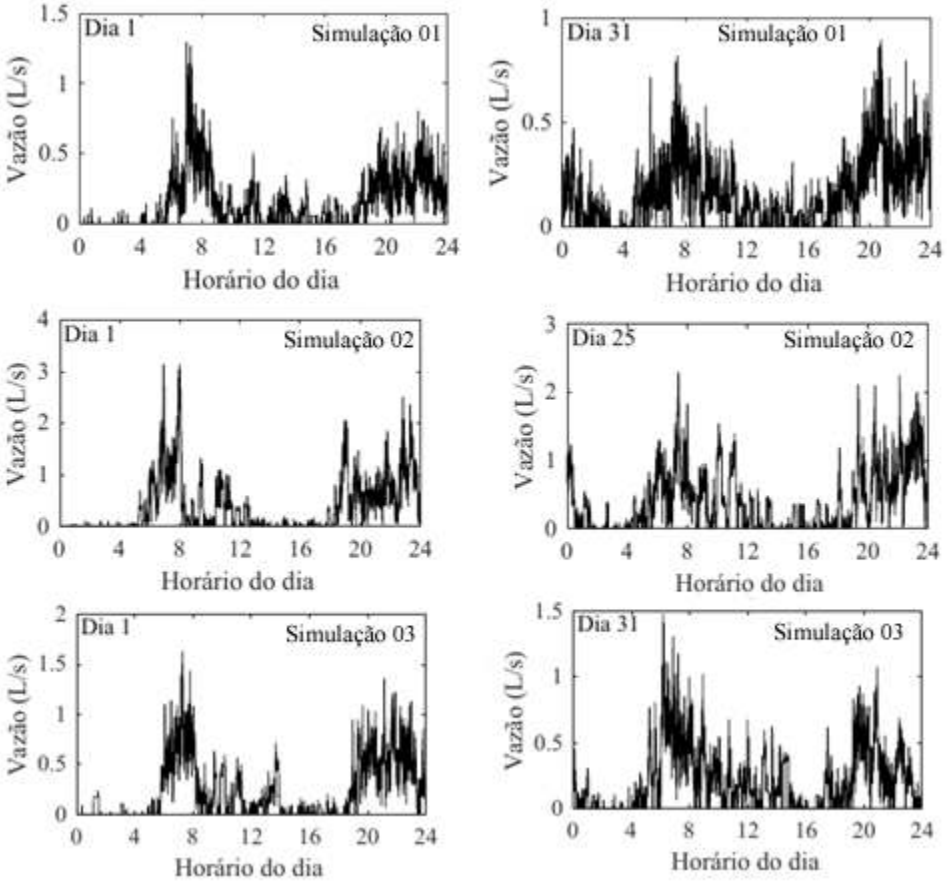
4 SIMULAÇÃO

A simulação do modelo foi realizada para um sistema de distribuição de água de um edifício hipotético de 12 andares, com três apartamentos por andar. Cada apartamento tem uma pia, um tanque e uma máquina de lavar roupa, bem como dois banheiros, cada um com um chuveiro, um vaso sanitário e um lavatório. Todos os apartamentos possuem medição individualizada de água.

Uma vez que o chuveiro é o aparelho sanitário com maior probabilidade de estar em uso simultâneo, este foi utilizado para o estudo de sensibilidade do modelo de simulação. No total, foram simulados três cenários: no primeiro foi utilizado, em todos os apartamentos do sistema, o chuveiro convencional medido pelos autores Ilha e Gonçalves (1991); no segundo caso, foi utilizado um chuveiro com vazão característica elevada com média de 0,35 L/s e desvio padrão de 0,03 L/s; e no terceiro caso, foram considerados diferentes tipos de chuveiros distribuídos por todo o edifício, com vazões médias que variaram entre 0,12 L/s e 0,35 L/s.

A Figura 3 apresenta as vazões que ocorreram no barrilete do edifício nas três simulações. No primeiro dia da Simulação 01, a vazão máxima foi de 1,29 L/s às 6h59min e no trigésimo primeiro dia a vazão máxima foi de 0,90 L/s às 21h26min; No primeiro dia da Simulação 02, a vazão máxima foi de 3,14 L/s às 6h55min e no vigésimo quinto dia a vazão máxima foi de 2,29 L/s às 7h24min; e no primeiro dia da Simulação 03 a vazão máxima foi de 1,63 L/s às 7h17min e trigésimo primeiro dia a vazão máxima foi de 1,48 L/s às 6h12min.

FIGURA 3 - Vazões que ocorreram no barrilete do edifício em diferentes dias das simulações 01, 02 e 03

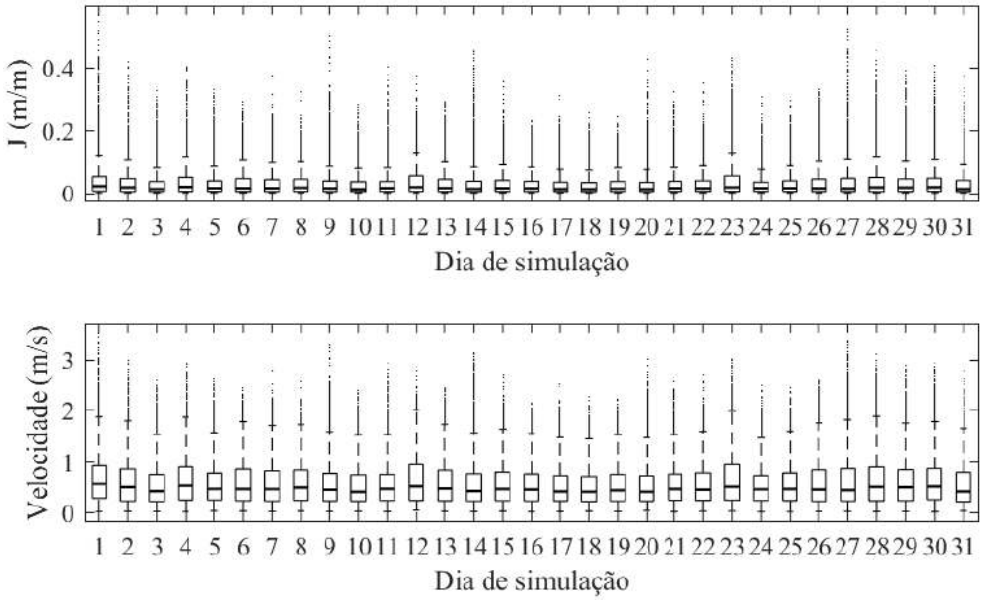


Fonte: Autores.

Para a determinação do período de pico na simulação, foi estabelecido que este é o período com maior consumo de água durante uma hora. Quando considerado os dados relativos às vazões que ocorreram nos períodos de pico nas simulações, a vazão de projeto no barrilete foi de 1,02 L/s na Simulação 01, 3,37 L/s na Simulação 2 e 1,67 L/s na Simulação 03, com 1% de probabilidade de falha. A vazão de projeto obtida quando utilizado o Método dos Pesos Relativos é de 3,77 L/s.

O processo para dimensionamento dos diâmetros dos componentes do sistema é iterativo e baseia-se na variação da velocidade máxima admissível dos componentes em posse da vazão de projeto. Em todos os casos, a velocidade máxima admissível inicial foi de 3 m/s. A Figura 4 mostra os dados que podem ser obtidos com a simulação e garante uma compressão das solicitações de um trecho de tubulação, neste caso, do barrilete da Simulação 01. Apesar do componente ter um diâmetro satisfatório para grande parte dos dados, é possível observar uma significativa quantidade de pontos que ultrapassam o limite de 3 m/s, ocasionando uma elevada perda de carga unitária (J) nestes instantes.

FIGURA 4 - Quartis da amostra da perda de carga unitária e das velocidades que ocorreram no trecho de tubulação estudado durante os 31 dias da Simulação 01, com velocidade admissível de 3 m/s



Fonte: Autores

De uma forma geral, o Quadro 3 mostra um resumo dos diâmetros iniciais e finais obtidos para os diferentes valores de velocidade máxima admissível adotados nas três simulações. Para cada configuração, é possível obter a velocidade que representa 99% de probabilidade de não ser ultrapassada.

QUADRO 3 - Grupos da população brasileira e seus respectivos percentuais de ocorrência

Simulação	**Vazão de projeto (L/s)**	**Diâmetro (mm)**		**Velocidade máxima admissível (m/s)**		**99% Dados (m/s)**	
		Inicial	**Final**	**Inicial**	**Final**	**Inicial**	**Final**
Simulação 01	1,02	20	25	3	2	1,62	0,92
Simulação 02	3,37	40	40	3	3	1,15	1,15
Simulação 03	1,67	25	32	3	2	1,59	0,99

Em termos de consumo de material, na Simulação 01 o sistema dimensionado resultou em um total de 139,33 kg de PVC, enquanto o sistema dimensionado utilizando o Método dos Pesos Relativos resultou em um total de 316 kg, representando um aumento de 63%; na Simulação 02, o sistema dimensionado resultou em um total de 349,69 kg de PVC, enquanto o sistema dimensionado utilizando o Método dos Pesos Relativos resultou em um total de 438,16 kg, um aumento de aproximadamente 25%; e na Simulação 03, o sistema dimensionado de acordo com as considerações feitas ao longo desta seção resultou em um total de 321,11 kg de PVC, enquanto o sistema dimensionado utilizando o Método dos Pesos Relativos resultou em um total de 439,20 kg, um aumento de aproximadamente 27%.

5 CONCLUSÃO

Os resultados da simulação apresentaram variabilidade de resultados que podem ser obtidos para o mesmo sistema físico de distribuição de água, apenas com a variação do tipo de chuveiro dos apartamentos. Nos trechos da tubulação do barrilete, a vazão de projeto de projeto obtida das simulações variou de 1,02 a 3,39 L/s, enquanto a obtida usando a norma brasileira foi de 3,77 L/s; o aumento médio variou de 10 a 73%.

Além disso, o estudo mostrou que a avaliação do comportamento real do sistema fornece evidências da inconsistência existente no processo de projeto dos sistemas de distribuição de água comumente utilizado. O dimensionamento baseado nas vazões de projeto, seja de natureza determinística ou probabilística, não garante a previsibilidade necessária para o dimensionamento dos diâmetros mais econômicos. A velocidade máxima permissível das seções pode ser relativizada como uma função da avaliação do comportamento do sistema e seu valor pode variar de acordo com a amostra de dados de fluxo considerada.

REFERÊNCIAS

BARRETO, D.; MEDEIROS, O. Caracterização da vazão e frequência de uso de aparelhos sanitários. **Ambiente Construído**, v. 8, n. 4, p. 137–149, 2008.

BLOKKER, E. J. M.; VREEBURG, J. H. G.; Van Dijk, J. C. Simulating Residential Water Demand with a Stochastic End-Use Model. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 136, n. January/February, p. 19–26, jan 2010. ISSN 0733-9496.

COURTNEY, R. A Multinomial Analysis of Water Demand. **Building and Environment**, v. 11, p. 203–209, 1976.

GONÇALVES, O. M. **Formulação de modelo para o estabelecimento de vazões de projeto em sistemas prediais de distribuição de água fria**. 1986. 203 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) — Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.

HUNTER, R. B. **Methods of estimating loads in plumbing systems**. [S.l.]: US Department of Commerce, National Bureau of Standards, 1940. 78–85 p.

ILHA, M. S. d. O.; GONÇALVES, O. M. Estudos de parâmetros relacionados com a utilização de água quente em edifícios residenciais. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, v. 38, 1991.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA: Sinopse do censo demográfico. Rio de Janeiro, 2011. 261 p.

KONEN, T. P.; Brady Jr., P. M. A review of the parameters in the Hunter model for estimating the demand for water supply and drainage. In: **W062 - Proceedings of the 3th International Symposium on Water Supply and Drainage for Buildings**. Hørsholm, Denmark: CIB W062 - Water Supply and Drainage, 1974.

PETRUCCI, A. L.; GONÇALVES, O. M. Dimensionamento de redes prediais de água sob vazões reais. **Ambiente Construído,** v. 2, n. 4, p. 27–37, 2002.

OLIVEIRA, L. H. de et al. Modelling of water demand in building supply systems using fuzzy logic. **Building Services Engineering Research and Technology**, v. 34, n. 2, p. 145–163, maio 2013.

WISTORT, R. A new look at determining water demand in buildings: ASPE direct analytical method. In: **American Society of Plumbing Engineers Convention**. Kansas City, Missouri: American Society of Plumbing Engineers, 1994.

XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

Mapeamento das principais causas de contaminação de água potável em sistemas prediais hidrossanitários

Mapping of main causes of potable water contamination in predial hydrosanitary systems

OLIVEIRA, Paulo Henrique Stehling[1]; BARRETO, Douglas [2]

1. Universidade Federal de São Carlos – Engenheiro Civil, Discente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Departamento de Engenharia Civil e Docente da UNASP, Est. Municipal Pr. Walter Boger, s/n – Engenheiro Coelho, paulo.stehling@ucb.org.br
2. Universidade Federal de São Carlos – Docente no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Departamento de Engenharia Civil, dbarreto@ufscar.br

RESUMO

Dentre os sistemas prediais o que mais tem potencial para apresentar manifestações patológicas é o sistema hidrossanitário. Existem diversas manifestações patológicas possíveis e uma delas é a contaminação da água potável no sistema de distribuição e armazenamento. Em algumas situações a água apresenta adequado padrão de potabilidade na fonte, mas no reservatório encontra-se contaminada. O método adotado consistiu de uma revisão bibliográfica, cujo objetivo foi mapear, identificar e classificar as principais causas de contaminação de água potável em sistemas prediais hidrossanitários em diversas bases de dados. Como resultado, foram identificadas diversas causas de contaminação, e estas foram classificadas em: conexão cruzada; desgaste de materiais; tempo de armazenamento; manutenção; vedação; equipamentos; projeto; vandalismo/sabotagem; tratamento inadequado; e fonte. Pode-se concluir que as causas são diversas e que existem medidas a serem tomadas para evitá-las, e entre as recomendações pode-se concluir que há a necessidade de implantar uma cultura de manutenção e que o uso de reservatórios enseja muitos cuidados para garantir a qualidade da água no sistema de distribuição e consumo. Por fim, ressalta-se a importância de um projeto dos sistemas prediais hidrossanitários bem elaborado e atendendo as recomendações técnicas.

Palavras-chave: Sistemas prediais; instalações hidráulicas; qualidade de água; contaminação; reservatórios.

ABSTRACT

Among the building services systems, the one with the potential to present pathological manifestations is the hydrosanitary system. There are several possible pathological manifestations and one of them is the contamination of drinking water in the distribution and storage system. In some situations, the water has an adequate standard of potability at the source, but in the reservoir, it is contaminated. The method adopted consisted of a bibliographic review, whose objective was to map, identify and classify the main causes of contamination of drinking water in hydrosanitary land systems in several databases. As a result, the several causes of contamination identified and classified were: cross-connection; wear of materials; storage time; maintenance; seal; equipment; project; vandalism/sabotage; inadequate treatment; and source. It can be concluded that the causes are diverse and that there are measures to be taken to avoid them, and among the recommendations it can be concluded that there is a need to implement a culture of maintenance and that the use of reservoirs requires much care to ensure the quality of water in the distribution and consumption system. Finally, the importance of a well-developed hydrosanitary systems project is emphasized and taking into account the technical recommendations.

Keywords: *Building services systems; Hidraulic systems; water quality; contamination; reservoirs.*

1 INTRODUÇÃO

Um dos sistemas prediais que mais provocam manifestações patológicas nas edificações são os hidrossanitários. Quando as instalações são enterradas se torna mais difícil a detecção de anomalias, gerando um problema silencioso e com grande potencial destrutivo. No caso de vazamento em tubulações enterradas de esgoto sanitário, o material que infiltra no solo traz um alto nível de contaminação, podendo prejudicar grandemente o sistema de alimentação de água potável.

Segundo a NBR 5626:1998 (ABNT, 1998) "os reservatórios de água potável constituem uma parte crítica da instalação predial de água fria no que diz respeito à manutenção do padrão de potabilidade".

A água pode estar com a qualidade adequada na fonte, mas não estar no reservatório, segundo Santos (2002) "o fato da água encontrar-se potável na entrada da edificação não garante que a mesma esteja potável no ponto de consumo. Isto ocorre porque existem pontos potenciais de contaminação de água no referido trajeto".

A causa inicial da contaminação da rede pode ser por material de esgotamento sanitário que contamina o solo e, devido a falhas também na tubulação de água fria, contamina a água tornando-a inadequada ao consumo.

Geldreich (1996) citado por Moreno (2009) afirma que "a qualidade da água pode ser degradada no sistema distribuidor pois, em seu caminho entre a unidade de tratamento e a torneira do consumidor ocorrem reações químicas e biológicas que estão relacionadas.

Reali et al. (2002) aponta que "a localização imprópria do reservatório, a ignorância do usuário em relação à conservação do reservatório, a falta de cobertura adequada e a ausência de limpezas periódicas são os principais fatores que contribuem para a alteração da qualidade da água".

O objetivo geral deste trabalho é apresentar e discutir os resultados do mapeamento das principais causas de contaminação de água potável em sistemas prediais hidrossanitários.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

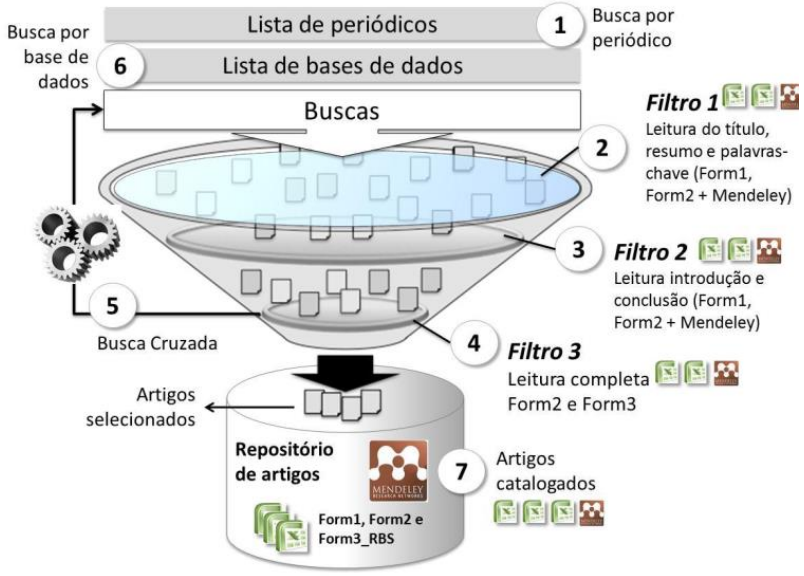
Este trabalho consistiu em uma Revisão Bibliográfica Sistemática, tendo como base o "BS Roadmap" proposto por Conforto E.C.; Amaral D. C.; Silva S.L (2011) apresentado na Figura 1, a seguir.

A bases de pesquisa foram: Portal de Periódicos - Capes, ScienceDirect, Scielo, Biblioteca Digital de Teses e Dissertações, todas de livre acesso.

Como palavras-chave para busca nas bases dados foram: building systems; plumbing system; waste pipe; buried pipes; underground piping; pathological manifestations; water tank; reservoir; vessel; contamination; quality; drinking water; water pollution building; water quality; building water supply; distribution system; domestic drinking water; deterioration; household; private water storage tank.

Foram estabelecidos os seguintes critérios para definição dos artigos a serem analisados na RBS: ano de publicação; local de estudo; tipo de contaminação e etapa de contaminação.

FIGURA 1– Processo da RBS roadmap.



Fonte: Conforto et.al.(2011)

3 RESULTADOS E ANÁLISES

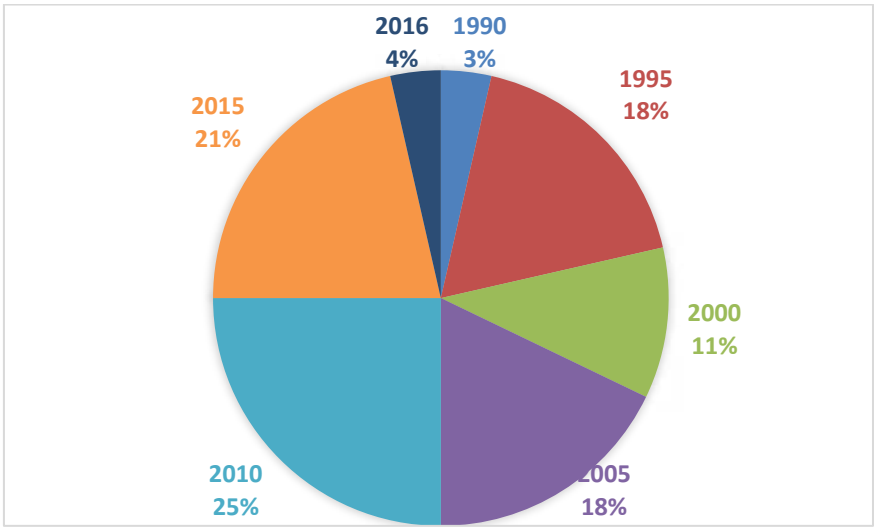
A seguir serão apresentados os resultados obtidos e suas respectivas análises do mapeamento sistemático realizado.

3.1. Mapeamento

Foi realizada uma pesquisa em bases de dados com as seguintes palavras-chave: building systems; plumbing system; waste pipe; buried pipes; underground piping; pathological manifestations; water tank; reservoir; vessel; contamination; quality; drinking water; water pollution building; water quality; building water supply; distribution system; domestic drinking water; deterioration; household; private water storage tank. Estas palavras foram utilizadas com diversas combinações entre si, resultando em 36 documentos analisados, sendo 29 artigos; 2 Normas, 3 teses e 2 apostilas.

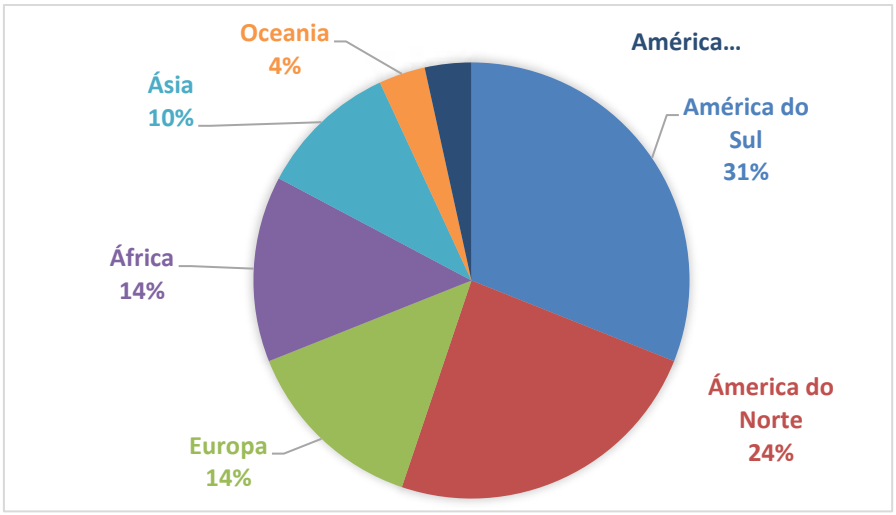
Foi realizada uma depuração nas referências encontradas, considerando a relevância e convergência do teor dos documentos e com o material selecionado foi feita uma compilação considerando: o ano de publicação; o país ou região do local de estudo; o tipo de estudo realizado; o tipo de contaminação; e por etapa de contaminação; As Figuras 2 a 6 a seguir apresentam os resultados das classificações.

FIGURA 2 – Classificação dos artigos por ano de publicação.



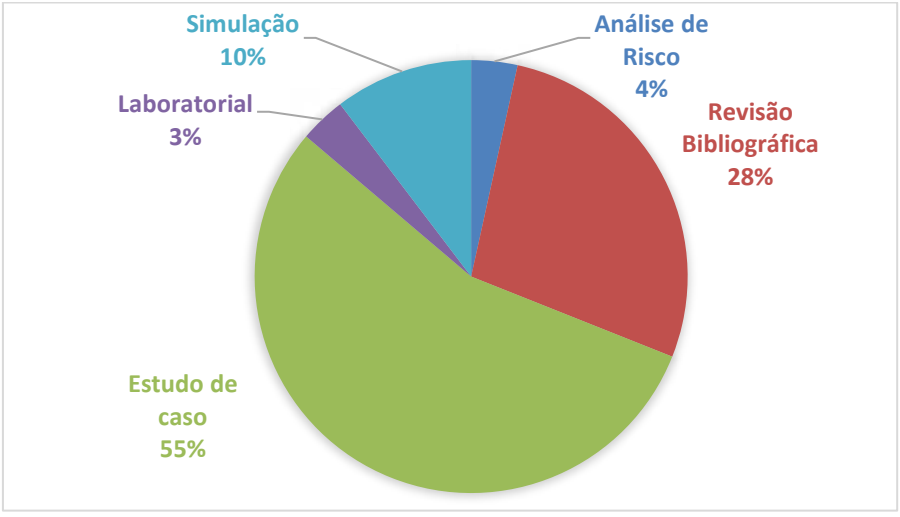
Fonte: Autores.

FIGURA 3 – Classificação dos artigos por país ou região do local de estudo.



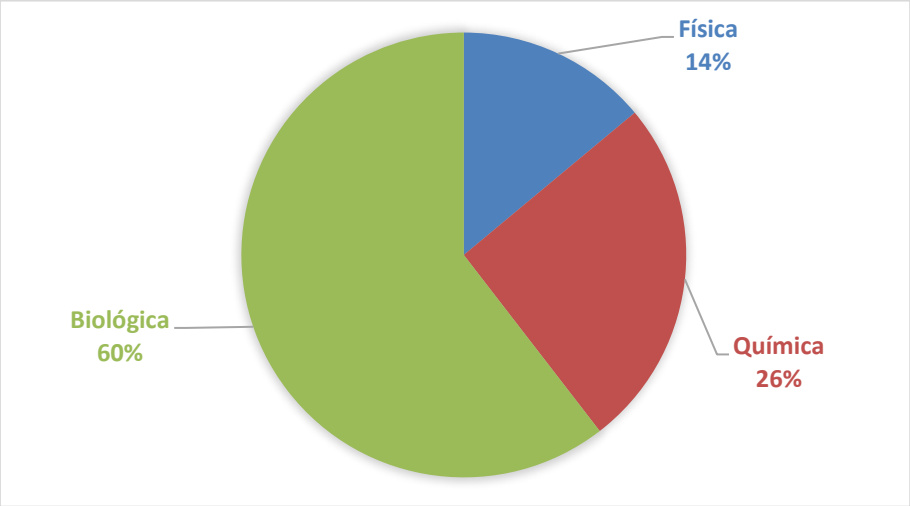
Fonte: Autores.

FIGURA 4 – Classificação dos artigos por tipo de pesquisa.



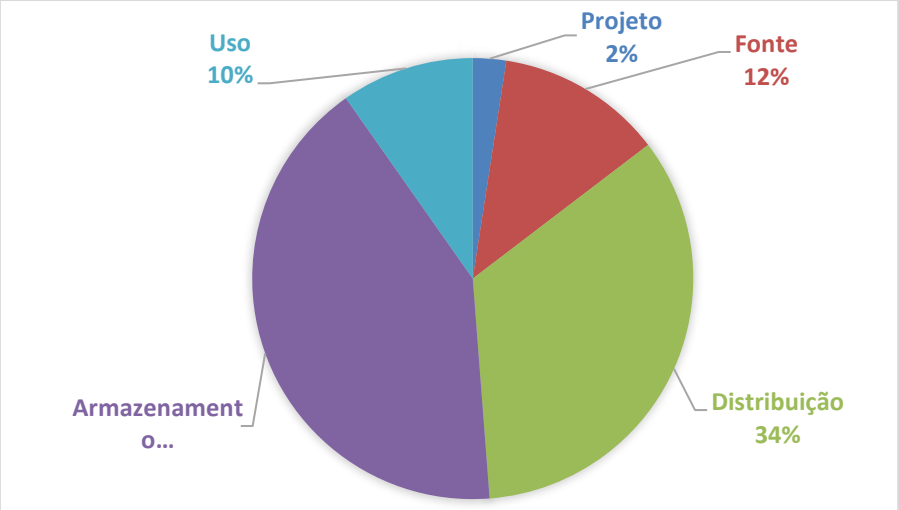
Fonte: Autores.

FIGURA 5 – Classificação dos artigos por tipo de contaminação.



Fonte: Autores.

FIGURA 6 – Classificação dos artigos por etapa de contaminação.



Fonte: Autores.

A respeito do mapeamento realizado verificou-se que no período da pesquisa realizada a concentração de artigos data de 2005 a 2015. Em relação aos países ou locais a maioria se concentra nas Américas Sul e do Norte, denotando-se que estas regiões têm ocorrido manifestações de contaminação com maior frequência. A maioria dos tipos de pesquisa verificado são Estudos de Caso, que podem indicar alta frequência da ocorrência de contaminações. Quanto ao tipo de contaminação verifica-se que a maioria foi biológica seguida por contaminação química. Quanto à origem verificou-se que se concentra em duas etapas, de distribuição e de armazenamento, ou seja, na rede e nos reservatórios das residências.

3.2. Classificação

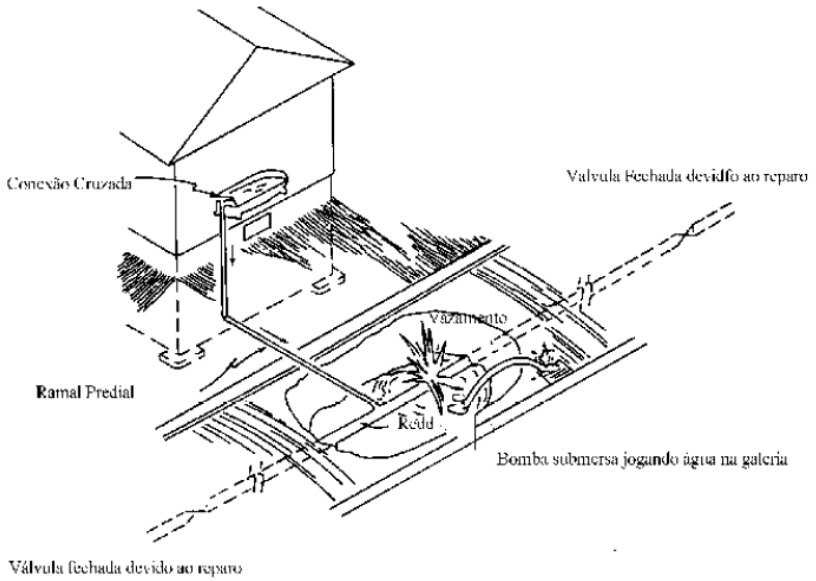
A partir dos artigos selecionados foi possível classificar as causas de contaminação nas seguintes categorias: Conexão cruzada; Desgaste de materiais; Tempo de armazenamento; Manutenção; Vedação; Equipamentos; Projeto; Vandalismo/sabotagem.

3.2.1 Conexão cruzada

Segundo Zacarias e Bulbo (1987) citado por Tomaz (2010) a conexão cruzada "é possível devido ao contato de águas servidas com a água potável da rede. O ponto onde este contato pode vir a ocorrer denomina-se conexão cruzada ou Cross-Connection".

A conexão cruzada pode ser dividida entre 'direta' e 'indireta'. Segundo Tomaz (2010) "a conexão cruzada direta é aquela que permite o fluxo da água de um sistema para outro, simplesmente existindo uma pressão diferencial entre os dois". A Figura 7 ilustra este tipo de fenômeno.

FIGURA 7 – Exemplo de conexão cruzada

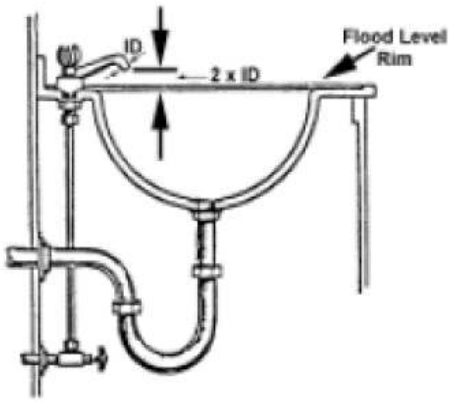


Fonte: Tomaz (2010) [5]

No caso da conexão cruzada indireta Tomaz (2010) afirma que ela acontece quando "o fluxo de água no sentido da rede está sujeito a uma situação anormal, que venha aproximar a água servida o suficiente da extremidade do ponto de utilização para que esta possa ser succionada para a tubulação", denominada de "retrossifonagem".

De acordo com Reali et al (2002) "a retrossifonagem pode ocorrer em aparelhos que apresentam a entrada de água potável abaixo do plano de transbordamento dos mesmos." A Figura 8 mostra esta diferença de níveis em um lavatório.

FIGURA 8 – Níveis de entrada e transbordamento de lavatório.

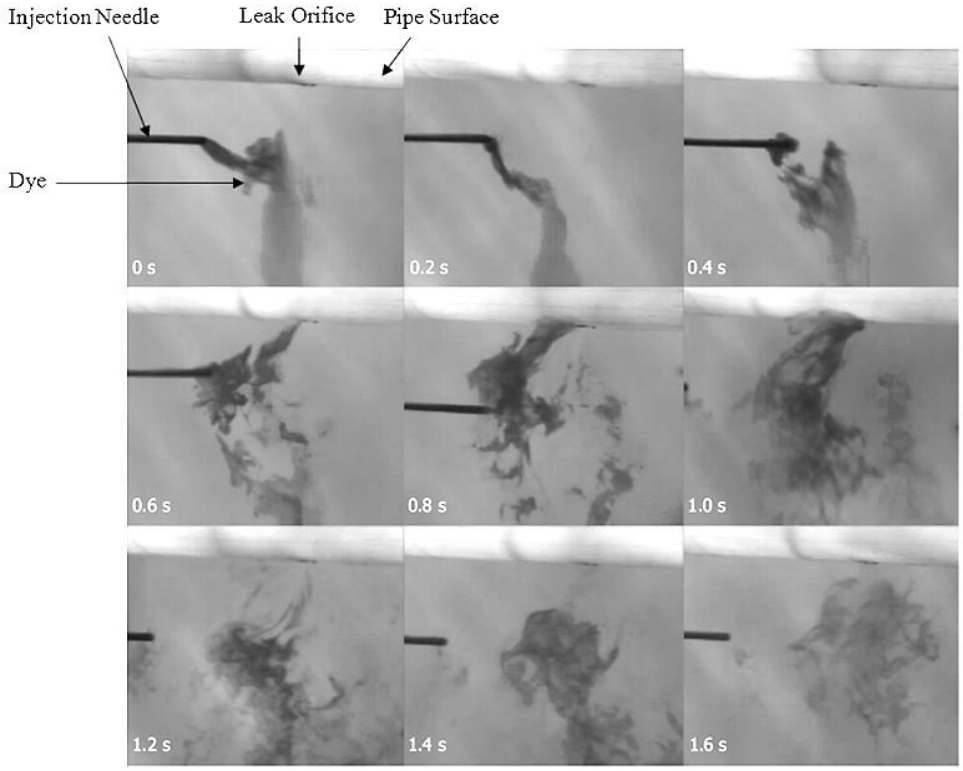


Fonte: Tomaz, 2010.

Uma observação importante é que nos dois casos de conexão cruzada deve haver uma queda de pressão na rede para induzir o refluxo da água. Por este motivo, situações que levem a pressões negativas sempre devem ser evitadas.

LeChevallier (2003) citado por Moreno (2009) afirma que "os organismos fecais e vírus humanos podem estar presentes na água subterrânea próxima à tubulação e durante transientes de baixa ou negativa pressão poderão ser arrastados para dentro das tubulações". A Figura 9 ilustra este fenômeno com simulação realizada em laboratório.

FIGURA 9 – Simulação de conexão cruzada



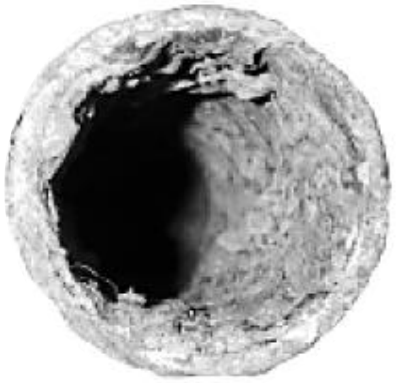
Fonte: Fox et al (2016)

3.2.2 Desgaste de materiais

Alguns artigos apresentam o desgaste dos materiais componentes do sistema com uma das causas de contaminação. Segundo Lee e Schwab (2005) a corrosão é um fator essencial no processo de envelhecimento natural.

A corrosão é um meio de introdução de material orgânico e inorgânico no sistema de fornecimento de água, e há evidências que a corrosão afeta a qualidade da água nos sistemas de distribuição. (LEE e SCHAWB, 2005). A Figura 10, a seguir, ilustra um exemplo de corrosão em tubulação.

FIGURA 10 – Corrosão em tubo



Fonte: Lahlou (2002)

3.2.3 Tempo de armazenamento

A idade da água é um fator importante na deterioração da qualidade da água em um sistema de distribuição. “À medida que a água viaja através do sistema de distribuição, ela sofre várias transformações químicas, físicas e estéticas, impactando a qualidade da água”. (AWWA, 2002).

Como alerta importante aos projetistas de sistemas prediais Moreno (2009) afirma que “o sistema de distribuição não deve ter capacidade excessiva, pois resultarão longos tempos de trânsito da água entre a unidade de tratamento e o consumidor”. O Quadro 1, a seguir, mostra quais são os principais problemas associados com a idade da água.

QUADRO 1 – Problemas associados com a idade da água

Problemas químicos	Problemas Biológicos	Problemas Físicos
*Desinfecção por formação produtos	*desinfecção por biodegradação de produto	Elevação da temperatura
Decaimento de desinfecção	*Nitrificação	Deposição de sedimentos
*Efetividade no controle da corrosão	*Crescimento microbiano/ recobrimento/cobrimento	cor
Sabor e odor	Sabor e odor	
*Denota problemas de qualidade da água com potencial impacto público		

Fonte: Livre tradução de AWWA (2002)

Segundo a NBR 5626 (1998) “os reservatórios destinados a armazenar água potável devem preservar o padrão de potabilidade. Em especial não devem transmitir gosto, cor, odor ou toxicidade à água nem promover ou estimular o crescimento de microrganismos”.

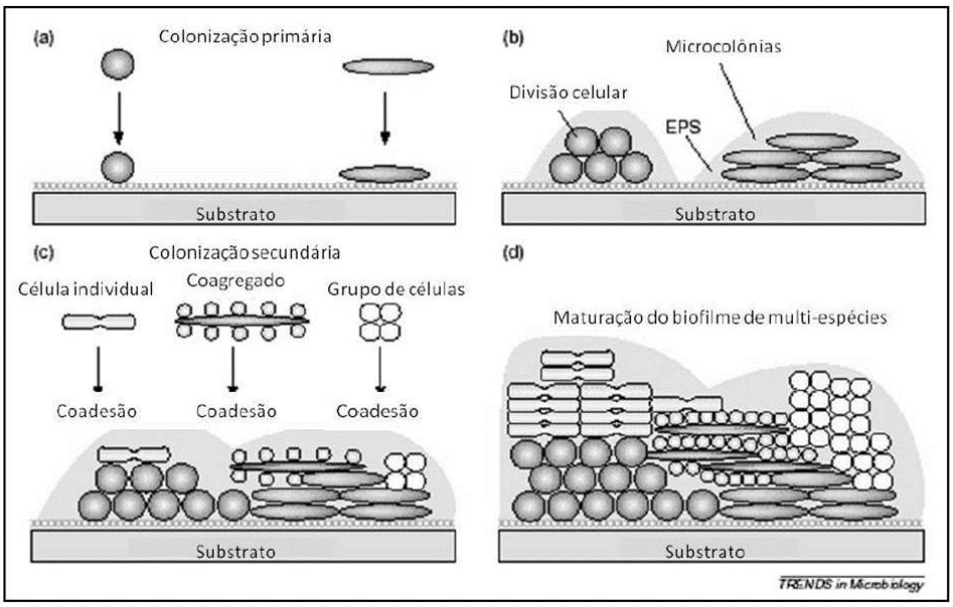
3.2.4 Manutenção

Uma causa de contaminação importante no contexto de países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, é ausência de manutenção adequada nos reservatórios. A recomendação técnica é que eles recebam limpeza a cada 6 meses, mas na maioria dos casos esta medida não é cumprida. A limpeza periódica dos reservatórios elimina a presença do biofilme que pode se formar.

Biofilme, segundo Julião (2011), "é um complexo ecossistema microbiológico e a dinâmica da sua formação ocorre em etapas distintas, iniciando-se com a adesão dos organismos colonizadores a uma superfície, geralmente contendo proteínas ou outros compostos orgânicos".

Reali et al (2002) afirma que "a existência de uma camada de matéria orgânica e inorgânica no fundo do reservatório provoca um aumento da turbidez e cor, é responsável pelo consumo da maior parte do cloro residual da água afluente e acarreta a diminuição do oxigênio dissolvido". A Figura 11 mostra como funciona o desenvolvimento de um biofilme.

FIGURA 11 – Desenvolvimento de um biofilme.



Fonte: Julião (2011)

3.2.5 Vedação

A falta de vedação adequada nos reservatórios também se mostrou uma das principais causas de contaminação. Esta pode ocorrer tanto pelo contato direto de animais e suas fezes, quanto pelo contato direto dos usuários.

A NBR 5626 (ABNT, 1998) preconiza que "o reservatório deve ser um recipiente estanque que possua tampa ou porta de acesso opaca, firmemente presa na sua posição, com vedação que impeça a entrada de líquidos, poeiras, insetos e outros animais no seu interior".

3.2.6 Equipamentos

Alguns trabalhos apontaram os filtros como um dos principais causadores de contaminação da água potável. A explicação fornecida por Scuracchio (2010) é que "esses filtros geralmente retiram o cloro da água e, quando não substituídos e higienizados adequadamente, favorecem a proliferação de microrganismos".

A conclusão de Scuracchio (2010) foi que "os filtros foram os maiores responsáveis pela depreciação da qualidade da água, em relação ao aumento de bactérias heterotróficas e redução do teor de cloro, aumentando, portanto, o risco de doenças".

3.2.7 Projeto

A respeito das falhas de projeto que podem causar contaminação de água, Gnipper (1993) citado por Gnipper e Mikaldo (2007) afirma que "os vícios podem ocorrer por falhas de concepção sistêmica, erros de dimensionamento, ausência ou incorreções de especificações de materiais e de serviços, insuficiência ou inexistência de detalhes construtivos, etc".

Gnipper e Mikaldo (2007) apresentam uma tabela que reúne as principais manifestações patológicas que podem ocorrer em decorrência de inconformidades na fase de projeto.

3.2.8 Vandalismo/sabotagem

Uma causa menos recorrente, porém importante, é a contaminação por ação humana proposital e intencional. Podem ocorrer situações em que o sistema de água potável encontra-se vulnerável para a ação de terceiros, podendo sofrer ações de vandalismo ou sabotagem.

Pensando nesta situação torna-se necessário abordar o tema da segurança dos recursos hídricos. "A melhor defesa contra a sabotagem é o planejamento preventivo para a segurança da infraestrutura das redes de distribuição da água". (Tularam e Properjohn, 2010)

4. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A primeira conclusão tirada a partir desta pesquisa é que existem diversas e variadas causas de contaminação de água potável em sistemas prediais hidrossanitários. São inúmeros fatores causadores de contaminação, tornando-se até complicada a tarefa de classificá-los.

Pode-se observar também que este é um problema muito comum e recorrente, principalmente em países em desenvolvimento. Isto se deve ao fato que nestes países o regime de abastecimento de água potável normalmente é feito de forma indireta ou mista, devido a intermitência do abastecimento.

Com isto, conclui-se que o sistema indireto, com uso de reservatórios prediais, aumenta as possibilidades de contaminação da água. Então, o uso de reservatórios deve ser evitado, se possível.

Observa-se também uma necessidade prevalente de implantar uma cultura de manutenção em países como o Brasil. Com medidas simples de limpeza e manutenção muitos problemas de saúde podem ser evitados.

Pode-se apontar também que existe abertura no mercado para desenvolvimento de novos materiais componentes dos sistemas prediais. Novos materiais, com menor nível de contaminação, podem proporcionar maior durabilidade da qualidade da água no sistema de distribuição.

Por último, ressalta-se a importância de os profissionais de projeto de sistemas prediais apresentarem projetos bem dimensionados, adequados às normas e às recomendações técnicas, como sendo uma ação preventiva no sentido de eliminar falhas nos sistemas e resultando num projeto de qualidade e de fácil execução.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**. Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

AWWA (American Water Works Association) and Economic and Engineering Services. **Effects of water age on distribution system water quality**. Prepared for: U.S. Environmental Protection Agency. Washington, 2002.

BERARDI, L.; GIUSTOLISI, O.; KAPELAN, Z.; SAVIC, D. A. Development of pipe deterioration models for water distribution systems using EPR. **Journal of Hydroinformatics**, 10.2, 2008, p.113-126.

CAMILOTTI, F. E. G.; GONÇALVES, M. L. **Avaliação do sistema de armazenamento de água em edificações**. IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Foz do Iguaçu, 2002.

CAMPOS, J. A. D. B.; FARACHE FILHO, A.; FARIA, J. B. Qualidade da água armazenada em reservatórios domiciliares: parâmetros físico-químicos e microbiológicos. **Alim. Nutr**., Araraquara, v.14, n.1, pp. 63-67, 2003.

CLARK, R. M.; GRAYMAN, W. M.; MALES, R. M.; HESS, A. F. Modeling contaminant propagation in drinking-water distribution systems. **J. Environ. Eng**. 1993.119:349-364.

CONFORTO E.C.; AMARAL D. C.; SILVA S.L. **Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos**. 8° Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto. Porto Alegre – RS, Set. 2011.

ERCUMEN, A.; GRUBER, J. S.; COLFORD JR., J. M. Water Distribution System Deficiencies and Gastrointestinal Illness: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Environmental Health Perspectives**, vol. 122, n. 7, July 2014.

ESHCOL, J.; MAHAPATRA, P.; KESHAPAGU, S. Is fecal contamination of drinking water after collection associated with household water handling and hygiene practices? A study of urban slum households in Hyderabad, **India. Journal of Water and Health**, 07.1, pp. 145-154, 2009.

FOX, S.; SHEPERD, W.; COLLINS, R.; BOXALL, J. Experimental quantification of contaminant ingress into a buried leaking pipe during transient events. **Journal of Hydraulic Engineering**, 142(1), 2016.

FREIRE, R. C. Qualidade da água nos reservatórios domiciliares na região metropolitana da cidade do Recife, Pernambuco. **J Manag Prim Health Care** 2012; 3(2):102-105.

GAMAL, H. F.; RASHED, G. E. A.; SARAWY, A. A. **Microbiological Quality of Potable Water in Distribution Systems from Small Units in Dakahlia Governorate**. Fourth International Water Technology Conference IWTC 99, Alexandria, Egypt.

GIBBS, S. G.; MECKES, M. C.; SCARPINO, P. V. The effect of long-term wastewater cross-conection on the biofilm of a simulated water distribution system. **Journal of Environmental Engineering and Science**; Mar 2003; 2, 2; pp.85-98.

GNIPPER, S. F.; MIKALDO JR, J. **Patologias frequentes em sistemas prediais hidráulico-sanitários e de gás combustível decorrentes de falhas no processo de produção do projeto**. Anais do VII workshop brasileiro de gestão do processo de projetos na construção de edifícios. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

GUNDRY, S. W. Contamination of drinking water between source and point-of-use in rural households of South Africa and Zimbabwe: implications for monitoring the Millennium Development Goal for water. **Water Practice & Technology** Vol 1 No 2, 2006.

JULIÃO, F. C. **Avaliação das condições microbiológicas e físico-químicas da água de reservatório domiciliar e predial: importância da qualidade dessa água no contexto da saúde pública.** Tese (Doutorado) – Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2011.

LAHLOU, Z. M. **Water quality in distribution systems**. A national drinking water clearinghouse fact sheet, p. 1-4. Morgantown, 2002.

LEE, Y. An Evaluation of Microbial and Chemical Contamination Sources Related to the Deterioration of Tap Water Quality in the Household Water Supply System. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 2013, 10, 4143-4160.

LEE, E. J.; SCHWAB, K. J. Deficiencies in drinking water distribution systems in developing countries. **Journal of Water and Health**, 3.2, p. 109-127, 2005.

MIRANDA, C. A. S.; MONTEIRO, T. C. N. Qualidade de água em sistemas de reservação e distribuição predial na cidade do Rio de Janeiro. **Cadernos de Saúde Pública**, RJ, 5(3), 284-295, jul/set, 1989.

MOMBA, M. N. B.; KFIR, R.; VNETER, S. N.; CLOETE, T. E. An overview of biofilm formation in distribution systems and its impact on the deterioration of water quality. **Water SA** Vol. 26 No. 1 January 2000.

MORENO, J. **Avaliação e gestão de riscos no controle da qualidade da água em redes de distribuição: estudo de caso**. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

MOSTAFA, N. G.; MATTA, M. E.; HALIM, H. A. Simulation of Chlorine Decay in Water Distribution Networks Using EPANET – Case Study. **Civil and Environmental Research**, Vol.3, No.13, 2013.

REALI, M. A. P.; MORUZZI, R. B.; PICANÇO, A. P.; CARVALHO, K. Q. **Instalações prediais de água fria**. Apostila. São Carlos, 2002.

RUFENER, S.; MAUSEZAHL, D.; MOSLER, H. J.; WEINGARTNER, R. Quality of Drinking-water at Source and Point-of consumption-Drinking Cup As a High Potential Recontamination Risk: A Field Study in Bolivia. **J Health Popul Nutr**, 2010 Feb, 28(1):34-41.

SANTOS, D. C. Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. **Revista Ambiente Construído**, v. 2, n. 4, p. 7-18. Porto Alegre, 2002.

SCURACCHIO, P. A. **Qualidade da água utilizada para consumo em escolas no município de São Carlos – SP**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Araraquara, 2010.

SCURACCHIO, P. A.; FARACHE FILHO, A. Qualidade da água utilizada para consumo em escolas e creches no município de São Carlos – SP. **Alim. Nutr**., Araraquara, v. 22, n. 4, p. 641-647, out./dez. 2011.

SEMENZA, J. C. *et al*. Water distribution system and diarrheal disease transmission: a case study in Uzbekistan. **Am. J. Trop. Med. Hyg**., 59(6), 1998, pp. 941–946.

SILVA, S.R. *et al.* O cuidado domiciliar com a água de consumo humano e suas implicações na saúde: percepções de moradores em Vitória (ES). **Eng Sanit Ambient**, v.14 n.4, out/dez 2009, 521-532.

SWISTOCK, B. R.; CLEMENS, S.; RUMMEL, S. Water Quality and Management of Private Drinking Water Wells in Pennsylvania. **Journal of Environmental Health**, vol 75, n. 6, January/February 2013.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. Apostila. São Paulo, 2010.

TREVETT, A. F.; CARTER, R. C.; TYRREL, S. F. The importance of domestic water quality management in the context of faecal–oral disease transmission. **Journal of Water and Health**, 03.3, 2005, pp. 259-270.

TREVETT, A. R.; CARTER, R. C.; TYRREL, S. F. Water quality deterioration: a study of household drinking water quality in rural Honduras. **International Journal of Environmental Health Research**, vol. 14 (4), 2004, pp. 273-283.

TULARAM, G. A.; PROPERJOHN, M. An investigation into modern water distribution network security: risk and implications. **Security Journal**, n. 24, p. 283-301. 2011.

WRIGHT, J.; GUNDRY, S.; CONROY, R. Household drinking water in developing countries: a systematic review of microbiological contamination between source and point-of-use. **Tropical Medicine and International Health**. volume 9, no 1, pp 106–117, january 2004.

- PAINEL 2A -

GESTÃO DA DEMANDA E OFERTA DE INSUMOS PREDIAIS

XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

Avaliação do impacto do uso de chuveiros de vazão restrita no desempenho dos sistemas prediais de água quente

Evaluation of the impact of the use of low flow shower heads in the performance of hot water systems

YAMADA, Marco Antonio Furtado[1]
OLIVEIRA, Lúcia Helena[2]
[1] Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, marco.yamada@usp.br
[2] Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, lucia.helena@usp.br

RESUMO

A busca pelo aumento da eficiência do uso de energia e água traz novos desafios. O emprego de tecnologias e medidas que permitem a redução do consumo de água e energia necessitam de uma abordagem sistêmica, em que diversos aspectos relativos ao desempenho do sistema de água quente sejam avaliados para verificar os possíveis riscos e benefícios da solução a ser adotada. Esse artigo busca avaliar os impactos do uso de chuveiros de vazão restrita em sistemas prediais de água quente na mistura da água fria e quente. A pesquisa foi feita por meio do desenvolvimento de um referencial teórico aplicado à situação e por um estudo de caso, realizado em um hotel na cidade de São Paulo. Os resultados apontam que o emprego de chuveiros de vazão restrita e de sistemas de água quente que operam com a temperatura da água mais elevada tendem a dificultar a mistura de água, criando oscilações mais sensíveis na temperatura durante o uso, o que traz desconforto aos usuários. Em casos particulares, cria-se um risco elevado de escaldamento. Dessa forma, recomenda-se cautela na adoção de chuveiros de vazão restrita, especialmente em sistemas de água quente que empregam temperaturas mais elevadas.

Palavras-chave: Sistemas prediais de água quente, Uso eficiente da água, Vazão restrita, Eficiência energética, Escaldamento.

ABSTRACT

The search for efficiency in energy and water use brings new challenges. The technology employed and the measures taken to allow for the reduction of water and energy usage require a systemic approach, where many aspects related to the systems' performance must be evaluated to verify the risks and benefits of the solution that will be adopted. This paper aims to evaluate the impacts of the usage of low flow showerheads in the hot water mixture process of hot water systems. The research comprises the development of the applicable theoretical reference and a case study done in a hotel in the city of São Paulo. The results show that the usage of low flow shower heads in hot water systems that employ higher hot water temperatures tend to difficult the water mixing process, creating more perceivable temperature fluctuations on the mixed water temperature that causes discomfort to the users. In particular, cases, the conditions create a risk of scalding. Hence, caution is recommended when using low flow showerheads, mainly on systems that employ higher hot water temperature.

Keywords: *Plumbing systems, Water efficiency, Low flow, Energy efficiency, Scalding.*

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Eletrobras (2007), a principal fonte de energia para aquecimento de água em residências é a eletricidade, com a participação de, aproximadamente, 73% das fontes energéticas para aquecimento de água para banho. Nesta parcela, esse aquecimento é feito quase em sua totalidade por chuveiros elétricos. A energia demandada por chuveiros elétricos representa cerca de 6% da demanda nacional de eletricidade (ELETROBRAS, 2007) e devido à alta potência energética necessária para o seu funcionamento, os chuveiros elétricos contribuem com 46% da demanda de pico e 30% da demanda no período de ponta (TOMÉ, 2014).

Dentre as diversas maneiras de reduzir esta demanda, existe a possibilidade da utilização de sistemas de aquecimento de água que necessitem de pouca ou nenhuma energia elétrica. Porém, na maioria das vezes, a utilização dessa fonte de energia implica na inserção de um sistema de água quente, que traz consigo aspectos de saúde, segurança e desempenho que necessitam ser abordados, como a proliferação de bactérias do tipo *Legionella* no sistema, a possibilidade de escaldamento e o conforto provido ao usuário.

Uma das maneiras mais eficazes de evitar a formação de colônias de *Legionella* nos sistemas prediais de água quente é o aumento da temperatura da água quente para, no mínimo, 55ºC (FREIJE, 1996).

Existem diversas variáveis que também contribuem para a proliferação desse tipo de bactéria no sistema, como a presença de trechos do sistema com pouco ou nenhum uso, a formação de biofilme na tubulação, materiais dos componentes do sistema predial e as características físico-químicas da água, entre outros. Existem diversas medidas que auxiliam a mitigar os riscos, como a desinfecção térmica ou química, realizada de maneira periódica e sistemática.

Ao mesmo tempo em que o aumento da temperatura da água quente para valores mais elevados evita ou reduz a taxa de reprodução da *Legionella*, este aumento pode trazer um maior risco de escaldamento do usuário.

Além disso, a busca pela melhoria da eficiência, tanto no consumo de água quanto de energia, traz consigo a possibilidade de uso de aparelhos sanitários com menor vazão de água. Em edificações residenciais e hoteleiras os chuveiros são pontos críticos de consumo, tanto de água quanto energia, fazendo com que a redução da vazão deste componente seja essencial para obtenção de resultados ótimos.

Essa redução de vazão deve ser feita com cautela, uma vez que ela pode ter impactos significativos no sistema, reduzindo o conforto dos usuários por meio de oscilações de temperatura durante o banho, bem como alterando o desempenho do sistema predial de água fria e quente.

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é avaliar o impacto do uso de chuveiros de vazão restrita no desempenho dos sistemas prediais de água quente.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O escaldamento do usuário durante o uso da água ocorre devido a um aumento brusco na temperatura da água misturada, que é dada pela proporção entre as vazões de água fria e quente que alimentam o misturador bem como as suas respectivas temperaturas, conforme expresso na Equação 1.

$$T_m = \frac{Q_q.T_q + Q_f.T_f}{Q_q + Q_f} \quad \text{Eq. 1}$$

sendo:
T_m, a temperatura da água misturada;
Q_q, a vazão de água quente;
T_q, a temperatura da água quente;
Q_f, a vazão de água fria;
T_f, a temperatura da água fria.

Uma vez as vazões de água fria e quente estão diretamente relacionadas a pressão dinâmica dos sistemas, caso haja uma oscilação desigual nessas pressões, a temperatura da água misturada varia proporcionalmente.

Desse modo pode-se expressar essa relação conforme a Equação 2, em que se adiciona uma parcela a cada vazão de alimentação do misturador, que pode ser positiva ou negativa dependendo da natureza da oscilação.

$$T_m = \frac{(Q_q + \Delta Q_q).T_q + (Q_f + \Delta Q_f).T_f}{(Q_q + \Delta Q_q) + (Q_f + \Delta Q_f)} \quad \text{Eq. 2}$$

sendo:
T_m, a temperatura da água misturada;
Q_q, a vazão de água quente;
ΔQ_q, a oscilação da vazão de água quente;
T_q, a temperatura da água quente;
Q_f, a vazão de água fria;
ΔQ_f, a oscilação da vazão de água fria;
T_f, a temperatura da água fria.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

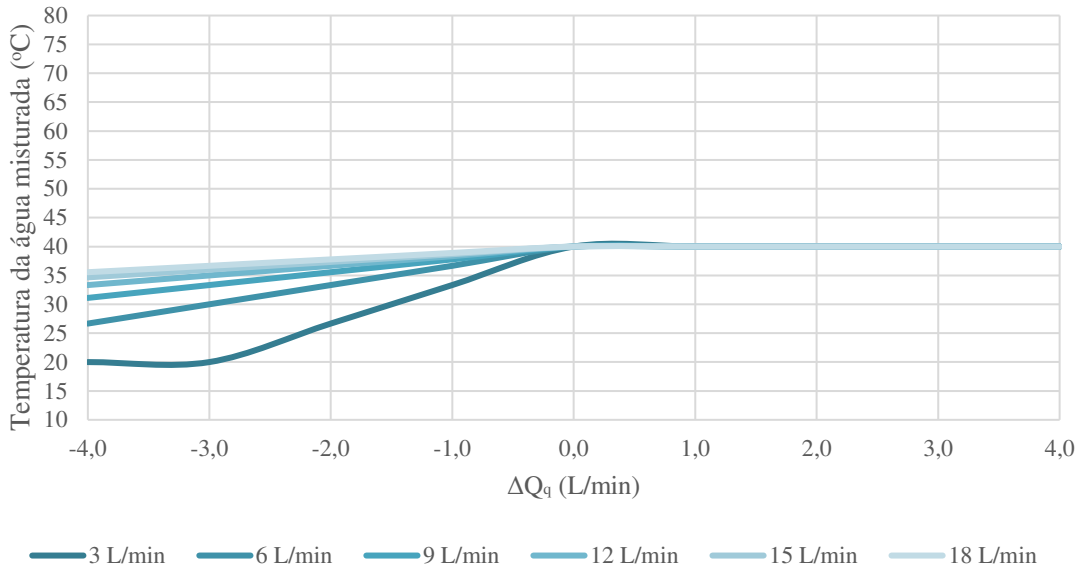
A pesquisa foi desenvolvida por meio das seguintes etapas, descritas a seguir.

4.1 Análise da influência da oscilação da vazão de água quente na temperatura da água misturada

Com o emprego da Equação 2, é possível montar os gráficos apresentados nas Figuras 1, 2 e 3, em que se observa a influência da oscilação da vazão de água quente na temperatura da água misturada em função da vazão do ponto e da temperatura da água quente para diversas vazões do ponto de uso.

A análise foi realizada para as temperaturas de água quente de 40ºC, 55ºC e 70ºC. Na Figura 1 estão apresentadas curvas para vazões de 3 L/min, 6 L/min, 9 L/min, 12 L/min, 15 L/min e 18 L/min e temperatura da água misturada de 40ºC.

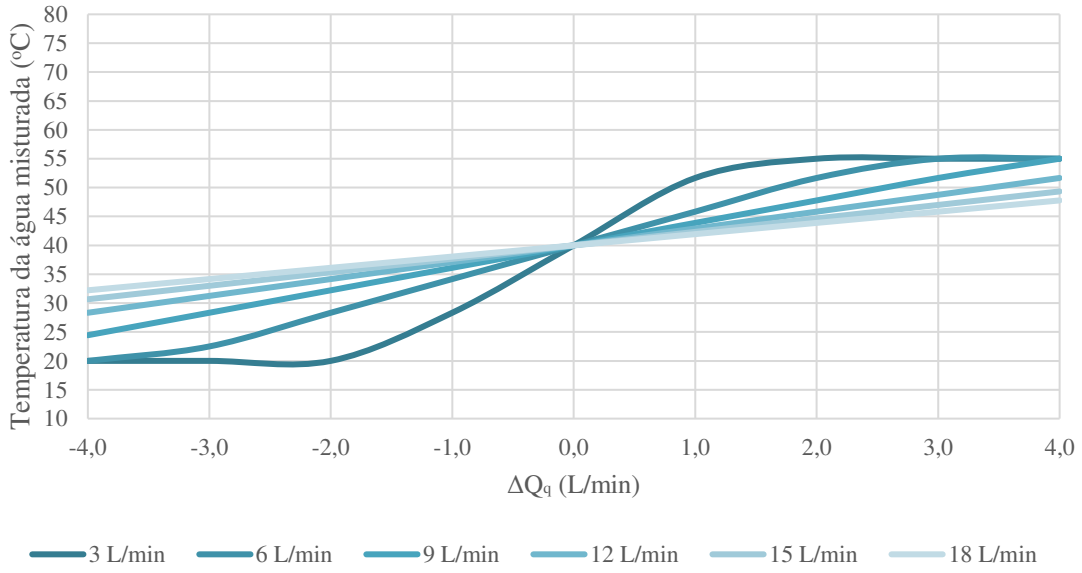
FIGURA 1 – Influência da oscilação da vazão de água quente na temperatura da água misturada (T_q = 40ºC)



Fonte: Autor

Na Figura 2 estão apresentadas curvas para vazões de 3 L/min, 6 L/min, 9 L/min, 12 L/min, 15 L/min e 18 L/min e temperatura da água misturada de 55ºC.

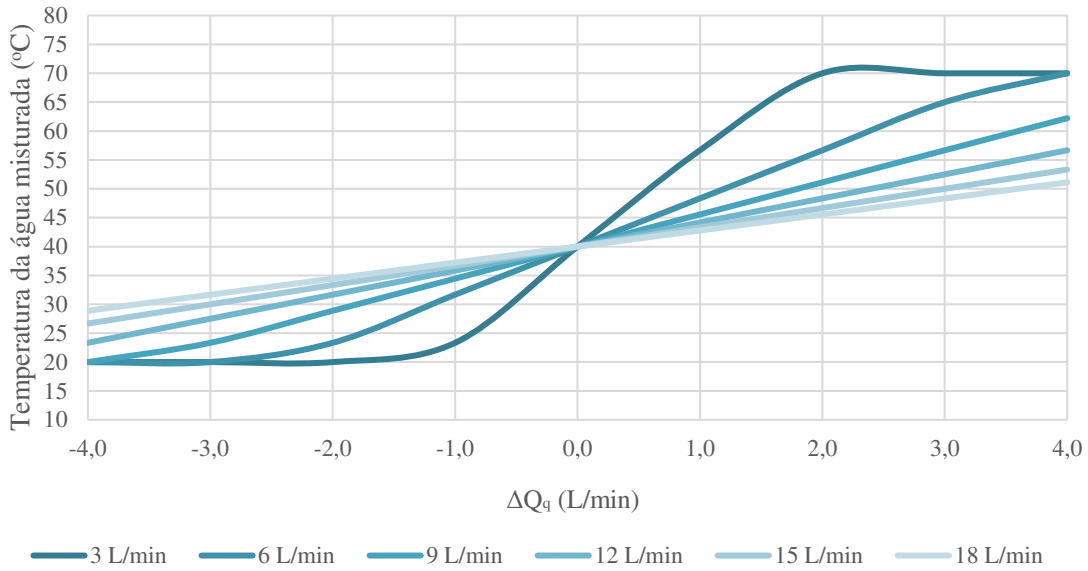
FIGURA 2 – Influência da oscilação da vazão de água quente na temperatura da água misturada (T_q = 55ºC)



Fonte: Autor

Na Figura 3 estão apresentadas curvas para vazões de 3 L/min, 6 L/min, 9 L/min, 12 L/min, 15 L/min e 18 L/min e temperatura da água misturada de 70ºC.

FIGURA 3 – Influência da oscilação da vazão de água quente na temperatura da água misturada (T_q = 70ºC)



Fonte: Autor

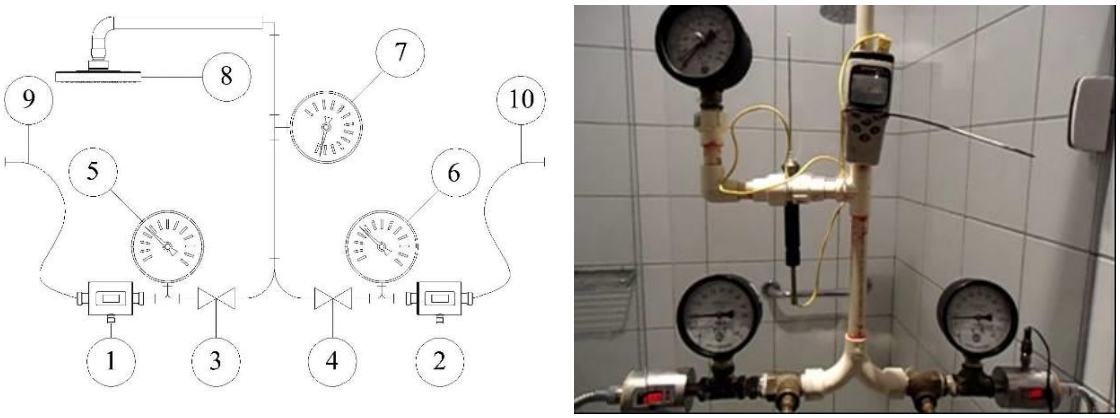
Por meio das Figuras 1, 2 e 3, pode-se observar que as oscilações são mais significantes em pontos de uso com valores reduzidos de vazão, cujo sistema opera com temperatura mais alta.

4.2 Avaliação das oscilações de temperatura de sistema

A avaliação das oscilações de temperatura de sistema foi realizada por meio da medição das vazões e das temperaturas dos sub-ramais de água fria e quente.

Esta avaliação foi feita em um hotel, localizado na cidade de São Paulo, que apresentou reclamações de seus hóspedes após a instalação de chuveiros de vazão restrita de 6 L/min. Para medir as oscilações nos sistemas, a bancada ilustrada na Figura 4 foi montada com os componentes de medição especificados na Tabela 1.

FIGURA 4 – Bancada para teste de campo



Fonte: Autor

TABELA 1 - Lista de equipamentos utilizados na bancada de teste

#	Componente
1 e 2	Medidor de vazão eletromagnético
3 e 4	Registro de pressão
5, 6 e 7	Manômetros
7	Chuveiro com vazão restrita
9 e 10	Ligação Flexível

Fonte: Autor

A oscilação da pressão dinâmica do sistema foi causada por meio da abertura e do fechamento de um ponto de chuveiro a montante do ponto avaliado, localizado três andares acima dele e ligado nas mesmas colunas de distribuição de água fria e quente. A vazão máxima do ponto era de aproximadamente 14 L/min dentro das condições descritas na Tabela 2.

TABELA 2 – Condições iniciais do sistema

		Pressão Estática (kPa)	**Temperatura (°C)**	
			Máxima	**Mínima**
Ponto de uso a montante	Água fria	190,00	21,00	19,00
	Água quente	200,00	55,00	42,00
Ponto de uso avaliado	Água fria	100,00	21,00	19,00
	Água quente	90,00	55,00	40,00

Fonte: Autor

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Resultados

Após as medições realizadas foram obtidos os resultados apresentados abaixo. Durante o estudo, o processo de abertura e fechamento dos pontos foram feitas diversas vezes, gerando resultados similares em cada medição. A Tabela 3 apresenta os valores críticos obtidos durante a abertura do ponto a montante, responsável pela geração da oscilação da pressão dinâmica.

TABELA 3 – Resultados dos testes durante a abertura do ponto a montante

Tempo (s)	**0**	**0,25**	**0,5**	**0,75**	**1,0**	**1,25**	**1,5**	**1,75**	**2,0**	**2,25**	**2,5**
Vazão de água quente (L/min)	2,57	2,57	2,72	2,57	2,67	2,57	2,62	2,57	2,57	2,57	2,57
Pressão dinâmica no ponto de uso (kPa)	75	75	90	75	80	75	80	75	75	70	75

Fonte: Autor

De maneira análoga ao descrito anteriormente, o resultado crítico obtido com o fechamento do ponto gerador de oscilações está disposto na Tabela 4.

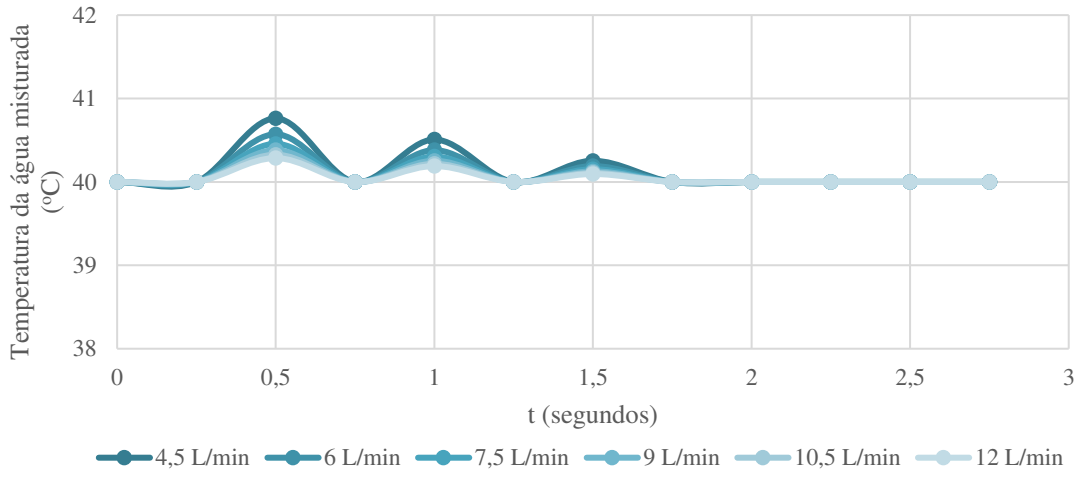
TABELA 4 – Resultados dos testes durante o fechamento do ponto a montante

Tempo (s)	**0**	**0,25**	**0,5**	**0,75**	**1,0**	**1,25**	**1,5**	**1,75**	**2,0**	**2,25**	**2,5**	**2,75**
Vazão de água quente (L/min)	2,57	2,57	2,77	2,32	2,72	2,37	2,67	2,47	2,57	2,52	2,57	2,57
Pressão dinâmica no ponto de uso (kPa)	75	75	95	45	90	55	85	65	75	70	75	75

Fonte: Autor

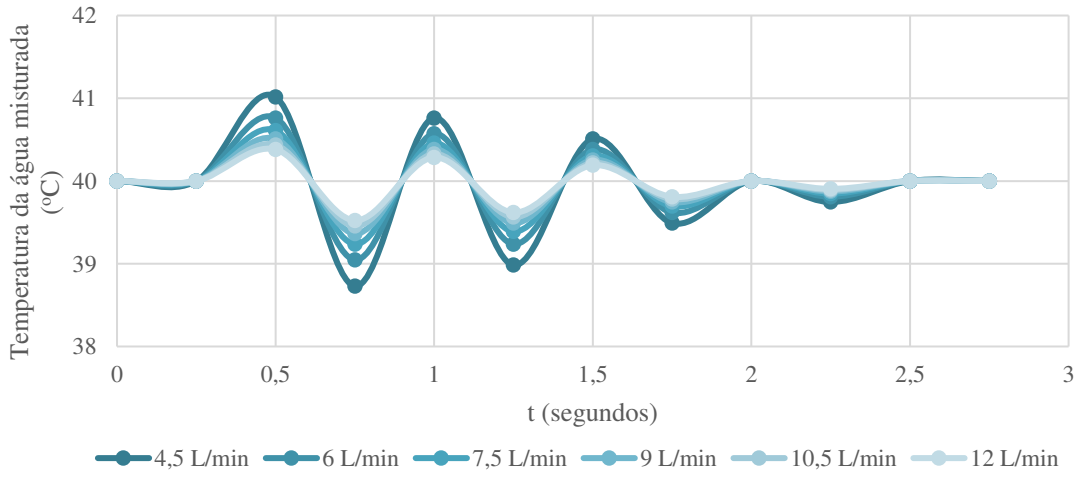
Aplicando os valores das oscilações presentes nas Tabelas 3 e 4 na Equação 2, é possível montar o gráfico ilustrado nas Figuras 5 e 6. Para verificar a influência da redução de vazão dos pontos, os mesmos valores de oscilação foram aplicados considerando vazões de chuveiros de 4, 5, 6, 7,5, 9,0 e 12 L/min.

FIGURA 5 - Oscilações de temperatura em função das oscilações de vazão devido a abertura de ponto de uso



Fonte: Autor

FIGURA 6 - Oscilações de temperatura em função das oscilações de vazão devido ao fechamento de ponto de uso a montante



Fonte: Autor

É possível verificar, por meio das Figuras 4 e 5, que as oscilações da pressão dinâmica do sistema, causadas pela abertura e pelo fechamento de outros pontos de uso, influenciam diretamente na vazão dos pontos em uso. Observa-se também que a influência destas oscilações na temperatura da água misturada tende a ser maior nos pontos com vazão baixa.

5.2 Discussões

Ressalta-se que durante o teste apenas um ponto de uso foi acionado e, no caso da abertura ou fechamento de mais pontos de uso, as oscilações tendem a apresentar maior intensidade, alterando a temperatura da água misturada de maneira mais significativa. Durante os testes verificou-se que tanto as pressões estáticas quanto as dinâmicas dos ramais de água fria e quente oscilavam consideravelmente e em intensidades diferentes devido a demanda de água em outros pontos de uso. Essas oscilações tinham magnitudes superiores aquelas verificadas e não ocorreram propositalmente, logo foram desconsideradas

Além disso, a edificação em questão possui misturadores compostos por registros de pressão convencionais. É provável que a utilização de misturadores do tipo autocompensadores, cuja perda de carga para regular a vazão de água varia em função da pressão ou da temperatura, atenuem as oscilações de temperatura e pressão.

A troca de um misturador em um edifício em operação é difícil e custos devido a necessidade de reformas no local. Além disso, misturadores autocompensadores, em geral necessitam de pressões dinâmicas maiores para o seu funcionamento.

Observa-se que a *American Society of Sanitary Engineers* (ASSE) recomenda que chuveiros de baixa vazão nunca sejam utilizados com misturadores não compensadores, devido a maior probabilidade de escaldamento dos usuários (ASSE, 2019).

Atualmente, as normas técnicas para sistemas prediais de água fria e quente estão em fase de revisão na ABNT. No projeto de norma, os assuntos redução de riscos de *Legionella* e redução das vazões dos pontos de uso estão em discussão e de acordo com as recomendações pode haver uma condição de alta temperatura e baixa vazão, o que propicia as condições expostas neste artigo. Assim, recomenda-se que a norma possua requisitos de segurança de modo a proteger o usuário.

6 CONCLUSÕES

Devido aos resultados das medições *in loco*, verifica-se que a utilização de chuveiros de vazão restrita com misturadores convencionais pode implicar em oscilações de temperatura mais sensíveis nos pontos de consumo. No caso de sistemas de água quente com altas temperaturas, o emprego de misturadores com aparelhos sanitários com vazão restrita, cria-se o risco de escaldamento do usuário.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF SANITARY ENGINEERS (ASSE). Scald Hazards Associated with Low-Flow Showerheads – A White Paper. Ohio. Acesso online. Disponível em: https://www.map-testing.com/assets/files/ASSE%20Scald%20Hazard%20White%20Paper.pdf. Acesso em 27 maio 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **PN 02.146.03-003 29-05-13** Sistemas Prediais de Água Fria e Água Quente. Comissão de Estudo de Sistemas Predial Hidráulico-Sanitário para Água Fria e Quente. 2019.

ELETROBRAS. **Avaliação do mercado de eficiência energética no Brasil: pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso da classe residencial.** Ano base 2005, Rio de Janeiro 2007.

FREIJE, M. **Legionella Control in Healthcare Facilities – A Guide to Minimize Risk**. Indianapolis, In – 1996.

MARTIN, R. L.; RICHARDSON, J. **The Anti-Scald Issue**, 1993 ASSE Zimmer Refresher Course, p. 36-38 & others.

TOMÉ, M. C. **Análise do impacto do chuveiro elétrico em redes de distribuição no contexto da tarifa horossazonal**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. Campinas. 2014.

XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTUBRO DE 2019

Comparação dos Padrões de Qualidade Exigidos por Diretrizes Nacionais e Internacionais para Aproveitamento de Água Pluvial

Comparison between Quality Standards Required by National and International Guidelines for Rainwater Utilization

BORGERT, Aline Eloize[1]; GHISI, Enedir[2]

[1] Universidade Federal de Santa Catarina, alineborgert@gmail.com
[2] Universidade Federal de Santa Catarina, enedir.ghisi@ufsc.br

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo comparar o padrão de qualidade de água exigido pela norma brasileira de aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis, NBR 15527 (ABNT, 2019), com diretrizes nacionais e internacionais sobre o assunto. Foram analisadas legislações, manuais e normas brasileiras a respeito de água pluvial, água cinza, balneabilidade e potabilidade, além de diretrizes alemãs, estadunidenses e australianas sobre sistemas de aproveitamento de água pluvial. Inicialmente foram identificados os padrões de qualidade de água exigidos pelos documentos nacionais. A partir disso, foram constatadas semelhanças e divergências entre os requisitos de acordo com as finalidades de uso das águas. Posteriormente, o mesmo foi feito com os documentos internacionais. Comparando-se os dados obtidos com os requisitos da norma brasileira de água pluvial, verifica-se que há incoerência em suas exigências. Os resultados sugerem que a NBR 15527 (ABNT, 2019) é demasiadamente restritiva, apesar de ter sido modificada recentemente. Com base nos documentos estudados, foi elaborado um modelo como sugestão para a adequação da norma, com diferentes padrões de qualidade e finalidades de uso, visando melhor coerência com o cenário global atual.

Palavras-chave: Água pluvial, Normas nacionais e internacionais, Padrões de qualidade.

ABSTRACT

The objective of this work is to compare the water quality standard required by the Brazilian standard of rainwater harvesting from roofs for non-potable uses, NBR 15527 (ABNT,2019), with national and international guidelines. Legislation, manuals and Brazilian regulation regarding rainwater, gray water, recreational waters and potability were analyzed, as well as German, US and Australian guidelines on rainwater harvesting systems. Initially, the water quality standards required by the national documents were identified. Then, similarities and divergences were observed between the requirements according to the final water use. Subsequently, the same was done with the international documents. Comparing the data using the Brazilian standard on rainwater, it was verified that there is inconsistency in its requirements. The results suggest that the current version of NBR 15527(ABNT, 2019) is too restrictive, even though it has been recently modified. Therefore, a model was developed as a suggestion for the adequacy of the regulation, with different quality standards and usage purposes, aiming at better coherence with the current global scenario.

Keywords: *Rainwater, National and international regulations, Quality standards.*

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o aproveitamento de água pluvial é definido pela NBR 15527 (ABNT, 2019) e prevê somente usos não potáveis. Contudo, outras normativas que tratam sobre uso de água possuem exigências de qualidade distintas, apesar de indicarem finalidades de uso semelhantes ou ainda mais restritivas que para água pluvial.

Assim, o objetivo geral deste trabalho é comparar o padrão de qualidade de água exigido pela NBR 15527 (ABNT, 2019) com diretrizes nacionais relacionadas ao uso de águas e internacionais sobre aproveitamento de água pluvial, a fim de verificar a adequabilidade de seus parâmetros.

2 MÉTODO

O trabalho foi desenvolvido por meio de pesquisa bibliográfica e foram utilizadas legislações brasileiras e de outros países. Os documentos estudados definem classificações para corpos d'água, padrões de potabilidade, balneabilidade, reuso e aproveitamento, dentre eles NBR 13969 (ABNT, 1997), Resolução 274 e Resolução 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2000; CONAMA, 2005), Manual da Agência Nacional de Águas (ANA, 2005), NBR 15527 (ABNT, 2019) e Portaria 2914 do Ministério da Saúde (MS, 2011). Dentre as referências internacionais, foram analisadas as diretrizes da Alemanha (CEN, 2015; CEN 2017), dos Estados Unidos (CABELL BRAND CENTER, 2009; DCA, 2009; EPA, 2012) e da Austrália (EN HEALTH, 2011; NHMRC, 2017; WA HEALTH, 2009).

A análise dos documentos iniciou-se pela identificação dos casos e das finalidades de uso de cada documento. Visto que o principal foco do trabalho são os padrões de qualidade demandados, foram elaboradas tabelas comparando os valores e parâmetros exigidos por cada referência. Os parâmetros considerados principais são aqueles que constam nas exigências de qualidade da água da NBR 15527 (ABNT, 2019), que foi usada como referência principal do trabalho. Também foram analisadas as alterações realizadas em sua nova versão, publicada em abril de 2019, quando comparada com sua primeira edição de 2007.

3 RESULTADOS

3.1 Comparação de documentos nacionais

A partir da análise dos documentos nacionais, suas exigências foram comparadas. Nota-se que os usos para a água cinza, definidos pela NBR 13969 (ABNT, 1997) e pelo Manual da ANA (ANA, 2005), e para água pluvial, indicados pela NBR 15527 (ABNT, 2019), são equivalentes. Para o primeiro, cada finalidade está separada em uma categoria, visto que são atividades que possuem riscos distintos de contato com o usuário; para os últimos dois, praticamente todas as atividades residenciais requerem a mesma qualidade de água, apesar de o manual contar com três categorias de uso. Não houve mudança nos usos de água com a nova versão de 2019 da NBR 15527. Também é importante ressaltar que os critérios de balneabilidade, definidos pela Resolução 274 (CONAMA, 2000), são referentes a atividades de recreação de contato primário, ou seja, o usuário está em contato direto com a água e há alto risco de ingestão. A Resolução 357 (CONAMA, 2005) trata sobre a qualidade da água, antes do tratamento, necessária para corpos da água que possam ser utilizados para abastecimento público, enquanto a Portaria 2914 (MS, 2011) expõe as exigências da água para consumo humano após o tratamento.

A TABELA 1 resume os valores exigidos para parâmetros biológicos e físico-químicos, separados pelas categorias de cada documento. Para os parâmetros biológicos, apesar de ter ocorrido uma mudança significativa na nova versão da NBR 15527 (ABNT, 2019), verifica-se que esta ainda é mais restritiva que outras diretrizes que possuem finalidades de uso equivalentes, como o Manual da ANA (ANA, 2005) e a NBR 13969 (ABNT, 1997). Para o pH, a faixa de valores permitidos é semelhante para todas as referências. Em relação à turbidez, a NBR 15527 é muito mais restritiva que a Resolução 357 (CONAMA, 2005), enquanto na Resolução 274 (CONAMA, 2000) nenhum limite é citado. Na versão de 2019 da NBR 15527, deixou de ser exigido limite para o parâmetro cor.

TABELA 1 - Comparação de diretrizes nacionais

Documento	**Classe**	**Coliformes totais (MPN/100ml)**	**Coliformes termotolerantes (MPN/100ml)**	***E. coli* (NMP/100ml)**	**Turbidez (NTU)**	**Cor (uH)**	**pH**
NBR13969	1		≤ 200		≤ 5		6,0 - 8,0
	2		≤ 500		≤ 5		6,0 - 8,0
	3		≤ 500		≤ 10		6,0 - 8,0
	4		≤ 5000				6,0 - 8,0
Resolução 274/2000 CONAMA	1		≤ 250	≤ 200			6,0 - 9,0
	2		≤ 500	≤ 400			6,0 - 9,0
	3		≤ 1000	≤ 800			6,0 - 9,0
Resolução 357/20005 CONAMA	1		≤ 200	≤ 200	≤ 40		6,0 - 9,0
	2		≤ 1000	≤ 1000	≤ 100	≤ 75	6,0 - 9,0
	3		≤ 2500* ≤ 4000**	≤ 2500* ≤ 4000**	≤ 100	≤ 75	6,0 - 9,0
Manual ANA/2005	1		ausente		≤ 2	≤ 10	6,0 - 9,0
	2		≤ 1000				6,0 - 9,0
	3		≤ 200		≤ 5	≤ 30	6,0 - 9,0
NBR 15527/2007	-	ausente	ausente		≤ 2	≤ 15	6,0 - 8,0
NBR 15527/2019	-			≤ 200	≤ 5		6,0 - 9,0
Portaria 2914/MS	Todas	ausente	ausente	ausente	≤ 1		6,0 - 9,5

*contato secundário

**demais atividades

Fonte: elaborado pelos autores

3.2 Comparação de diretrizes internacionais

Para qualquer um dos países estudados, as normas e legislações são bastante abrangentes em relação aos tipos de edificações que podem se beneficiar com o aproveitamento de água pluvial, porém geralmente possuem foco em sistemas urbanos ou industriais. A área de coleta permitida na maioria dos casos é o telhado da edificação, visto que por possuir menor ou nenhum tráfego de pessoas ou veículos normalmente resulta em melhor qualidade de água coletada; somente a norma alemã prevê a captação de quaisquer outras superfícies. As diretrizes de todos os países preveem a utilização da água pluvial para fins

não potáveis, com atividades semelhantes. Contudo, a norma brasileira e a indicação do estado da Geórgia, não citam entre as finalidades a lavagem de roupas. Usos potáveis são permitidos apenas pelos documentos da Austrália e do estado da Virgínia, sendo as mesmas atividades de consumo humano indicadas. Tratamento primário, que consiste no descarte das águas iniciais da precipitação, é sempre exigido somente na Alemanha e no Estado de Virgínia; apesar de a água pluvial ser utilizada para consumo humano, os documentos australianos não indicam obrigatoriedade de nenhum tipo de tratamento.

A TABELA 2 resume as exigências de parâmetros físico-químicos e biológicos para as diretrizes internacionais. A norma alemã permite uma grande faixa de valores para o pH, enquanto a brasileira possui exigência de valores intermediários, a australiana se apresenta como a mais restritiva para águas ácidas e os documentos estadunidenses não exigem o controle deste parâmetro. Em relação à turbidez, a norma brasileira é a mais restritiva para fins não potáveis, exigindo limites equivalentes à diretriz australiana para água potável; os documentos da Alemanha e do estado da Geórgia permitem valores maiores para as mesmas finalidades de uso que as diretrizes brasileiras e australianas. No estado da Virgínia não há nenhum limite exigido. Para cor, apenas a legislação de água potável da Austrália cita valores limites, apesar de a norma alemã indicar de forma subjetiva que deve ser visualmente limpa. Em relação aos parâmetros biológicos, na Austrália e no estado da Virgínia, que permitem o uso de água pluvial para consumo humano, a contaminação de bactérias deve ser nula. Para usos residenciais não potáveis, os valores exigidos são diferentes de acordo com a finalidade. A norma alemã é a mais permissiva, exceto nos casos de usos externo no estado da Virgínia e de irrigação na Austrália, e a norma brasileira possui exigência mediana.

TABELA 2 – Comparação de diretrizes internacionais

País ou Estado	**Usos**	**Coliformes totais (MPN/100ml)**	**Coliformes termotolerantes (MPN/100ml)**	***E. coli* (MPN/100ml)**	**Turbidez (NTU)**	**pH**
Brasil	não potáveis			≤ 200	≤ 5	6,0 - 9,0*
Alemanha	não potáveis	≤ 1000		≤ 250	≤ 10**	5,0 - 9,5
EUA, Geórgia	não potáveis	≤ 500	≤ 100		≤ 10	
EUA, Virgínia	potáveis	≤ 0	≤ 0		≤ 1	
	não potáveis	≤ 500	≤ 100			
Austrália	potáveis		ausente		≤ 5	6,5 - 8,5
	não potáveis			≤ 1	≤ 2	6,5 - 8,5
	não potáveis			≤ 10	≤ 5	6,5 - 8,5
	não potáveis			≤ 1000		6,5 - 8,5
	não potáveis			≤ 10000		6,5 - 8,5

*tubulações metálicas

**≤ 1 desinfecção por UV

Fonte: elaborado pelos autores

4 CONCLUSÃO

Em relação às diretrizes nacionais, nota-se grande divergência entre as exigências de qualidade de água. Apesar de as normas de reutilização de água cinza definirem usos não potáveis e atividades equivalentes às citadas pela NBR 15527 (ABNT, 2019), a norma para água pluvial é mais restritiva.

Comparando-se os documentos internacionais, conclui-se que a norma alemã é a mais bem estruturada. Nos países que utilizam água pluvial para consumo humano, além das indicações destes sistemas, também devem ser seguidas as legislações locais sobre água potável. Verifica-se também que a norma brasileira é uma das mais restritivas dentre todos os países estudados, visto que possui diversas exigências, porém permite poucas finalidades de uso e indica poucas orientações quanto ao sistema.

Em vista de todas as considerações anteriores, pode-se inferir que, mesmo com as mudanças da edição de 2019, as exigências da NBR 15527 (ABNT, 2019) são demasiadamente restritivas. Os resultados obtidos com o estudo indicam possíveis adequações no padrão de qualidade exigido para sistemas de aproveitamento de água pluvial. As sugestões estão indicadas no QUADRO 1 e na TABELA 3. Recomenda-se a que a norma brasileira permita a utilização de sistemas de aproveitamento de água pluvial para fins potáveis, com base nas exigências da Resolução 357 (CONAMA, 2005) e das experiências dos outros países. Para esta finalidade, são definidos os padrões da classe 1; contudo, além dos parâmetros citados, também é necessário analisar e satisfazer os demais parâmetros exigidos pela Portaria 2914 (MS, 2011), a fim de garantir a segurança para consumo humano.

Também são indicadas mais duas categorias para usos não potáveis, criadas a partir do agrupamento de atividades consideradas semelhantes pelas normas alemãs, australianas e diretrizes brasileiras. A classe 2 define padrões para atividades que possam acarretar em contato humano direto, como aplicações em *spray*, chafarizes e outros equipamentos utilizados em locais de acesso irrestrito ao público; para esta classe, utiliza-se as exigências NBR 15527 (ABNT, 2019). A classe 3 inclui quaisquer outros usos que não coloquem em risco a saúde do usuário, como descargas de bacias sanitárias, limpeza de pisos, máquinas de lavar roupa, irrigação de plantas, jardins e pomares, fins paisagísticos e usos industriais; os valores desta classe estão baseados na norma alemã e na norma brasileira de água cinza. Mais estudos devem ser realizados para analisar a validade dos valores e parâmetros sugeridos, buscando atestar sua segurança.

QUADRO 1 – Categorias definidas pela sugestão do estudo

Categoria	**Finalidade**	**Usos**
Classe 1	potável	consumo humano
Classe 2	não potável	possível contato direto
Classe 3		descargas de bacias sanitárias, limpeza de pisos, lavagem de roupas, irrigação, fins ornamentais e usos industriais

Fonte: elaborado pelos autores

TABELA 3 – Qualidade definida pela sugestão do estudo

Categoria	Usos	Coliformes totais (NMP/100ml)	E. coli (NMP/100ml)	Turbidez (NTU)	pH
Classe 1	potáveis	ausente	ausente	≤ 5	6,0 - 9,0
Classe 2	não potáveis	≤ 200	≤ 200	≤ 10	6,0 - 9,0
Classe 3	não potáveis	≤ 1000	≤ 500	≤ 10	6,0 - 9,0

Fonte: elaborado pelos autores

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo: ANA/ FIESP/ SindusCon-SP, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13969**: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15527**: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15527**: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

CABELL BRAND CENTER. **Virginia Rainwater Harvesting Manual**. Salem: Cabell Brand Center, 2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000**. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Brasília: Diário Oficial da União, 25 jan. 2001. n. 18, Seção 1, p. 70-71.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 18 mar. 2005. n. 53, Seção 1, p. 58-63.

ENVIRONMENTAL HEALTH COMMITTEE. **Guidance on use of rainwater tanks**. 3 ed. [s. L.]: En Health, 2011.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **DIN 16941-1**: On-site non-potable water systems - Part 1: Systems for the use of rainwater. Bruxelas: CEN, 2015.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **DIN 16941-2**: On-site non-potable water systems – Part 2: Systems for the use of treated greywater. Bruxelas: CEN, 2017.

GEORGIA DEPARTMENT OF COMMUNITY AFFAIRS. **Georgia Rainwater Harvesting Guidelines**. [s. l.]: DCA, 2009.

MINISTÉRIO DA SAÚDE – MS. **Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Diário Oficial da União.

NATIONAL HEALTH AND MEDICAL RESEARCH COUNCIL. **Australian Drinking Water Guidelines**. 3.4. ed. Camberra: NHMRC, 2017.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 2012 **Guidelines for Water Reuse**. Washington: EPA, 2012.

WESTERN AUSTRALIA DEPARTMENT OF HEALTH. DRAFT. **Alternate Water Supply Guidelines**. [s. L.]: WA Health, 2009.

XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

Análise do potencial de aproveitamento de água de aparelhos de ar condicionado em prédios do Campus Anil da Universidade CEUMA-MA

Analysis of the potential of utilization of water from air conditioning appliances at the Anil Campus of the CEUMA University-MA

BONI, Roni Cleber[1]; BONI, Solange da Silva Nunes[2]; SOUSA, João Marcos Menezes de Sousa[3]

[1] UniCEUMA, professor do curso de Engenharia Civil, rcboni71@gmail.com
[2] UFMA, professora adjunta do curso de Engenharia Civil, solange.boni@ufma.br
[3] UniCEUMA, aluno de graduação do curso de Engenharia Civil, joaomarcosjm28@gmail.com

RESUMO

A água é um recurso essencial às diversas atividades cotidianas e por ser um recurso finito deve ser utilizada de forma correta. Baseado neste preceito foi analisado o potencial de aproveitamento da água gerada no processo de condensação de aparelhos de ar condicionado para fins não potáveis em atividades diversas no campus universitário Anil, da Universidade CEUMA localizada na cidade de São Luis/MA. Para a elaboração da pesquisa, foram selecionados dois prédios do campus que abrigam diversas salas de aula, sala dos professores, biblioteca, sanitários e demais dependências administrativas as quais apresentam instalados nestes ambientes aparelhos de ar condicionado, de diferentes capacidades, que funcionam em três turnos ao longo da semana, inclusive aos sábados. Para avaliar o potencial de aproveitamento da água gerada, foram medidos os volumes produzidos nos diversos aparelhos existentes nos ambientes selecionados do campus, em diferentes datas dentro do semestre letivo e elaboradas análises físico-químicas das amostras de água aos parâmetros pH, condutividade elétrica, sólidos em suspensão total, salinidade e turbidez. Ao final do estudo foi possível identificar o grande potencial de aproveitamento da água condensada dos aparelhos para fins não potáveis, que correspondeu a 22,4 m³ gerado semanalmente, volume este que pode ser aproveitado nas atividades menos nobres do campus, como limpeza dos pisos e rega dos jardins e gramados, sem riscos aos usuários, conforme resultados das análises laboratoriais feitas nas diversas amostras coletadas, as quais apresentam valores sempre abaixo do recomendado na portaria Nº. 2914/2011 do Ministério da Saúde e na NBR 15527(ABNT, 2007).

Palavras-chave: Uso da água, Água não potável, Escassez de água.

ABSTRACT

Water is an essential resource for many everyday activities and because it is a finite resource it must be used correctly. Based on this precept, the potential for the use of water generated in the condensation process of non-potable air conditioners in various activities at the Anil University campus, at CEUMA University located in the city of São Luis/MA, was analyzed. For the elaboration of the research, two buildings of the campus were selected that house several classrooms, teachers' room, library, toilets and other administrative dependencies which have installed air conditioners, of different capacities, that work in three shifts throughout the week, including on Saturdays. In order to evaluate the potential of the use of the water generated, the volumes produced in the various apparatuses existing in the selected campus environments were measured at different dates within the school semester and the physical and chemical analyzes of the water samples were carried out at the parameters pH, electrical conductivity, solids in total suspension, salinity and turbidity. At the end of the study, it was possible to identify the great potential for the use of condensed water from the appliances for non-potable purposes, which corresponded to 22.4 m³ generated weekly, a volume that can be used in less noble activities of the campus, such as floor cleaning and irrigation of the gardens and lawns, without risks to the users, according to the results of the laboratory analyzes done in the several collected samples, which always have values below the recommended in the ordinance No. 2914/2011 of the Ministry of Health and in the NBR 15527/2007 of the ABNT.

Keywords: *.Use of water, Non-potable use, Water scarcity.*

1 INTRODUÇÃO

O problema com a água está inserido em um amplo contexto em que vários fatores afetam a perda da sua eficiência no ciclo hidrológico, contribuindo assim para a sua escassez. As causas principais decorrem de problemas como a crescente urbanização sem planejamento da infraestrutura urbana, no qual a ausência de abastecimento e saneamento acarretam também, por consequência, agravos à saúde pública (NUNES, 2006).

Dentro desta perspectiva, o uso racional da água pode ser definido como as práticas, técnicas e tecnologias que propiciam a melhoria da eficiência do seu consumo, sendo que a procura por tecnologias de aproveitamento aplicadas ao uso da água tem crescido nos últimos anos. Das várias formas de aproveitamento da água, destaca-se como uma alternativa, o seu aproveitamento proveniente dos aparelhos de ar condicionado para fins não potáveis como rega de plantas, descarga de sanitários e lavagens em geral, principais atividades reconhecidas como promotoras do desperdício de água. A utilização em larga escala desses aparelhos nas edificações pode gerar volumes de água significativos decorrentes do seu mecanismo de funcionamento. Como consequência, a destinação inapropriada da água condensada pode gerar além de patologias nas edificações, acúmulo indesejado e proliferação de mosquitos causando assim incômodo e riscos aos pedestres que transitam pelo local.

O presente trabalho apresenta uma solução sustentável a partir do estudo e caracterização dos aparelhos de ar condicionado existentes na Universidade CEUMA, junto ao campus Anil, onde foi estimado o potencial do volume produzido com proposição de um sistema simples de captação e armazenamento para usos diversos nas atividades da Universidade. Para verificação da qualidade, amostras da água produzidas nos aparelhos considerados foram analisadas em laboratório cujos resultados mostraram-se viável na sua aplicação para fins não potáveis dentro do campus universitário.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Em regiões tropicais, o uso dos aparelhos de ar condicionado para conforto térmico promove a geração de água resultante da condensação, que na maioria das vezes é desperdiçada, uma vez que seu lançamento é direcionado para o solo, ou drenadas pelo sistema predial de águas pluviais e/ou coletadas pelo sistema predial de esgoto sanitário. Inserido neste contexto, verifica-se que ações conservadoras como o aproveitamento da água de aparelhos de ar condicionado contribuem com a redução do consumo, bem como com o incômodo gerado pelo gotejamento que estes aparelhos proporcionam indevidamente e ainda contribuem com a sustentabilidade dos recursos hídricos da região (FORTES, JARDIM E FERNANDES, 2015).

Não existem exigências nacionais ou normatizações técnicas específicas em relação à destinação da água que é expelida pelos aparelhos de ar condicionado. Em alguns casos são constatadas leis municipais, tais como as existentes em Porto Alegre e Rio de Janeiro, onde o gotejamento de água nas vias públicas é passível de multa.

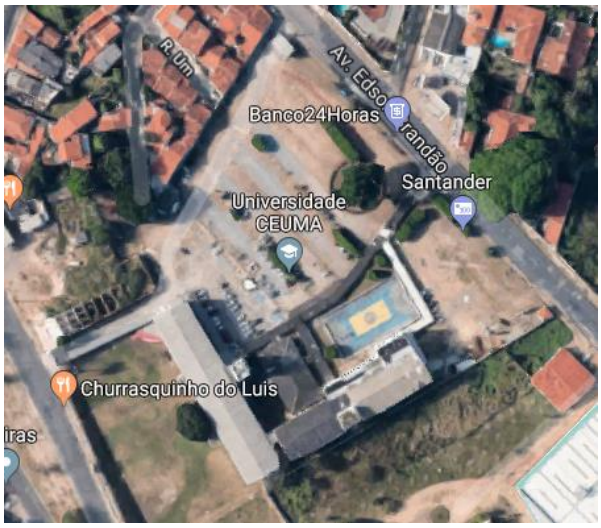
Dado que a cidade de São Luís/MA apresenta uma temperatura média anual variável da ordem de 25 a 32 ºC, com elevada umidade relativa anual, da ordem de 82,8%, o uso de aparelhos de ar condicionado é necessário na climatização dos ambientes. Isto se verifica nos diversos ambientes do Campus Anil, onde salas de aula, sala dos professores, banheiros, bibliotecas, laboratórios e demais salas de uso geral dos funcionários da Universidade tem instalados aparelhos de diferentes potências, gerando um volume de água passível de utilização. Aliado a isso, tem-se também o período de funcionamento da

Instituição de Ensino Superior que, devido aos diversos cursos de graduação oferecidos, ocorrem em três turnos ao longo da semana, inclusive aos sábados.

3 CARACTERIZAÇÃO DO CAMPUS E DOS APARELHOS EXISTENTES

O campus Anil da Universidade CEUMA é constituído por dois prédios (CEUMA I e CEUMA II), praça de alimentação, quadra poliesportiva, campo de futebol, uma grande área de estacionamento e algumas áreas verdes ajardinadas. A Figura 1 permite visualizar a área ocupada pelo campus e os respectivos prédios principais.

FIGURA 1: Localização dos Prédios no Campus Anil da Universidade CEUMA



Fonte: Google Earth, acessado em 19/06/2018.

No CEUMA I, junto ao térreo, encontra-se a biblioteca, sala dos professores, recepção dos alunos, secretaria acadêmica, coordenação geral e coordenação dos cursos e a central de atendimento, além de dois banheiros, um masculino e um feminino. No 1º andar, existem quatro salas de aula, uma sala onde é feita a entrega de material EAD, uma sala do polo de apoio presencial, a sala do centro de educação à distância (CEAD), uma sala do núcleo de apoio docente discente (NADD) e uma sala de práticas pedagógicas. Já no 2º andar, existem sete salas de aula, a sala do NTJ e um laboratório de desenho, além de dois banheiros, um masculino e um feminino.

No CEUMA II, no térreo, estão localizados uma agência bancária, o auditório, a central de atendimento aos alunos, uma sala de acesso ao NTJ e ao escritório escola, a sala de manutenção, sala de coordenação dos laboratórios, laboratórios de materiais, de solos, de elétrica, de microbiologia, de física, de hidráulica e o laboratório de química tecnológica. Além disso, possui dois banheiros, um masculino e um feminino. No 1º andar deste bloco, existem outras dez salas de aula, o laboratório de obstetrícia e dois banheiros, sendo um masculino e o outro feminino. Já no 2º andar, estão onze salas de aula e dois banheiros, sendo um masculino e o outro feminino. Por fim, no 3º andar, existem cinco salas de aula, duas salas de apoio ao polo EAD, laboratórios de criatividade, de microscopia, de anatomia e o laboratório de habilidades em enfermagem e também, dois banheiros, um masculino e um feminino.

Praticamente todos os ambientes do campus, em ambos os prédios, são climatizados com uso de aparelhos de ar condicionado de diferentes modelos e capacidades, inclusive os banheiros. Com relação a caracterização dos equipamentos, os aparelhos de ar

condicionados instalados nos diferentes ambientes do campus Anil são classificados como residenciais e comerciais, de pequeno e médio porte, sendo em sua maioria dos tipos split Hi-Wall e split piso-teto apresentando capacidades variadas de 7.000, 7.500, 8.500, 9.000, 12.000, 18.000, 22.000 e 30.000 BTU/h.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a avaliação do potencial de aproveitamento da água gerada nos aparelhos de ar condicionado foram levantados e identificados os tipos e modelos dos aparelhos existentes no campus Anil e os locais climatizados por esses aparelhos. Ao total, foram identificados 42 aparelhos de ar condicionado no prédio do Bloco I e 54 aparelhos no prédio do Bloco II, totalizando 96 unidades instaladas e em funcionamento no campus, com diferentes potências. Para se obter a vazão gerada nos aparelhos, foi utilizada a razão entre volume e o tempo, utilizando um recipiente graduado em mililitros (ml) e um cronômetro digital.

Foram selecionados aparelhos de ar condicionado segundo a sua potência, considerando os de 18.000, 22.000, 36.000 e 48.000 BTU's para a medição de volume e tempo de coleta da água. Como a maioria dos drenos dos aparelhos são simplesmente direcionados ao lado externo do local refrigerado para descarte da água, foi necessário em alguns casos, conectar uma tubulação ao dreno para que fosse possível fazer a coleta da água.

Na medição do volume e do tempo, um recipiente foi colocado abaixo do dreno em uma superfície plana e ao mesmo tempo iniciada a contagem no cronômetro. Assim, quando se atingia 300 ml de volume armazenado, era retirado o recipiente e parava-se o cronômetro. Esse procedimento de medição foi repetido duas vezes em cada um dos aparelhos escolhidos no estudo, para minimizar possíveis falhas na obtenção dos dados e verificar se a vazão era constante. Das duas medições obtidas, fez-se a média do intervalo de tempo marcado no cronômetro para se obter um resultado mais confiável.

Para verificar a qualidade da água gerada pelos aparelhos de ar condicionado, foram coletadas amostras de água de diferentes equipamentos. Logo após a medição, parte da água coletada foi armazenada em recipientes de vidro limpos e depois fechados para serem realizadas em laboratório, análises dos parâmetros físico-químicos. Para tais análises da qualidade da água captada dos aparelhos de ar condicionado, foi utilizada as dependências do laboratório da Universidade CEUMA. As medições e amostras foram realizadas em 18 de junho de 2018 e 10 de dezembro de 2018.

5 RESULTADOS ALCANÇADOS

Os aparelhos de diferentes capacidades considerados, na estimativa da vazão, instalados e em operação no campus Anil são indicados no Quadro 1. Afim de se obter um valor mais representativo das vazões estimadas por cada local escolhido, foram realizadas duas medições e considerada a média como o valor representativo.

QUADRO 1 – Vazões estimadas em diferentes aparelhos

Espaço Climatizado	Potência (BTU's)	Volume (mL)	Tempo (s)	Tempo (s)	Média t (s)	Vazão (mL/s)	Vazão (L/h)
Sala de Coord. de Cursos	48.000	300	201	201	201	1,4925	5,373
Secretaria Acadêmica	36.000	300	302	190	246	1,2195	4,390
Secretaria Geral	22.000	300	316	330	323	0,9288	3,344
WC feminino	18.000	300	462	360	411	0,7299	2,628

Fonte: O autor (2019)

Conforme indicado no Quadro 1, aparelhos de maior potência geram maiores vazões, o que é natural tendo em vista que apresentam maior área de captação de ar quente e úmido dos ambientes em que se encontram instalados, aliados a maior potência dos aparelhos, que tendem a ter um melhor desempenho em função de sua maior capacidade de captação.

No Quadro 2 são indicados os valores dos parâmetros de qualidade analisados em laboratório. Os valores apresentados retratam resultados da análise de nove amostras coletadas em diferentes aparelhos do campus, realizadas em diferentes datas.

QUADRO 2 – Parâmetros físico-químicos

Local da Amostra	Potência (BTU)	pH	Cond. Elétr. (µS/cm)	TDS (mg/l)	Sal. (ppt)	Turbidez
Data da coleta das amostras: 18/06/2018 (Umidade relativa: 84,9%)						
Coordenação Geral	22.000	8,3	40,2	18,8	0,02	0,23
Sala de Coord. dos Cursos	48.000	7,8	36,1	18,2	0,02	0,06
Secretaria Acadêmica	36.000	8	29,6	14,9	0,02	0,00
WC. Feminino	18.000	8,1	20,1	10,1	0,01	0,17
Data da coleta das amostras: 10/12/2018 (Umidade relativa: 78,4%)						
Auditório	58.000	7,4	36,4	18,2	0,02	0,00
Sala de Coord. dos Cursos	48.000	7,5	36,8	18,4	0,02	0,00
Secretaria Acadêmica	36.000	7,6	20,0	10,0	0,01	0,00
Coordenação Geral	22.000	7,2	42,7	21,4	0,02	0,00
WC. Masculino	18.000	6,7	34,1	17,1	0,02	0,00

TDS: Sólidos Dissolvidos Totais; Sal.: Salinidade

Fonte: O autor (2019)

Os resultados das amostras de água se enquadram dentro dos limites dos padrões estabelecidos pela Portaria Nº 2.914 do Ministério da Saúde, assim como quando comparado as orientações da NBR 15.527/2007 e também com os padrões de qualidade de água de reuso estabelecidos no Manual de Conservação e Reuso de Água em Edificações (ANA, 2005). Ressalta-se que não existem resoluções, portarias ou normas específicas que abordam sobre a utilização desse tipo de água para usos diversos.

Para avaliar o potencial de água gerada pelos aparelhos de ar condicionado no campus Anil, foram considerados os volumes estimados dos equipamentos selecionados,

apresentados no Quadro 3, aplicados aos aparelhos existentes, das mesmas capacidades, junto aos Blocos I e II. Vale ressaltar que para os demais aparelhos existentes no campus, de outras potências, não foram estimados os volumes por estarem instalados em locais de difícil acesso.

QUADRO 3 – Volume estimado versus quantidade de aparelhos nos blocos I e II

Potência (BTU)	Quantidade de aparelhos	Volume em 1 h (L)	Volume Total em 11,5 h (L)
18.000	11	2,6	328,90
22.000	5	3,3	189,75
36.000	23	4,4	1163,80
48.000	45	5,4	2794,50

Fonte: O autor (2019)

Na estimativa, foram considerados em média 11,5 horas de funcionamento dos aparelhos por dia, correspondentes a três períodos de aula (matutino, vespertino e noturno) no campus na semana acrescido do sábado (matutino e vespertino). Assim, tem-se um volume médio diário total de 4,5 m³, ou seja, cerca de 22,4 m³ por semana.

Para coletar a água gerada nos aparelhos de ar condicionado foi estudado um sistema com coletores primários que receberão água dos drenos alinhados na vertical, direcionando-a para o coletor principal, que receberá a contribuição dos coletores primários, tendo uma inclinação de 4% para escoar a água facilmente, impossibilitando acúmulos no interior dos tubos. Para os coletores primários a utilização de tubos de PVC linha soldável para água fria de 20 mm de diâmetro nominal e para os coletores principais, tubos de PVC linha soldável para água fria de 25 mm de diâmetro nominal são os mais indicados. Tais diâmetros foram determinados após análise das vazões obtidas dos aparelhos pesquisados e monitorados no estudo. De modo a permitir uma maior vida útil a estas tubulações, as mesmas deverão ser protegidas com pintura evitando-se assim que exposição ao meio externo altere sua durabilidade.

Os coletores principais projetados direcionam a água em escoamento livre para um reservatório de 3.000 litros no Bloco I e outro de 5.000 litros no Bloco II, localizadas em ponto de fácil acesso aos funcionários do campus, onde será armazenada para o uso diário nos diversos tipos de atividades (fins não potáveis) pelo pessoal de serviços gerais.

6 CONCLUSÕES

O aproveitamento da água produzida pela condensação dos aparelhos de ar condicionado é uma forma racional de contribuir com a redução do consumo de água. Utilizando essa água de condensação para fins não potáveis ou menos exigentes, é possível reduzir substancialmente a demanda com atividades menos nobres tais como limpezas gerais, rega de jardins e gramados, lavagem de pisos, entre outras. Uma forma simples de aproveitamento de água, que praticamente não necessita de tratamento e que é gerada continuamente durante o período de uso dos aparelhos ao longo do dia.

Desta forma os sistemas de aproveitamento de água de ar condicionado solucionam alguns problemas simultâneos e contribuem para o uso sustentável dos recursos hídricos. A análise feita indicou um grande potencial de aproveitamento da água no campus Anil e a proposta estudada pode ser facilmente implementada nos demais campus da universidade CEUMA. Tal estudo mostra uma perspectiva ampla de exploração que pode ser aplicada à cidade de São Luis, que apresenta elevada umidade relativa anual,

destacando o quanto de água de condensação pode ser aproveitada em detrimento do uso de fontes potáveis e de como essa água pode ser aproveitada, estimando o quantitativo de vazões e volumes produzidos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Manual de Conservação e Reuso de Água em Edificações**. Prol Editora Gráfica: São Paulo, 2005, 152 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15527**: Água da chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

FORTES, P. D.; JARDIM, P. C. F.; FERNANDES, J. G. **Aproveitamento de água proveniente de aparelhos de ar condicionado**. In: XII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. XII SEGeT. Porto Alegre/RS, 2015. Anais... Porto Alegre/RS: 28 a 30 de outubro de 2015.

NUNES, R. T. S. (2006) **Conservação da água em edifícios comerciais: potencial de uso racional e reuso em shopping center**. Rio de Janeiro: Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de janeiro, Rio de Janeiro, 144.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (2011). **Portaria Nº. 2914/MS**. Procedimentos de Controle e de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade. Gabinete do Ministro: 12 de dezembro de 2011.

XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

Avaliação da utilização de hidrômetros com aquisição de dados por telemetria para monitoramento do consumo de água de uma agência bancária em Joinville/SC

Evaluation of the use of telemetry data acquisition meters to monitor water consumption at a bank branch in Joinville/SC

LIMA, Marcio Ferreira de[1]; FREITAS, Lucas Lepinski Golin[2]; HENNING, Elisa[3]; KALBUSCH, Andreza[4]

[1] Gerência de Filial de Logística da Caixa Econômica Federal, marcio.f.lima@caixa.gov.br.
[2] Dep.. de Eng. Civil - Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, lgolin4@gmail.com.
[3] Dep. de Matemática - Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, elisa.henning@udesc.br.
[4] Dep. de Eng. Civil - Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, andreza.kalbusch@udesc.br.

RESUMO

O objetivo deste artigo é avaliar a utilização de um hidrômetro com aquisição de dados por telemetria para monitoramento do consumo de água de uma agência bancária em Joinville/SC, para detecção de excessos de consumo e vazamentos. A avaliação do medidor ocorreu durante 6 meses, de novembro de 2018 até abril de 2019. O sensor acoplado ao hidrômetro registra uma leitura a cada 15 minutos, o que resulta 2.880 medições automáticas em 30 dias. Os dados são armazenados no registrador e sincronizados com servidor em nuvem, possibilitando acesso a distância. A análise estatística dos dados foi realizada com auxílio da linguagem de programação R. Foram desenvolvidos scripts para importação dos dados, formatação e análise. Na etapa de análise foram utilizados gráficos de controle estatístico de processos. A mediana de consumo diário foi de 5,925 m³, desvio padrão de 3,25 m³ e consumo máximo de 25,68 m³. Conclui-se que a gestão inteligente da água com uso de medidores de vazão associados a ferramentas de tecnologia da informação é uma inovação que auxilia na identificação quase que imediata de excessos de consumo. Leituras automáticas possibilitaram a elaboração de gráficos de controle em curtos períodos, possibilitando assim, detecção de anomalias de consumo e atuação mais rápida para redução do desperdício de água do imóvel.

Palavras-chave: Controle estatístico de processos, Consumo de água, Edifícios públicos, Linguagem R, Sistemas prediais hidrossanitários.

ABSTRACT

The aim of this paper is to evaluate the use of a telemetry data acquisition hydrometer to monitor the water consumption of a bank branch in Joinville / SC, in order to detect excessive consumption and leakages. The measurement system trial lasted for 6 months, from November 2018 to April 2019. The sensor connected to the hydrometer registers readings every 15 minutes, resulting in a total of 2.880 automatic readings for every 30 days. The data is stored in a meter and synchronized in a cloud server, allowing easy access to the data anywhere. The statistical data analysis was executed using R software programming language. Programming scripts were developed for importing, formatting and analyzing the data. Statistical process control charts were used in the analysis section. The median daily consumption was 5.925 m³, standard deviation of 3.25 m³ and maximum consumption of 25.68 m³. The conclusion is that the water management system with a flow rate measurement system, combined with information technology tools proved to be an innovation that helps to identify overconsumption almost instantly. Automatic readings made it possible to elaborate control charts in short periods, thus allowing the detection of consumption anomalies and faster action to reduce the water misuse.

Keywords: *Statistical Process Control, Water Consumption, Public buildings, R language, Plumbing systems.*

1 INTRODUÇÃO

O 5º relatório do Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change* - IPCC) prevê que as alterações climáticas no decorrer do século 21 reduzam significativamente os recursos hídricos superficiais e subterrâneos nas regiões subtropicais mais secas, intensificando a competição por água entre os setores (IPCC, 2014).

Muitos desafios complexos são enfrentados pela indústria da água hoje, sendo os vazamentos uma das maiores preocupações (WELSH, 2018). Água inteligente (em inglês, *smart water*) é a tendência de desenvolvimento da informação sobre a água (YUANYUAN et al., 2017). Conceitos sobre a Internet das Coisas, em inglês, *Internet-of-Things* (IoT), foram aplicados em um estudo de caso de vazamentos de água por Maamar et al. (2019). A proposta de um sistema inteligente de gerenciamento de água para cidades inteligentes na Índia foi concebida por Mohammed Shahanas e Bagavathi Sivakumar (2016). A detecção remota de vazamentos de água em 47 residências do distrito de Point Vernon da cidade de Hervey Bay, Austrália, identificou vazamentos em bacias sanitárias com valor de 16,7 litros/hora (BRITTON et al., 2008).

Medidores de água inteligentes estão sendo cada vez mais instalados por empresas francesas de serviços de água e disponibilizados gratuitamente aos usuários. No entanto, segundo Montginoul e Vestier (2018), as famílias não estão aproveitando essa tecnologia, apesar dos benefícios que teoricamente oferece. Os autores concluem que há necessidade de reforçar a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água.

O objetivo deste artigo é avaliar a utilização de um medidor inteligente de consumo de água em uma agência bancária em Joinville/SC, para detecção de excessos de consumo e vazamentos.

2 METODOLOGIA

A avaliação do medidor ocorreu durante 6 meses, de novembro de 2018 até abril de 2019. O sistema é composto por um hidrômetro multijato (instalado após o medidor da concessionária local, sem interferência na medição existente), um sensor de leitura por saída de pulsos, um registrador de dados (*data logger*) e transmissão via rede de telefonia móvel GPRS para um servidor com acesso via navegador de internet.

O imóvel, objeto do estudo, é uma agência bancária localizada no centro da cidade de Joinville, em Santa Cantarina. Trata-se de um edifício com 4 pavimentos e área interna de 2.032,23 m². O horário de funcionamento da agência é das 8h às 18h de segunda a sexta-feira e o horário de abertura ao público é das 11h às 16h. A sala de autoatendimento funciona das 8h às 20h, inclusive nos fins de semana e feriados.

O abastecimento de água potável é fornecido pela concessionária municipal. As instalações hidráulicas do edifício são compostas por um reservatório inferior de 30.000 litros e um reservatório superior de 20.000 litros. O edifício possui 23 bacias sanitárias com acionamento por válvula de descarga, 6 mictórios e 24 lavatórios com torneiras de fechamento automático por pressão, 3 tanques para limpeza geral com torneira convencional e uma torneira externa com chave de uso restrito usada para limpeza de calçada. Outro ponto relevante de consumo de água é o sistema de ar condicionado central, tipo *chiller*, com torre de resfriamento de água.

O sensor acoplado ao hidrômetro registra uma leitura a cada 15 minutos, o que resulta 2.880 medições automáticas em 30 dias. Os dados são armazenados no registrador e sincronizados com servidor em nuvem, possibilitando acesso à distância. O sistema está

configurado para uma sincronização diária à 00h00.

A gestão de infraestrutura da agência bancária, objeto do estudo, e das demais agências localizadas no estado de Santa Catariana é realizada de maneira centralizada na capital do estado. Os serviços prestados pelo setor de engenharia do banco incluem a gestão dos contratos de fornecimento de água e energia elétrica, junto às concessionárias locais e contratos com empresas especializadas em serviços de limpeza e manutenção predial. As rotinas de manutenção predial incluem ações preventivas com vistorias mensais para localização de vazamentos e ações corretivas para conserto dos aparelhos hidráulicos que apresentarem vazamentos identificados pelos usuários do imóvel.

Os dados, com as leituras de consumo de água a cada 15 minutos, foram exportados em arquivos de texto com valores separados por vírgulas, extensão .CSV (*comma to separate values*, em inglês). A análise estatística dos dados foi realizada com auxílio da linguagem de programação R (R CORE TEAM, 2019). Foram desenvolvidos scripts para importação dos dados, formatação e análise. Na etapa de análise foram utilizados gráficos de controle estatístico.

O princípio básico de um processo sob controle estatístico é que este sempre está sujeito a variações provenientes de causas aleatórias. Dentre todas as ferramentas para avaliar se um processo está sob controle o gráfico de controle estatístico é a ferramenta bastante poderosa. Um gráfico de controle genérico possui uma Linha Central horizontal (LC) representando o valor médio dos dados coletados correspondentes a um estágio do processo que está sob controle. Existem ainda duas outras linhas horizontais, denominadas Limite de Controle Superior (LCS) e Limite de Controle Inferior (LCI). Estes limites de controle determinam se o processo está sob controle, considerando uma situação em que quase todos os pontos amostrais estejam contidos entre os limites LCS e LCI. Caso um ponto ultrapasse algum dos limites, considera-se que o processo não está sob controle estatístico e sugere-se investigar as causas (MONTGOMERY; RUNGER, 2013).

Dentre os diversos modelos de gráficos de controle existentes, destaca-se o gráfico de controle de *Shewhart*, popular devido a sua fácil interpretação e eficácia para identificar mudanças bruscas e repentinas em um processo. Assumindo que as observações originais sejam x_1, x_2, ... x_n, independentes e com distribuição normal e assumindo que x_m seja a média amostral das observações originais, o cálculo das linhas LCS, LC e LCI para os gráficos de *Shewhart* são expressos pelas equações 1 a 7.

$$LCS = x_m + E_2 * \overline{MR} \quad (1)$$

$$LC = x_m; \quad (2)$$

$$LCI = x_m - E_2 * \overline{MR} \quad (3)$$

$$x_m = \frac{\sum_{i=1}^{m} x_i}{m} \quad (4)$$

onde x_m é a média das medidas individuais (x_i). Em sequência define-se:

$$\overline{MR} = \left(\frac{1}{n}\right) * \sum_{i=1}^{n} \overline{MR_1}; \quad (5)$$

sendo $\overline{MR}$ a média aritmética dos valores de

$$\overline{MR_1} = |x_i - x_{i-1}| \text{ para i = 1, 2… n;} \quad (6)$$

onde $\overline{MR_1}$ é a diferença entre uma medida x_i e sua respectiva medida anterior x_{i-1}

e finalmente $E_2 = \frac{3}{d_2}$ (7)

é uma constante tabelada, que depende do número de amostras (m). Para gráficos de controle de medidas individuais utilizados neste trabalho, adota-se um tamanho de amostra n = 1. Desta forma, o valor encontrado de $E_2 = 2{,}66$ utilizado nesse artigo é obtido divindo-se 3 por uma constante amostra de tamanho específico d_2 com n = 2 (MONTGOMERY; RUNGER, 2013).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas análises diárias do consumo do dia anterior com objetivo de identificar variações no perfil de consumo, sejam excessos de consumo justificáveis por rotinas de limpeza e manutenção ou vazamentos nos sistemas prediais hidráulicos. Os excessos identificados foram comunicados à equipe de manutenção predial para realização de vistorias, identificação de vazamentos e correção.

A Tabela 1 apresenta as medidas descritivas dos dados coletados diariamente, por hora e a cada 15 minutos, no período de novembro de 2018 até abril de 2019.

TABELA 1 – Medidas descritivas

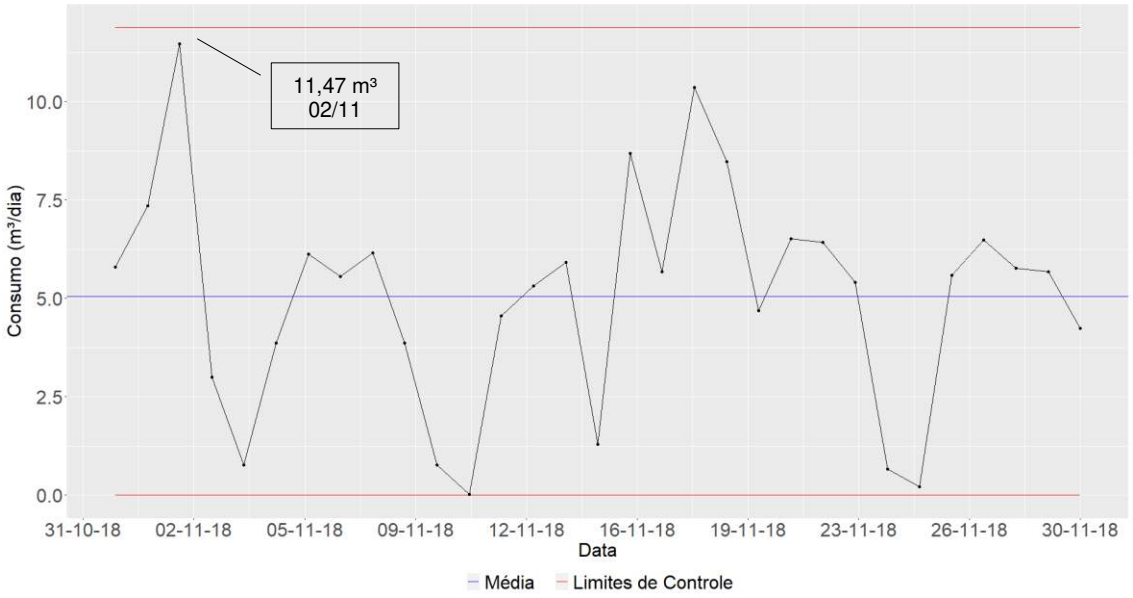
Consumo (m³)	Mínimo	Máximo	Mediana	Média	Desvio Padrão
Diário	0	25,68	5,925	5,264	3,25
Horário	0	1,73	0,09	0,219	0,264
15 Minutos	0	0,44	0,02	0,055	0,067

No primeiro mês de uso do sistema, entre os dias 30 de outubro e 30 de novembro de 2018, foi registrado o consumo mensal de 163 m³ e consumo médio diário de 5,06 m³ no período, conforme detalhado na Figura 1. Nesse mês ocorreram dois feriados, em 02/11/18 e em 15/11/18.

No feriado do dia 02/11/18 ocorreu um pico de consumo de 11,47 m³. Não foi identificado o motivo deste consumo, pois o sistema de monitoramento estava na fase inicial de operação, sem dados suficientes para análise. No dia seguinte (sábado), o consumo foi de 3 m³ e no domingo, de 0,76 m³. Este padrão de consumo se repetiu no fim de semana de 09 e 10/11/18 com consumo de 3,87 e 0,76 m³, respectivamente. Os limites de controle estão representados na cor vermelha e verifica-se que o processo se encontra sob controle estatístico.

Devido à natureza estatística dos gráficos de controle as linhas LCS e LCI estão sempre presentes. Todavia, neste trabalho optou-se por fixar a linha LCI em 0, pois neste estudo, nos gráficos elaborados a linha LCI se encontrava com um valor negativo que não apresenta nenhum significado no processo analisado (representaria consumo negativo de água). No entanto em outros estudos envolvendo consumo de água o LCI pode ser importante para sinalizar redução de consumo devido à adoção de equipamentos economizadores de água, como no estudo de FREITAS et al., (2019), ou até mesmo por conta de períodos de escassez ou restrição de abastecimento.

FIGURA 1 – Consumo diário de 31/10/2018 até 30/11/2018

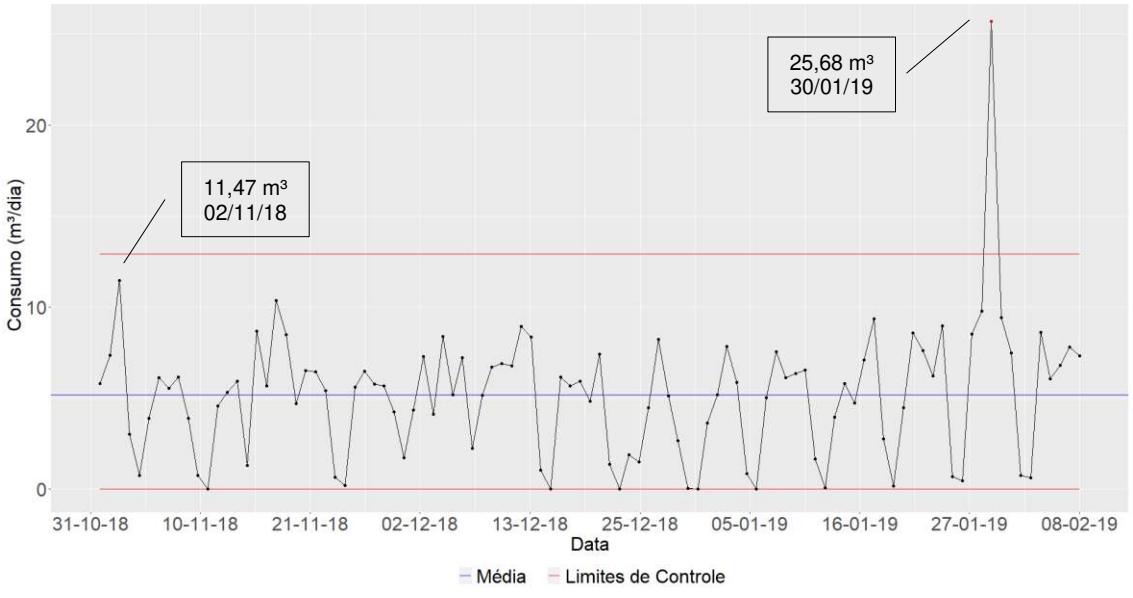


Nos fins de semana e feriados não há funcionários na agência, apenas a sala de autoatendimento fica aberta ao público. A rotina diária de limpeza do piso é mantida nestes dias, podendo ser realizada mais de uma vez por dia, dependendo da necessidade, principalmente em dias de chuva. Outro consumo identificado são obras de manutenção e reforma que ocorrem fora do horário de atendimento ao público.

Estas rotinas de limpeza e manutenção justificam o consumo de água nestes períodos. Embora tenham sido registrados consumos elevados de até 10,36 m³ no domingo, 18/11/18, que sugerem outros usos mais intensos ou até mesmo vazamentos.

O consumo permaneceu constante durante o mês de dezembro de 2018 e janeiro de 2019, exceto por um consumo excessivo de 25,68 m³ no dia 30 de janeiro de 2019, conforme demonstrado na Figura 2. Este ponto aparece além do LCS.

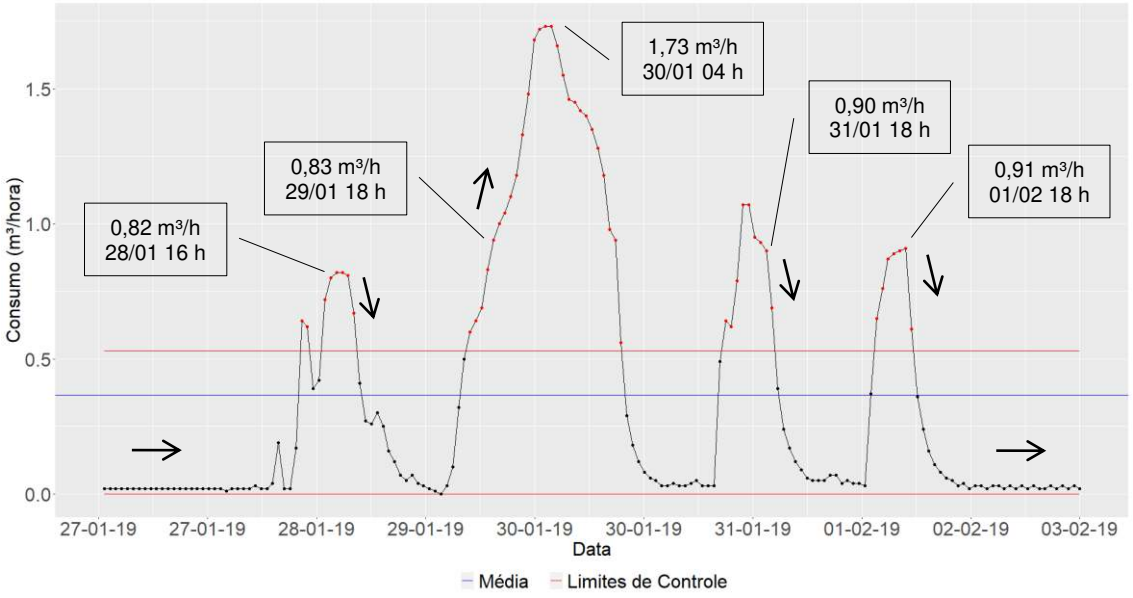
FIGURA 2 – Consumo diário de 30/10/2018 até 08/02/2019



Observando o consumo horário do dia 27/01/19 a 03/02/19 (Figura 3), no domingo, 27/01/19, não houve consumo. Na segunda-feira (28/01/19) o consumo foi normal, com picos de 0,8 m³ por hora, reduzindo a partir das 18 horas. Na terça-feira (29/01/19) o consumo não reduziu como esperado, tendo aumentado até o pico de 1,73 m^3/h às 04h00 do dia 30/01/19 e então começou a reduzir. O consumo diário voltou ao perfil normal na quinta e sexta-feira (31/01/19 e 01/02/19), com redução do consumo após às 18h00. No sábado (dia 02/02/19) o consumo foi próximo de zero.

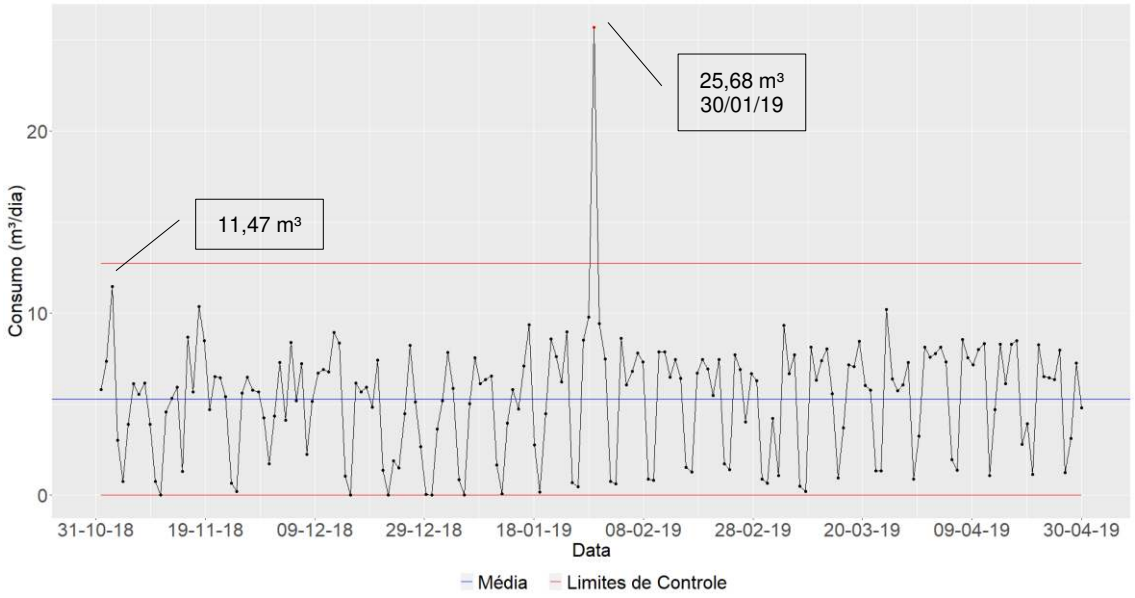
Não foi registrado, pelos funcionários da agência, nenhum chamado para acionamento da empresa de manutenção predial para conserto de vazamentos no dia 30/01/19. A causa mais provável, segundo o gerente da agência, é o uso indevido de uma torneira externa, localizada no jardim, por moradores de rua durante a madrugada. Foi providenciada a retirada da mangueira e a instalação de uma grade de proteção com cadeado para impedir o uso indevido da torneira.

FIGURA 3 – Consumo horário de 27/01/2019 até 03/02/2019



Na Figura 4 está representado o consumo diário em todo o período do estudo, entre 31/10/18 e 30/04/2019, destaca-se acima do Limite de Controle Superior (LCS) o pico de consumo de 25,68 m³ no dia 30/01/2019.

FIGURA 4 – Consumo diário de 31/10/2018 até 30/04/2019



4 CONCLUSÕES

A gestão inteligente da água com uso de medidores de vazão associados a ferramentas de tecnologia da informação, com recursos de leitura do consumo em tempo real, transmissão dos dados via rede de telefonia móvel e consulta de informações disponíveis na internet para tomada de decisões é uma inovação que auxilia na identificação quase que imediata de excessos de consumo. Desta forma, pode ser quebrado o paradigma atual, de aguardar a fatura mensal da concessionária de fornecimento de água para analisar o volume consumido.

A atuação diária na análise do consumo possibilitou a identificação de excessos de consumo em apenas um dia, logo após o início do problema. Os gráficos de controle auxiliaram na identificação de excessos de consumo, por meio da LCS. Leituras automáticas possibilitaram a elaboração de gráficos de controle em curtos períodos, possibilitando assim, detecção de anomalias de consumo e atuação mais rápida para redução do desperdício de água do imóvel. Nas vistorias das equipes de manutenção não foram localizados vazamentos.

Sugere-se, para trabalhos futuros, a elaboração de *scripts* com alertas automáticos (por exemplo, via e-mail) para notificar imediatamente as equipes de manutenção predial e possibilitar a atuação quando da ocorrência de excessos de consumo ou vazamentos.

REFERÊNCIAS

BRITTON, T. C.; COLE, G.; STEWART, R. A.; WISKAR, D. Remote Diagnosis of Leakage in Residential Households. **Water**, n. September, p. 56–60, 2008.

FREITAS, L. L. G.; HENNING, E.; KALBUSCH, A.; KONRATH, A. C.; WALTER, O. M. F. C. Analysis of water consumption in toilets employing Shewhart, EWMA, and Shewhart-EWMA combined control charts. **Journal of Cleaner Production**, v. 233, p. 1146–1157, 2019.

IPCC. Summary for policymakers. In: FIELD, C.B., V.R. BARROS, D.J. DOKKEN, K. J. M.; M.D. MASTRANDREA, T.E. BILIR, M. CHATTERJEE, K.L. EBI, Y.O. ESTRADA, R.C.

GENOVA, B. GIRMA, E.S. KISSEL, A. N.; LEVY, S. MACCRACKEN, P. R. M. E L. L. W. (Eds.). . **Climate Change 2014: Impacts, Adaption, and Vulnerability.Part A: Global and Sectoral Aspects.** Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press, 2014. p. 1–32 .

MAAMAR, Z.; BAKER, T.; FACI, N.; AL-KHAFAJIY, M.; UGLJANIN, E.; ATIF, Y.; SELLAMI, M. Weaving cognition into the internet-of-things: Application to water leaks. **Cognitive Systems Research**, v. 56, p. 233–245, ago. 2019.

MOHAMMED SHAHANAS, K.; BAGAVATHI SIVAKUMAR, P. Framework for a Smart Water Management System in the Context of Smart City Initiatives in India. **Procedia Computer Science**, v. 92, p. 142–147, 2016.

MONTGINOUL, M.; VESTIER, A. Smart metering: A water-saving solution? Consider communication strategies and user perceptions first. Evidence from a French case study. **Environmental Modelling & Software**, v. 104, p. 188–198, jun. 2018.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 14 maio. 2019

WELSH, A. Smarter water infrastructure. **World Pumps**, v. 2019, n. 1, p. 22–23, 1 jan. 2018.

YUANYUAN, W.; PING, L.; WENZE, S.; XINCHUN, Y. A New Framework on Regional Smart Water. **Procedia Computer Science**, v. 107, n. Icict, p. 122–128, 2017.



XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

Indicadores de consumo de água de estabelecimentos assistenciais de saúde do Distrito Federal

Water consumption indicators of healthcare establishments in the Federal District, Brazil

SANTANA, Livia[1]; SANT'ANA, Daniel[2]; SANTOS, Susanna[3]; TOTUGUI, Natália[4]

[1] Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Instituto Federal de Goiás, livia.santana@ifg.edu.br
[2] Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Universidade de Brasília, dsantana@unb.br
[3] Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Universidade de Brasília, susannasantos1@gmail.com
[4] Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Universidade de Brasília, nataliatotugui@gmail.com

RESUMO

Estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) são edificações que tem por finalidade abrigar diferentes atividades destinadas à prevenção de doenças e reabilitação da saúde de indivíduos. Edificações de saúde pública tendem a ser grandes consumidores de água. Com isso, a compreensão do consumo de água de diferentes tipos de EAS é essencial para promover a gestão e o controle da demanda urbana de água, além de abrir o caminho para o desenvolvimento e a avaliação de programas de conservação de água. Este trabalho tem como objetivo analisar o consumo de água em diferentes tipos de EAS do Distrito Federal e, com isso, gerar indicadores de consumo predial. O procedimento metodológico teve como base um levantamento quantitativo em diferentes regiões administrativas do DF para coletar dados primários referentes a população, área construída, número de leitos e consumo predial para três tipos de EAS. Os resultados demonstraram indicadores de 3,80 *l/m²/d* e 45,70 *l/p/d* em unidades básicas de saúde, 6,70 *l/m²/d,* 29,10 *l/p/d* e 395,90 *l/leito/d* em unidades de pronto atendimento e 9,40 *l/m²/d,* 79,40 *l/p/d,* 734,90 *l/leito/d* em hospitais.

Palavras-chave: Consumo de água, indicadores, estabelecimentos assistenciais de saúde.

ABSTRACT

Health care facilities (HCF) are buildings whose purpose is to house different health-related activities aimed at disease prevention and individual rehabilitation. Public health buildings tend to be large consumers of water in Brazil. Understanding water consumption of different built-types of HCF is essential to promote a sustainable water management as well as laying a foundation for the development and evaluation of water conservation programs. This work aims to analyze the water consumption in different types of HCF in the Federal District and, with this, compose water consumption indicators. The method was based on a quantitative survey in different administrative regions of the Federal District to collect primary data on population, built area and number of beds and water consumption for three types of HCF. Results show that variables such as built area and population have a great influence on water consumption in HCF, obtaining indicators of 3,80 l/m²/d and 45,70 l/p/d for basic health units, 6,70 l/m²/d, 29,10 l/p/d and 395,90 l/bed/d for emergency care units, and 9,40 l/m²/d, 79,40 l/p/d and 734,90 l/bed/d for hospitals.

Keywords: *Water consumption, indicators, health care facilities.*

1 INTRODUÇÃO

A demanda urbana de água aumentou consideravelmente nos últimos anos devido a fatores como mudança climática, crescimento populacional, urbanização, padrão de vida e renda, que estão afetando a qualidade, quantidade e disponibilidade da água (HANJRA *et al*., 2012; ZIMMERMAN *et al*., 2008). Considerando o grande consumo de água potável pelas edificações do setor de sáude devido à sua natureza de uso e a necessidade de manter a qualidade e segurança no abastecimento das edificações (DoC VICTORIA, 2009) torna-se essencial avaliar medidas de sustentabilidade que visam reduzir o consumo (D'ALESSANDRO *et al*., 2016). Considerando que a água é um recurso limitado e deve ser utilizado de forma sustentável (EPA, 2012), poucas são as iniciativas voltadas à implementação de ações relacionadas ao gerenciamento da água (TOLEDO & DEMAJOROVIC, 2006).

Entretanto, é necessário compreender o consumo de água em edificações para propor medidas de conservação (TELLES, 2004). O consumo de água tem variações dependendo de fatores como localização geográfica, serviços prestados, tipo de edifícios, equipamentos utilizados e práticas de uso (HEA, 2011). Destaca-se que a determinação do indicador de consumo de água *per capita,* caracterizado pela relação entre o volume de água consumido por um agente consumidor ao longo de um dia ou período de tempo previamente determinado, pode ser utilizado como um valor de referência para dimensionamento de sistemas de abastecimento e controle do consumo de água (SOARES *et al*., 2017).

Entre tanto, indicadores de consumo para hospitais são normalmente medidos pelo número de leitos disponíveis para internação (SANZ-CALCEDO *et al.*, 2017), e pode ser muito variável dependendo do grau de desenvolvimento do país (VELEZ, 2001). Estudos no Brasil indicam um consumo de 300-600 *l/leito/d* (MELO & NETTO, 1998); 250 *l/leito/d* (BERENHAUSER & PELUCI, 1983); 1.021 *l/leito/d* (OLIVEIRA, 1999); 1.327 *l/leito/d* e 1.444 *l/leito/d*, desconsiderando os finais de semana (ILHA *et al*., 2006). Na Europa, 500-1000 *l/leito/d*; e nos Estados Unidos, 250-400 *l/leito/d* (DOH, 2009).

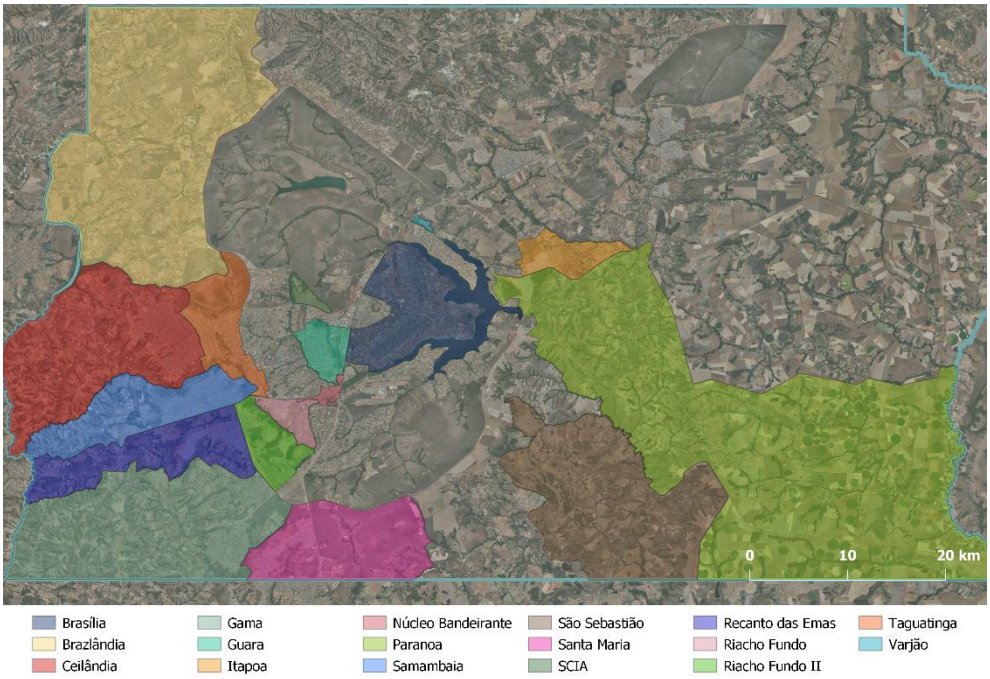
Frente ao exposto, o objetivo do presente estudo é de analisar o consumo de água em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) do Distrito Federal e gerar indicadores de consumo de água por tipo de edificação. Um estabelecimento assistencial de saúde pode ser definido como qualquer edificação destinada à prestação de assistência à saúde à população, que demande o acesso de pacientes e independa do nível de complexidade (BRASIL, 2002). No Distrito Federal, as principais tipologias de EAS são: i) unidade básica de saúde (UBS); ii) unidade de pronto atendimento (UPA); e iii) hospital. EAS estão distribuídas por todas as 31 regiões administrativas, que atendem desde as necessidades em atenção primária até as de maior complexidade (BRASIL, 2018a). A UBS caracteriza-se por uma unidade voltada a realização de atendimentos de atenção básica a uma população e os principais serviços ofertados são consultas médicas nas áreas de pediatria, ginecologia e clínica geral, além de inalações, injeções, curativos, vacinas, coleta de exames laboratoriais, tratamento odontológico, encaminhamentos para especialidades e fornecimento de medicação básica (BRASIL, 2018b). A UPA é o estabelecimento de saúde de complexidade intermediária entre as UBS e hospitais (BRASIL, 2009) e resolve grande parte dos atendimentos de urgências e emergências - oferta serviços de consultas médicas, raio-X, eletrocardiografia, laboratório de exames e leitos de observação (BRASIL, 2019c). Já um hospital tem como função proporcionar à população assistência médica integral, curativa e preventiva, sob quaisquer regimes de atendimento (BRASIL, 1977), ofertando serviços de atendimento ambulatorial e emergência, além de clínica médica em várias especialidades dependendo de cada

estabelecimento, como angiologia, cardiologia, neurologia, oncologia, otorrinolaringologia, oftalmologia, traumatologia e ortopedia (BRASIL, 2019b), além de possuir leitos de internação, classificados em leito clínico, leito cirúrgico, leito obstétrico e leito pediátrico (BRASIL, 2019a).

2 MÉTODO

A pesquisa teve como método o levantamento quantitativo de dados dos EAS no DF, representados por uma amostragem de 97 UBS, 5 UPA e 11 hospitais, localizados nas regiões administrativas selecionadas para coleta de dados, conforme identificadas na Figura 1.

FIGURA 1 – Regiões Administrativas selecionadas



Fonte: Adaptado de GDF (2019)

Dados relativos ao histórico do consumo predial foram obtidos pela CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal, compreendendo uma média histórica de dois anos, entre janeiro de 2015 e dezembro de 2016 para cada tipologia. A área construída foi fornecida pela Secretaria de Estado de Saúde – SES/DF e os dados de população, caracterizada pelo número de servidores, funcionários terceirizados, voluntários e leitos dos hospitais e UPA, foram fornecidas pela Subsecretaria de Infraestrutura em Saúde do Distrito Federal – SINFRA/SES DF.

Em seguida, foram analisadas as variáveis população, número de leitos e área construída para as três tipologias individualmente e em conjunto, para fins de comparação de desempenho predial. O consumo predial médio de água foi analisado por meio de gráfico de linha para verificar a evolução do consumo ao longo dos anos. Para calcular os indicadores *per capita* (*l/p/d*)[1], por leito (*l/leito/d*)[2] e por área (*l/m²/d*)[3], foram utilizadas as Equações 1, 2 e 3 respectivamente.

[1] Litro por pessoa por dia.
[2] Litro por leito por dia.
[3] Litro por metro quadrado de área construída por dia.

$$IC_{per\ capita} = \left(\frac{\text{consumo diário } (l/d)}{\text{população total diária}}\right) \quad (1)$$

$$IC_{\text{por leito}} = \left(\frac{\text{consumo diário } (l/d)}{\text{número de leitos}}\right) \quad (2)$$

$$IC_{\text{por área}} = \left(\frac{\text{consumo diário } (l/d)}{\text{área construída}}\right) \quad (3)$$

sendo:
IC = Indicador de consumo;
l/d, litros por dia.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

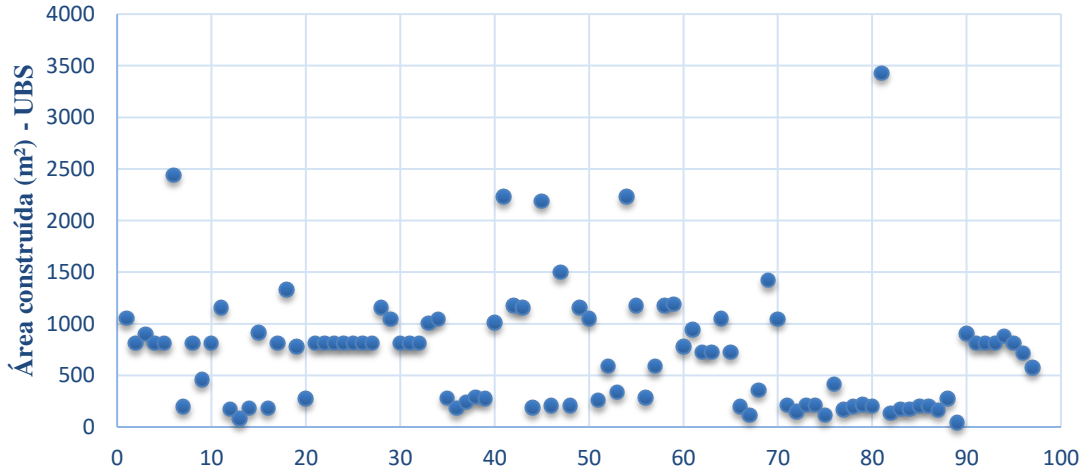
Com relação as áreas construídas apresentadas na Tabela 1, verificou-se que a maioria das UBS encontram na faixa mediana de 811,00 *m²*, as UPA 1.710,00 *m²* e os hospitais, 16.480,47 *m²*. Foi identificado uma relação direta entre tipologia e área construída, tendo como menores áreas aquelas pertencentes às UBS, seguidas pelas UPA e hospitais. Destaca-se que algumas UPA possuem áreas similares às das UBS (Figura 2).

TABELA 2 – Área construída

Tipologia	Analisadas	Existentes	Área construída		
			Mínima	Máxima	Mediana
UBS	97	167	44,30 *m²*	3.426,66 *m²*	811,00 *m²*
UPA	5	6	1.547,45 *m²*	2.401,57 *m²*	1.710,00 *m²*
Hospital	11	15	4.520,00 *m²*	41.000,00 *m²*	16.480,47 *m²*

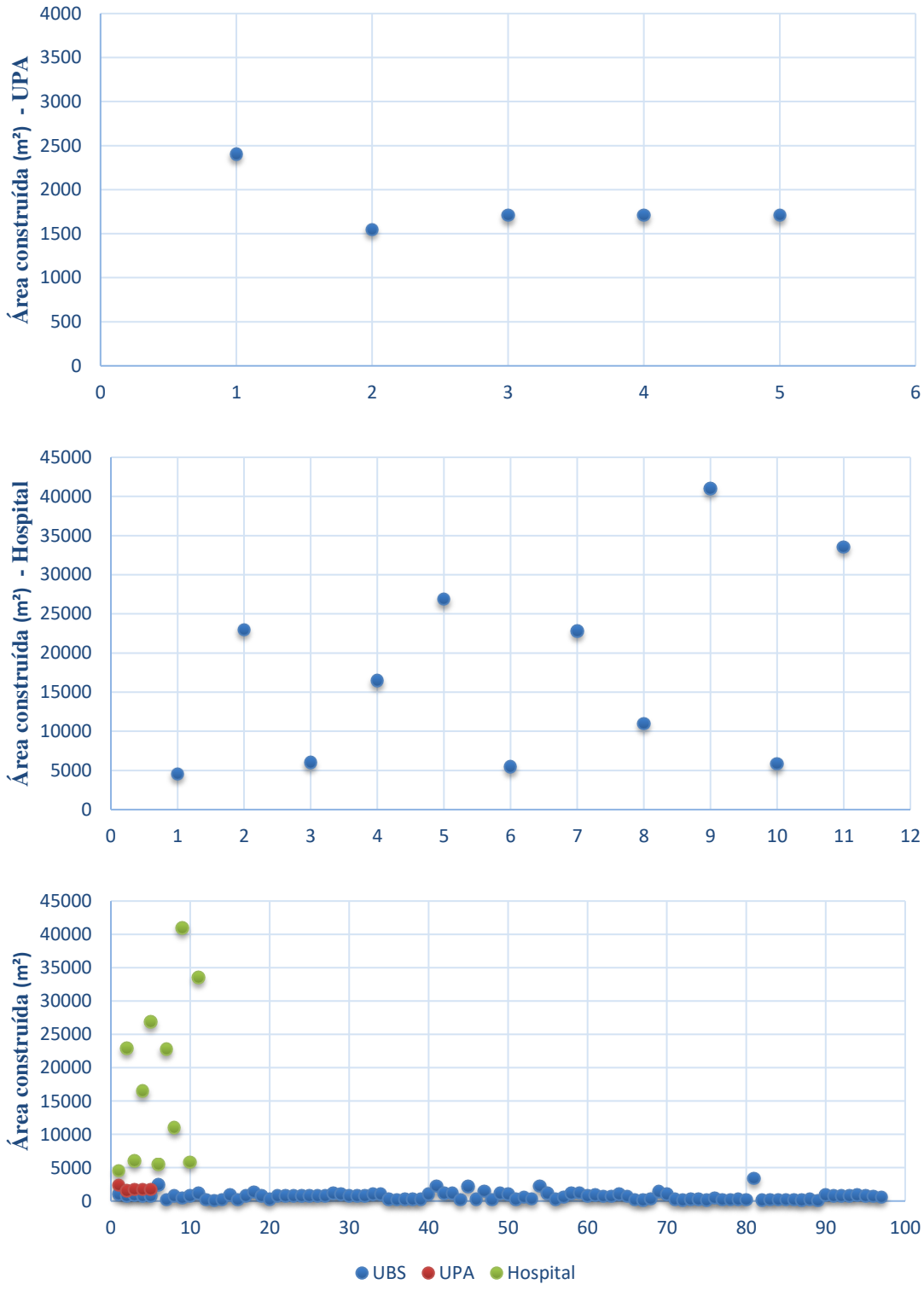
Fonte: Autoria própria (2019)

FIGURA 2 – Diagrama de dispersão total das áreas construídas (m²)



Continua...

FIGURA 2 – Diagrama de dispersão total das áreas construídas (m²) *Continuação.*



Fonte: Autoria própria (2019)

A Tabela 2 apresenta os dados referentes a população dos estabelecimentos investigados no presente estudo, caracterizada pelo somatório do número de servidores, funcionários terceirizados, voluntários e leitos. Dados relativos à população demonstraram uma mediana de 52 pessoas nas UBS, 207 nas UPA e 2.068 nos hospitais. Em relação as três tipologias, a população dos hospitais obteve destaque entre as demais justificado pelo

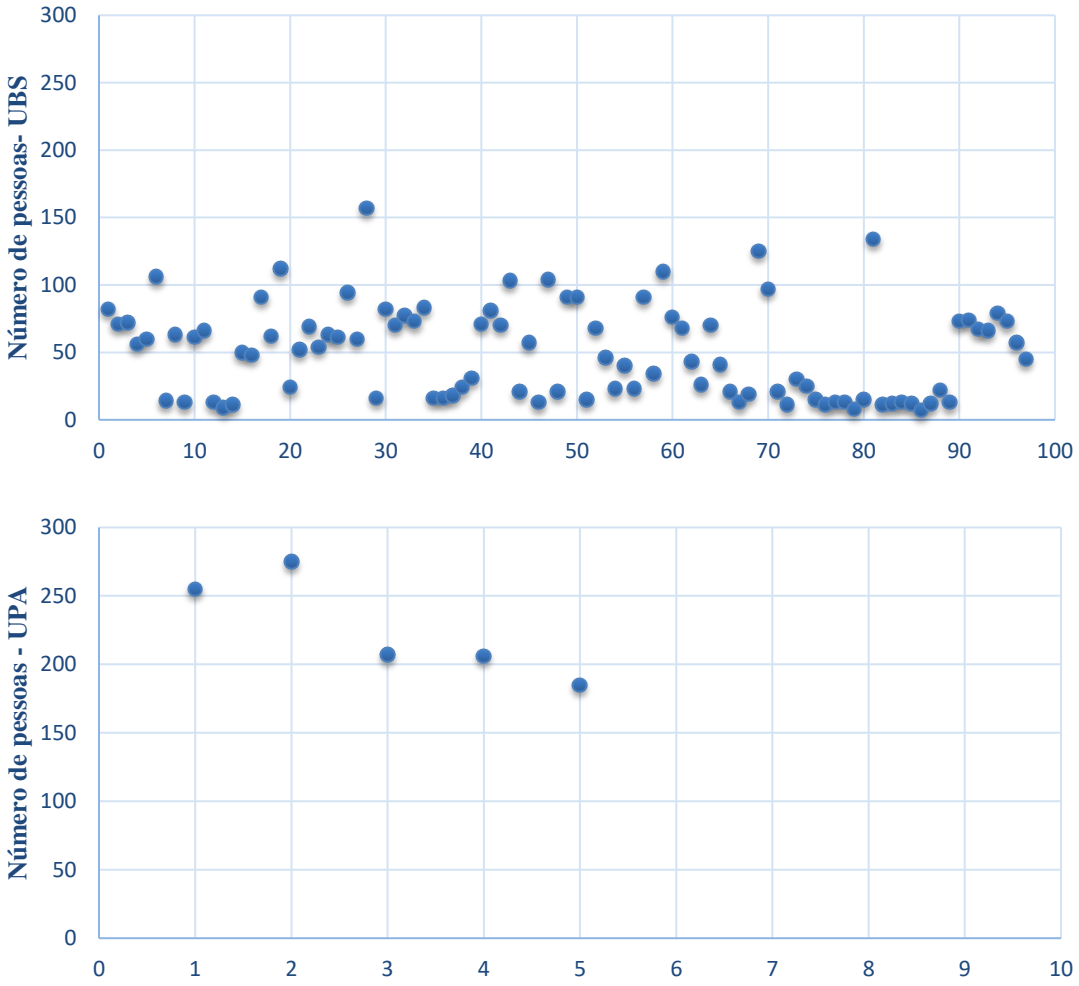
grande número de serviços ofertados, o que proporciona um aumento no número de atendimentos (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**3). Com os resultados também foi possível gerar a taxa de ocupação por tipologia, dividindo os dados obtidos com a mediana da população por sua respectiva mediana da área construída, obtendo resultados de 0,06 *p/m²* [4] para UBS, 0,12 *p/m²* para UPA e 0,13 *p/m²* para hospitais.

TABELA 2 – População

Tipologia	Analisadas	Existentes	População		
			Mínima	Máxima	Mediana
UBS	97	167	7	157	52
UPA	5	6	185	275	207
Hospital	11	15	482	3.903	2.068

Fonte: Autoria própria (2019)

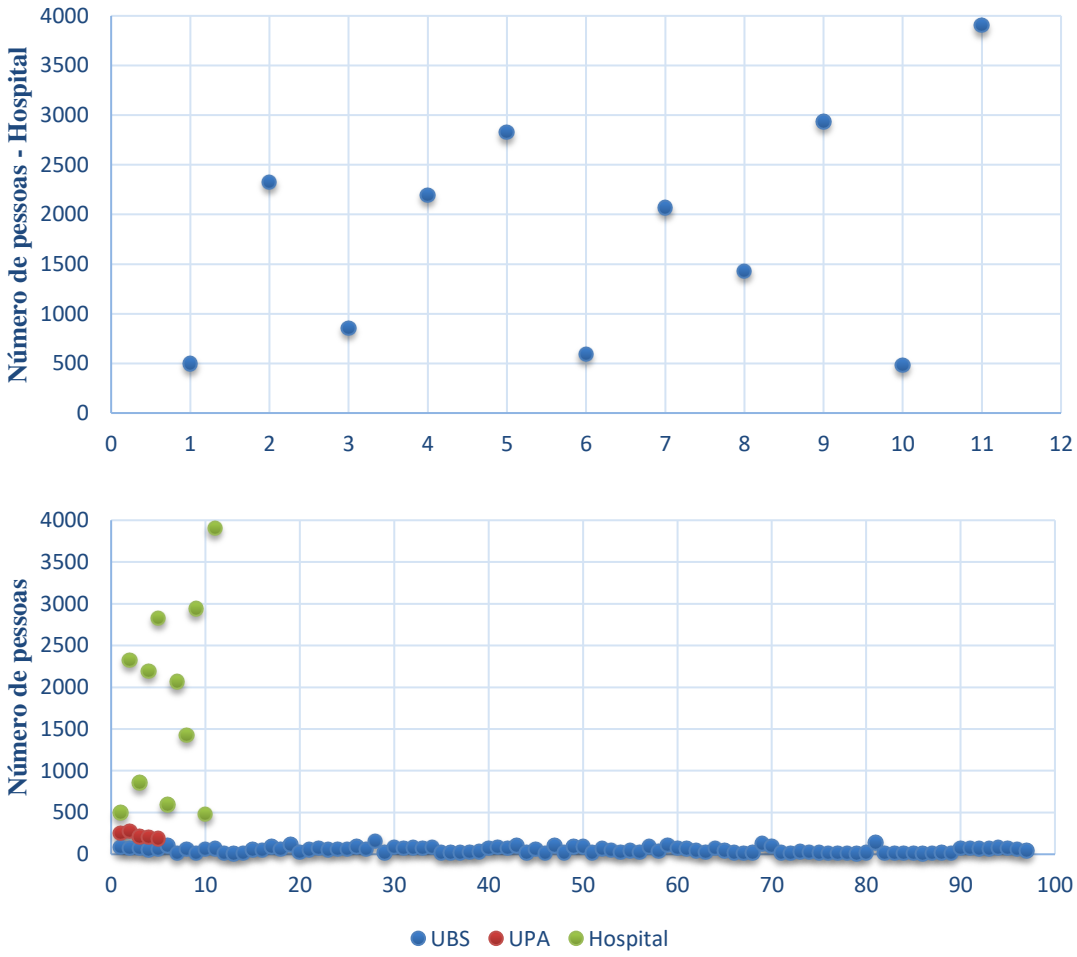
FIGURA 3 – Diagrama de dispersão total da população



Continua...

[4] Pessoa por metro quadrado de área construída.

FIGURA 4 – Diagrama de dispersão total da população *Continuação.*



Fonte: Autoria própria (2019)

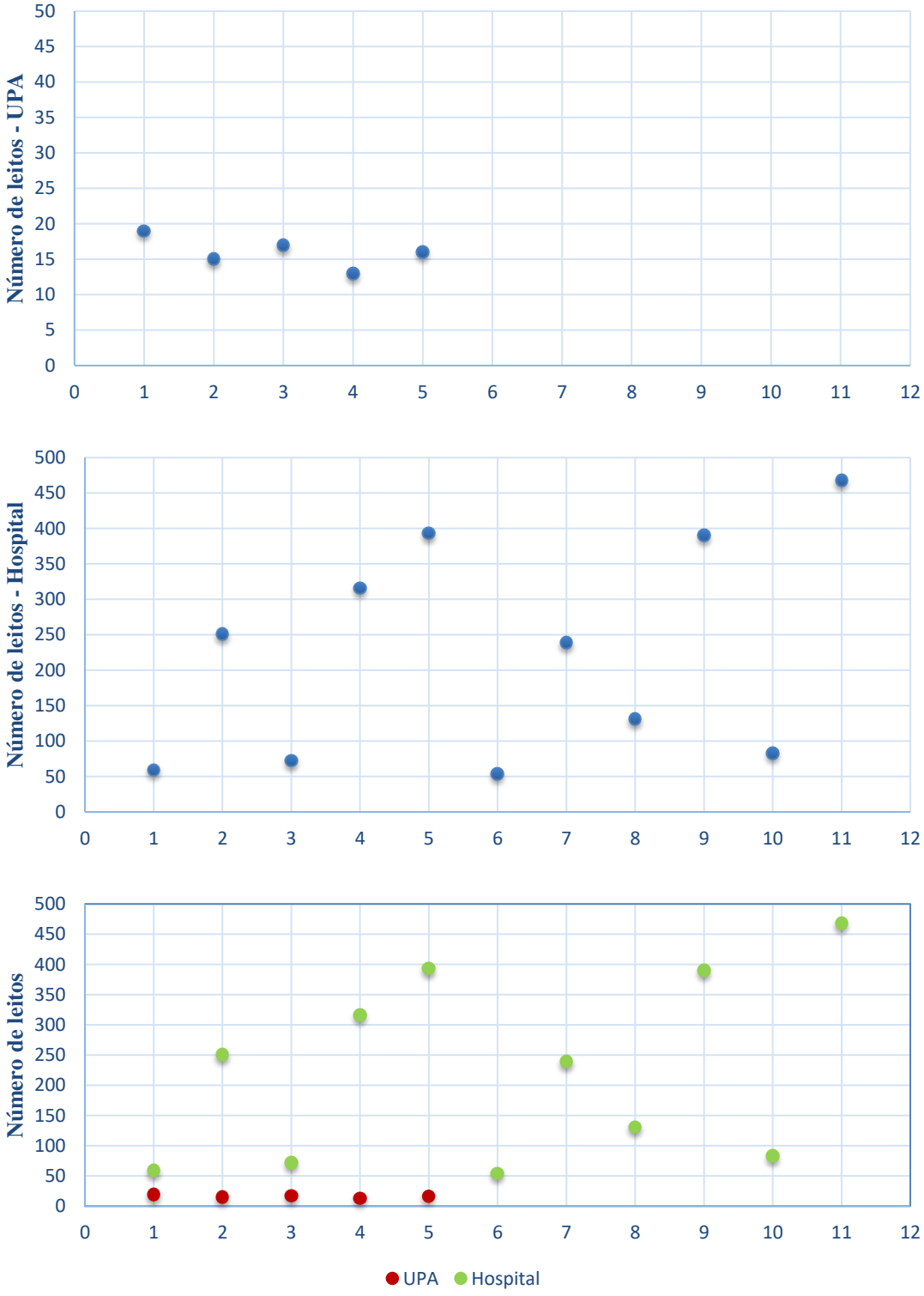
Apenas as UPA e hospitais possuem leitos hospitalares, destinados a atender pacientes sob supervisão médica e/ou enfermagem. A tabela 3 apresenta os dados referentes ao número de leitos, resultando na mediana de 16 leitos nas UPA e 239 nos hospitais. Na Figura 4 verifica-se uma pequena dispersão entre os leitos das UPA, ao contrário dos resultados encontrados para os hospitais. Esse fato pode ser justificado pelo número de leitos necessários para o atendimento da população para cada estabelecimento, determinado em função do tempo de permanência dos pacientes, que é variável de acordo com o porte dos hospitais e tipologia dos leitos (SES, 2017). Nas UPA existem apenas leitos de observação, necessários para prestar os primeiros socorros sob supervisão multiprofissional e elaboração de diagnósticos por um período inferior a 24 horas, e nos hospitais, leitos de internação, destinados à permanência de pacientes internados (EBSERH, 2016).

TABELA 3 – Leitos

Tipologia	Analisadas	Existentes	Leitos		
			Mínima	Máxima	Mediana
UBS	97	167	---	---	---
UPA	5	6	13	19	16
Hospital	11	15	54	468	239

Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 4 – Diagrama de dispersão total do número de leitos



Fonte: Autoria própria (2019)

Os dados de consumo predial estão indicados na Tabela 4 e de acordo com resultados, as UBS obtiveram uma mediana de 44,83 *m³/mês*, as UPA 221,08 *m³/mês* e os hospitais 3.377,83 *m³/mês*. Conforme demonstrado na Figura 5, durante o ano de 2015 foi verificado um consumo regular nas UBS com pequeno declive nos meses de novembro e dezembro. Em 2016 o consumo continuou a diminuir até março, e em seguida teve

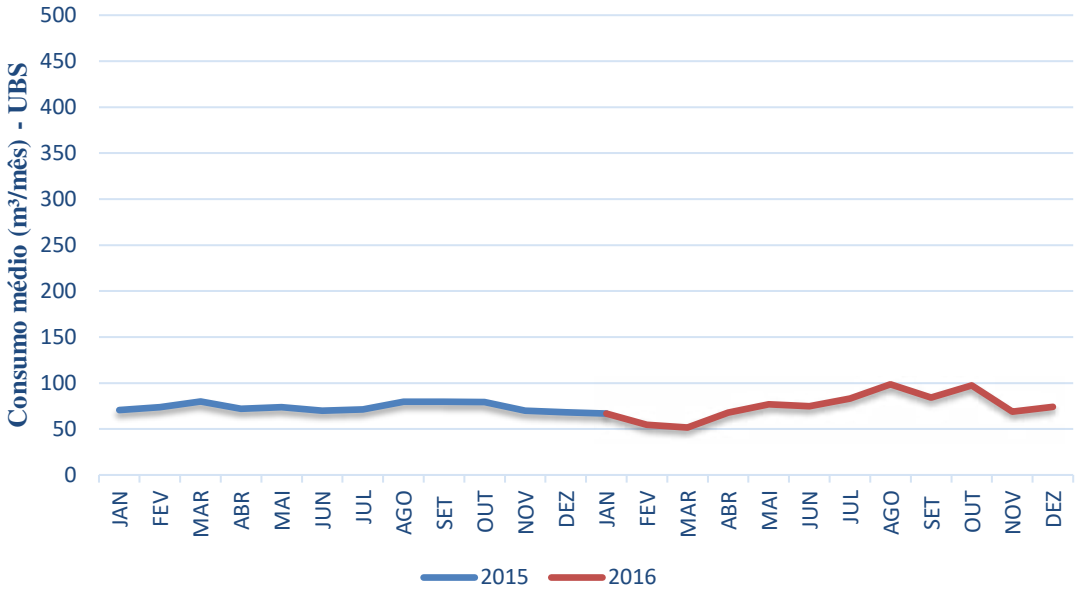
aumento gradativo entre os demais meses, com picos registrados em agosto e outubro. Assim como no ano anterior, os meses de novembro e dezembro registraram os menores consumo. Nas UPA o consumo manteve-se regular ao longo do ano de 2015 e iniciou 2016 com a média do ano anterior. A partir do mês de maio verifica-se aumento gradativo, com o maior pico registrado no mês de agosto. Nos hospitais o consumo manteve regular ao longo dos dois anos, com pequenas variações registradas entre os meses, mantendo-se na média de consumo. O consumo de água demonstrou uma relação direta com a população e serviços ofertados, registrando os maiores consumos nos hospitais e os menores nas UBS.

TABELA 4 – Consumo predial

Tipologia	Analisadas	Existentes	Consumo predial		
			Mínima	Máxima	Mediana
UBS	97	167	0,62 *m³/mês*	1.001,88 *m³/mês*	44,83 *m³/mês*
UPA	5	6	159,54 *m³/mês*	967,04 *m³/mês*	221,08 *m³/mês*
Hospital	11	15	1.102,95 *m³/mês*	11.420,13 *m³/mês*	3.377,83 *m³/mês*

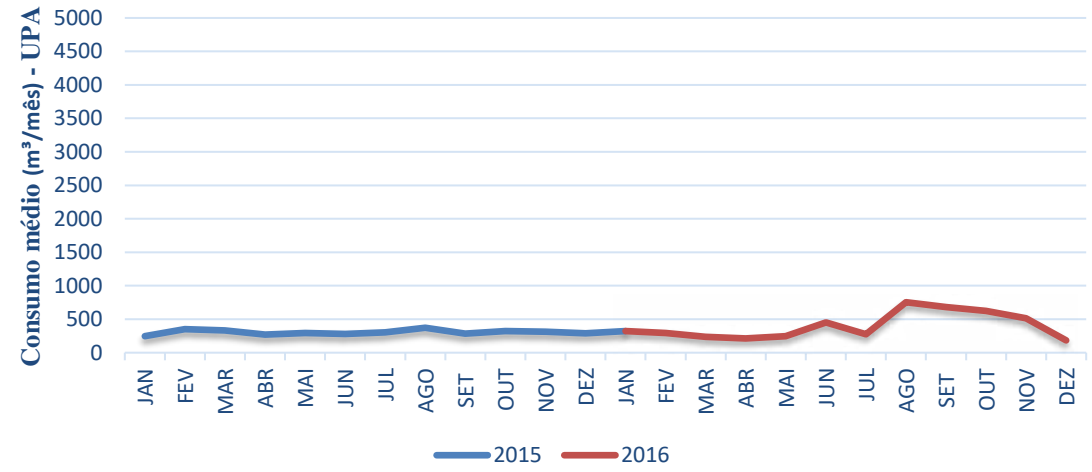
Fonte: Autoria própria (2019)

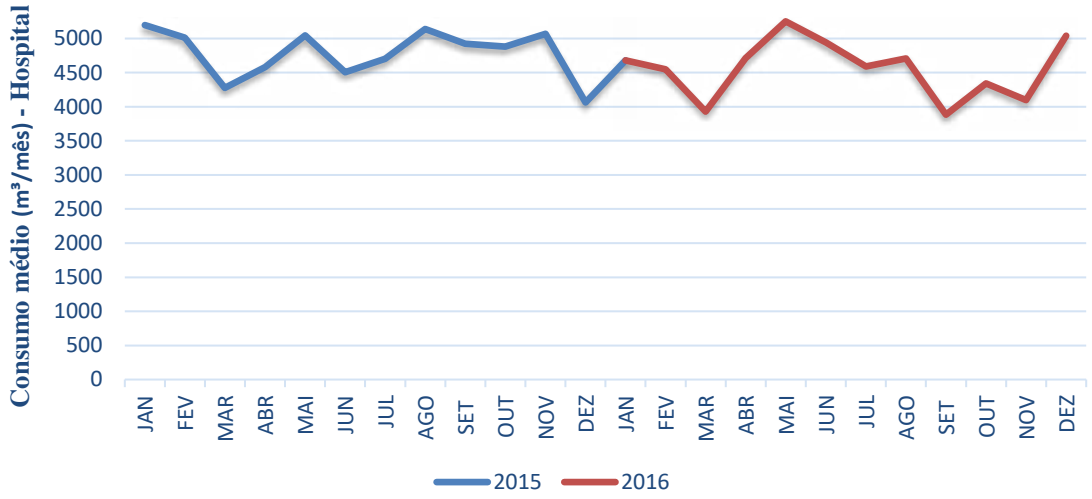
FIGURA 5 – Consumo predial médio de água (m³/mês)

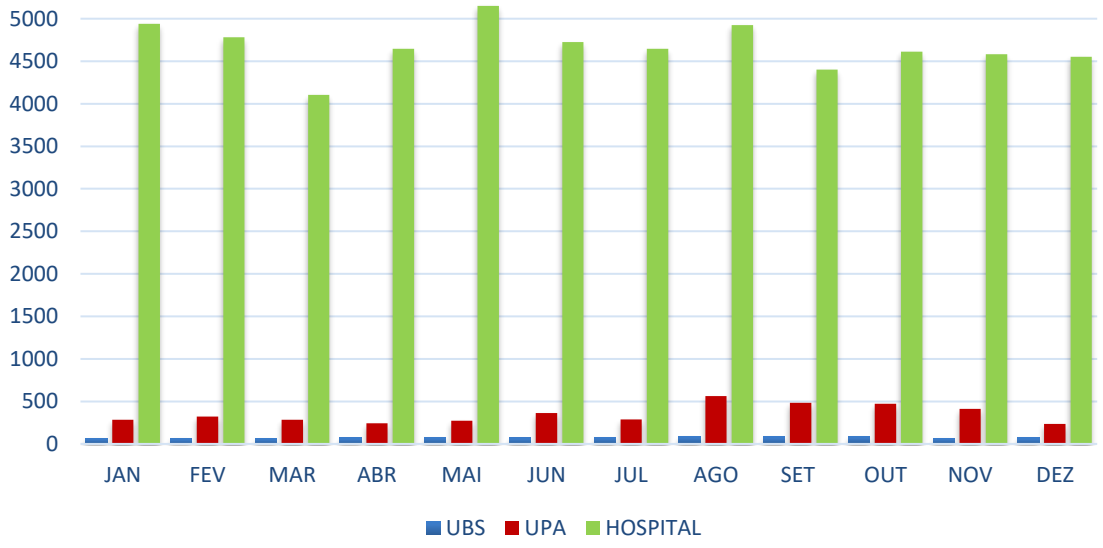


Continuação ...

FIGURA 5 – Consumo predial médio de água (m³/mês) *Continuação.*







Fonte: Autoria própria (2019)

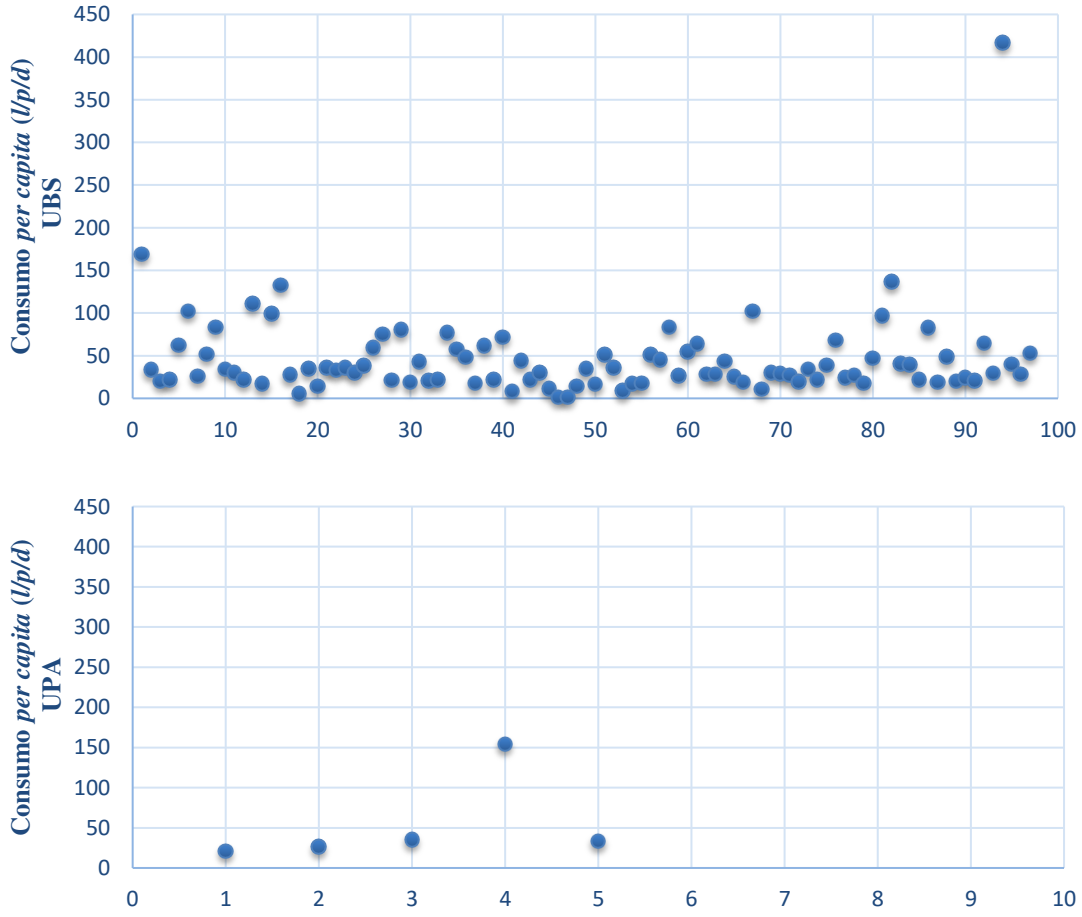
A média do consumo *per capita* nas UBS foi de 45,70 *l/p/d,* 29,10 *l/p/d* nas UPA e 79,40 *l/p/d* nos hospitais (Tabela 5). Observou-se uma relação direta entre consumo de água e população, visto que o consumo é aumentado em função do elevado número de servidores e voluntários necessários para atender as variadas especialidades médicas, funcionários terceirizados para realização de limpeza e manutenção dos estabelecimentos, e número de leitos para atender pacientes em regime de observação ou internação dependendo da tipologia. Os menores consumos *per capita* foram identificados nas UPA, e consumos de algumas UBS foram proporcionais aos dos hospitais, conforme demonstrado na Figura 6. Destaca-se que o consumo dos hospitais teve uma grande variação por estabelecimento dependendo do tipo de serviços ofertados à população. Alguns realizam atendimentos de ordem gerais e assiste pacientes em várias especialidades médicas tanto clínicas quanto cirúrgicas, e outros, especialidades específicas e dispõe de número menor de pessoas para ofertar os serviços.

TABELA 5 – Consumo de água per capita (*l/p/d*)

Tipologia	Analisadas	Existentes	Consumo de água *per capita*		
			Mínima	Máxima	Médio
UBS	97	167	1,38 *l/p/d*	416,94 *l/p/d*	45,70 *l/p/d*
UPA	5	6	20,57 *l/p/d*	35,66 *l/p/d*	29,10 *l/p/d*
Hospital	11	15	60,81 *l/p/d*	106,87 *l/p/d*	79,40 *l/p/d*

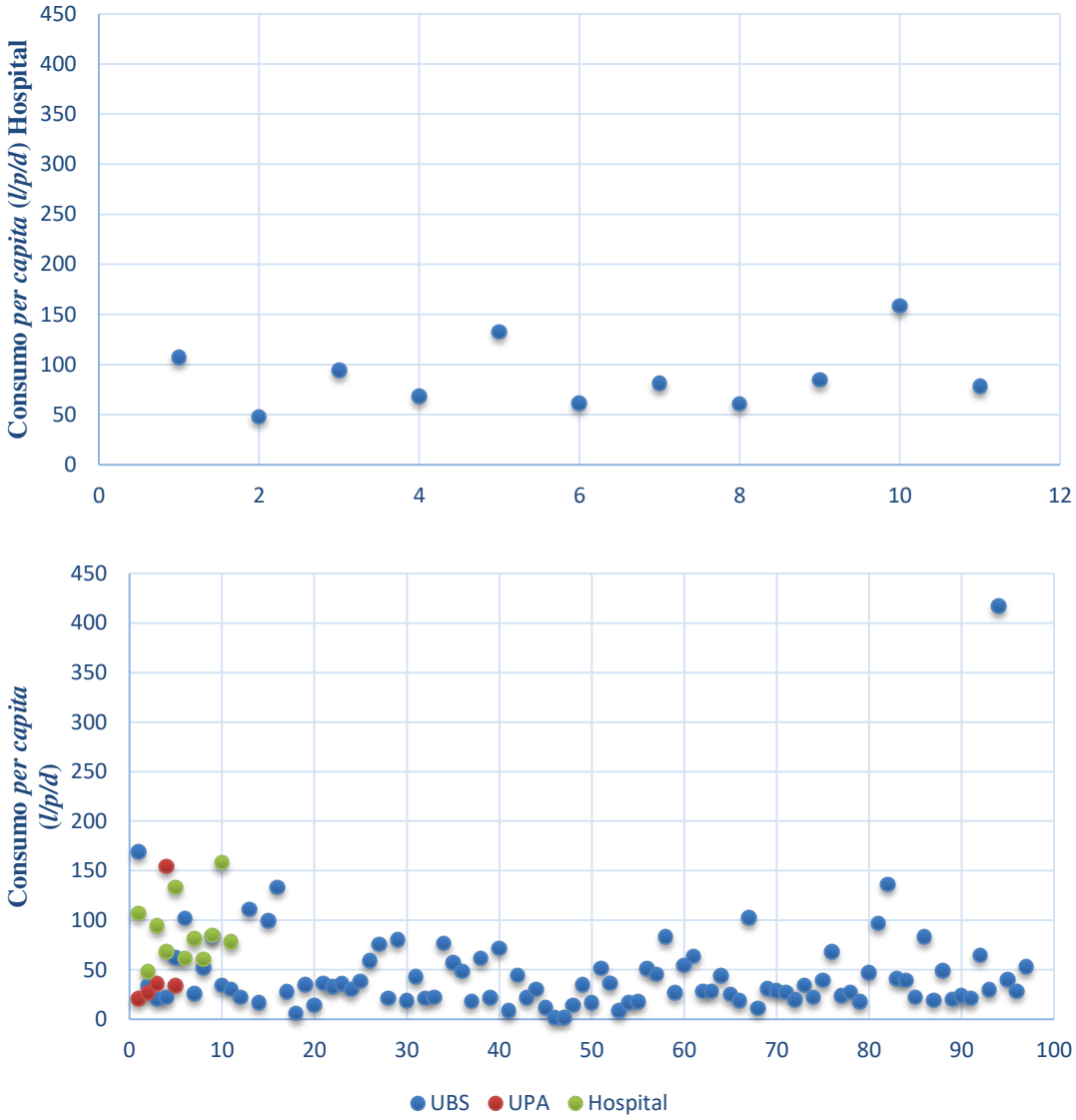
Fonte: Autoria própria (2019)

FIGURA 6 – Diagrama de dispersão do consumo per capita (*l/p/d*)



Continua...

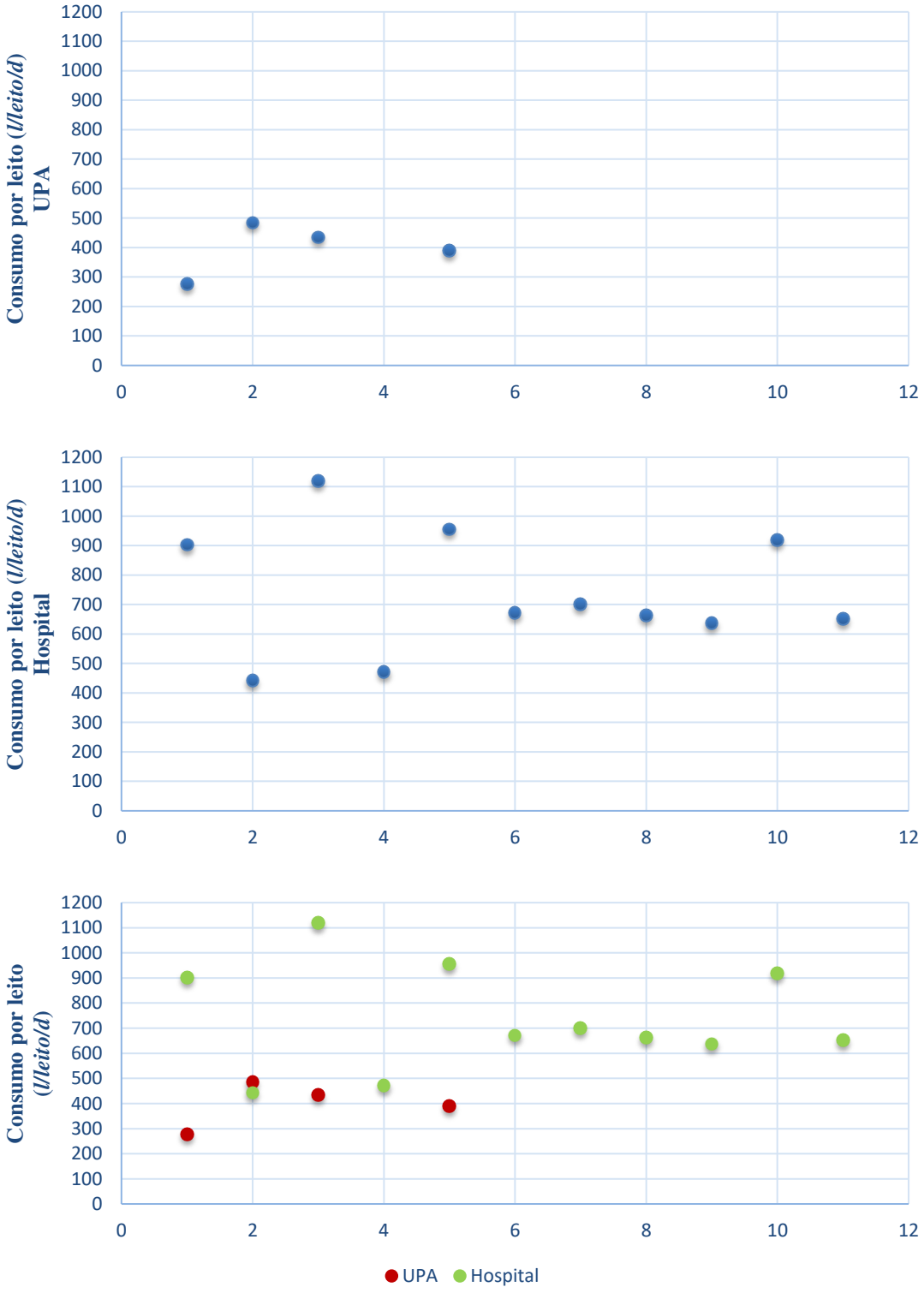
FIGURA 6 – Diagrama de dispersão do consumo per capita (*l/p/d*) *Continuação.*



Fonte: Autoria própria (2019)

Considerando os dados de leitos, disponíveis nas UPA e hospitais, o consumo *por leito* variou entre 276,06 *l/leito/d* e 484,57 *l/leito/d* nas UPA, com consumo médio de 395,90 *l/leito/d*. Nos hospitais, entre 636,69 *l/leito/d e* 918,85 *l/leito/d*, com consumo médio de 734,90 *l/leito/d* (Figura 7).

FIGURA 7 – Diagrama de dispersão de consumo por leito (*l/leito/d*)



Fonte: Autoria própria (2019)

O consumo médio de água *por área* nas UBS foi de 3,80 *l/m²/d*, nas UPA 6,70 *l/m²/d*, e nos hospitais 9,40 *l/m²/d,* conforme verificado na Tabela 6. Resultados demostraram que o consumo *por área* dos hospitais, em média são maiores que o consumo das UBS e UPA. Esse elevado consumo justifica-se pelo fato desses estabelecimentos terem as maiores populações, ofertar serviços com especialidades variadas e em maior número que as

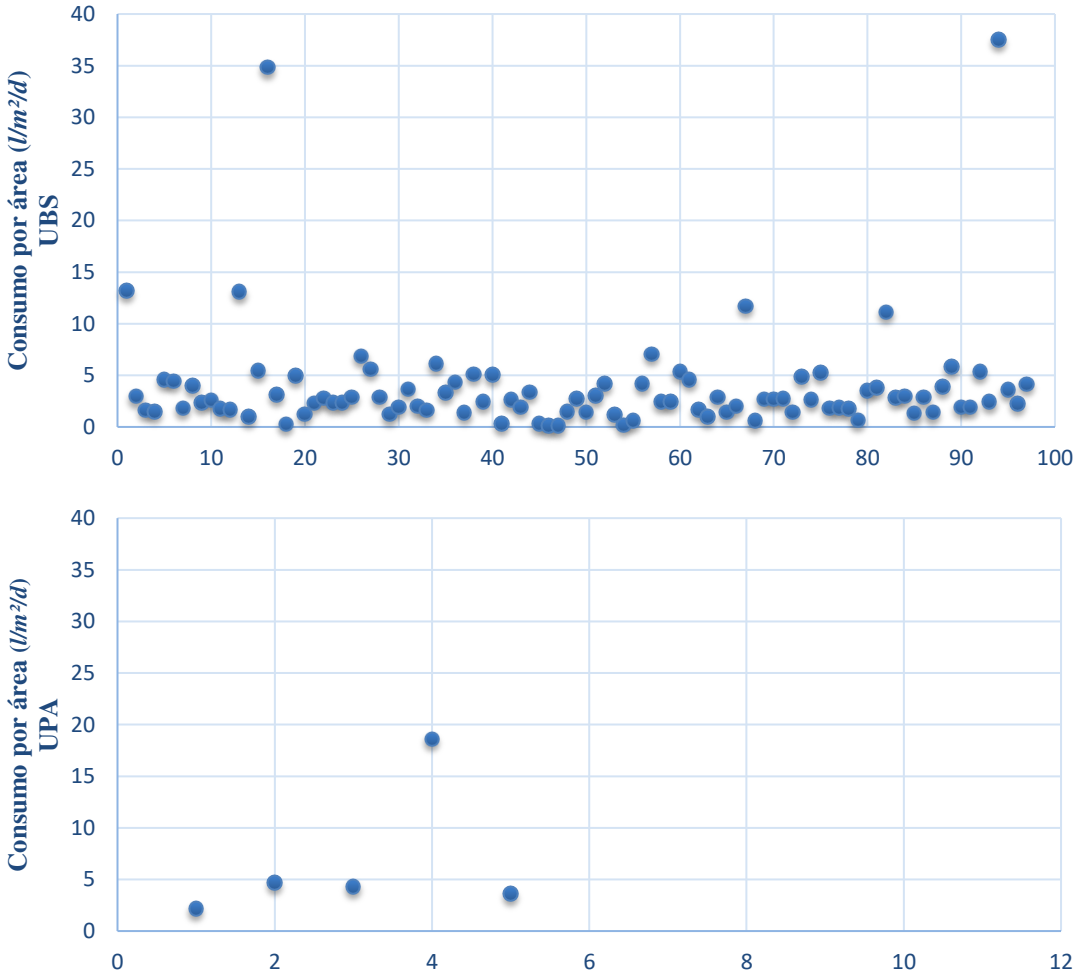
demais tipologias, além de ocupar as maiores áreas para suportar toda a estrutura de pessoas e serviços. Entretanto, duas UBS apresentaram maior consumo dentre as três tipologias (Figura 8).

TABELA 6 – Consumo de água por área (*l/m²/d*)

Tipologia	Analisadas	Existentes	Consumo de água *por área*		
			Mínima	Máxima	Médio
UBS	97	167	0,10 *l/m²/d*	37,53 *l/m²/d*	3,80 *l/m²/d*
UPA	5	6	2,18 *l/m²/d*	18,59 *l/m²/d*	6,70 *l/m²/d*
Hospital	11	15	4,84 *l/m²/d*	13,97 *l/m²/d*	9,40 *l/m²/d*

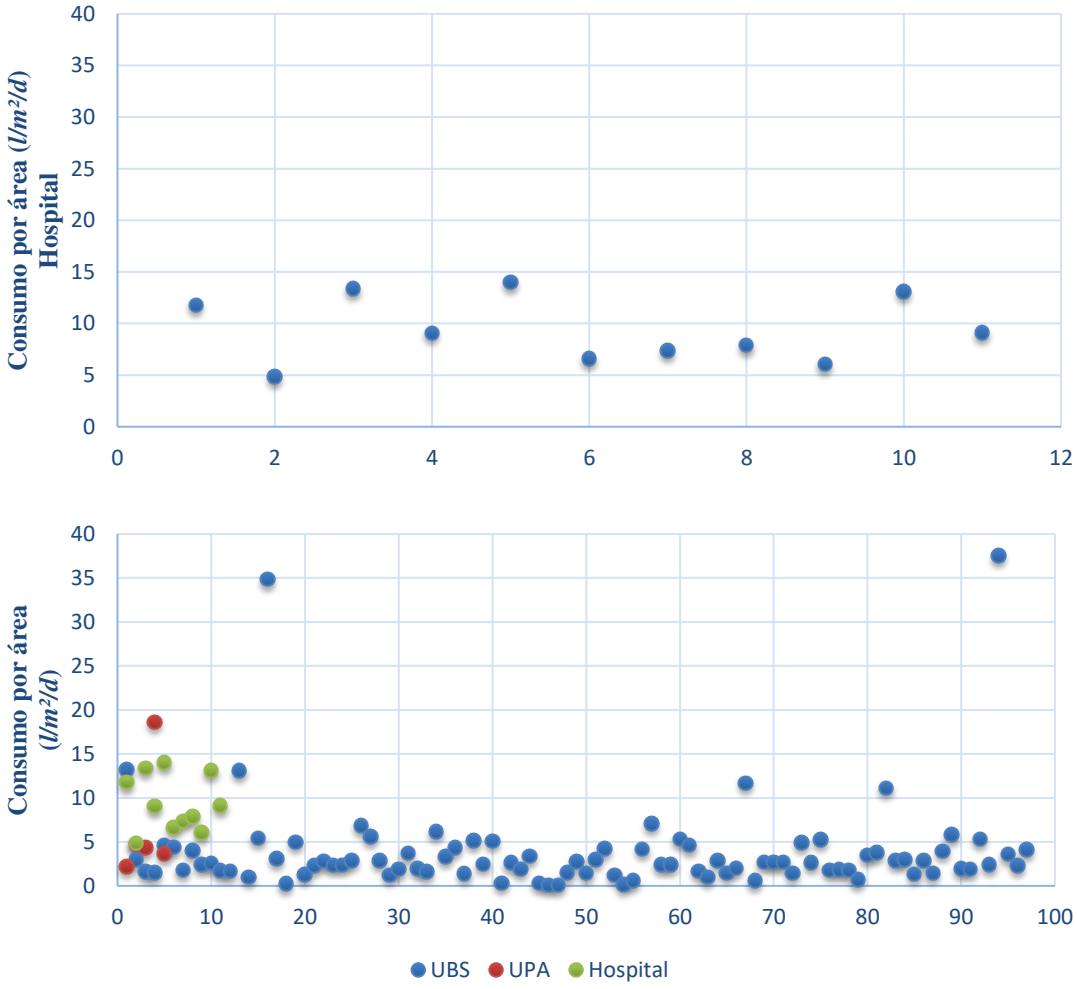
Fonte: Autoria própria (2019)

FIGURA 8 – Diagrama de dispersão do consumo por área (*l/m²/d*)



Continua ...

FIGURA 8 – Diagrama de dispersão do consumo por área (*l/m²/d*) *Continuação.*



Fonte: Autoria própria (2019)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar o consumo de água de diferentes tipos de estabelecimentos assistenciais de saúde, este trabalho gerou indicadores de consumo predial em UBS, UPA e hospital. Verificou-se que variáveis como população e área construída influenciam nos padrões de consumo da água por tipologia. Resultados identificaram as menores áreas construídas e população nas UBS e as maiores nos hospitais, e obtido uma taxa de ocupação por tipologia de 0,06 *p/m²* para UBS, 0,12 *p/m²* UPA e 0,13 *p/m²* para hospitais. A mediana do consumo predial das UBS foi de 44,83 *m³/mês*, 221,08 *m³/mês* nas UPA e 3.377,83 *m³/mês* nos hospitais. Indicadores de consumo *per capita* dos hospitais foram bastante elevados, com 79,40 *l/p/d* e, apesar das UPA terem população e consumos prediais maiores que às UBS, resultados indicaram que possuem os menores consumos *per capita*, (29,10 *l/p/d*) comparados aos consumos das UBS (45,70 *l/p/d*). Considerando o número de leitos, foi obtido um consumo médio de 395,90 *l/leito/d* nas UPA e 734,90 *l/leito/d* nos hospitais. Com relação consumo de água por área construída, os hospitais obtiveram o maior indicador, 9,40 *l/m²/d.*

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento desta pesquisa, e a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB) e a Secretaria de Saúde do Distrito Federal (SES-DF) pela sua prestimosa colaboração com o estudo.

REFERÊNCIAS

BERENHAUSER, Carlos José Botelho; PULICI, Clóvis. Previsão de Consumo de Água por Tipo de Ocupação do Imóvel. **Revista DAE**, n.135, p.118-129, 1983.

BRASIL. Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde – CNES, 2019a. Disponível em: <https://salasit.saude.df.gov.br/cnes-leitos/#>. Acesso em: 25 jun. 2019.

_____. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2016. Brasília, 2018a. Disponível em: <http://etes-sustentaveis.org/wp-content/uploads/2018/03/Diagnostico_AE2016.pdf>. Acesso em: 21 maio 2019.

_____. Ministério da Saúde. Especialidades, 2019b. Disponível em: http://www.saude.gov.br/atencao-especializada-e-hospitalar/especialidades>. Acesso em: 01 ago. 2019.

_____. Ministério da Saúde. Portaria nº 1.020 de 13 de maio de 2009. Estabelece diretrizes para a implantação do componente pré-hospitalar fixo para a organização de redes locorregionais de atenção integral às urgências em conformidade com a Política Nacional de Atenção às Urgências. **Diário oficial [da] União**, Brasília, DF, 2009.

_____. Ministério do Planejamento. UBS: Unidade Básica de Saúde, 2018b. Disponível em: <http://www.pac.gov.br/infraestrutura-social-e-urbana/ubs-unidade-basica-de-saude>. Acesso em: 29 ago. 2018.

_____. Ministério do Planejamento. UPA: Unidade de Pronto Atendimento, 2019c. Disponível em: <http://www.pac.gov.br/infraestrutura-social-e-urbana/upa-unidade-de-pronto-atendimento>. Acesso em: 01 ago. 2019.

_____. Portaria n. 30-BSB, de 11 de fev. de 1977. Aprova conceitos e definições referentes a normas e padrões para prédios e instalações destinados a Serviços de Saúde e Determina outras providências. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, Seção 1, página 3927.

_____. Resolução RDC nº 50, de 21 de fevereiro de 2002. Ministérios da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/202/anexo/anexo_prt0050_21_02_2002.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2108.

D'ALESSANDRO, Daniela; TEDESCO, Pierpaolo; REBECCHI, Andrea; CAPOLONGO, Stefano. Water use and water saving in Italian hospitals. A preliminary investigation. **Ann Ist Super Sanità**, v. 52, n. 1, p. 56-62, 2016.

DEPARTMENT of Health (DOH). **Water System Design Manual**. Washington State Department of Health: Division of Environmental Health Office of Drinking Water, 2009.

DoC VICTORIA. **Guidelines for water reuse and recycling in Victorian health care facilities:** Non-drinking applications. Victorian Government Department of Health, Melbourne, 2009.

EBSERH. Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares. **Manual de Conceitos e Nomenclaturas de Leitos Hospitalares**. Brasília, 2016. Disponível em: < http://www2.ebserh.gov.br/documents/695105/1744025/Manual+Leitos+19_10_16+-VF.pdf/a1cef2e4-a6ed-4881-96cd-a2a99ec15b5c> Acesso em: 01 de jul. 2019.

GOVERNO DE GOIÁS. SES. Secretaria de Estado da Saúde. Seção A - Atenção hospitalar: leitos e internações, 2017. Disponível em: <http://www.saude.go.gov.br/wp-content/uploads/2017/06/secao-a-atencao-hospitalar-leitos-e-internacoes.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2108.

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL. GDF. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação. GeoPortal: Infraestrutura de Dados Espaciais – IDE/DF. Disponível em: <https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/mapa/>. Acesso em: 17 abr. 2109.

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL. GDF. Secretaria de Saúde do Distrito Federal. Unidades Básicas de Saúde da Atenção Primária 2017. Disponível em: < http://www.saude.df.gov.br/wp-conteudo/uploads/2018/02/UBSGeral.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2109.

HANJRA, Munir A.; BLACKWELL, John; CARR, Gemma; ZHANG, Fenghua; JACKSON, Tamara M. Wastewater irrigation and environmental health: implication for water governance and public policy. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, n. 215, p. 255-269, 2012.

HOSPITAL Enengy Alliance (HEA). **Hospitals Save Costs With Water Efficiency**. U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, 2011. Disponível em: <https://www1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/alliances/hea_water_efficiency_fs.pdf> Acesso em: 21 de maio 2014.

ILHA, Marina S. de Oliveira; NUNES, Solange da Silva; SALERMO, Lia Soares. 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.

MELO, Vanderley de Oliveira; NETTO, Azevedo José M. de. **Instalações Prediais Hidráulico Sanitárias**. São Paulo: Edgard Blucher, 1988, 185p.

OLIVEIRA, Lúcia Helena de. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

SANZ-CALCEDO, García; RODRIGUEZ, Fernando López; YUSAF, Talal; AL-KASSIR, Awf. Analysis of the Average Annual Consumption of Water in the Hospitals of Extremadura (Spain). **Energies**, v. 10, n. 479, 2017.

SOARES, Anna Elis Paz; NUNES, Luiz Gustavo Costa Ferreira; SILVA, Simone Rosa da. Diagnóstico dos Indicadores de Consumo de Água em Escolas Públicas de Recife-PE. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v.13, n.1, p.107-118, 2017.

TELLES, Charles Roberto. Metodologia para Análise do Consumo de Água em Edificações Escolares. **Parana Journal of Science and Education**, v.3, n.2, p.1-10, 2017.

TOLEDO, Artur Ferreira de; DEMAJOROVIC, Jacques. Atividade hospitalar: impactos ambientais e estratégias de ecoeficiência. **InterfacEHS**, Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente, v.1, n.2, p.1-23, 2006

UNITED STATES ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Saving water in Hospital.** Washington: U.S. Environmental Protection Agency, 2012. Disponível em: < https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-01/documents/ws-commercial-factsheet-hospitals.pdf> Acesso em: 21 de maio 2014.

VÉLEZ, Carolina (Coord.). **Guía sectorial de producción más limpia**: hospitales, clínicas y centros de salud. CNPML, Centro Nacional de Produção Más Limpia y Tecnologias Ambientales, 2001.

ZIMMERMAN, Julie Beth; MIHELCIC, James R.; SMITH, James. Global stressors on water quality and quantity. **Environmental Science & Technology**, 42 (12), p. 4247-4254, 2008.

XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE BRASÍLIA: ESTIMANDO O POTENCIAL DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL EM IRRIGAÇÃO E LAVAGEM DE PISOS

RAINWATERHARVESTING IN BRASILIA INTERNATIONAL AIRPORT: ESTIMATING POTENTIAL WATER REDUCTIONGS FOR IRRIGATION AND FLOOR WASHING

SANTOS, Susanna[1]; SANT'ANA, Daniel[2]; TOTUGUI, Natália [3]; SANTANA, Livia[4]

[1] Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Universidade de Brasília, susannasantos1@gmail.com
[2] Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Universidade de Brasília, dsantana@unb.br
[3] Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Universidade de Brasília, nataliatotugui@gmail.com
[4] Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Instituto Federal de Goiás, livia.santana@ifg.edu.br

RESUMO

Em busca de uma gestão sustentável dos recursos hídricos, propõe-se analisar o potencial de redução do consumo de água potável no Aeroporto Internacional de Brasília por meio do sistema de Aproveitamento da Água Pluvial (AAP). Essa análise pressupõe uma compreensão do consumo global de água dessa edificação identificando seu consumo anual e os usos finais de água não potável desagregados para viabilizar os cálculos de oferta e demanda de água. Os resultados mostraram que nesta edificação o consumo anual médio é de 158.815 m³. Os usos finais de água não potável possíveis de serem estimados foram limpeza de pisos, que consome cerca de 20.900 L/dia; desemborrachamento das pistas, cujo consumo é de cerca 789 L/dia e; irrigação da área verde com consumo médio de 47.857 L/dia. A partir dessas informações foram simulados dois diferentes cenários para identificar o potencial de redução do consumo de água pelo aproveitamento de água pluvial em irrigação (Cenário 1), e em irrigação, desemborrachamento de pistas e limpeza de pisos (Cenário 2). O resultado apontou uma economia de aproximadamente 4.562 m³/ano no Cenário 1, e 10.387 m³/ano para o Cenário 2, que representa um potencial de redução do consumo de água de aproximadamente 3% e 7% respectivamente.

Palavras-chave: Usos Finais, Aproveitamento da Água Pluvial, Aeroporto.

ABSTRACT

In search of a sustainable management of water resources, it is proposed on this research to analyze the potential water reductions by in the International Airport of Brasilia through the Rainwater Harvesting (RWH). This analysis presupposes an understanding of the global water consumption of this building, identifying its annual consumption and the end uses of disaggregated non-potable water uses to enable the calculations of water supply and demand. The results showed that in this building the average annual consumption is 158.815 m³. The water end uses identified and estimated were floor cleaning, which consumes about 20,900 L/day; of the airplane track cleaning, that consumes around 789 L/day; irrigation of the green area with average consumption of 47,857 L/day. From this information, two different scenarios were simulated to identify the potential for reducing water consumption by the RWH system: scenario 1: irrigation and scenario 2, irrigation, airplane track cleaning and floor cleaning. The results showed an economy of approximately 4,562 m³/year in Scenario 1, and 10,387 m³/year for Scenario 2, which represents a potential reduction of water consumption of approximately 3% and 7% respectively.

Keywords: *Water End Uses, Rainwater Harvesting, Airport.*

1 INTRODUÇÃO

O Brasil detém cerca de 12% de toda a reserva de água doce mundial, no entanto não está isento de sofrer com problemas relacionados à escassez de água em seu território (VICTORINO, 2007). Parte disso por causa da distribuição desigual onde 80% dessa reserva está localizada na Região Hidrográfica Amazônica (ANA, 2018), e parte por causa da maneira de gerir os recursos hídricos onde a maior parte dos esforços das companhias de abastecimento tem sido para aperfeiçoar as tecnologias que aumentam a oferta de água a fim de suprir a crescente demanda de água da população à qual atende.

O cenário de crise hídrica é configurado no país de maneira marcante em 2014 com a grave seca que se instalou nas regiões Centro-Oeste e Sudeste. Tal crise afetou seriamente o abastecimento urbano em três estados-chave da economia brasileira: Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. No ano de 2017, o Distrito Federal, também, foi alvo da crise que tem se alastrado no Brasil.

Diante desse contexto é fundamental buscar alternativas que visam reduzir a demanda de água populacional. Estudos apontam que a descentralização da produção de água é eficaz para cumprir essa prerrogativa que torna a gestão de água mais consistente e sustentável. As principais tecnologias em curso para isso, são o Aproveitamento de Águas Pluviais e o Reúso de Águas Cinzas, que envolve a sociedade civil de maneira ativa no papel de preservar e o recurso hídrico.

Portanto, esses sistemas de abastecimento de água desde a captação, adução, tratamento, recalque e distribuição, inclusive reservação deve ser bem projetado, construído e operado, a fim de manter a quantidade e a qualidade de água da edificação. Para que os projetos sejam de fato eficientes, é fundamental compreender como a água é utilizada em cada tipo de edificação e qual a média de consumo em cada ponto de uso final de água a fim de estimar o volume de água necessário para atender os fins não potáveis que se pretende usar, de maneira que represente ao máximo a realidade da edificação ao qual será projetada. Essas medidas são imprescindíveis para que não haja subdimensionamento dos reservatórios, que torna o sistema menos eficiente, ou superdimensionamento, que torna o sistema mais caro.

Estudos voltados para as edificações residenciais já estão bastante avançados e já é possível identificar os principais fatores que afetam seu consumo, os usos finais de água, inclusive considerando as faixas de renda populacional, e as viabilidades econômicas (GRIGGS et al., 1998; MADDAUS, MADDAUS, 2004; GHISI & FERREIRA, 2007; GHISI & OLIVEIRA, 2007; SANT'ANA, 2011). Entretanto, as tipologias de edifícios não residenciais, que são repletas de particularidades e usos distintos dos edifícios residenciais (e.g. hospitais, escritórios, edifícios de transporte, etc.), e possuem diferentes padrões de consumo que impactam de maneira diferente na demanda de água, ainda não possuem dados generalizáveis que corroboram para implantar esses sistemas de maneira otimizada.

No que se refere à tipologia de transportes foi realizado um estudo dos usos finais de água na Rodoviária Central de Brasília (SANTOS, 2018), e edifícios de aeroportos, onde foram analisados as variáveis que impactam no consumo de água, e consumo *per capita* (CARVALHO *et al.*, 2013; FREIRE, 2011; FRISSO, JÚNIOR, URRICHI, s.d.). Este artigo pretende contribuir com esses estudos voltados ao consumo de água em edificações aeroportuárias analisando o consumo de água para irrigação e lavagem de pisos, tendo como objeto de estudo o Terminal de Passageiros 1 (TP1).

Este terminal foi escolhido pois o Terminal de Passageiros 2, que atuava apenas para voos locais em aviões pequenos fretados ou particulares, foi desativado em 2017. Diante disso, e da ampliação do TP1, análises do consumo em cada uso final de água não foi viável até o presente artigo. Portanto, foi verificado o potencial de redução do consumo de água do AIB, através do Aproveitamento de Água Pluvial. Vale ressaltar, que sem a caracterização dos usos finais, em sua totalidade, a análise do potencial de redução do consumo através do Reúso de Águas Cinzas é leviana, e não será abordado aqui.

2 MÉTODO

O método utilizado para avaliar o potencial de redução do consumo de água do TP1, foi dividido em três etapas: i) o levantamento de dados de consumo, que permitirá identificar qual o consumo anual médio do aeroporto; ii) o levantamento dos consumos em irrigação e lavagem de pisos, a fim de identificar a demanda de água que o sistema de abastecimento deverá suprir e; iii) a avaliação do potencial de redução do consumo de água por meio do aproveitamento da água pluvial.

A primeira etapa, teve como ponto de partida, a obtenção das contas de água da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB). Com esses dados foram analisados os consumos mês a mês distribuídos em um histograma a fim de detectar o consumo representativo. Em seguida foi contatado a empresa responsável pela administração do aeroporto para apontar quais os hábitos de consumo para lavagem de pisos e irrigação da edificação. A verificação do cronograma de limpeza, maquinários utilizados e diálogo com as equipes de limpeza para identificação do tempo médio necessário para higienização de cada área, bem como o estudo do cronograma das atividades de limpeza e conservação foram processos fundamentais para melhor entendimento do consumo de uso final destinado à lavagem dos pisos da edificação. Ponto importante a ser observado dentro do uso para lavagem dos pisos, foi a identificação do processo de *desemborrachamento* das pistas de pouso e decolagem, realizados periodicamente para manutenção e garantia a seguridade dos voos realizados, desta forma foram extraídas as informações de volume de água e cronograma para realizar esse procedimento e estimado seu consumo separando-o da lavagem de pisos de circulação da edificação. Por fim, foi estudado o procedimento de irrigação dos jardins do TP1, obtendo-se os volumes médios utilizados, e quantificação de áreas verdes. A partir desses dados foi possível estimar a demanda desses usos finais, que poderão ser supridos a partir do AAP, iniciando-se a terceira etapa, obtenção do cálculo potencial de redução do consumo de água potável no AIB.

A oferta de água pluvial foi estimada de acordo com a área de cobertura (54.270 m²) e dados climatológicos do Distrito Federal, obtidos através da média histórica do índice pluviométrico do período de 1961 a 1990 do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. O regime de chuvas no DF é caracterizado por um período longo de estiagem entre os meses de abril e setembro e um período de chuvas mais constantes entre os meses de outubro e março. Sendo o mês de julho, o de menor índice pluviométrico, e os meses de dezembro e janeiro, os meses, com o maior índice pluviométrico (BARROS, 2003). Esse tipo de comportamento, com longos períodos de seca faz com que os reservatórios para armazenamento de água pluvial sejam maiores do que em regiões cujos índices pluviométricos são mais constantes ao longo do ano. No entanto, os estudos realizados sobre o AAP na região, mostram-se viáveis tanto técnica quanto economicamente (SANTOS, SANT'ANA, 2019; BARBOSA, SANT'ANA, BEZERRA, 2018; SANT'ANA, BOEGER, MONTEIRO, 2013).

A oferta de água pluvial disponível é obtida a partir do índice pluviométrico local, da área de captação disponível e dos coeficientes de escoamento e de filtragem, conforme a Equação 1, sendo o coeficiente de escoamento a relação entre a água que escoa na superfície e o total de água precipitada e coeficiente de filtragem a eficiência do equipamento de filtragem. A cobertura do aeroporto é de telha de fibrocimento, portanto, o coeficiente de escoamento utilizado foi de 0,9. Diante do porte da edificação são utilizados filtros comerciais com eficiência aproximada de 90% para implantação do sistema.

Oferta (L) = PP (mm) x A (m²) x Ce x Cf (1)

Onde:
PP = Precipitação Anual
A = Área de Superfície disponível para coleta da Água de chuva
Ce = Coeficiente de escoamento do telhado
Cf = Coeficiente de Filtragem

Para verificar as reduções do consumo de água a partir da implantação de sistemas de AAP no aeroporto, foram considerados dois cenários: **Cenário 1,** com a demanda apenas para a irrigação; e **Cenário 2** com a demanda em lavagem de pisos, irrigação, e desemborrachamento de pistas. Assim, para cada cenário, foram realizadas simulações do desempenho de diferentes capacidades de cisternas e identificadas o potencial de redução do consumo de água pelo Aproveitamento de Água Pluvial. Para cada cenário, foram feitas simulações baseadas em intervalos de tempo diários, usando um modelo comportamental (Equação 4) realizadas com uma regra operacional de uso após extra vazão *(yield after spillage)* na Equação 5 (FEWKES, 1999). Simulações do desempenho de diferentes capacidades de cisternas foram realizadas para identificar o potencial de redução do consumo de água pelo aproveitamento de águas pluviais.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad (4)$$

Sendo, $0 \leq V_{t-1} \leq C$

$$Y_t = mín \begin{cases} D_t \\ V_{t-1} + Q_t \end{cases} \quad (5)$$

$$V_t = mín \begin{cases} V_{t-1} + Q_t - Y_t \\ C \end{cases}$$

Onde:

V_t = Água de chuva armazenada no intervalo de tempo, t
V_{t-1} = Água de chuva armazenada no intervalo de tempo, t-1
Q_t = Oferta da água de chuva no intervalo de tempo, t

D_t = Demanda da água de chuva no intervalo de tempo, t
C = Capacidade de armazenamento
Y_t = Coleta da água de chuva no intervalo de tempo, t

Por fim, os potenciais de redução do consumo de água no Aeroporto Internacional de Brasília foram calculados através do consumo base de água da edificação e do consumo reduzido no período de um ano, conforme a Equação 6.

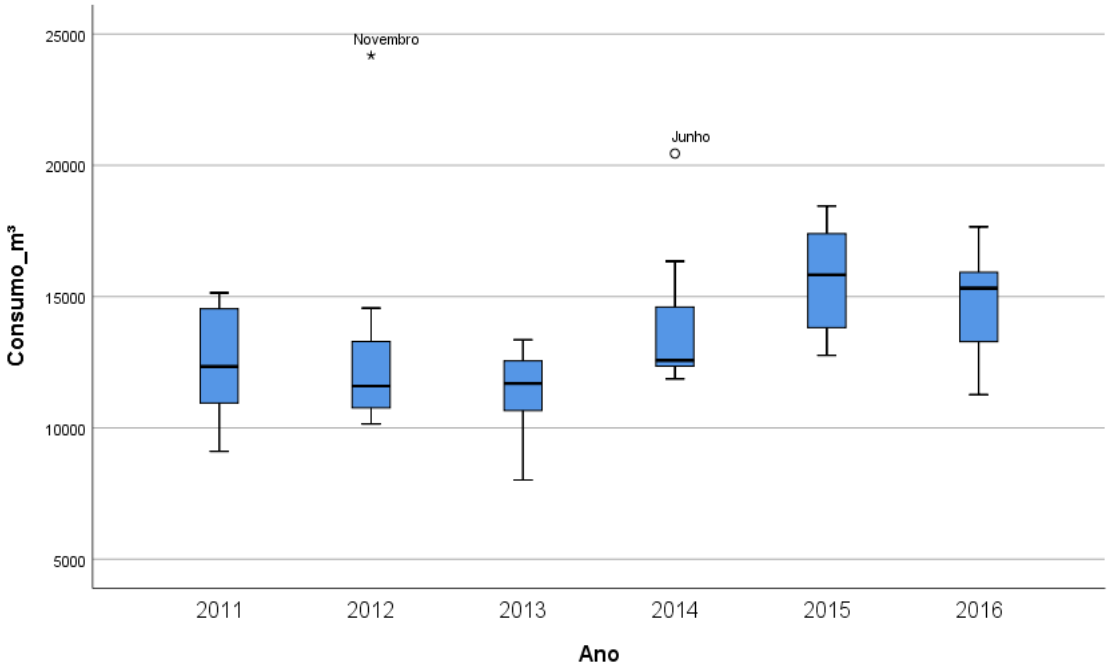
$$P_{(\%)} = \frac{D_b - D_r}{D_b} \times 100 \quad (6)$$

Onde:
$P_{(\%)}$ = Potencial de redução do consumo de água em porcentagem
D_b = Consumo base (m³/ano)
D_r = Consumo reduzido (m³/ano)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de consumo obtidos do Terminal de Passageiros 1 (TP1) são referentes aos anos de 2011 a 2016. Para analisar o comportamento do consumo de água ao longo desse período, foi gerado o gráfico de caixa da FIGURA 1, com a função de auxiliar no estudo de distribuição dos dados. A caixa representa 50% dos valores e a linha do centro é a mediana. A linha deslocada do centro mostra que não há uma distribuição normal, e os pontos mostrados fora da caixa são os valores extremos que prejudicam o resultado da média do consumo por não representar a realidade do consumo normal. Nesse gráfico podemos visualizar dois desses valores extremos, o de novembro de 2012, e o de junho de 2014. A INFRAMERICA, empresa responsável pela administração do aeroporto, informou sobre esses resultados que o aumento do consumo em junho de 2014, pode estar associado ao aumento do número de operações, que ocorreram devido ao evento esportivo internacional de futebol masculino, a copa do mundo da FIFA (2014), e que em novembro de 2012 outra companhia administrava o aeroporto e portanto não foi possível explicar o motivo.

FIGURA 1 - Gráfico caixa do consumo do TP1 de 2011 a 2016

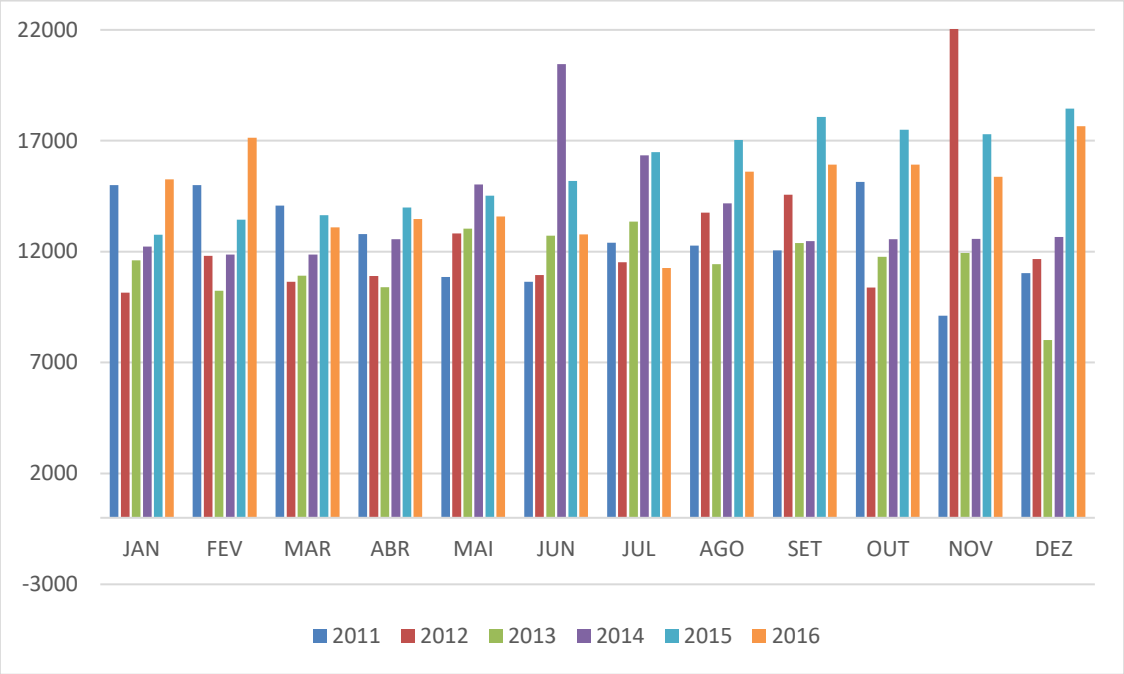


Para que os cálculos não fossem influenciados pelo consumo anormal de novembro de 2012, e junho de 2014, esses valores anormais, foram alterados pela média do mês correspondente dos demais anos analisados, conforme TABELA 1, e a FIGURA 2, mostra o consumo mês a mês em cada ano analisado da edificação. Feito essas considerações foi identificado que o consumo médio anual do TP1 é de 158.815m^3. Esse resultado é fundamental para avaliar o potencial de redução do consumo dessa edificação. A

TABELA 1 - Tabela de correção do consumo do mês de novembro de 2012 e junho de 2014

Ano	**Mês**	**Consumo Faturado** (m^3)	**Consumo Corrigido** (m^3)
2012	Novembro	24186	13257
2014	Junho	20449	12453

FIGURA 2 – Consumo Mensal do AIB entre os anos 2011-2016



Na segunda etapa foram identificados os usos finais não potáveis do TP1, são eles, limpeza de pisos, desemborrachamento das pistas de pouso e decolagem, irrigação e descargas sanitárias. Através do cronograma de limpeza do TP1, das áreas e das especificações dos equipamentos utilizados, foi possível estimar o consumo diário médio para esse fim. A limpeza das pistas de pouso é realizada 8 vezes ao ano e a administração tem o controle do volume gasto em cada procedimento, cerca de 288.000 litros por ano. A irrigação da área verde do aeroporto é realizada por caminhões pipa gastando cerca de 67.000 litros de água em cada procedimento, realizado ao longo do ano todo. Não foi possível instalar os equipamentos de medições na edificação, portanto, esse uso final não potável não entrou no potencial de redução. Os resultados dos usos finais obtidos estão na TABELA 2.

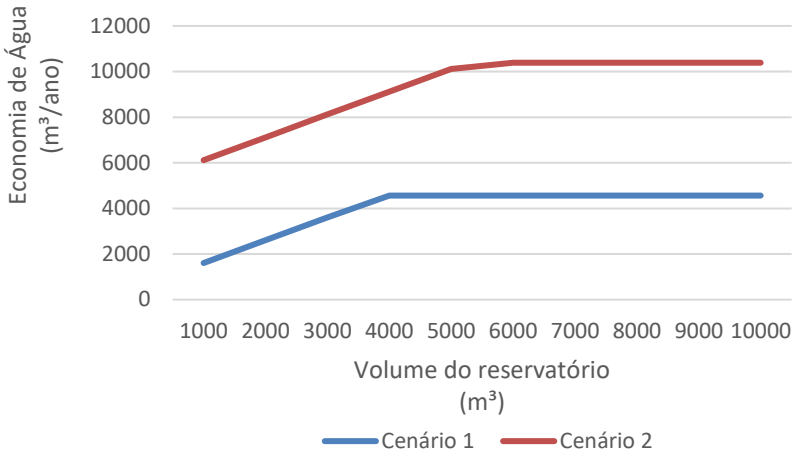
TABELA 2 - Usos Finais TP1

Usos Finais	Demanda	Indicador
Pisos Internos	20.900 L/dia	0,2 L/m²/dia
Desemborrachamento de Pistas	789 L/dia	0,003 L/m²/dia
Irrigação de Jardim	47.857 L/dia	0,1 L/m²/dia

L/d = litro por dia; L/m²/dia = litro por metro quadrado por dia

Os resultados da simulação estão apresentados na FIGURA 3 e apontam que, para o Cenário 1, o sistema AAP é capaz de gerar uma economia de até 4.562 m³/ano utilizando um reservatório de armazenamento de água de chuva de 4.000 m³, que corresponde cerca de 3% de toda a demanda do TP1. Para o Cenário 2, o sistema AAP é capaz de gerar uma economia de até 10.387 m³/ano utilizando um reservatório de 6.000 m³, que corresponde a cerca de 7% do consumo médio faturado pelo TP1.

FIGURA 3 - Economia anual de água por volume de reservatório – TP1: Cenários 1 e 2



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise do consumo de água para os fins de irrigação, lavagem de pisos, e desemborrachamento de pistas no Aeroporto Internacional de Brasília, o estudo apontou que a irrigação das áreas verdes representa apenas 3% do consumo total de água no aeroporto. No entanto, vale ressaltar que o sistema atual é pouco eficiente. Caso seja promovido o uso eficiente em irrigação os volumes de reservatórios poderão ser menores. O Cenário 1 com sistema apenas para irrigação é o mais simples de ser implantado no aeroporto visto que não é necessário grandes níveis reforma para adaptação predial, já o Cenário 2, exige maior nível de reforma para adaptação predial o que pode ser justificado caso a água da chuva seja usado nos vasos sanitários, e portanto é importante que este estudo seja ampliado para aprofundar nas estratégias de implantação das tecnologias que promovem a conservação de água da edificação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o financiamento cedido pela ADASA (Agência Reguladora de Água, Energia e Saneamento Básico no DF) e à INFRAMERICA que forneceu os dados necessários para os resultados obtidos neste artigo.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018**: informe anual. Brasília: ANA, 2018. 72p.

BARBOSA, G. G.; SANT'ANA, D.; BEZERRA, S.P. (2018). **Indicadores de consumo 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.

BARROS, J. R. (2003). **A chuva no Distrito Federal: O regime e as excepcionalidades do ritmo.** Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, p. 115-117.

CARVALHO, I.C.; CALIJURI, M.L.; ASSEMANY, P.P.; SILVA, M.D.; NETO, R.F.; SANTIAGO, A.F.; SOUZA, M.H. (2013). Sustainable airport environments: A review of water conservation practices in airports. **Resources, Conservation and Recycling** 74. pp. 27– 36.

FREIRE, M.T.M. (2011). **O consumo racional de água no aeroporto internacional de Salvador, Bahia/ Brasil**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Industrial. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, 168p.

FRISSO, C.; JÚNIOR, W.C.S.; URRICHI, W. (2007). **Uso eficiente de água no Aeroporto Internacional de Guarulhos/SP**. In: Semana Nacional de Ciência e Tecnologia XIII ENCITA - Encontro de Iniciação e Pós-graduação do ITA. São José dos Campos - SP, Out. 2007.

GHISI, E.; FERREIRA, D. F. (2007). **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.

GHISI, E; OLIVEIRA, S. M. (2007). **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.

GRIGGS, J. C.; SHOULER, M. C.; HALL, J. (1998). **Water conservation and the built environment.** In: 21 AD: Water. Oxford: Oxford University Press.

MADDAUS, W. O.; MADDAUS, M. L. (2004). Evaluating water conservation cost-effectiveness with an end-use model**. Proceedings Water Sources Conference**. Austin Texas: AWWA, 2004.

SANT'ANA, D.; BOEGER, L.; VILELA, L. (2013). **Aproveitamento de água pluvial e o reúso de águas cinzas em edifícios residenciais de Brasília - parte 2: viabilidade técnica e econômica.** Paranoá, Brasília, n° 10, p. 85-94.

SANT'ANA, D. (2011). **A socio-technical study of water consumption and water conservation in Brazilian dwelling. 2011**. 411p. Tese (Doutorado no Instituto de Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Oxford Brookes, Oxford, Reino Unido.

SANTOS, S. A. (2018). **Análise comparativa do uso de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas na Rodoviária do Plano Piloto, Brasília-DF**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 114p.

SANTOS, S. A.; SANT'ANA, D. (2019). **Análise do potencial de redução do consumo de água potável pelo aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas na Rodoviária do Plano Piloto de Brasília - DF.** Paranoá, Brasília, n° 23, p. 84-92.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva – para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis.** 2. ed. São Paulo: Navegar Editora, 2005. 176p.

VICTORINO, C.J.A. **Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. p. 21.



XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

Caracterização dos usos-finais de água de edifícios comerciais: estudo de caso de um café em Brasília-DF

Characterization of the water end uses of commercial buildings: case study of a coffee shop in Brasília, Brazil

TOTUGUI, Natália[1]; SANT'ANA, Daniel[2]; SANTOS, Susanna[3]; SANTANA, Livia[4]

[1] Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Universidade de Brasília, nataliatotugui@gmail.com
[2] Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Universidade de Brasília, dsantana@unb.br
[3] Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Universidade de Brasília, susannasantos1@gmail.com
[4] Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Instituto Federal de Goiás, livia.santana@ifg.edu.br

RESUMO

O Distrito Federal enfrentou estresse hídrico em 2016, com baixa disponibilidade hídrica para abastecimento urbano. A fim de reduzir a demanda de água urbana e promover a conservação da água, é crucial entender como a água está sendo usada em diferentes tipos de edifícios. Este artigo tem como objetivo caracterizar e analisar os usos-finais de água de um café localizado em um edifício comercial na Asa Norte, Brasília. Para tanto, foram adquiridas as contas de água mensais do café, realizada uma vistoria técnica para identificar as diferentes composições hidráulicas das instalações no estabelecimento e, em seguida, foi efetuada uma auditoria hidráulica para caracterizar os usos-finais de água. A auditoria do consumo contou com instalações de equipamentos de medição data-loggers em todos os pontos hidráulicos. Constatou-se que esse tipo de atividade comercial tem maior consumo no setor de cozinha, onde o uso-final com maior demanda é o da pia de cozinha (54%), seguido por descarga sanitária (20%). Conclui-se que os resultados foram bastantes positivos, pois a discrepância entre o valor mensurado pelos data-loggers e o valor médio diário faturado pela CAESB foi de apenas -11% do consumo que não pôde ser explicado pelos usos-finais, validando, dessa forma, o método utilizado neste estudo.

Palavras-chave: Estabelecimento comercial; Usos-finais de água; Indicadores de consumo de água.

ABSTRACT

The District Federal faced water stress in 2016, with alarming low levels of water availability for urban water supply. In order to reduce water demand and promote water conservation, it is crucial to understand how water is used in different types of buildings. This study characterized water end-uses of a coffee shop located in a commercial building in Brasília, Brazil. To do this, this study made use a water auditing technique to characterize the water end uses that made use data-loggers to measure water consumption at points of use. Results suggest that the water demand is highest in the kitchen sink (54%) followed by toilet flushing (20%). The discrepancy between measured values from data loggers and average daily metered consumption was 11%.

***Keywords**: Commercial establishments; Water end-uses; Water consumption indicators.*

1 INTRODUÇÃO

O Distrito Federal viveu importante exaustão hídrica em 2016, com níveis alarmantes em seus principais reservatórios (ADASA, 2016). Uma vez que os recursos naturais chegam ao seu limite, em função de uma exploração exagerada, torna-se indispensável práticas direcionadas ao controle da demanda de água. A fim de reduzir a sobrecarga de exploração dos recursos hídricos, a aplicação de distintas estratégias conservadoras de água em edificações tem sido vista como uma providência eficaz para a redução da demanda urbana de água (ALVARES e SANT'ANA, 2016).

Nesse cenário, é importante compreender como a água está sendo empregada em diferenciados setores residenciais, comerciais, industriais e institucionais. Isto posto, com o intuito de analisar o desempenho de diferentes métodos conservadores de água e verificar soluções viáveis voltadas à redução do consumo de água nas edificações é essencial caracterizar o consumo de água em seus usos-finais e compreender os hábitos de consumo dos usuários (DE OREO et al., 1996). Alguns estudos internacionais caracterizaram os usos-finais de água em edifícios comerciais e públicos (DZIEGIELEWSKI et al., 2000; FARINA et al., 2011; SURRENDRAN, S. e WHEATLEY, 1998; WAGGETT e AROTSKY, 2006). Os estudos sobre usos-finais do consumo em edificações não-residenciais propiciam pesquisas sobre o potencial de redução da demanda para uma variedade de técnicas conservadoras e seus custos-benefícios (GRIGGS et al., 1998; PASCHKE et al.,2002; MADDAUS e MADDAUS, 2004). Todavia, no Brasil, as descrições dos usos-finais do consumo de água são apenas primícias.

Até onde vai a literatura, a análise dos usos-finais de água em edifícios não-residenciais no Brasil resume-se a edifícios públicos (KAMMERS e GHISI, 2006), escritórios em Florianópolis (PROENÇA e GHISI, 2010), escolas (FASOLA et al., 2011; MARINOSKI e GHISI, 2008; SILVA et al., 2006) e hotéis em Brasília (SANT'ANA e NASCIMENTO, 2014). Outras pesquisas nacionais sobre conservação de água em edificações não residenciais identificaram o potencial de redução do consumo de água em hospitais (ILHA et al., 2006), indústria (MIERZWA e HESPANHOL, 2005) e instituições de ensino (MEDEIROS et al., 2012; FASOLA et al., 2011; MARINOSKI e GHISI, 2008; SILVA et al., 2006). No que se diz respeito a edificações comerciais, estudos limitam-se a padarias em São Paulo (MOTTA e SANCHEZ, 2001) e Juazeiro (GOMEZ e ALVEZ, 2000), posto de gasolina em Brasília (GHISI et al., 2009) e shopping center no Rio de Janeiro (NUNES, 2006).

Observa-se que há uma carência de dados quando se refere aos usos-finais do consumo de água em diversas atividades relacionados ao comércio. Torna-se necessária a ampliação de estudos que quantifiquem os usos-finais de água e os hábitos de consumo no setor comercial para, posteriormente, promover a conservação de água no comércio, preservando os recursos hídricos locais e contribuindo com um desenvolvimento sustentável. Dessa forma, este artigo tem como objetivo caracterizar e analisar os usos-finais de água de um café localizado em um bloco comercial na 407 norte, Asa Norte, Brasília, Distrito Federal.

2 MÉTODO

Para o cumprimento dos objetivos propostos os procedimentos metodológicos foram divididos nas três seguintes etapas: i) entrevistas estruturadas e visita técnica; ii) obtenção de contas de água; e iii) auditoria hidráulica.

Como ponto de partida, foram efetuadas entrevistas com questionários estruturados com o gerente e funcionários do café, nesse mesmo dia, foi realizada a vistoria técnica no estabelecimento. Por meio dos questionários, foram obtidos dados relativos aos horários de funcionamento da loja, área construída, número da população fixa (funcionários), número médio da população flutuante (clientes), lavagem de piso (frequência e modo de lavagem) e hábitos de consumo dos funcionários. Já a vistoria técnica, utilizada como preparação para a auditoria do consumo, teve como objetivo identificar todos os pontos dos usos-finais de água, registrar as características de todos os equipamentos hidrossanitários e avaliar as condições da rede de distribuição, a fim de detectar eventuais vazamentos. Dessa forma, foi possível quantificar o número e os tipos de equipamentos que precisariam para instalar os *data-loggers,* na etapa da auditoria hidráulica, para mensurar os usos-finais de todo o estabelecimento comercial.

Em seguida, foram adquiridas as contas de água mensais do estabelecimento comercial, por meio da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB), relativas ao período de janeiro de 2013 a dezembro de 2017. Por meio desses dados, foi possível obter a média de consumo mensal.

A terceira etapa trata de técnicas de auditoria de consumo de água, que contou com instalações de equipamentos de medição *data-loggers* em todos os pontos hidráulicos, para registrar eventos de consumo com o intuito de medir o consumo de cada uso-final de água do café analisado. Foram utilizados diários de registros ou registros fotográficos, questionários e observações *in-loco* para caracterizar os usos-finais de água do estabelecimento. Apesar das diferentes técnicas, a base da auditoria hidráulica contou com a instalação de equipamentos de medição *data-loggers* em pontos de uso para registrar eventos de consumo de água (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Demais técnicas foram utilizadas com o intuito de validar/verificar resultados obtidos nas medições, ou como técnica complementar.

FIGURA 1 - Equipamento de medição composto por medidor de fluxo (a) e módulo data-logger (b).



(a) (b)

O equipamento *data-logger* utilizado é composto por medidores de fluxo tipo turbina de 1/2" capazes de medir o volume de água utilizado entre vazões de 1 *l/min* a 30 *l/min.* Os medidores

de fluxo possuem um sensor que emite um pulso a cada giro de dente da turbina, encaminhando, por meio de um cabo de sinal blindado, as informações do evento de uso de água a um módulo *data-logger* auxiliar que computa sua velocidade de rotação e tempo e, por conseguinte, armazena o volume utilizado em um cartão de memória SD.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O café selecionado para estudo de caso, situado em Brasília, oferece bebidas quentes e geladas, salgados e lanches feitos na hora. Funciona segunda a sexta-feira de 7h30 às 20h, sábado de 8h30 às 16h e fecha aos domingos. Esse estabelecimento possui 70 *m²* de área construída, 7 funcionários e atende cerca de 100 pessoas por dia. O consumo de água médio é de 286 *m³/ano* (784 *l/dia*), ou seja, o consumo *per area* é de 11,2 *l/m²/dia* e o consumo *per capita,* de 8 *l/pes./dia*.

FIGURA 2 - Café selecionado para estudo de caso



Fonte: Google Earth (2019)

Esse estabelecimento possui três ambientes com pontos de água, um banheiro misto para clientes, uma cozinha e o balcão de preparo do café. As informações coletadas para cada aparelho hidráulico instalado por ambiente constam na TABELA 1 abaixo. As vazões obtidas pelos equipamentos foram conferidas com as vazões mensuradas no local e estão com resultados muito próximos, validando os métodos utilizados para essa coleta. A partir dos dados de tempo de uso, da vazão, e da frequência foi possível identificar o consumo diário em litro por dia para cada ambiente, e os indicadores de consumo por uso-final. A torneira de uso geral é utilizada apenas para a limpeza dos pisos da loja, por isso seu indicador é em litro por área por dia (*l/m²/dia*).

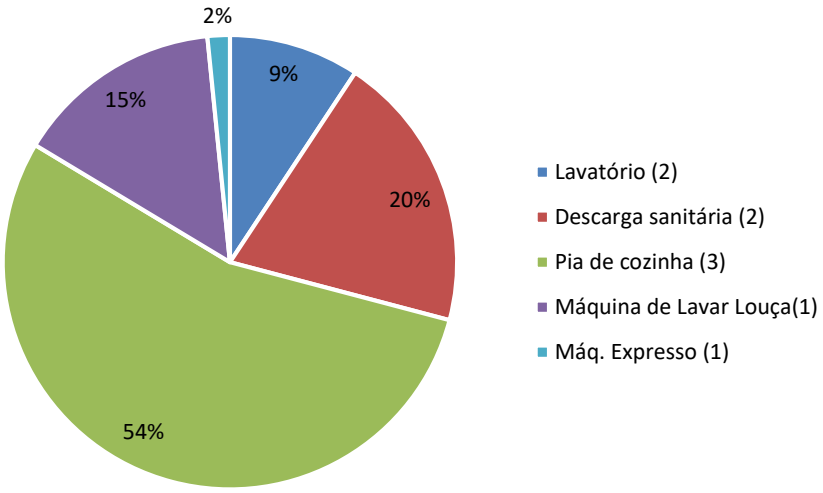
TABELA 1 - Vazão, tempo, frequência, consumo e indicador por uso-final de água

Uso Final	Vazão	Tempo *(s)*	Freq *(n/dia)*	Consumo *(l/dia)*	Indicador *(l/pes./dia)*
Banheiro					**21,4**
Lavatório	0,07 *l/s*	9	21	13	1,8
Descarga Sanitária	6,00 *lpf*	40	1	138	19,6
Café					**1,6**
Máq. Expresso	0,01 *l/s*	5	39	11	1,6
Cozinha					**76,2**
Lavatório	0,05	9	120	52	7,4
Pia de Cozinha	0,04 *l/s*	12	370	186	26,6
Pia de Cozinha	0,04	12	377	192	27,5
Máq. Lavar Louças	0,04 *l/s*	12	203	103	14,7

l/s = litro por segundo; lpf = litro por fluxo; n/dia = número por dia; l/dia = litro por dia
l/pes./dia = litro por pessoa por dia; l/m²/d = litro por metro quadrado dia

A proporção do consumo nos usos-finais analisados do café, conforme pode ser observado na FIGURA 3, aponta que grande parte do consumo de água desse tipo de estabelecimento comercial é no setor de cozinha. No qual, o uso-final com maior demanda é o da pia de cozinha (54%), seguido por descarga sanitária (20%), máquina de lavar louça (15%), lavatório (9%) e máquina de café expresso (2%).

FIGURA 3 - Consumo nos usos finais



Por fim, com os resultados obtidos em cada uso-final foi estimado o consumo diário do café e comparados com o consumo médio diário faturado pela CAESB. Este, dado pela somatória do consumo anual em litros, do ano de 2017, dividido por 365 dias. Ao fazer o cálculo de discrepância entre esses valores verificou-se que aproximadamente 11% do consumo não pôde ser explicado pelos usos-finais. Esse resultado é bastante positivo porque ao longo do ano

podem ter havido intercorrências como variação de número de clientes de um mês a outro, feriados, hábitos de consumo que acabam variando um pouco, economia hídrica, entre outros. Todavia, mesmo assim, os resultados obtidos dos *data-loggers* estão bastante próximos.

TABELA 2 - Uso-final

Usos-Final de Água	Consumo (l/dia)
Lavatório (n=2)	65
Descarga sanitária (n=2)	138
Pia de cozinha (n=3)	378
Máquina de Lavar Louça(n=1)	103
Máq. Expresso (n=1)	11
Total Estimado	**694**
Média Faturada	**784**
Discrepância	**-11,41%**

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo caracterizou os usos-finais de água de um café situado na 407 Norte, Asa Norte, Brasília, Distrito Federal. Para tal, o estudo realizou auditoria hidráulica contando com a instalação de medidores de fluxo e equipamentos *data-loggers* em todos os pontos hidráulicos do estabelecimento, permanecendo instalado por sete dias consecutivos. As vazões obtidas pelos equipamentos foram conferidas com as vazões mensuradas no local e estão com resultados muito próximos, validando os métodos utilizados para essa coleta. Ainda, a discrepância entre o valor mensurado pelos *data-loggers* e o valor médio diário faturado pela companhia de abastecimento foi de apenas -11% do consumo que não pôde ser explicado pelos usos-finais. Resultado que foi muito favorável, pois ao longo do ano podem ter ocorrido intercorrências influenciando o consumo para mais ou para menos.

Verificou-se que esse tipo de atividade, que está diretamente relacionada ao preparo e fornecimento de alimentos tem maior consumo no setor de cozinha. No qual, o uso-final com maior demanda é o da pia de cozinha (54%), seguido por descarga sanitária (20%), máquina de lavar louça (15%), lavatório (9%) e máquina de café expresso (2%). O consumo de água médio do café foi de 286 *m³/ano* (784 *l/d*) e o consumo *per area* e *per capita* foram de 11,2 *l/m²/dia* e de 8 *l/pes./dia*, respectivamente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o financiamento desta pesquisa cedido pela Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA), a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB) por sua prestimosa colaboração com o estudo, providenciando as informações necessárias para o desenvolvimento do trabalho e aos demais colaboradores que contribuíram com o estudo.

REFERÊNCIAS

ADASA, Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico no Distrito Federal. **Níveis dos Reservatórios 11/2016**. 09 nov. 2016. Disponível em: http://www.adasa.df.gov.br/monitoramento/niveis-dos reservatorios/monitoramento/niveis-dos-reservatorios/671-nivel-dos-reservatorios-11-2016> Acesso em: 06 abril 2019.

ALVARES, Karla; SANT'ANA, Daniel. Reduções na exploração de recursos hídricos pelo emprego de tecnologias conservadoras de água: uma análise piloto em regiões residenciais do Distrito Federal: Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção. In: ENTAC, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** . Porto Alegre: ANTAC, 2016, p. 4372 - 4385. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac/2016/ENTAC2016_paper_696.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2018.

DEOREO, W.B., HEANEY, J.P., MAYER, P.W. Flow trace analysis to assess water use. **Journal of American Water Works Association**, V.88, nº 1, p. 79 90, jan., 1996.

DZIEGIELEWSKI, B. *et al.* **Commercial and institutional end uses of water**. Denver: AWWA Research Foundation, 2000. 264p.

FARINA, M.; MAGLIONICO, M.; POLLASTRI, M.; STOJKOV, I. Water consumption in public schools. **Procedia Engineering**, v.21, p.929-938, 2011.

FASOLA, B. G.; GHISI, E.; MARANOSKI, K. A.; BORINELLI, B. J. **Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 65-78, out./dez. 2011.

GHISI, E., TAVARES, D. F., ROCHA, V. L. Rainwater harvesting in petrol stations in Brasília: Potential for potable water savings and investment feasibility analysis. **Resources, Conservation and Recycling**, v.54, n.2, p.79-85, 2009.

GOMEZ, J.; ALVES, W. Final water consumption in building installations using the flow-rate trace. **Proceedings 26th International Symposium on Water Supply and Drainage for Buildings.** Rio de Janeiro: USP, 2000.

GRIGGS, J. C.; SHOULER, M. C.; HALL, J. Water conservation and the built environment. In: **21 AD:** Water. Oxford: Oxford University Press. 1998.

ILHA, M. S. O.; NUNES, Solange da Silva; SALERMO, Lia Soares . Programa de conservação de água em hospitais: estudo de caso do Hospital das Clínicas da Universidade Estadual de Campinas. **Ambiente Construído** (São Paulo. Impresso), v. 6, n.1, p. 91-97, 2006.

KAMMERS, P. C.; GHISI, E. Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.6, n.1, p.75-90, 2006.

MADDAUS, W.O.; MADDAUS, M. L. Evaluating water conservation cost-effectiveness with an end-use model. **Proceedings Water Sources Conference,** Austin Texas: AWWA, 2004.

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

MEDEIROS, Gerson Araujo de; CARVALHO JUNIOR, Osvaldo Oliveira de; VACCARI, Gabrielly Boer. **Potencialidades do reuso da água: estudos de caso no setor sucroalcooleiro e universitário**. Unipinhal, Espírito Santo do Pinhal, v. 9, n. 1, p.03-16, mar. 2012.

MIERZWA, José Carlos; HESPANHOL, Ivanildo. **Água na Indústria: uso racional e reúso**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 144 p.

MOTTA, Sandro de Almeida; SANCHEZ, Jorge Gomez. Diagnóstico e parametrização do consumo de água em padarias da RMSP. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**, 21., 2001, Rio de Janeiro. Anais do 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro: Abas, 2001. p. 1 - 13. Disponível em: <http://docplayer.com.br/16084659-I-036-diagnostico-e-parametrizacao-do-consumode-agua-em-padarias-da-rmsp.html>. Acesso em: 20 maio 2018.

NUNES, Riane Torres Santiago. Conservação da água em edifícios comerciais: **Potencial de uso racional e reúso em Shopping Center**. 2006. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Ciências em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

PASCHKE, P.; VAN GELDER, R. E.; SIEGELBAUM, H. **Hotel water conservation: A Seattle demonstration.** Seattle: Seattle Public Utilities, 2002. 127p.

PROENÇA, L. C.; GHISI, E. Water end-uses in Brazilian Office buildings. **Resources, Conservation and Recycling**, v.54, n.8, p.489-500, 2010.

SANT'ANA, Daniel; NASCIMENTO, Eduarda Aun de Azevedo. Caracterização dos usos-finais do consumo de água em edificações do Setor Hoteleiro de Brasília. **Revista de Arquitetura da Imed,** Passo Fundo Rs, v. 3, n. 2, p.156-167, nov. 2014. Semestral.

SILVA, G. S.; TAMAKI, H. O.; GONÇALVES, O. M. **Implementação de programas de uso racional da água em campi universitários**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.6. n.1, p.49-61, 2006.

SURRENDRAN, S.; WHEATLEY, A.D. Grey-water reclamation for non-potable re-use. **Water and Environment Journal.** v. 12, n.6, p.406-413. 1998.

WAGGETT, R.; AROTSKY, C. **Water key performance indicators and benchmarks for offices and hotels.** London: CIRIA, 2006. 56p.



XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

Sistema de gerenciamento de facilidades de água e energia para edifícios de tipologia hoteleira com o uso do IDEF0

Water and energy facilities management system for hotel-type buildings using IDEF0

SEWELL, Alec Shoji Yamamoto[1]; SOUZA, Jorge Leon Cavalcante de[2]
OLIVEIRA, Lúcia Helena[3]

[1] Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, alec.sewell@usp.br
[2] Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, jorge.leon.souza@usp.br
[3] Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, lucia.helena@usp.br

RESUMO

O uso imponderado dos recursos naturais pelo ser humano acaba por torná-los escassos e gera problemas socioeconômicos que comprometem o desenvolvimento da sociedade. O gerenciamento de facilidades é uma questão crítica, principalmente em edifícios de tipologia hoteleira, onde verifica-se comportamentos insustentáveis do hóspede. O objetivo deste trabalho é elaborar um sistema de gerenciamento de facilidades para edifícios de tipologia hoteleira em operação com o emprego da ferramenta IDEF0. A metodologia compõe-se de levantamento bibliográfico; definição do escopo de atuação do sistema; elaboração de diretrizes; e desenvolvimento do sistema discretizado em processos. Os resultados constituem um sistema de gerenciamento que aborda, quantitativa e qualitativamente, questões socioambientais e tecnológicas, além de promover atuação sistêmica e contínua sobre os sistemas prediais. Conclui-se que, uma vez integradas ao sistema, ações específicas com o objetivo de aumentar a eficiência das operações prediais amplificam seu potencial de conservação, o que resulta em impactos econômicos, sociais e ambientais significativos. A contribuição deste trabalho está na criação de uma ferramenta para o gerenciamento de facilidades com ampla gama de atuação; capaz de reduzir consumos excessivos e despesas; melhorar o desempenho de sistemas prediais; sensibilizar usuários; e promover uma operação mais sustentável sem perda de qualidade no produto final.

Palavras-chave: facilidades, utilidades, gerenciamento, tipologia hoteleira, água, energia, IDEF0.

ABSTRACT

The heavy use of the natural resources by human beings results in their scarcity and generates socioeconomic problems that jeopardize society's development. The management of facilities is a critical issue, especially in hotel type buildings, where unsustainable guest behavior can be singled out. The aim of this paper is the use of IDEF0 tool to develop a sustainable facility management system for hotel-type buildings in operation. The development process was made through a bibliographical survey; definition of the system's scope application; elaboration of guidelines; and the proposition of a management system distinguished in processes. The results constitute a management system that discusses, quantitatively and qualitatively, socio-environmental and technological aspects, promoting systemic and continuous action on building systems. It is concluded that once integrated into the current operation, specific actions with the goal of increasing the efficiency of building systems, amplify their conservation potential, resulting in significant economic, social and environmental impacts. The effective contribution of this paper is the creation of a tool for the management of facilities with a wide application range capable of reducing excessive consumption and expenses; improving the performance of building systems; educating users; and promoting a more sustainable operation without diminishing the quality of the final product.

Keywords: *facilities, utilities, management, hotel typology, water, energy, IDEF0.*

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável é uma questão que se mostra cada vez mais recorrente na sociedade. Com o propósito de satisfazer um modelo de desenvolvimento predatório e uma crescente demanda por recursos como energia e água potável, tem-se como consequência a degradação do meio, a poluição do ar e dos corpos hídricos e o esgotamento dos recursos naturais. Esses impactos concebem perdas irremediáveis ao meio ambiente, assim, comprometendo o desenvolvimento da sociedade como um todo.

O setor da construção civil tem papel fundamental na realização dos objetivos globais de um desenvolvimento mais sustentável. De acordo com o Conselho Internacional da Construção (CIB, 2002), a indústria desse setor de atividades é a que mais consome recursos naturais, além de utilizar energia de forma intensiva, o que provoca consideráveis impactos ambientais.

No desafio de promover a incorporação dos princípios de sustentabilidade ao setor da construção civil, verifica-se que apesar da demanda cada vez maior pela construção sustentável, a grande maioria dos edifícios existentes não foi concebida com base nesses fundamentos. Soma-se a isto o fato de que cerca de 80% dos edifícios que existirão em áreas urbanas em 2030 já faz parte da massa de estoque construído (HOLNESS, 2009). Logo, evidencia-se que esses edifícios devem estar inseridos entre as prioridades nas iniciativas de desenvolvimento sustentável.

Neste contexto, a realidade de edifícios de tipologia hoteleira se mostra expressiva devido às suas características ímpares de processos inseridos dentro do gerenciamento de facilidades. Nesses empreendimentos, tem-se a questão dos hábitos de consumo dos usuários ou comportamento insustentável do hóspede (NISA et al., 2017); das políticas de operação, manutenção, lazer e estética; e da adesão de equipamentos e quadro de serviços às estratégias sustentáveis. Esses elementos ilustram o potencial de recorrência de desperdícios e consumos excessivos de água e de energia na operação de edifícios, sendo fatores agravantes que podem gerar custos sobressalentes.

A implementação de um sistema de gerenciamento de facilidades é uma estratégia de ampla perspectiva de aplicação para solucionar essas questões. O gerenciamento de facilidades segundo a ISO 41.011 (2017), é o processo de organizar e integrar os recursos humanos, materiais e processos dentro de um espaço construído com o propósito de melhorar a qualidade de vida dos usuários e produtividade do core business.

O estudo de tendências em gerenciamento de facilidades realizado pelo grupo Coldwell Banker Richard Ellis (CBRE, 2017) expõe que a área de *smart technology*, que inclui gestão do conhecimento e automação de processos, faz parte do panorama de desenvolvimentos mais demandado pelo mercado nos próximos anos.

Dentro deste assunto, em análise conduzida pela National Taiwan University (AMARNATH, 2018), verifica-se que há nos EUA e Europa uma concentração de estudos na área de padronização de processos e interoperabilidade, que se deve, segundo o autor, ao reconhecimento dos benefícios de ferramentas como BIM (Modelagem da Informação da Construção).

Assim, o objetivo deste artigo é apresentar a estrutura de um sistema de gerenciamento de facilidades de água e energia para edifícios de tipologia hoteleira em operação, por meio de processos integrados com o emprego da ferramenta IDEF0. O sistema representa uma forma de viabilizar e padronizar a introdução de tecnologias, procedimentos, princípios e comportamentos com o intuito de garantir e aumentar a eficiência das operações prediais de maneira duradoura. Dessa forma, insere os escopos da sustentabilidade frente às atividades de operação e manutenção no ambiente construído.

2 MÉTODO

Para o desenvolvimento deste artigo utilizou-se os conceitos de gerenciamento de facilidades, facilities management, e aplicou-se os mesmos no desenvolvimento de um sistema.

Primeiro, estudou-se as características de edificações de tipologia hoteleira incluindo dados de tendências de consumo de água e de energia por meio de pesquisa bibliográfica. Feito o estudo, levantou-se uma série de recomendações técnicas e gerenciais, a partir do tema central, para o aumento da eficiência nos processos e no uso das utilidades em longo prazo, visando a diminuição dos custos e da necessidade de manutenção, bem como a mitigação de desperdícios e impactos negativos ao meio ambiente, sem abdicar a qualidade e o conforto dos usuários.

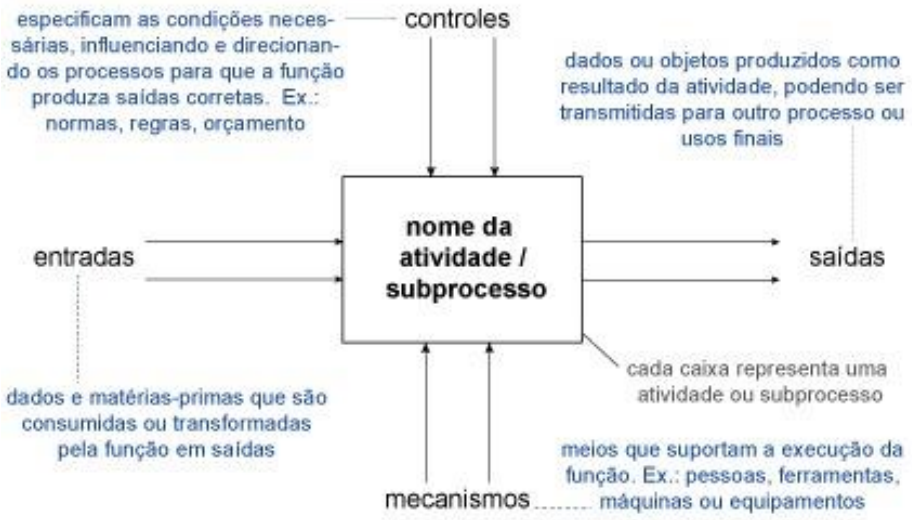
Em seguida, caracterizou-se o escopo de atuação proposto e elaborou-se as diretrizes que são organizadas na forma de processos. Uma vez definidos, estruturou-se em um sequenciamento lógico, abrangente e didático para consolidar o sistema proposto com o emprego da ferramenta IDEF0.

3 IDEF0

O IDEF0 é uma técnica de modelagem funcional com base em gráficos e textos combinados que são apresentados de uma maneira organizada e sistemática (FIPSPUB 183). Desenvolvido pelo programa Integrated Computer-Aided Manufacturing (ICAM) criado pela Força Aérea dos Estados Unidos, com o objetivo de dar entendimento e suporte à análise; estruturar o design de funções e atividades de integração entre componentes do sistema. Um modelo IDEF0 tem sua abordagem baseada em modelo e software e é composto de glossários, textos e diagramas hierárquicos que descrevem as funções e as suas interfaces no contexto de um sistema.

Os modelos IDEF0 fornecem um *blueprint* de funções e suas interfaces, ou seja, reflete como as funções do sistema se inter-relacionam e operam por meio do ICOM (Entradas, Controles, Saída e Mecanismo respectivamente). Essa configuração facilita entendimento e comunicação. Os modelos IDEF0 são elaborados com três tipos de informações que se complementam: diagramas gráficos, texto e glossário. O diagrama gráfico é o principal componente de um modelo IDEF0, que ilustra um formato para representar de modo verbal e gráfico. Os dois elementos de modelagem presentes no diagrama são caixas e setas. Uma representação de uma atividade e a estrutura básica de uma caixa e as setas ICOM podem ser observadas na Figura 1.

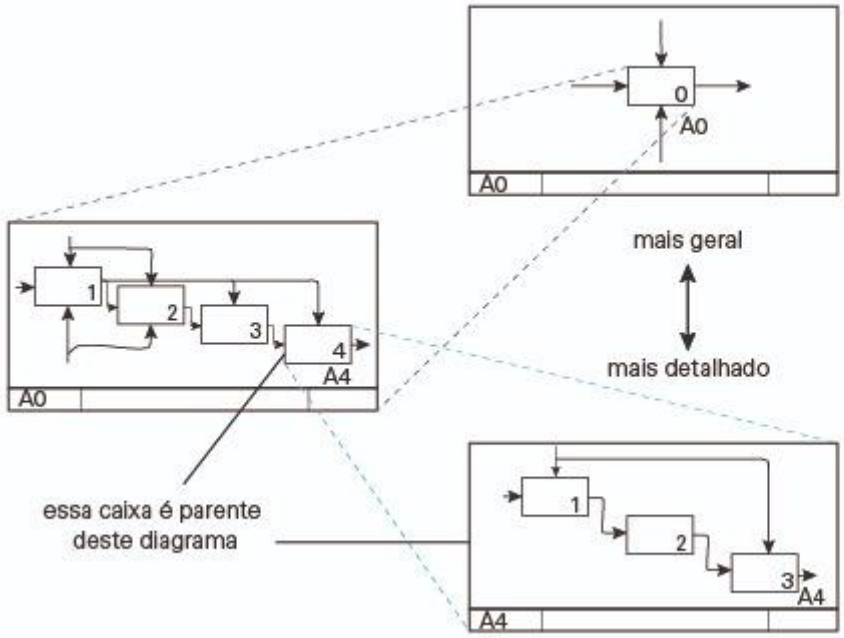
FIGURA 1 - Representação padrão de uma atividade



Fonte: National Institute of Standards and Technology (1993)

Quanto à sua estrutura, os modelos IDEF0 podem ser considerados tridimensionais, pois qualquer diagrama bidimensional do modelo de função IDEF0 pode ser estendido para funções-filho, apresentadas em diferentes camadas ou níveis do modelo. Assim, atinge-se qualquer nível de especificidade desejado, conforme ilustrado na Figura 2.

FIGURA 2 - Estrutura de decomposição do IDEF0



Fonte: National Institute of Standards and Technology (1993)

A estruturação de processos pela ferramenta IDEF0 permite tanto, uma visão abrangente do sistema, quanto uma visão específica e detalhada, o que facilita a consulta, análise e a identificação de possibilidades de melhorias e estratégias.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresenta-se neste item o desenvolvimento do sistema de gerenciamento facilidades de água e energia para edifícios de tipologia hoteleira. Como a metodologia do IDEF0 é própria para o desenvolvimento de planos estratégicos, bem como para a gestão operacional e estratégica, ela se mostra ideal para a representação de um conjunto de componentes de um sistema de gerenciamento de facilidades de água e energia de um edifício em operação.

O sistema foi desenvolvido para a compreensão, análise, melhoria ou substituição da operação atual. O domínio do sistema engloba todos os elementos de uma rede hoteleira, incluindo pessoas, informações, software, processos, equipamentos, produtos e matérias-primas.

Como ponto de partida do sistema, desenvolveu-se diretrizes aplicáveis a edifícios com tipologia hoteleira em operação. Para organizá-las de forma coerente, separou-se as diretrizes em duas categorias que servem de fundação para o sistema: gerenciamento de processos e gerenciamento técnico, que se divide em água e energia. Dentro desses meios, as diretrizes atuam desde a demanda até os sistemas de recuperação de energia, priorizando medidas de mínimo ou nenhum custo e de simples execução.

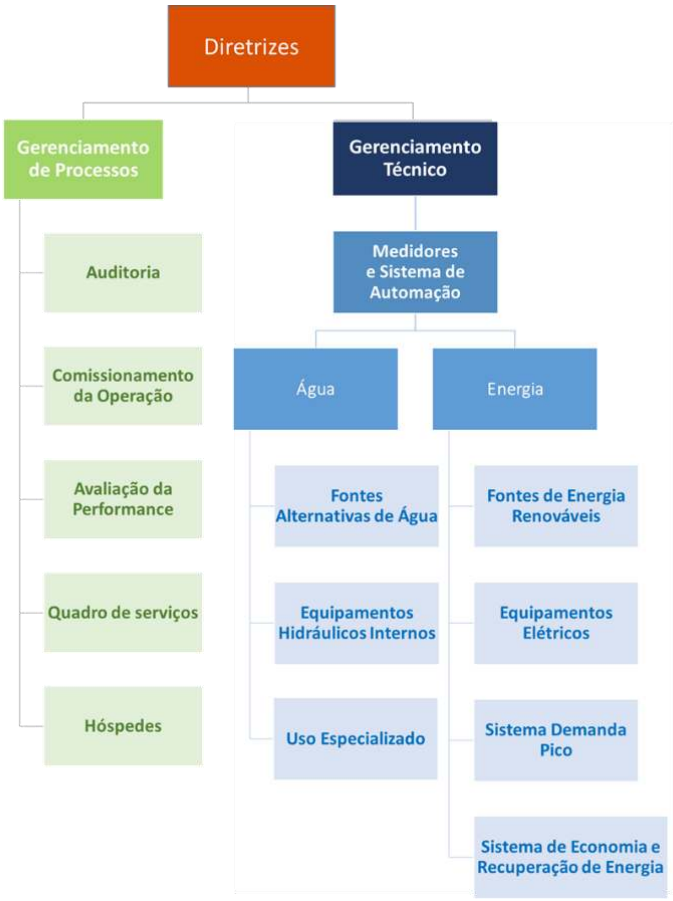
Como representação visual das diretrizes, foi elaborado um fluxograma, ilustrado na Figura 3 que segue a ordem cronológica recomendada a se seguir, como no caso de gerenciamento de processos, ou que apresenta a progressão natural no uso dos recursos, como no caso de água e energia.

Com base no fluxograma e textos associados, aplicou-se o método do IDEF0. Cada diretriz foi transformada em processo incorporando-se o ICOMS e, quando necessário, formando suas próprias camadas de detalhamento.

O A-0 (Figura 4) representa o panorama geral de funcionamento do sistema de gerenciamento de facilidades para edifícios de tipologia hoteleira. O diagrama resume o conjunto completo de interfaces externas e internas do sistema, imprimindo uma caraterística cíclica ao processo de tomada de decisão, planejamento, execução, operação e manutenção delimitando um fluxo de ideias, estratégias e resultados.

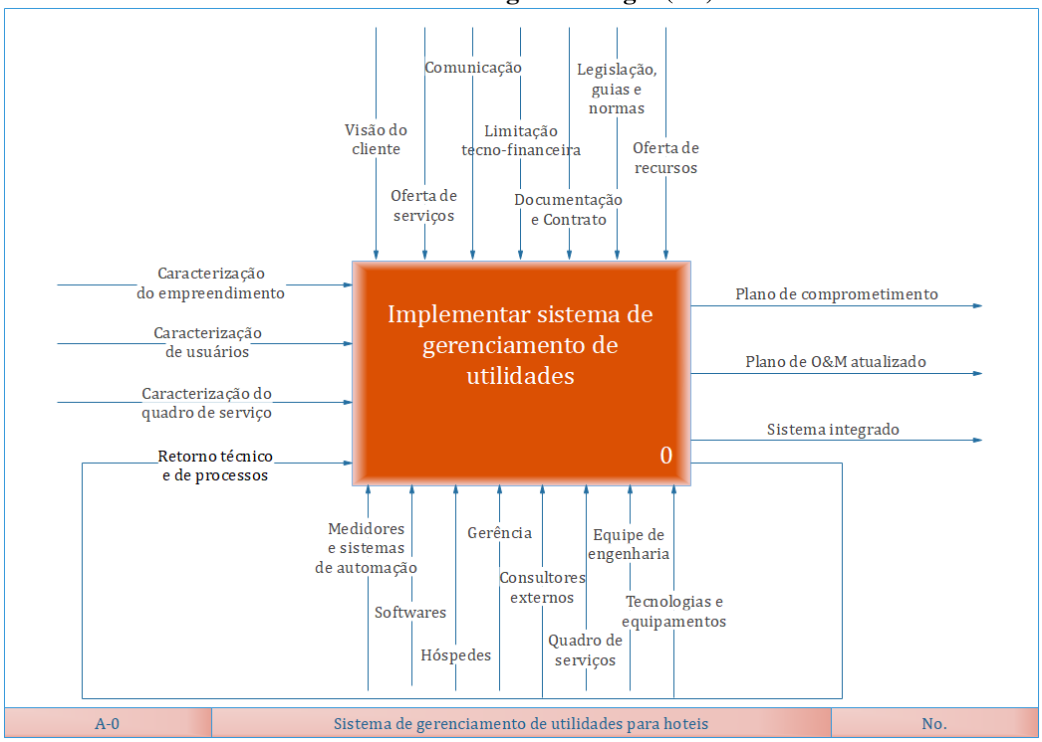
O sistema retorna planos para envolver todas as pessoas que interagem com as suas facilidades, um plano de operação e manutenção de visão holística de seus subsistemas que passa por revisões e atualizações. O resultado final compreende todo o conjunto de materiais, pessoas, equipamentos e processos que se inter-relacionam, definindo um sistema integrado.

FIGURA 3 - Fluxograma das diretrizes de operação sustentável



Fonte: Sistema de gerenciamento de utilidades para edifícios de tipologia hoteleira.

FIGURA 4 - Diagrama do panorama geral do sistema de gerenciamento de facilidades de água e energia (A0)



Fonte: Sistema de gerenciamento de utilidades para edifícios de tipologia hoteleira.

O diagrama A0 (Figura 5) integra o primeiro nível do fluxograma de diretrizes e ilustra como as duas partes principais se organizam e interagem.

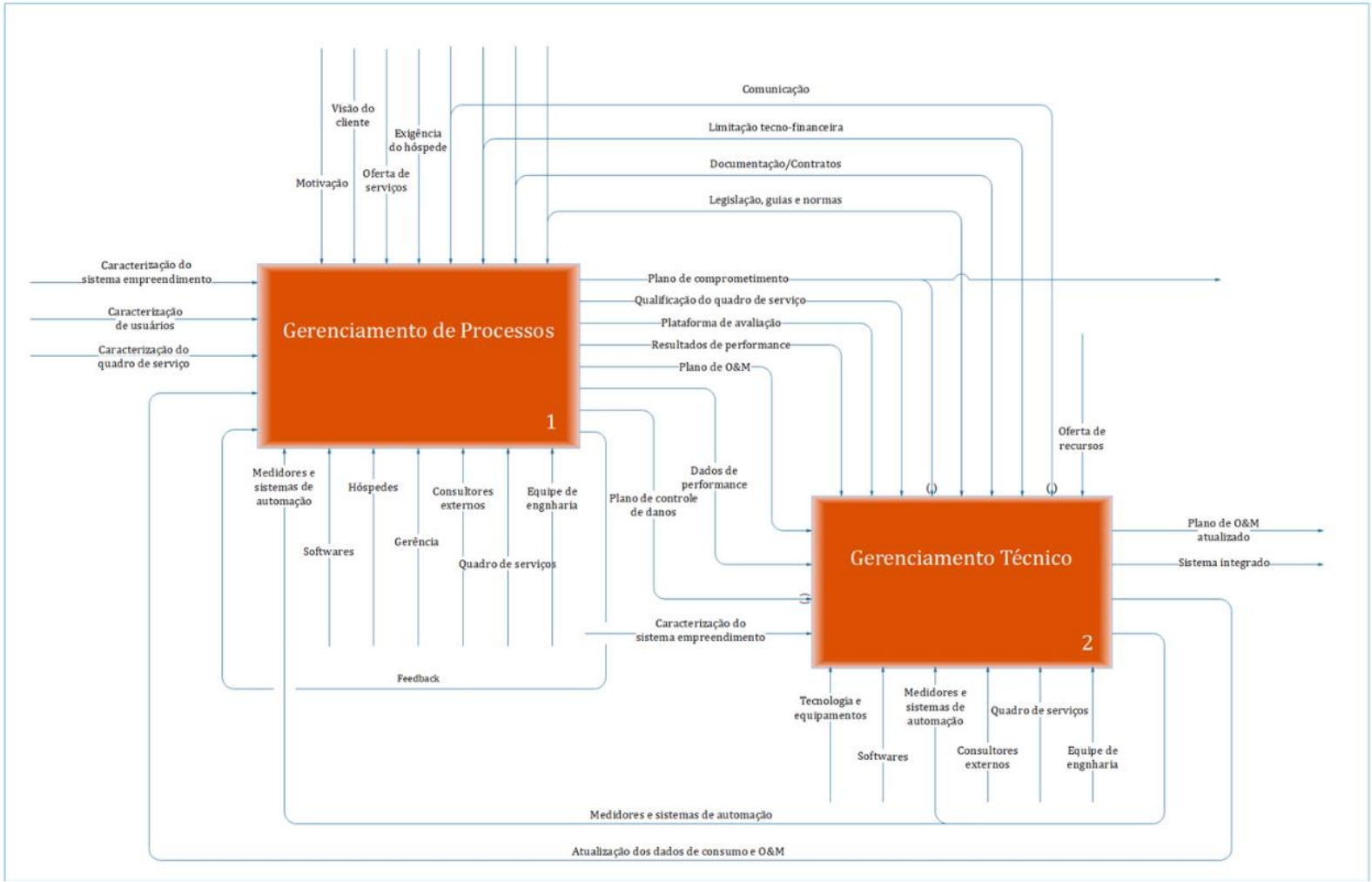
Destaca-se que a configuração é hierarquizada pois, apesar do funcionamento simultâneo dos tipos de gerenciamento, é necessário que o planejamento e preparação dos processos e quadro de serviços antecipe e suporte a execução e implementações de soluções técnicas.

A categoria Gerenciamento Técnico A2 (Figura 6) inclui soluções técnicas que impactam no consumo de água e energia. A setorização da medição e automação são mecanismos para dar suporte aos processos de ambas subcategorias subsequentes, conferindo maior controle e conhecimento às partes envolvidas.

A subcategoria do gerenciamento de energia não detalhado neste trabalho, aborda formas de redução do consumo de energia com estratégias de design energeticamente eficiente, produção ou aproveitamento de energia renovável, monitoramento e automação inteligente.

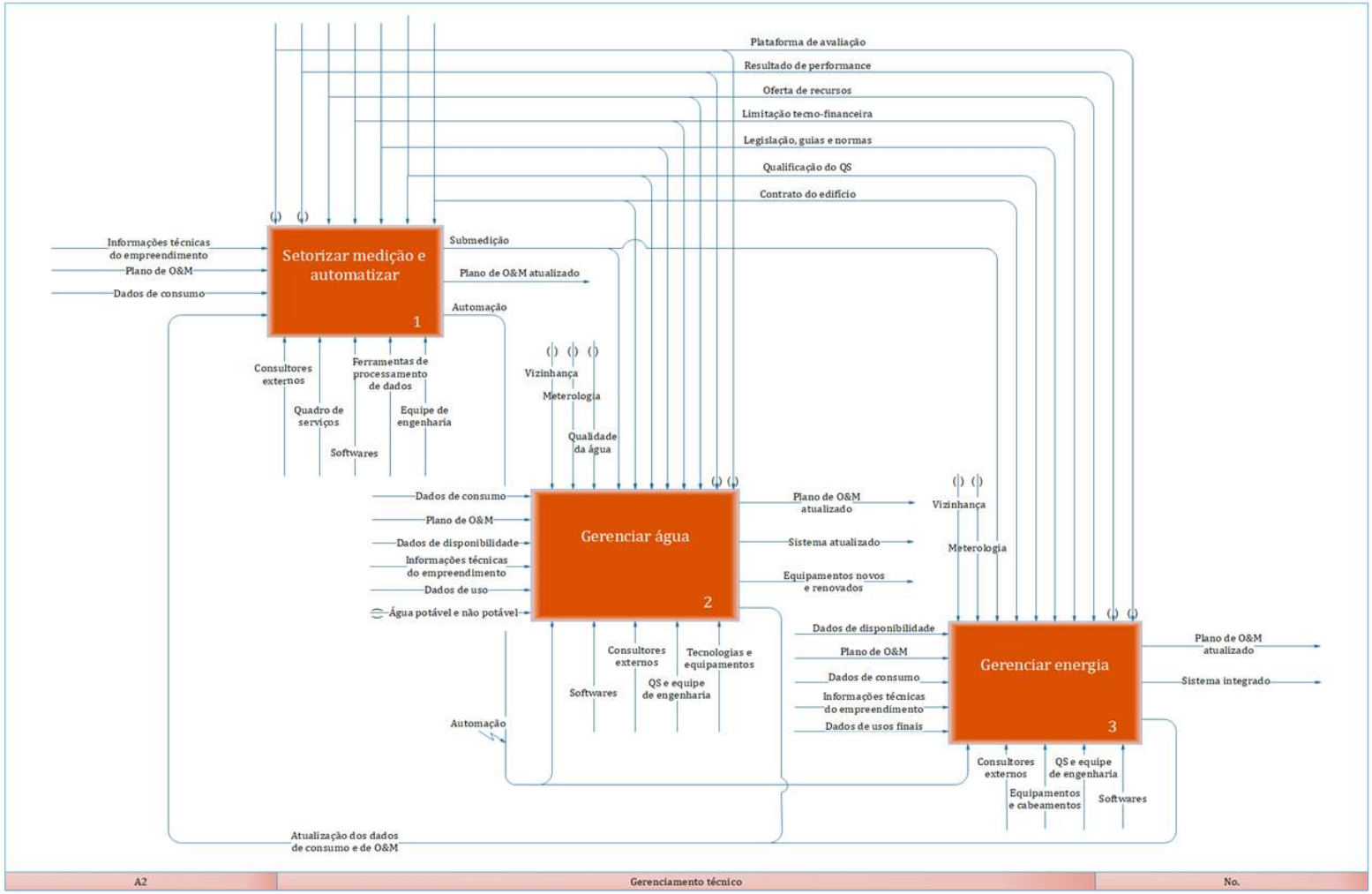
O foco deste artigo, a subcategoria do gerenciamento da água A22 (Figura 7) envolve propostas para otimizar o uso deste recurso. Para atingir este objetivo, existem alternativas muito mais efetivas do que uma simples diminuição particular em seu uso. Entre algumas soluções propostas pelo sistema destacam-se: a exploração de novas fontes de água; otimização de subsistemas essenciais; procedimentos e equipamentos mais eficientes levando em conta os padrões de uso dos usuários; e a gestão das perdas dos usos internos e externos à edificação.

FIGURA 5 - Diagrama da interação do Gerenciamento de Processos e Técnico do Sistema (A1)



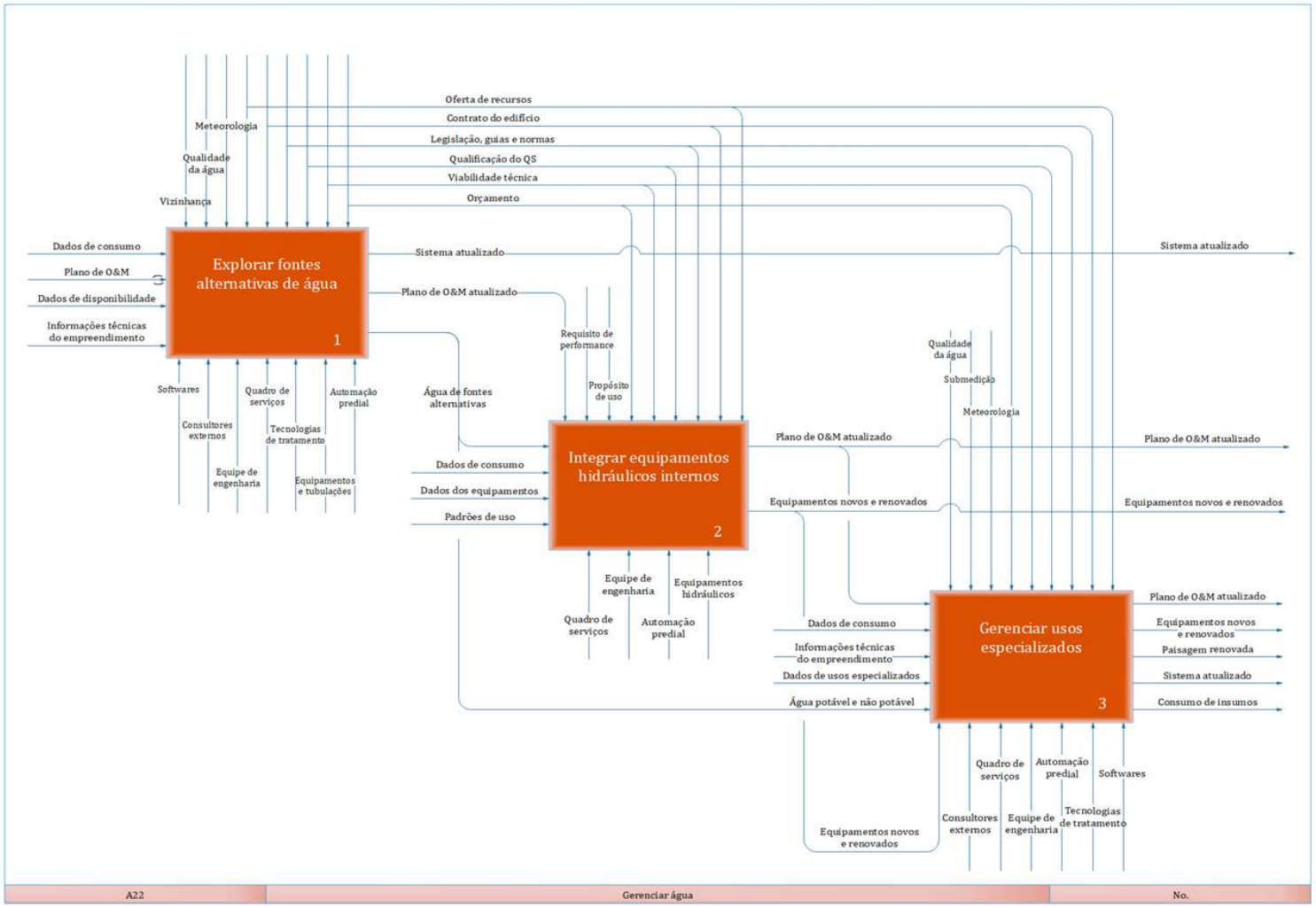
Fonte: Sistema de gerenciamento de utilidades para edifícios de tipologia hoteleira

FIGURA 6 - Diagrama do gerenciamento técnico (A2).



Fonte: Sistema de gerenciamento de utilidades para edifícios de tipologia hoteleira.

FIGURA 7 - Diagrama do processo A22 "Gerenciar água ".



Fonte: Sistema de gerenciamento de utilidades para edifícios de tipologia hoteleira.

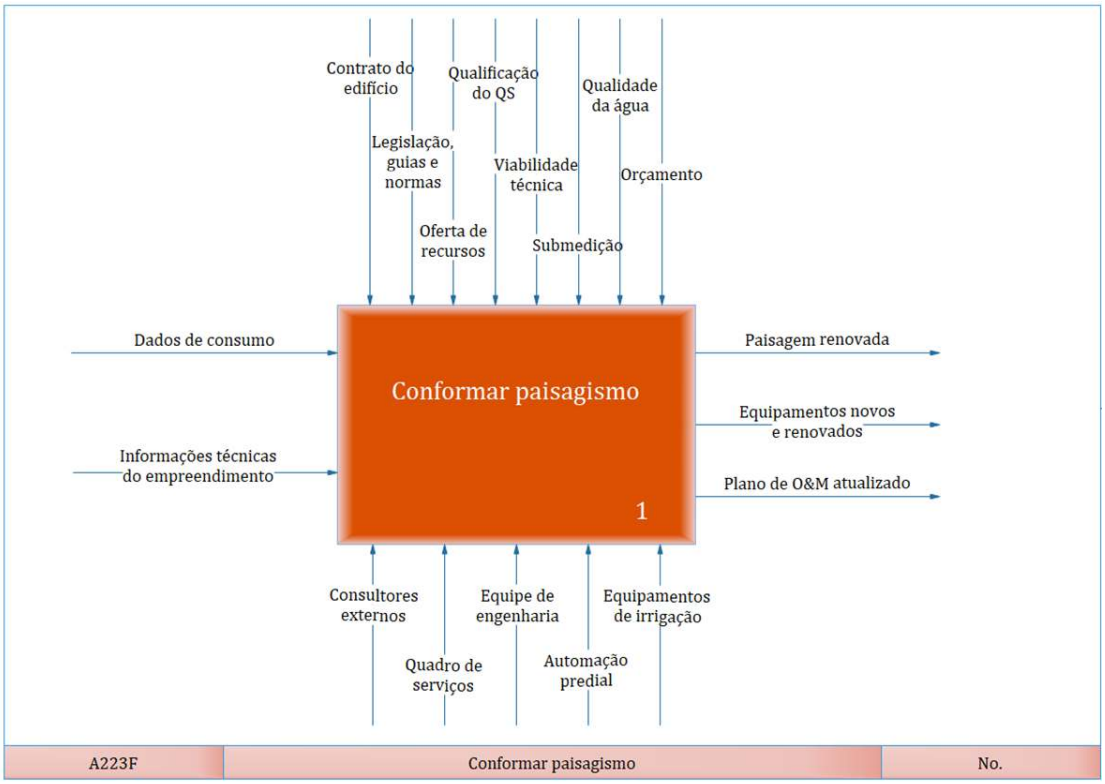
Para exemplificar o nível de detalhamento do sistema desenvolvido no âmbito do gerenciamento do consumo de água, escolheu-se o paisagismo natural (Figura 8). Ressalta-se a importância da instalação de um medidor próprio para o sistema de irrigação, o que facilita a aquisição de dados para avaliar os impactos das soluções adotadas.

Em princípio, deve-se estudar a possibilidade de atuar sobre a oferta de água. Exemplos potencialmente viáveis de alternativas para água de irrigação incluem: água de reuso, água pluvial e água condensada de sistema de vapor e de ar condicionado.

De acordo com o guia de referência do LEED O&M 2016, a demanda por água na irrigação pode ser controlada pela mudança de layout, de forma a otimizar a distribuição de água em ocorrência de chuva. Entre as estratégias de layout sustentável, pode-se destacar: a divisão da área em hidrozonas de modo a agrupar plantas com necessidades de água similares; uso de plantas nativas ou adaptáveis; e posicionamento de espécies relativo ao acesso à água, luz do sol ou sombra.

Para tornar o sistema de irrigação mais eficiente, deve-se minimizar desperdícios e perdas por evaporação. Os componentes automatizados podem contar com temporizadores, sensores de umidade; e aplicação direta na zona das raízes das plantas; entre outras técnicas e tecnologias que utilizam água de forma mais racional.

FIGURA 8 - Diagrama do processo A223F "Conformar paisagismo "



Fonte: Sistema de gerenciamento de utilidades para edifícios de tipologia hoteleira.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido à clareza e simplicidade do padrão estabelecido na elaboração e diagramação dos processos por meio do método IDEF0, o sistema de gerenciamento de facilidades permite uma abordagem sistêmica e integrada, levando em consideração aspectos técnicos, ambientais e sociais capazes de promover uma operação mais sustentável e favorecer, além da prevenção de intercorrências, a retroalimentação do sistema visando sua melhoria.

A implantação do sistema proposto pode gerar conhecimento, participação e uma cultura de uso. Além disso, feitas as devidas adaptações, o sistema pode vir a ser aproveitado também em outras tipologias de edifícios, promovendo um cenário de grande potencial exploratório, por meio do qual o gerenciamento de facilidades contribuirá com o desenvolvimento sustentável na sociedade.

REFERÊNCIAS

AMARNATH C.B, **Global Trends In Bim Research.** 2016. Disponível em <https://www.bimthinkspace.com/2016/09/global-trends-in-bim-research.html>. Data de acesso: 10 de mai. 2018.

Coldwell Banker Richard Ellis (CBRE), **Top Trends In Facilities Management**. 2017. Disponível em <https://www.cbre.com/research-and-reports/emea-major-report---top-trends-in-facilities-management-2018>. Data de acesso: 20 de mar. 2019.

DEGANI C. M, **Modelo de gerenciamento da sustentabilidade de facilidades construídas**. 2010. Tese Tese para obtenção do Título de Doutor em Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

HOLNESS, G.V.R. Sustaining our future by rebuilding our past**. ASHRAE Journal**, August 2009.

INTEGRATED DEFINITION METHODS (IDEF). IDEFØ Function Modeling Method. Disponível em: <http://www.idef.com/idefo-function_modeling_method/>. Data de acesso: 27 de fev.2019.

International Organization for Standardization. ISO/TC 267: Facility management. ISO 41.011: Facility Management – Vocabulary. 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Construção Sustentável. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel.html>. Data de acesso: 20 de fev.2019.

National Institute of Standards and Technology, Announcing the Standard for INTEGRATION DEFINITION FOR FUNCTION MODELING (IDEF0). **DRAFT FEDERAL INFORMATION PROCESSING STANDARDS PUBLICATION 183 (FIPSPUB 183).** 1993.

NISA C., VARUM C., BOTELHO A. Promoting sustainable hotel guest behavior: a Systematic Review and Meta-Analysis. Cornell Hospitality Quarterly, 2017.

SEWELL, A. DE SOUZA J. **Sistema de gerenciamento de utilidades para edifícios de tipologia hoteleira**. 2018. Trabalho de Formatura do Curso de Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018

THE GREEN KEY. Green Key hotel criteria and explanatory notes. 1 January 2019 – 31, December 2020.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA) WATERSENSE. Water Efficiency Management Guide Mechanical Systems. 2017.

U.S. GREEN BUILDING COUNCIL, INC. (USGBC). **Reference Guide for Building Operations and Maintenance, LEED v4 Edition**, 2016.

WAISSI, Gary R. **Automation of strategy using IDEF0 — A proof of concept.** Operations Research Perspectives Volume 2, 2015.

- PAINEL 2B -

GESTÃO DA DEMANDA E OFERTA DE INSUMOS PREDIAIS



XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

Balanço hídrico em telhado vegetado com grama amendoim (*Arachis repens* Handro)

Water balance on green roof with grass peanut (*Arachis repens* Handro)

CALHEIROS, Herlane Costa[1]; SILVA, Fernanda Gomes Gonçalves[2]; COSTA, Luisa Silva[3]; SILVA, Matheus Lins Macedo[4]

[1] UNIFEI, IRN - Av. BPS, Pinheirinho, 37500-903, Itajubá - MG, h2c@unifei.edu.br
[2] UNIFEI, fernandagomes1512@hotmail.com
[3] UNIFEI, luisa.scosta.mg@gmail.com
[4] UNIFEI, matheuslinsms@gmail.com

RESUMO

O presente estudo busca investigar o balanço hídrico em telhados convencional e verde e, também, monitorar o desenvolvimento da grama amendoim (*Arachis repens* Handro), relacionando o tipo de cobertura vegetada ou não com a sua capacidade de retenção de água e, consequentemente, obter o coeficiente de escoamento superficial para cada cenário testado. Os cenários testados foram: (1) superfície de coleta convencional com telha de fibrocimento, (2) estrutura do telhado verde com substrato e sem planta e (3) telhado verde plantado. As chuvas incidentes no telhado foram as obtidas para a cidade de Itajubá, em Minas Gerais, pela curva de i-d-f com 5 min de duração e 5 anos de período de retorno conforme recomendação da NBR 10844 (ABNT, 1989). Os volumes de água de chuva escoados superficialmente e drenados pelo fundo dos telhados estudados foram coletados em recipientes graduados calibrados. Concluiu-se que: a grama amendoim apresentou desenvolvimento satisfatório e elevada capacidade de recuperação; a grama amendoim levou apenas 1 ½ mês para cobrir todo o telhado; o coeficiente de escoamento superficial do telhado verde para época de chuvas intensas foi em média 0,569 e, em época de estiagem foi 0,003. Enquanto o telhado convencional apresentou coeficiente de escoamento superficial médio de 0,995 para a estação chuvosa e 0,901 para a estação seca; o componente do telhado verde que mais contribuiu com a retenção de água pluvial foi o substrato. Portanto, deve ser dada toda a atenção na escolha do substrato para que ele possa permitir o crescimento da planta de modo adequado, reter as águas pluviais e não contaminar a água de drenagem de fundo do telhado que podem ser aproveitadas para usos menos nobres.

Palavras-chave: Infraestrutura verde, Coeficiente de escoamento, Detenção e retenção de água de chuva.

ABSTRACT

The present study aims to investigate the water balance in conventional and green roofs and also to monitor the development of peanut grass (Arachis repens Handro), relating the type of vegetation cover or not with its water retention capacity and, consequently, to obtain the coefficient of runoff for each scenario tested. The scenarios tested were: (1) conventional collection surface with fiber cement tile, (2) green roof structure with substrate and no plant, and (3) planted green roof. The rains incident on the roof were obtained for the city of Itajubá, in Minas Gerais, by the curve of i-d-f with 5 min of duration and 5 years of return period according to the recommendation of NBR 10844 (ABNT,1989). The volumes of stormwater runoff and drained from the bottom of the roofs studied were collected in calibrated graduated containers. It was concluded that: the peanut grass showed satisfactory development and high recovery capacity; the peanut grass took only 1 ½ month to cover the entire roof; the coefficient of runoff of the green roof for intense rainy season was on average 0.569 and in the dry season it was 0.003. While the conventional roof presented average surface runoff coefficient of 0.995 for the rainy season and 0.901 for the dry season; the component of the green roof that contributed most to the rainwater retention was the substrate. Therefore, attention should be paid to the choice of substrate so that it can adequately grow the plant, retain rainwater and not contaminate the bottom drainage water of the roof that can be used for less noble uses.

Keywords: *Green infrastructure, Runoff coefficient, Rainwater retention.*

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Zhang e Chui (2019), a infraestrutura verde atenua os efeitos negativos da urbanização e fornece benefícios hidrológicos e bioecológicos. No entanto, esses benefícios são altamente dependentes de escala. Concluem que benefícios de menor escala estabelecem a base para benefícios de maior escala e identificam que existe uma lacuna de pesquisa em estudos relacionados com a captação de águas pluviais, recomendando mais estudos nesta escala. Da mesma forma, Akther et al. (2018) destacam a necessidade de estudos específicos da região ou do local para implementar telhados verdes com confiança.

Gong et al. (2018) estudaram a eficácia de retenção de escoamento de módulos de telhado verde e concluíram que chuvas fortes (> 25 mm) afetam significativamente o desempenho de retenção de telhados verdes extensivos no próximo evento de chuvas.

Enquanto, um telhado convencional, de acordo com Gribbin (2009), apresenta coeficiente de escoamento superficial de projeto na faixa de 0,75 a 0,95 (em média 0,85; ou seja, retenção de 15%). Segundo Liptan e Strecker (2003), quando utilizado o telhado verde, a retenção do volume de precipitação pode variar de 10% a 35% durante a época chuvosa e de 65% a 100% durante a época seca e a redução das taxas de drenagem urbana pode chegar a 45%, o que pode significar uma diminuição relevante na contribuição de enchentes em centros urbanos.

O estudo realizado por Palla et al. (2008) demonstrou que a implementação de telhados verdes pode reduzir o pico do escoamento superficial e o tempo de retardo entre 7 e 15 minutos do volume escoado (efeito detenção); enquanto, após a introdução de um processo de estiagem relacionado com a evapotranspiração, pode-se observar a redução do volume do escoamento superficial (efeito retenção).

As plantas são um componente crítico dos telhados verdes e, segundo Zhang et al. (2018), acredita-se que as plantas com alto uso de água após a chuva, mas que também são tolerantes à seca, podem melhorar a retenção de chuva nos telhados verdes. Os autores descobriram que algumas monoculturas tiveram maior retenção de águas pluviais e que algumas plantas criaram vias de fluxo preferenciais, resultando em menores teores de água no substrato, o que reduziu a retenção de chuva. Portanto, sugeriram que as características da raiz e sua interação com os substratos devem ser consideradas juntamente com as estratégias de uso da água para retenção de chuva nos telhados verdes.

2 OBJETIVO

O presente estudo busca investigar o balanço hídrico em telhados convencional e verde e, também, monitorar o desenvolvimento da grama amendoim (*Arachis repens* Handro), relacionando o tipo de cobertura vegetada ou não com a sua capacidade de retenção de água e, consequentemente, obter o coeficiente de escoamento superficial para cada cenário testado.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa experimental foi desenvolvida em Itajubá no sul do estado de Minas Gerais, que apresenta um clima característico de regiões de serra. A instalação experimental é composta

por quatro módulos plantados e um módulo não plantado, bem como um telhado de fibrocimento com inclinação de 25%. Fez-se o acompanhamento do crescimento das plantas *Arachis repens* Handro (grama amendoim) e o registro das variáveis meteorológicas obtidas junto ao Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC/INPE. Após o fechamento da cobertura vegetal, o balanço hídrico foi realizado em cada um dos três tipos de cobertura.

O monitoramento do crescimento vegetal foi realizado pelo método dos quadrantes (OLIVEIRA e RAKOCEVIC, 2003). Além do crescimento vegetal, foram monitorados o comprimento médio do ramo principal da vegetação, o número de ramificações e o número de folhas, utilizando contador numérico e paquímetro.

Foi desenvolvido um simulador de chuva para a realização dos testes de modo a manter constante o volume da chuva simulada. A intensidade de chuva simulada é a intensidade máxima com duração de 5 minutos e período de retorno de 5 anos, obtida da curva de intensidade-duração-frequência de Itajubá – MG, conforme recomendação da norma brasileira de projeto de instalações prediais de águas pluviais, NBR 10844 (ABNT, 1989).

O balanço hídrico foi realizado e o coeficiente de escoamento superficial foi obtido pela razão entre a vazão escoada superficialmente e a precipitação incidente no telhado (GOULD e NISSEN, 1999). O coeficiente de escoamento superficial de telhado de fibrocimento convencional recomendado por Pacey e Cullis (1989) para projeto é 0,8.

Os volumes de água de chuva incidentes nos telhados, escoados superficialmente e drenados pelo fundo dos telhados estudados foram coletados em recipientes graduados calibrados.

Todos os resultados foram analisados estatisticamente. Para a comparação de médias, utilizou-se análise de variância (ANOVA) para comparar os módulos entre si e teste de Tukey para comparar os parâmetros monitorados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Crescimento das plantas

No dia 12 de setembro de 2018, foram plantadas quatro mudas de grama amendoim em cada módulo de telhado dispostas de forma desencontrada e não alinhada para facilitar o fechamento da vegetação. Nesse dia, os valores médios registrados para os parâmetros de controle foram: 8,62 ± 0,76 cm de comprimento do caule principal, 5,4 ± 1,0 brotos por muda e 4,4 ± 1,0 ramos com 4 folhas por broto (96,5 ± 34,4 folhas por muda).

As Figuras 1 e 2 ilustram o desenvolvimento do crescimento da vegetação nos quatro módulos do telhado verde, fotografias tiradas nos dias 5 e 26 de outubro de 2018 respectivamente.

FIGURA 1 - Medição do crescimento vegetal no dia 05 de outubro de 2018 nos módulos 1 a 4 pelo método dos quadrantes.



Fonte: Próprio Autores.

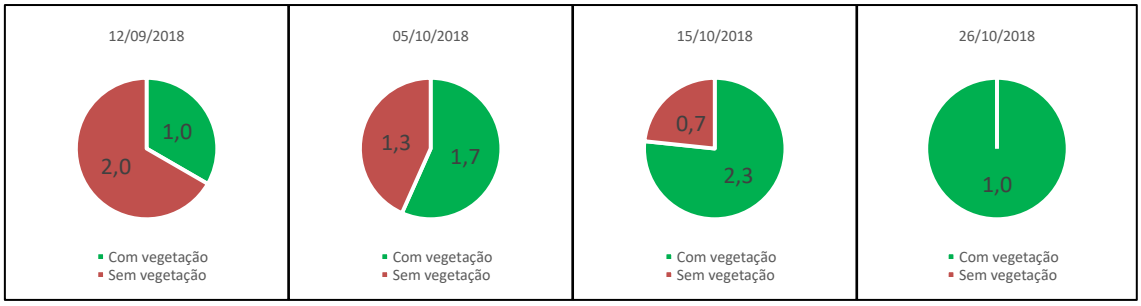
FIGURA 2 - Medição do crescimento vegetal no dia 26 de outubro de 2018 nos módulos 1 a 4 pelo método dos quadrantes.



Fonte: Próprio Autores.

A Figura 3 mostra a evolução do crescimento da planta ao longo do tempo, onde se observa que, em apenas 33 dias, houve um aumento da taxa de cobertura em média de 77%, ou seja mais de 2/3 do módulo estava coberto. A cobertura completa de todos os módulos ocorreu após um mês e meio do plantio das mudas.

FIGURA 3 - Cobertura dos módulos pela vegetação ao longo do tempo de monitoramento



Fonte: Próprio Autores.

Os resultados observados após 23 dias do plantio, em média, foram: 12,40 ± 0,87 cm de comprimento do caule principal, 6,0 ± 1,0 brotos por muda e 6 ramos com 4 folhas por broto (239,8 ± 83,9 folhas por muda). O comprimento médio do caule principal, considerando todos os módulos plantados, após 33 dias do plantio foi de 17,87 ± 3,52 cm e após um mês e meio foi de 22,40 ± 3,44 cm. Segundo Rodrigues et al. (2006), atinge altura de 20-40 cm.

Todos os parâmetros monitorados foram analisados estatisticamente pela ANOVA e verificou-se que não houve diferença significativa entre os resultados de cada módulo ($F < F$ crítico e Valor-p $> 0,05$), indicando que o crescimento ocorreu de modo similar em todos os quatro módulos de telhado verde. O teste de Tukey indicou que não existe diferença estatística

significativa entre o comprimento do caule, o número de brotos e o número de ramos para monitorar o crescimento da grama. No entanto, a taxa de cobertura da vegetação e o número de folhas se diferenciam de modo significativo dos demais parâmetros.

Segundo dados do CPTEC/INPE, em Itajubá – MG, no mês de setembro de 2018 teve uma precipitação total na faixa de 50-100 mm, enquanto no mês de outubro foi de 100-150 mm. Ou seja, mesmo em condições de chuvas intensas na região durante o período de adaptação, visto que essa espécie se desenvolve melhor em condições de sol pleno, a vegetação apresentou desenvolvimento satisfatório, não havendo degeneração de nenhuma muda dos quatros módulos plantados, ou seja 100% de sobrevivência.

Durante o período do monitoramento do crescimento das plantas ocorreu eventos (seca, falta de irrigação e ataque de formigas cortadeiras) que afetaram a sua cobertura foliar. Contudo, o problema logo foi sanado e a vegetação se recuperou cobrindo novamente o telhado em apenas uma única semana.

4.2 Coeficiente de escoamento superficial

O coeficiente de escoamento superficial foi determinado em período de chuva (nov-dez/2018) e em período de estiagem (mai-jun/2019), realizando o balanço hídrico para três cenários: telhado convencional, telhado verde e, também, telhado com substrato e sem planta.

Em período de chuvas, os resultados foram os seguintes: o valor do coeficiente de escoamento superficial dos módulos com vegetação foi em média de 0,569 ± 0,068, do módulo sem vegetação e da telha convencional foram respectivamente 0,654 ± 0,000 e 0,995 ± 0,000. Nota-se que a maior retenção do escoamento superficial ocorre nos módulos vegetados, seguido pelo módulo sem planta e com substrato e, depois, pela telha sem planta e sem substrato. Indicando a importância do tipo e espessura do substrato da grama amendoim, os quais contribuíram com a retenção de 43,1% (sendo 34,6% retido no substrato) das águas pluviais precipitadas sobre a cobertura verde.

No período de estiagem, o valor do coeficiente de escoamento superficial dos módulos com vegetação foi em média de 0,003 ± 0,008, do módulo sem vegetação e da telha de fibrocimento foram respectivamente 0,552 ± 0,087 e 0,901 ± 0,000. Os resultados revelam que em período de estiagem praticamente toda a água pluvial é retida no telhado verde, o substrato é responsável pela retenção de 44,8% deste valor e a planta 54,9%. Enquanto, o telhado convencional de fibrocimento permite o escoamento de 90,1% da chuva captada em sua superfície.

Estes resultados estão em consonância com outras pesquisas, tais como as de Liptan e Strecker (2003), Palla et al. (2008) e Zhang et al. (2018). Além de se verificar que o aumento da intensidade de chuva, faz com que as diferenças entre os valores dos coeficientes de escoamento superficial das diferentes coberturas fiquem menores, como observado por Cavalcanti (2010).

5 CONCLUSÃO

Com este trabalho pode-se concluir que:

- A escolha da grama amendoim para o telhado verde foi adequada à região de Itajubá – MG, e apresentou desenvolvimento satisfatório e elevada capacidade de recuperação, mesmo em condições de chuva intensa ou de estiagem.
- A vegetação em cerca de um mês e meio cobriu todos os módulos que compõe o telhado verde e alcançou 22,4 ± 3,4 cm de comprimento do caule principal, apresentando folhas e flores.
- Os resultados revelaram que a retenção do volume de precipitação do telhado verde em média foi de 43,1% durante a época chuvosa e 99,7% durante a época seca, confirmando pesquisas anteriores.
- O telhado convencional de fibrocimento apresentou coeficientes de escoamento superficial de 0,995 e 0,901 respectivamente no período de chuvas intensas e no período de estiagem. Valores acima dos normalmente utilizados em projetos de aproveitamento de águas de chuva ou de drenagem urbana. Provavelmente, devido à elevada declividade do telhado.
- O componente do telhado verde que mais contribuiu com a retenção de água pluvial foi o substrato. Portanto, deve ser dada toda a atenção na escolha do substrato para que ele possa permitir o crescimento da planta de modo adequado, reter as águas pluviais e não contaminar a água de drenagem de fundo do telhado que podem ser aproveitadas para usos menos nobres.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e à FAPEMIG, pelo apoio recebido.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR10844**: Instalações prediais de águas pluviais – procedimento. Rio de Janeiro, 1989.

AKTHER, M.; HE, J.; CHU, A.; HUANG, J.; VAN DUIN, B. A Review of Green Roof Applications for Managing Urban Stormwater in Different Climatic Zones. **Sustainability**, 2018; 10:.2864-2892.

CAVALCANTI, Nilton de Brito. Efeito do escoamento da água de chuva em diferentes coberturas. **Revista Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, 2010; 7(4): 201-210.

GONG, Yongwei; YIN, Dingkun; FANG, Xing; LI, Junqi. Factors Affecting Runoff Retention Performance of Extensive Green Roofs. **Water**, 2018, 10(9): 1217-1232.

GOULD, J.; NISSEN-PETERSEN, E. **Rainwater Catchment Systems for Domestic Supply**. International Technology Publications, London, United Kingdom, 1999.

GRIBBIN, John E. **Introdução à hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais**. Tradução da 3ª edição norte-americana. Editora Cengage Learning, 2009, 494p.

LIPTAN, T.; STRECKER, E. Ecoroofs (Greenroofs) – A More Sustainable Infrastructure. **Proceedings** National Conference on Urban Storm Water: Enhancing Programs at the Local Level, Chicago, IL, U.S. Environmental Protection Agency, 2003, 198-214.

OLIVEIRA, Flavia; RAKOCEVIC, Miroslava. Adaptação de um método para medir o índice de área foliar (iaf) e sua aplicação para braquiária (brachiaria brizantha hochst ex a. rich) em um sistema silvipastoril no noroeste do Paraná. II Evento de iniciação científica da Embrapa florestas, 09 de dezembro de 2003.

PACEY, Arnold; CULLIS, Adrian. **Rainwater Harvesting: The Collection of Rainfall and Runoff in Rural Area**. International Technology Publications, London, United Kingdom, 1989.

PALLA, A., BERRETTA, C., LANZA, L.G.; LA BARBERA, P. Modeling storm water control operated by green roofs at the urban catchment scale. **Proceedings** 11th Int. Conf. on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK, 2008, 1-10.

RODRIGUES, Antonia Alice C.; SILVA, Gilson S.; MORAES, Flávio H. R.; SILVA, Cristiane L. P. Arachis repens: novo hospedeiro de Puccinia arachidis. **Fitopatologia brasileira** (notas fitopatológicas), 2006, 31(4): 411-411.

ZHANG, Kun; CHUI, Ting Fong May. Linking hydrological and bioecological benefits of green infrastructures across spatial scales – A literature review. **Science of the Total Environment**, 2019, 646: 1219-1231.

ZHANG, Zheng; SZOTA, Christopher; FLETCHER, Tim D.; WILLIAMS, Nicholas S. G.; WERDIN, Joerg; FARRELL, Claire. Influence of plant composition and water use strategies on green roof stormwater retention. **The Science of the total environment**, 2018, 625: 775-781.

XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

Tratamento de Águas Cinzas de Máquina de Lavar Roupas com Coagulantes Químicos e Natural

Treatment of greywater from washing machine with chemical and natural coagulants

CAMPOS RODRIGUES, Karen[1]; PAULA, Heber M. de[2]; SARMENTO, Antover P[2].; ILHA, Marina S. de O.[3]

[1] Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão, Av. Dr. Lamartine P. de Avelar, 1120, Setor Universitário, Catalão, Goiás, karencamposrodrigues@hotmail.com
[2] Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão, heberdepaula@ufg.br
[3] Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, milha@fec.unicamp.br

RESUMO

A *Moringa Oleífera* (MO) é um coagulante natural que vem sendo utilizado para o tratamento de águas superficiais e residuárias, de modo a diminuir a quantidade de coagulantes químicos que são empregados para este fim. Este trabalho tem o objetivo de comparar o uso de dois coagulantes químicos (sulfato de alumínio – SA e nitrato de cálcio – NC) e de uma solução de *Moringa Oleifera* extraída em nitrato de cálcio (MO+NC) no tratamento de águas cinzas provenientes da máquina de lavar roupas. Os parâmetros avaliados foram pH, turbidez e volume de lodo gerado, cujos resultados foram comparados por meio do teste de Scott-Knott para a definição das dosagens ótimas de cada coagulante. Para o SA, a dosagem ótima foi de 3 ml L^{-1} e propiciou a redução de 98,9% na turbidez com pH igual a 6,0; para a MO+NC, foi 25 ml L^{-1}, com redução de 98,8% na turbidez e pH igual a 6,5. O uso do NC exclusivamente propiciou o aumento da turbidez em até 19,3%. Considerando-se apenas os parâmetros em estudo, verifica-se que a água tratada com MO+NC, poderia ser utilizada para o reúso de água residencial.

Palavras-chave: Coagulação, Reúsode água, Qualidade da água, Água cinza, Sustentabilidade, Tratamento.

ABSTRACT

*The Moringa oleifera (*MO) is a natural coagulant that has been used for the treatment of superficial water and wastewater in order to the amount of chemical coagulants that are used for this end. *This work aims to compare the effects of the utilization of two chemical coagulants (aluminum sulphate – SA and calcium nitrate - NC), and a solution of Moringa oleifera extracted in calcium nitrate in the treatment of greywater from washing machine. The parameters evaluated was pH, turbidity and the sludge volume, whose results were compared using the Scott-Knott test to define the optimal dosages of each coagulant. For the SA, with 3 ml L^{-1}, and allowed the reduction of 98,9% in the turbidity, with pH of 6,0, for MO+NC, was 25 ml L^{-1}, with reduction of 98,8% in the turbidity and pH equal to 6,5. The use of NC exclusively provided the increase of turbidity in up to 19,3%. Considering only the parameters in study, it is verified that the treated water with MO+NC could be used for residential water reuse.*

Keywords: *Coagulation, Water reuse, Water quality, Greywater, Sustainability, Treatment.*

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Oteng-Peprah, Acheampong e deVries (2018), a água cinza pode ser reutilizada para diferentes atividades, incluindo usos potáveis e não potáveis. O valor da contribuição da água cinza pode variar de 50 a 80% do efluente total de uma residência, conforme Ghaitidaki e Yadav (2015).

A máquina de lavar roupas utiliza normalmente grandes volumes de água e, portanto, consiste em uma potencial fonte de água cinza que, após tratada, pode servir como fonte alternativa de água.

Segundo Villaseñor-Basulto (2018) uma nova tendência no tratamento de águas residuárias é a utilização de materiais mais amigáveis ecologicamente, como polímeros orgânicos naturais, que possuem uma variedade de benefícios, incluindo a redução de custos, prevenção de variações no pH da água tratada, reduzindo o volume de lodo e fornecendo maio biodegradabilidade.

A eficiência do tratamento por coagulação na remoção de turbidez já foi observada por Noutsopoulos et al. (2018). O autor comparou diversos tipos de tratamento para variadas combinações de água cinza do banheiro, cozinha e lavanderia, sendo que nos sistemas de tratamento onde foi incluída a etapa de coagulação, chegou-se a maior eficácia na remoção de turbidez, sólidos solúveis, surfactantes e carbono orgânico.

Dente os coagulantes naturais, merece destaque a *Moringa oleifera* (*M. oleifera*). Para Villaseñor-Basulto*et al.* (2018), o tratamento de águas residuárias utilizando farinha da semente de *M. oleifera* é um método alternativo interessante para países em desenvolvimento, especialmente para pequenas estações de tratamento. Algumas das diversas vantagens do seu uso são: alto custo benefício e baixa toxicidade. O uso da moringa em adição a outros coagulantes químicos para melhorar os processos de tratamento aumenta a sua eficácia e reduz a toxicidade final da água tratada.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é avaliar os efeitos da utilização da *M. oleífera,*extraída em nitrato de cálcio, em comparação a dois coagulantes químicos: sulfato de alumínio e solução aquosa de nitrato de cálcio no processo de tratamento da água cinza da máquina de lavar roupas por coagulação/floculação, visando o reuso residencial.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras de água cinza provenientes da máquina de lavar roupas foram coletadas entre os meses de junho e julho de 2018, em um apartamento habitado por indivíduos em idade adulta, de perfil universitário. Para cada repetição do experimento era realizada uma coleta de amostras do primeiro enxague da máquina de lavar, em recipientes plásticos de 5 L de volume, desinfetado previamente com hipoclorito de sódio 1%, conforme método utilizado por Paula e Fernandes (2018).

As roupas lavadas possuem coloração variada e foram utilizados os seguintes produtos lavagem: sabão em pó, amaciante líquido e alvejante em pó, todos de marcas nacionais.

Para o preparo do extrato da *M. oleifera*foram utilizadas sementes coletadas nos meses de junho e julho de 2018. As sementes foram retiradas da vagem e mantidas em um dessecador. Quando da preparação do extrato, as sementes foram colocadas em estufa a uma temperatura de 60 ºC por um período de 24 h e então descascadas e trituradas em um liquidificador, momento em que era obtida a farinha da semente de *M. oleifera*. O extrato foi preparado utilizando uma concentração de 50 g L^{-1} de *M. oleifera* e 0,125 Mol (29,5 g L^{-1}) de nitrato de cálcio tetrahidratado ($Ca(NO_3)_2.4H_2O$) e água deionizada, adicionados simultaneamente, no agitador magnético (DiagTech®, modelo DT3110H) e mantidos em mistura por 30 minutos. Por fim, o extrato foi passado em um papel filtro.

Na solução de sulfato de alumínio foi utilizado sulfato de alumínio comercial ($Al_2(SO_4)_3.14H_2O$) na concentração de 50 g L^{-1}. A solução de nitrato de cálcio aquoso foi preparada utilizando a concentração de 0,125 Mol (29,5 g L^{-1}). Ambas as soluções empregaram água deionizada e o agitador magnético. Todas as soluções foram mantidas refrigeradas, a uma temperatura de 4 ºC e utilizadas 24 h após o preparo. O extrato de *M. oleifera* não foi utilizado por períodos maiores do que 7 (sete) dias e os coagulantes químicos por 30 dias.

As dosagens utilizadas para cada coagulante estão especificadas na Tabela 1. A caracterização da água tratada foi feita a partir dos seguintes parâmetros: turbidez, pH e formação de lodo.

TABELA 1 – Dosagens empregadas para os coagulantes

Sulfato de alumínio (mL)	MO + Nitrato de cálcio (mL)	Nitrato de cálcio (mL)
3	5	10
6	10	20
9	15	30
12	20	40
15	25	50
18	30	60

Para a caracterização da água cinza, foram determinados a turbidez (turbidímetro Del Lab®, modelo DLT-WV) e o pH (pHmetro de bancada Kasvi).

Para os ensaios de coagulação foi utilizado o Jar Test (Milan, modelo JT-203/6) com seis cubas, os ensaios foram realizados adotando a velocidade de 100 rpm (1,67 s^{-1}) por 2 minutos para rotação rápida, seguidos de 40 rpm (0,67 s^{-1}) por 20 minutos para rotação lenta, valores também adotados por Ndabigengesere e Narasiah (1998), Paula e Fernandes (2018) e Paula et al. (2018).

Após a coagulação e floculação, foi respeitado um período de 60 minutos para sedimentação dos flocos. A adição dos coagulantes foi realizada imediatamente após o início da rotação rápida.

Foram determinadas as melhores dosagens dos coagulantes com base na análise de variância empregando o programa Sisvar 5.7® e na comparação de médias pelo teste de

Scott-Knott a 5% de probabilidade (p=0,05).

Foram considerados, na análise dos resultados, os limites aceitáveis dos parâmetros para a água de reuso definidos na NBR 13969 (ABNT, 1997) e por Sautchuk et al. (2005).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

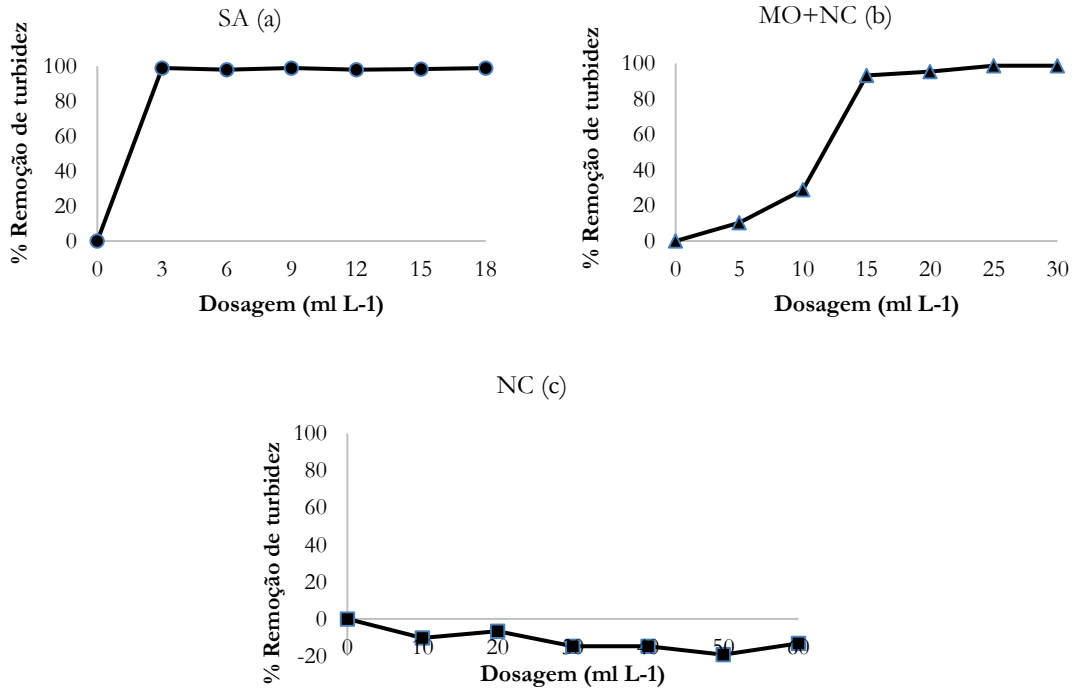
A caracterização da água cinza proveniente da máquina de lavar roupas é apresentada na Tabela 2, em conjunto com parâmetros encontrados em outros estudos levantados na literatura, a título de ilustração. O valor do pH no presente estudo é bastante inferior, o que pode causado pela diferença entre os produtos químicos utilizados no processo de lavagem das roupas.

TABELA 2 – Caracterização da água cinza da máquina de lavar roupas.

Fonte	pH	Turbidez
Este estudo	6,4 – 6,8	86,8 – 95,5
Manouchehri e Kargari (2017)	9,3 – 10,0	14,0 – 400,0
Ghaitidak e Yadav (2013)	8,3 – 9,3	328,0 – 444,0
Boyjoo, Pareek e Ang (2013)	9,3 – 10,0	50,0 – 210,0

A Figura 1 apresenta a porcentagem de remoção da turbidez para cada solução de coagulantes empregada no tratamento da água cinza da máquina de lavar roupas.

FIGURA 1 – Remoção da turbidez para os coagulantes empregados nesse estudo. Valores negativos indicam que houve aumento da turbidez em relação à água cinza.



SA – sulfato de alumínio MO - *M. Oleifera* NC – nitrato de cálcio

Para o SA, logo na primeira dosagem, de 3 ml L^{-1} (0,15 g L^{-1}), foi observada uma redução de turbidez de 98,9%, com turbidez residual de 0,99 NTU, os valores apresentaram pouca variação com o aumento da dosagem.

Para o NC, não ocorreu a interação entre as partículas da solução com os coloides em suspensão na água cinza, aumentando o número de sólidos suspensos, o que ocasionou o aumento da turbidez. A amostra testemunha (referência) submetida ao processo de mistura rápida e lenta, porém sem a adição de coagulantes, também apresentou aumento da turbidez, passando de 88 para 96,5 NTU. Esse fato que pode ser explicado ao se observar o processo de agitação rápida e lenta que, sem um elemento agregador das partículas coloidais, pode ter causado a alteração na sua estrutura, especialmente na camada difusa. Como não ocorreu a reestruturação e formação dos flocos, as partículas que poderiam ter sedimentado ficaram em suspensão e, consequentemente, aumentaram a turbidez.

A Tabela 3 apresenta os resultados da análise feita com o teste de Scott-Knott para a seleção das melhores dosagens dos coagulantes SA e MO+NC.

TABELA 3 – Comparação das médias dos parâmetros pH, turbidez e volume de lodo para os coagulantes SA e MO+NC pelo teste de Scott-Knott. Colunas com uma mesma letra em todas as linhas indicam que não há diferença para o nível de confiança de 5%

Coagulante	Dosagem (ml L^{-1})	pH	Turbidez residual (NTU)	Volume de lodo (cm^3)
SA	3	6,0 a	1,0 a	74,2 b
	6	4,7 b	1,8 a	69,6 b
	9	4,4 b	1,0 a	60,3 b
	12	4,3 b	1,8 a	62,6 b
	15	4,2 b	1,5 a	48,7 a
	18	4,2 b	1,1 a	44,1 a
MO+NC	5	6,8 a	79,0 c	4,6 a
	10	6,6 a	62,6 b	20,9 b
	15	6,6 a	6,0 a	32,5 c
	20	6,6 a	4,0 a	39,4 c
	25	6,5 a	1,2 a	44,1 c
	30	6,5 a	1,2 a	51,0 c

A turbidez residual para o tratamento com SA não apresentou significância (p=0,74), ou seja, a variação da dosagem não afeta significativamente os valores de turbidez residual, o que pode ser explicado pelas altas taxas de remoção de turbidez obtidas com baixas dosagens e a estabilização dessas taxas mesmo com o aumento das dosagens. A dosagem de SA que apresenta os melhores resultados é a de 3 mL L^{-1} (0,15 g L^{-1}), que, apesar de produzir maior volume de lodo, é a que apresenta melhor resultado para o pH e utiliza menor quantidade de coagulante.

O pH das amostras tratadas com MO+NC não apresentou significância (p=0,34) em relação à variação da dosagem. Em relação ao volume de lodo produzido e à turbidez residual, as dosagens de 15 a 30 mL L^{-1} não diferem entre si estatisticamente.

As dosagens que apresentaram os melhores resultados, para o SA e MO+NC, foram de 3 mL L^{-1} e 25 mL L^{-1}, respectivamente.

Com as dosagens ótimas de SA e da solução MO+NC, os valores do pH e turbidez resultaram inferiores aos limites estabelecidos para as Classes I, II e III da NBR 13969 (ABNT, 1997) e para a Classe I de reúso de Sautchuk et al. (2005), contudo, para a sua efetiva utilização para fins de reúso, torna-se necessário avaliar os demais parâmetros de qualidade.

4 CONCLUSÕES

Os resultados do tratamento da água cinza proveniente da máquina de lavar roupas, em termos do pH e da turbidez, com uma solução de *M.Oleifera* extraída em nitrato de cálcio foram equivalentes aos obtidos apenas com o sulfato de alumínio, quando consideradas as dosagens ótimas.

Destaca-se que, apesar dos valores atingidos de pH e de turbidez terem sido inferiores aos limites constantes nos documentos de referência considerados, torna-se necessário avaliar outros parâmetros para a utilização da água tratada para fins de reúso.

Com o sulfato de alumínio, a remoção da turbidez foi obtida com uma baixa dosagem: 3 mL L^{-1}. O tratamento utilizando *M. oleifera* extraída em nitrato de cálcio, por outro lado, necessita de dosagens maiores, como 25 mL L^{-1} para obter resultados semelhantes, sem reduções significativas no pH.

Não foi observada formação de flocos com a solução de nitrato de cálcio aquoso, e consequentemente, não ocorreu a redução na turbidez da água cinza para essa solução. Sendo assim, o nitrato de cálcio é eficiente apenas quando combinado com a *M. Oleifera*, a qual teve suas propriedades coagulantes potencializadas, acredita-se, pela presença do cálcio.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) pelo apoio financeiro para apresentação do trabalho.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇAO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. **NBR 13969:** Tanques Sépticos-Unidades de tratamento Complementar e Disposição Final dos Efluentes Líquidos-Projeto, Construção e Operação.Rio de Janeiro: ABNT. 1997.

BOYJOO, Y.; PAREEK, V. K.; ANG, M. A review of greywater characteristics and treatment processes. **Water Science & Technology**. v.67.7, p.1403-1424. 2013. DOI: 10.2166/wst.2013.675. Acesso em 22 de agosto de 2018.

GHAITIDAK, D. M.; YADAV, K. D. Characteristics and treatment of greywater – a review. **Environ Sci Pollut Res.**, v.20. p.2795-2809. 2013. DOI: 10.1007/s11356-013-1533-0. Acesso em 21 de setembro de 2018.

GHAITIDAK, D. M.; YADAV, K. D. Effect of coagulat in greywater treatment for reuse: selection of optimal coagulaton condition using Analytic Hierarchy Process. **Desalination and Water Treatment**, v.55, n.4, p.1-13. 2015. DOI: 10.1080/19443994.2014.924036. Acesso em 21 de março de 2019.

MANOUCHEHRI, M.; KARGARI, A. Water recovery from laundry wastewater by the cross flow microfiltration process: A strategy for water recycling in residential buildings. **Journal of Cleaner Production**, v.168, p.227-238. 2017. DOI:10.1016/j.jclepro.2017.08.211. Acessoem 18 de março de 2019.

NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K. S. Quality of water treated by coagulation using Moringa oleifera seeds. **Water Research**,v.32, n.3, p.781-791. 1998.

NOUTSOPOULOS, C.; ANDREADAKIS, A.; KOURIS, N.; CHARCHOUSI, D.; MENDRINOU, P.; GALANI, A.; MANTZIARAS, I.; KOUMAKI, E. Greywater characterization and loadings – Physicochemical treatment to promote onsite reuse. **Journal of Environmental Management**,v.216, p.337-346. 2018. DOI: 10.1016/j.jenvman.2017.05.094. Acesso em 15 de setembro de 2018.

OTENG-PEPRAH, M.; ACHEAMPONG, M. A.; DEVRIES, N. K. Greywater Characteristics, Treatment Systems, Reuse Strategies and User Perception – a Review. **Water Air SoilPollut**,n.255, p.1-16. 2018. DOI: 10.1007/s11270-018-3909-8. Acesso em 19 de março de 2019.

PAULA, H. M.; FERNANDES, C. E. Otimização do tratamento de água cinza a partir do uso combinado de coagulantes químicos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.23, n.5, p.951-961. 2018. DOI: 10.1590/S1413-41522018169155; Acesso em 20 de março de 2019.

PAULA, H. M.; ILHA, M. S. O.; SARMENTO, A. P.; ANDRADE, L. S. Dosage optimization of Moringa oleifera seed and traditional chemical coagulants solutions for concrete plant wastewater treatment. **Journal of Cleaner Production**, v.174, p.123-132. 2018. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.10.311 Acesso em 20 de setembro de 2018.

SAUTCHUK, C.; FARINA, H.; HESPANHOL, I.; OLIVEIRA, L. H.; COSTI, L. O.; ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, O. M.; MAY, S.; BONI, S. S. N.; SCHMIDT, W. **Conservação e reuso da água em edificações – Manual da FIESP.** São Paulo, 2005. 151 p.

VILLASEÑOR-BASULTO, D. L.; ASTUDILLO-SÁNCHEZ, P. D.; REAL-OLVERA, J.; BANDALA, E. R. Waste water treatment using *Moringa oleifera* Lam seeds: A review. **Journal of Water Process Engineering**,v.23, p.151-164. 2018. DOI: 10.1016/j.jwpe.2018.03.017. Acesso em 05 de outubro de 2018.

XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

Conservação de água: estudo de implementação de sistema de aproveitamento de água de chuva em uma instituição pública

Water conservation: study of implementation of rain water harvesting in a public institution

ROCHA, Bruno Ribeiro[1]; CRUZ, Caroline Lacerda da [2]; SILVA, Patrícia[3]; MARTINS, Marcia Viana Lisboa[4]

[1] UNIFEI, Av. BPS, 1303 – Itajubá – MG e marciavlmartins@gmail.com
[2] UNIFEI e ribeiro.rocha.bruno@hotmail.com
[3] UNIFEI e engcarolinalacerda@hotmail.com
[4] UNIFEI e psconsultoriasepericias@gmail.com

RESUMO

Em meio a previsões de escassez hídrica e com a necessidade de aumentar a eficiência do uso da água nas atividades de produção e consumo humano, este trabalho tem por objetivo estudar a implementação de um sistema de aproveitamento de água de chuva, como medida de conservação de água em uma edificação publica de ensino superior, contendo salas de aula, laboratórios, sala de professores e administrativas. A metodologia é baseada nas diretrizes do Programa de Conservação da Água - PCA, desenvolvido no âmbito da Política Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA, 2003). O sistema de aproveitamento de água de chuva foi dimensionado de acordo com a norma 15.527 (ABNT, 2007) e para atender a demanda de água não potável para usos na limpeza externa e vasos sanitários. Estima-se que 90% do consumo de água potável na edificação possa ser suprido com água de chuva, debitando esta mesma porcentagem no gasto de água potável fornecida pela concessionária de saneamento.

Palavras chave: conservação de água; sustentabilidade; aproveitamento de água de chuva.

ABSTRACT

Amidst the previsions of hydric shortage and with the necessity to increase efficiency in water use on production and human use, this study aims to study measures of water conservation and to analyze the impacts of water consumption in a public building. Its methodology is based on the guidelines of the Water Conservation Program (PCA), developed within the National Policy Against Water Wastage (PNCDA, 2003). Through the analysis of the possible solutions, it was determined that the use of rain water would be the most effective method for non-potable uses. It is estimated 90% of the building use of water could be supplied by rain water, debiting this same percentage over the drinkable water once provided by the sanitation company.

Key words: *water conservation; sustainability; rainwater use.*

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, até o fim do século XXI, haverá uma maior escassez de água nas regiões mais ao norte do país, e chuvas mais intensas na região sul. A eficiente gestão da água é fundamental para minimizar as crises hídricas, como as que ocorreram durante os últimos anos, interferindo tanto no consumo humano quanto na geração elétrica (PMBC, 2014).

É preciso adotar medidas que aumentem a eficiência do uso da água, seja pela reutilização, por modificações de processos ou pela conscientização dos usuários. É uma questão não somente tecnológica, mas também educacional e de políticas públicas.

O uso de fontes alternativas de água também é uma ferramenta importante nos planos de conservação de água, pois possibilita aproveitar de água de chuva, águas residuárias entre outras para usos que não requerem água potável, preservando a água de melhor qualidade para usos mais nobres.

Desta forma, este trabalho tem por objetivo estudar a implementação de um sistema de aproveitamento de água chuva como principal medida de conservação de água, tendo como estudo de caso uma edificação de uma instituição pública de ensino superior.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Uso racional da água em edifícios

Dentre os diversos tipos de ações a serem implementadas para a redução do consumo de água em edifícios, a de maior efeito é a ação tecnológica. Isso ocorre pois, com a utilização de componentes tecnológicos, o consumo é reduzido independentemente dos hábitos do usuário. Além dos equipamentos economizadores de água, a setorização de medição de consumo também possui um papel importante por possibilitar melhor gestão de consumo, detecção e correção de vazamentos e ajustes de procedimentos causadores de desperdício (OLIVEIRA, 2016).

Os equipamentos hidrossanitários tem ligação direta com o consumo de água, sendo sua correta especificação e instalação de suma importância. Dentre os equipamentos economizadores, destacam-se os de funcionamento hidromecânico e os de funcionamento por sensor de presença, além dos redutores e restritores de vazão e pressão (PNCDA², 2003).

Uma vez minimizado o consumo de água, deve ser avaliada a possibilidade de utilização de fontes alternativas de abastecimento de água, tais como água de chuva e reuso de água residuária. A utilização destas fontes alternativas se mostra como uma saída para atender demandas que não exigem o uso de água potável, como as descargas das bacias sanitárias, rega de jardins e limpeza de áreas externas.

Finalmente, além das ações tecnológicas, existem as ações sociais e econômicas. A primeira é caracterizada por campanhas educativas que sensibilizem o usuário, enquanto a segunda apresenta incentivos econômicos para compra de componentes economizadores e desincentivos quanto ao aumento do consumo de água. Analisados e aplicados corretamente, as atuações conjuntas das três ações maximizam os resultados (OLIVEIRA, 2016).

3 METODOLOGIA

A metodologia baseia-se nas diretrizes do Programa de Conservação da Água - PCA, desenvolvido no âmbito da Política Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA, 2003).

3.1. Auditoria inicial

A auditoria pode ser dividida em: análise de documentos, análise da edificação e plano de setorização para monitoramento do consumo (PNCDA, 2003).

Foram levantados projetos arquitetônicos e hidráulicas; contas de água e energia dos últimos dois anos da edificação; número de usuários, hidrômetros e suas leituras. Neste ponto foram também selecionados os indicadores de consumo e desperdício a serem utilizado para análise (PNCDA, 2003).

O processo de análise da edificação consistiu de uma visita técnica para levantamento dos equipamentos consumidores de água e os fluxos de água na edificação.

Recomenda-se que seja realizada a setorização do consumo de água, caso esta não exista. A setorização permite um monitoramento mais eficaz do consumo, auxiliando na proposição de ações de uso racional e conservação de água. A medição setorizada foi realizada pela divisão arquitetônica e consistiu na instalação de um medidor no ramal de entrada da edificação.

3.2. Avaliação da demanda e oferta

Durante a avaliação de demanda da água, foram analisadas as perdas físicas, tais como vazamentos e proposta as correções dos mesmos. Também foi realizado um levantamento do processo de limpeza da edificação e propostos procedimentos mais otimizados e treinamento adequado aos trabalhadores.

Quanto a avaliação da oferta de água, foi estudada a implementação do sistema de aproveitamento de água de chuva. O dimensionamento foi realizado de acordo com a NBR 15.527 (ABNT, 2007). Foi estimado o valor de investimento e o tempo de retorno do mesmo para avaliara sua viabilidade econômica.

3.3. Desenvolvimento do sistema de gestão da água

Visando a manutenção dos índices de economia obtidos com o PCA, foram adotadas ações de nível operacional, institucional e educacional. Ações de nível operacional constituíram do acompanhamento através de vistorias e medições constantes. Ações de nível institucional constituíram da divulgação para a comunidade a importância ambiental do projeto. Por fim, as ações de nível educacional envolveram a capacitação dos funcionários e alunos, visando o engajamento do maior número de pessoas e a consequente efetivação do PCA.

4 ESTUDO DE CASO

4.1.Auditoria inicial

A edificação em estudo constitui de um Bloco do instituto de Recursos Naturais da UNIFEI. O Bloco possui dois pavimentos, sendo o pavimento inferior composto por salas de aula e dois

laboratórios (de análise em túnel de vento e de geoprocessamento e informações hídricas) e o superior por salas de professores e salas de reunião, totalizando 705m². Ambos os pisos possuem três banheiros: um feminino, um masculino e um com acesso para cadeirantes, e um bebedouro localizado próximo à entrada dos banheiros. Cerca de 1100 pessoas frequentam o prédio semanalmente.

A setorização da edificação foi realizada com a instalação de um medidor no ramal de entrada de água, visto que a universidade somente conta um hidrômetro para fins tarifação da concessionária. O hidrômetro foi instalado em novembro de 2018 e os dados de consumo partem desta data (Tabela 1). A partir do consumo total do prédio e da quantidade de usuários presentes no local semanalmente foi proposto o indicador de consumo de água por pessoa, expresso em L/pessoa (Tabela 1). As medições foram realizadas de forma contínua, incluindo feriados e fins de semana, sem diferenciação entre de dias de utilização normal e de consumo reduzido. Ressalta-se que no período de novembro o consumo de água foi maior devido por ser período letivo, e posteriormente houve uma redução do consumo de água devido ao período de férias.

TABELA 1 – Medição do Consumo de água de 19/11/2018 a 25/02/2019

Data		Consumo (m^3)	Consumo por pessoa (L/pessoa)
Inicial	Final		
19/11/2018	25/11/2018	9,75	8,86
26/11/2018	02/12/2018	9,60	8,73
03/12/2018	09/12/2018	8,79	7,99
10/12/2018	16/12/2018	5,41	4,92
17/12/2018	23/12/2018	3,88	3,53
24/12/2018	30/12/2018	4,47	4,06
31/12/2018	06/01/2019	3,13	2,85
07/01/2019	13/01/2019	5,73	5,21
14/01/2019	20/01/2019	5,35	4,86
21/01/2019	27/01/2019	5,73	5,21
28/01/2019	03/02/2019	2,69	2,45
04/02/2019	10/02/2019	2,79	2,54
11/02/2019	17/02/2019	2,50	2,27
18/02/2019	24/02/2019	2,51	2,28
25/02/2019	01/03/2019	3,93*	3,57

*Medição parcial com apenas 5 dias. Fonte: autoria própria

Foram também coletados dados de vazão dos equipamentos utilizados através visita técnica à edificação. Os sanitários utilizam caixas acopladas de 6 litros, e pias e mictórios são temporizados. Nos laboratórios e na cozinha há torneiras com registros de pressão convencionais. Nas Tabelas 2 e 3 são apresentados os resultados da vazão média de cada equipamento e o fluxo total por utilização, respectivamente.

TABELA 2 – Vazões médias dos equipamentos

Vazões médias (L/s)			
Torneiras temporizadas	Torneira comum	Mictório	Bebedouro
0,08	0,08	0,03	0,02

Fonte: autoria própria

TABELA 3 – Consumo dos equipamentos por acionamento

Consumo por acionamento (ml)		
Torneiras temporizadas	Mictórios	Sanitários
130	300	6800

Fonte: autoria própria

Além dos dados de consumo coletados, foram consultados o perfil dos agentes consumidores de água da edificação (servidores e trabalhadores) que atuam na edificação, sendo identificados dois gastos proeminentes de uso de água: o processo de limpeza do prédio e a limpeza do barco utilizado para estudos no lago do campus e corpos d'água da cidade. O primeiro consome 520 litros de água diariamente, enquanto o segundo consome 369 litros por ato, sendo realizado a cada dois meses. Baseado nos levantamentos realizados, observou-se que quantidade relevante de água potável pode ser substituída por água de reuso, principalmente em sanitários e na limpeza geral do prédio (Tabela 4).

TABELA 4 – Observações do perfil de consumo

Equipamento	Utilizações	Consumo por acionamento (L)	Consumo total (L)
Sanitário	13	6,8	88,4
Mictório	3	0,3	0,9
Torneiras temporizadas	21	0,13	2,73
Torneiras	0	-	0
Bebedouro	9	-	4,9
Limpeza	-	-	520

Fonte: autoria própria

4.2.Avaliação da demanda

A edificação é abastecida com água fornecida pela concessionária de saneamento. Foi verificado que as instalações prediais de água de chuva foram executadas de forma a conduzir a água para um único ponto, facilitando a implementação de sistema tratamento e reservação. Além disto, a edificação possui rede dupla de abastecimento de água, sendo um de água potável e um de água não potável, minimizando os custos de implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva. A partir da Tabela 4, considerando que torneiras e bebedouros não podem utilizar água de reuso, foi estabelecido que 90% do consumo pode ser atendido com água não potável, uma vez que existem consumos pontuais que não puderam ser observados durante a visita técnica.

A partir da instalação do sistema de captação de água pluvial e de seu pleno funcionamento após o período chuvoso, é prevista uma redução progressiva no consumo, culminando em um gasto de menos de um litro por usuário em período letivo. A Tabela 5 ilustra os novos consumos previstos com base nos consumos registrados anteriormente na edificação.

TABELA 5 - Consumo após redução prevista

Data		Consumo por pessoa (L)	Redução	Consumo final por pessoa (L)
Inicial	Final			
19/11/2018	25/11/2018	8,86	90%	0,89
26/11/2018	02/12/2018	8,73		0,87
03/12/2018	09/12/2018	7,99		0,80
10/12/2018	16/12/2018	4,92		0,49
17/12/2018	23/12/2018	3,53		0,35
24/12/2018	30/12/2018	4,06		0,41
31/12/2018	06/01/2019	2,85		0,28
07/01/2019	13/01/2019	5,21		0,52
14/01/2019	20/01/2019	4,86		0,49
21/01/2019	27/01/2019	5,21		0,52
28/01/2019	03/02/2019	2,45		0,24
04/02/2019	10/02/2019	2,54		0,25
11/02/2019	17/02/2019	2,27		0,23
18/02/2019	24/02/2019	2,28		0,23
25/02/2019	01/03/2019	3,57		0,36

Fonte: autoria própria

4.3.Dimensionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial

O sistema de aproveitamento de água de chuva foi realizado considerando a NBR 15527 (ABNT, 2007). O volume total de reservação foi dimensionado aplicando o método de Azevedo Neto, devendo contar com 10,8m³ de capacidade (Equação 1). No cálculo foram consideradas as séries históricas de 1977 a 2006, fornecidas pelo Atlas Pluviométrico do Brasil, suas médias expressas no Anexo A1. Foram adotados três meses de pouca chuva, sendo estes selecionados por serem inferiores a 50% da média mensal histórica da mesma época.

$$V = 0{,}042 \times P \times A \times T \quad (1)$$

sendo:

V é o volume do reservatório, em litros

P é a precipitação média anual, em milímetros

A é a área de projeção de captação, em m²

T é o número de meses de pouca chuva

O volume do reservatório superior será 2000 litros, escolhido por ser semelhante aos já existentes no local. Para completar o volume total de 10,8m³ o reservatório inferior contará com

8,8m³, possuindo altura de 1,4 m e área de 2,5x2,5 m. Após a construção dos reservatórios, será realizada a instalação e teste da bomba de recalque.

Os filtros selecionados para captação possuem capacidade para suprir até 3000 litros por hora em uma área de até 150m². Serão instalados seis, com contribuição final de 125m² para cada um. O custo necessário para este sistema é de aproximadamente R$ 23.015,87. O tempo de retorno do investimento foi calculado em aproximadamente 10 anos.

4.4. Desenvolvimento do sistema de gestão da água

De forma a manter o PCA ativo e eficiente, o sistema de gestão de água deve contar com um responsável que divulgará a economia alcançada e a qualidade de água obtida. Ele também será responsável por manter relatórios sobre a qualidade de água e dos custos de operação e manutenção, assim como as leituras para cada zona.

Ações sociais também serão tomadas, como cartazes pelos corredores e placas nos banheiros que recordem aos usuários a importância da água e como cada um pode fazer sua parte para economizá-la.

5 CONCLUSÃO

O dimensionamento do sistema de reaproveitamento de água pluvial resultou num reservatório com volume de 10,8m^3 e tempo de tempo de retorno de investimento elevado, de 10 anos. Ressalta-se que o sistema é viável do ponto de vista econômico e social, visto que água tende a se tornar um bem cada vez mais caro e escasso.

Ressalta-se que a presença do sistema duplo tubulações, uma para água da chuva e outro para água potável, foi de extrema importância para a escolha do sistema de coleta de águas pluviais. Além dos impactos positivos no consumo de água potável, espera-se que o sistema auxilie na absorção da água da chuva que comumente causa impactos negativos na região devido à característica saturada e de nível freático elevado do solo.

Para trabalhos futuros, recomenda-se uma setorização por consumo de água, para um acompanhamento mais detalhado dos consumos pontuais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527/2007: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**. Rio de Janeiro, 12p. 2007.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Atlas Pluviométrico do Brasil. Disponível em: **http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Atlas-Pluviometrico-do-Brasil-1351.html**. Acesso em: jun. 2019.

OLIVEIRA, LH. Capítulo 6: Conservação de água em edifícios. Programa de Mestrado Profissional em Inovação na Construção Civil. **USP**. 2016.

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA - PNCDA. **Código de Prática de Projeto e Execução de sistemas prediais: conservação de água em edifícios**. DTA – Documento Técnico de Apoio n° F3. 2003.

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA². **Produtos economizadores nos sistemas prediais**. DTA – Documento Técnico de Apoio n° F2. 2003.

TAMAKI, H. O. **A Medição Setorizada como Instrumento de Gestão de Demanda de Água em Sistemas Prediais – Estudo de Caso: Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: USP, 2003.

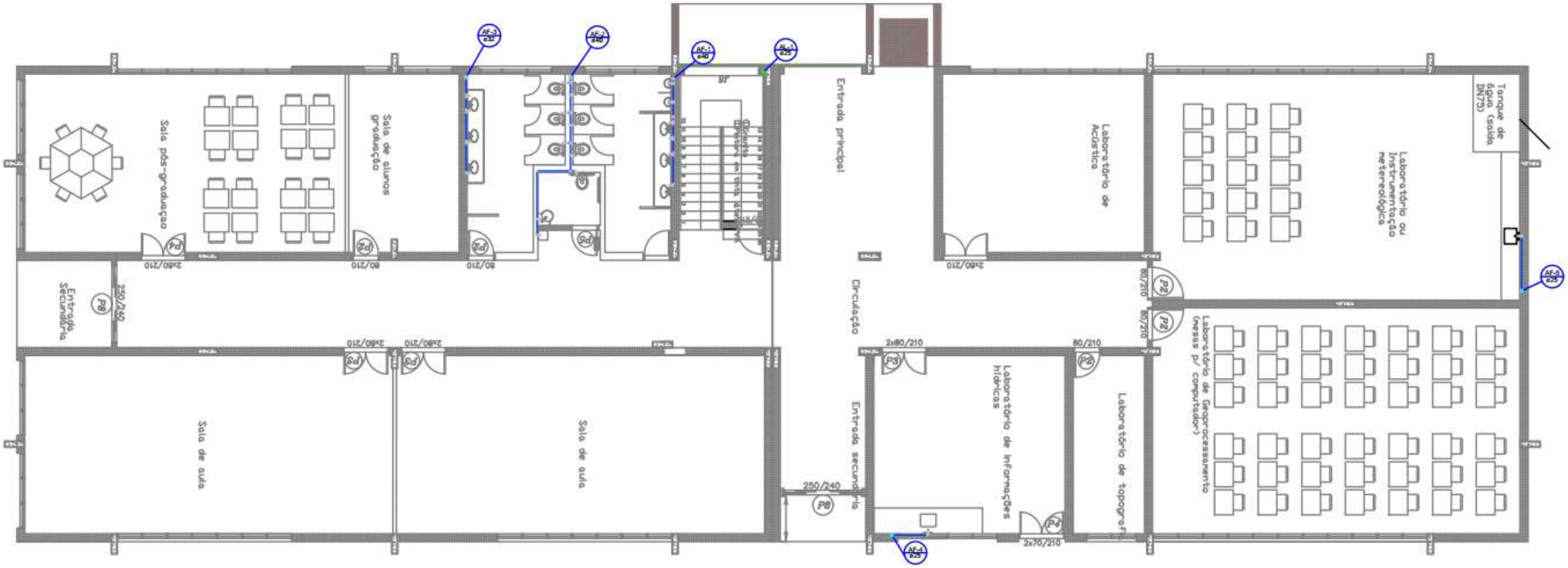
APÊNDICE A

Apêndice A1 – Média pluviométrica mensal de 1977 a 2006 na região de Itajubá/MG

Mês	Pluviosidade (mm)
Janeiro	262
Fevereiro	180
Março	155
Abril	75
Maio	70
Junho	37
Julho	30
Agosto	30
Setembro	85
Outubro	130
Novembro	163
Dezembro	238
Média	**121,25**
50% da Média	**60,62**

Fonte: CPRM, 2019

Apêndice A2 – Planta tipo da edificação estudada



Fonte: autoria própria.



XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

Conservação de água em sistemas prediais hidráulicos: estudo de caso em uma residência

Water conservation in building water systems: case study in residence

COSTA, Ursula[1]; CAMPOS, Marcos[2]; SILVEIRA FILHO, Agnelo [3]; MARTINS, Marcia [4]

[1] UNIFEI, Av. BPS, 1303 – Itajubá, MG, ursulawilberg@gmail.com
[2] UNIFEI, marcos.campos3187@gmail.com
[3] UNIFEI, agnelolimasilveira@gmail.com
[4] UNIFEI, marciavlmartins@gmail.com

RESUMO

Os desperdícios de água doce tratada no Brasil vêm se destacando, principalmente pelos altos índice de perdas, baixa eficiência de equipamentos, e pela utilização de água potável para usos não nobres no dia-a-dia. Sendo assim, o aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis apresenta-se como uma ferramenta para minimizar o uso deste bem. Deste modo, este trabalho tem como objetivo a análise técnica e econômica de um sistema de aproveitamento de água de chuva para uma residência. O dimensionamento deste foi realizado de acordo com a norma NBR 15.527 (ABNT, 2007). O reservatório foi dimensionado utilizando do método de Rippl. Conclui-se que o sistema de aproveitamento de água de chuva é viável técnica e economicamente, pois resultou numa redução de 18,3% no consumo médio mensal de água potável e um tempo de retorno do investimento de 7,4 anos.

Palavras-chave: Reúso de água, Consumo eficiente, Aproveitamento de água de chuva.

ABSTRACT

Waste of treated freshwater in Brazil has been highlighted, mainly due to high losses, low efficiency of equipment, and the use of drinking water for non-noble uses in everyday life. Therefore, the use of rainwater for non-potable purposes becomes a tool to minimize the use of this resource. Thus, this work has as objective the technical and economic analysis of a rainwater reuse system for a residence. The sizing of this will be carried out according to the Brazilian Standard NBR 15.527 (ABNT, 2007). The reservoir was scaled using the Rippl method. It is concluded that the rainwater harvesting system is technically and economically viable, as it resulted in an 18.3% reduction in the average monthly drinking water consumption and a paybck of 7.4 years.

Keywords: *Water reuse, Efficient consumption, Rainwater harvesting.*

1 INTRODUÇÃO

Segundo Luz (2005 apud Pinheiro e Araújo, 2016), o uso racional dos recursos hídricos com a reciclagem da água, a eliminação de desperdícios, o reúso de águas servidas e o aproveitamento das águas de chuva, representam uma economia de recursos que favorece a proteção do recurso natural. Portanto, a conservação de água em residências contribui para diminuir as perdas e estimular o uso não potável deste bem. Sistemas de aproveitamento da água de chuva e instalação de equipamentos hidrossanitários eficientes se tornam ferramentas importantes para minimizar o consumo de água.

Este trabalho tem como objetivo a análise técnica e econômica de um sistema de aproveitamento de água de chuva para uma residência localizada no município de São Lourenço, Minas Gerais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Conforme Santos et al. (2005), nos últimos anos tem havido uma conscientização sobre o fato de que a água é um recurso finito e de que sua disponibilidade, no que diz respeito a quantidade e qualidade, está sujeita às condições do meio antrópico.

De fato, o uso indevido da água de abastecimento tem seu aspecto cultural, especialmente em locais com grande oferta hídrica. O Brasil se encontra em uma situação privilegiada quando comparado a outros países, uma vez que possui uma disponibilidade hídrica per capita considerada muito satisfatória (ANA, 2018). Acontece que a distribuição espacial deste recurso não é igualitária, resultando na falta de água em algumas regiões, como grande parte do Nordeste, e excedente da mesma, como na região Amazônica. Nas regiões mais urbanizadas a escassez hídrica é devido à elevada densidade populacional e a poluição dos corpos de água.

Uma análise interessante é que, de acordo com Dias et al. (2018), pode-se perceber, através de estudos, que o aumento de tarifas de água causa redução significativa no consumo residencial deste recurso.

Santos et al. (2005) defende que as possíveis ações de conservação de água vão da utilização alternativa de água, como o aproveitamento de águas de chuva e de águas cinzas, até o uso racional da água, que inclui o uso de dispositivos economizadores, medição individualizada e a conscientização dos usuários.

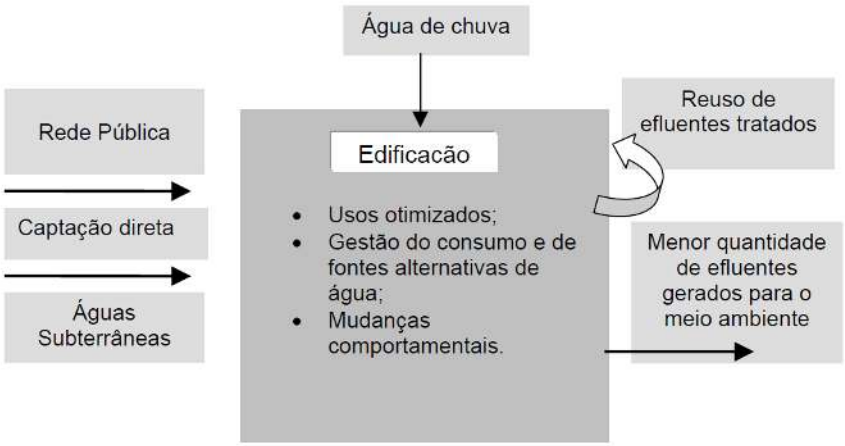
Oliveira (1999) divide as ações de conservação em três níveis, que são: o nível macro (pertinentes à grandes sistemas ambientais e bacias hidrográficas), nível meso (pertinentes aos sistemas públicos de abastecimento de água e coleta de esgoto) e as de nível micro (pertinentes às edificações). Em todos os níveis são múltiplas as oportunidades de detecção de melhorias e ação.

De acordo com Campisano e Modica (2012), o reúso de água para usos potáveis e não potáveis tem sido visto como uma importante fonte de água, especialmente em áreas urbanas, sendo esta uma solução comumente vista em regiões com escassez de água.

Os autores Oliveira et al. (2007) destacam que muitas vezes a água potável é utilizada em todas as atividades do empreendimento ou recinto, sem se realizar estudo do uso pretendido. Por isto, ainda de acordo com os autores, o conceito de conservação de água vai além do estudo da demanda, mas também da oferta desse recurso, de uma forma que usos mais nobres possam ser supridos por águas de qualidade inferior, sempre que possível.

Neste contexto, a necessidade de um Plano de Conservação de Água - PCA é avistada. Nele, são pensadas ações tanto de gestão da demanda como de gestão da oferta, para que possam ser aplicadas em diferentes edificações. Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** é apresentado um esquema macro de uma edificação com PCA.

FIGURA 1- Esquema macro de uma edificação com PCA.



Fonte: BRASIL, 2003.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho constitui-se na aplicação da metodologia do Programa de Conservação da Água apresentada no Documento Técnico de Apoio nº F3 (BRASIL, 2003) em uma residência familiar, tendo como foco a implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva.

Serão consideradas as seguintes etapas: auditoria inicial, avaliação da demanda da água, avaliação da oferta da água, estudo de viabilidade técnica e econômica, escolha do cenário ótimo e gestão do uso da água.

3.1 Auditoria inicial

A auditoria inicial tem como objetivo a coleta de informações necessárias para a avaliação dos fluxos da água na edificação, quantidade e qualidade assim como a forma de utilização, e subdivide-se em: análise documental, análise da edificação e setorização para o

monitoramento do consumo.

A análise documental tem como objetivo o levantamento de informações relevantes para o entendimento da edificação sobre o ponto de vista de água, tais como projetos arquitetônicos e hidráulicos, conta de água, procedimentos existentes etc.

Com os dados obtidos será realizada uma primeira análise a fim de determinar os indicadores de consumo apropriados.

Será realizada uma vistoria com o objetivo de obter um levantamento que permita complementar a análise documental e concluir a auditoria inicial, promovendo assim um mapeamento qualitativo e quantitativo do uso da água na residência. Serão avaliados os seguintes aspectos: procedimentos de utilização da água, condições dos sistemas hidráulicos, perdas físicas, usos inadequados e usuários envolvidos.

3.2 Avaliação da demanda da água

Será realizada inicialmente uma setorização do consumo de água para o monitoramento do consumo de acordo com o padrão de qualidade exigido.

Visto que se trata de um ambiente residencial, a setorização será estruturada da seguinte forma: uso potável (água destinada ao preparo de alimentos, banho e higiene pessoal) e uso não potável (água destinada à limpeza da área externa, sanitários e irrigação da horta).

Será realizada a medição de vazão e cronometragem do tempo de uso diário de cada torneira da residência, assim como a quantidade de água utilizada por ciclo e número de ciclos diários nos sanitários e máquina de lavar, obtendo assim o consumo de água diário em cada componente.

Será realizada a comparação das medições com os dados obtidos na auditoria inicial determinando o padrão de consumo de água na residência, assim como as intervenções necessárias para que haja eficiência hídrica no consumo e redução de perdas físicas nas instalações.

3.3 Avaliação da oferta da água de chuva

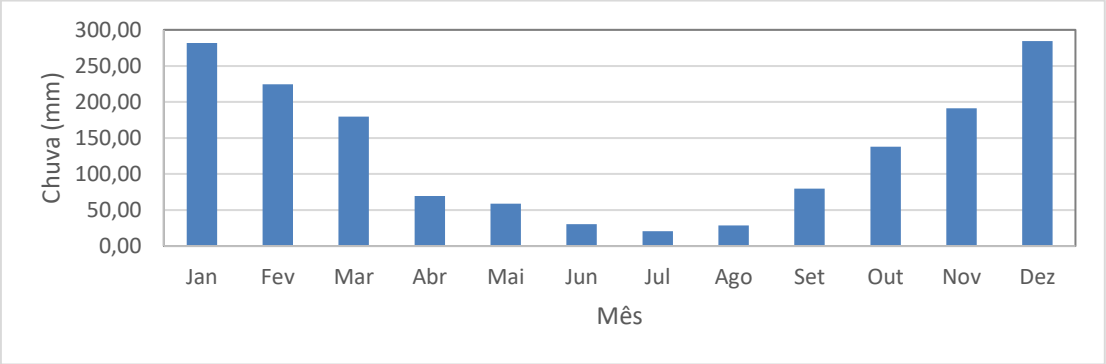
Neste estudo será considerada como fonte alternativa a água pluvial coletada no telhado da residência. O dimensionamento do sistema de aproveitamento da água pluvial será realizado de acordo com a norma NBR 15.527 (ABNT, 2007).

4 RESULTADOS

4.1 Avaliação da oferta de água da chuva

Para avaliar o potencial de aproveitamento de água de chuva foi utilizada a série histórica entre 01/1961 e 12/1998 da estação pluviométrica 0224517, operada pela Agência Nacional de Águas - ANA (S 22° 6’ 0,00”; W 45° 1’ 0,12”). Os dados são dados brutos de nível de consistência 1, e a estação apresenta algumas lacunas, principalmente entre os anos de 1971 e 1974. Na FIGURA 2 está apresentada a média mensal pluviométrica.

FIGURA 2: Média mensal – Estação 02245107



Fonte: autoria própria

4.2 Levantamento da demanda mensal de água

A residência em estudo apresenta um consumo médio de 26 m³ por mês, conforme extrato de leitura do Serviço Autônomo de Água e Esgoto - SAAE.

Dividindo o consumo da residência em estudo em 3 partes, pode-se separar a demanda de água possível de aproveitamento.

i. Consumo interno: torneiras, banho, limpeza de áreas internas e cozinha;
ii. Consumo para limpeza externa: lavagem do quintal, frente da casa etc.;
iii. Consumo para irrigação: irrigação das mudas e jardim.

Os consumos para limpeza externa e para irrigação do jardim e mudas serão os beneficiados pelo aproveitamento da água da chuva.

4.3 Consumo destinado a limpeza externa

Para consumo de água destinada a limpeza da área externa, Equação (1), foram consideradas quatro limpezas mensais no quintal e uma limpeza mensal na área do pomar, com duração de respectivamente 0,5 horas e 0,9 horas. Ambas as limpezas foram realizadas através de uma lavadora de pressão com vazão de 460 L/h.

$$C_1 = [(V.T_1.N_1/1000)] + [(V.T_2 + N_2)/1000] \quad (1)$$

sendo:
Cl, o consumo mensal de água destinada a lavagem externa (m³/ mês);
V, a vazão da lavadora de pressão (L/h);
N_1, o número de lavagens mensais do quintal;
N_2, o número de lavagens mensais do pomar;
T_1, o tempo de lavagem do quintal (h);
T_2, o tempo de lavagem do pomar (h).

O consumo mensal de água destinada a limpeza da externa resultou em 1,33m^3/mês e representa cerca de 5% do consumo médio mensal.

4.4 Consumo para irrigação

A irrigação do pomar e jardim foi considerada necessária nos dias de precipitação menor do que 15mm. Assim, a partir da série histórica pluviométrica extraiu-se a quantidade de dias no mês que exigem irrigação. O consumo médio diário de água para irrigação, 381,75 L, foi estimado a partir do consumo médio diário de cada planta multiplicado pelo número de plantas. O consumo médio mensal de água para irrigação foi obtido através da Equação 2.

$$C_i = n.i/1000 \quad (2)$$

sendo:
C_i, o consumo médio mensal de água destinada a irrigação (m³/mês);
n, o número de dias com precipitação menor que 15 mm;
i, o somatório do consumo médio diário de água das plantas (L/dia).

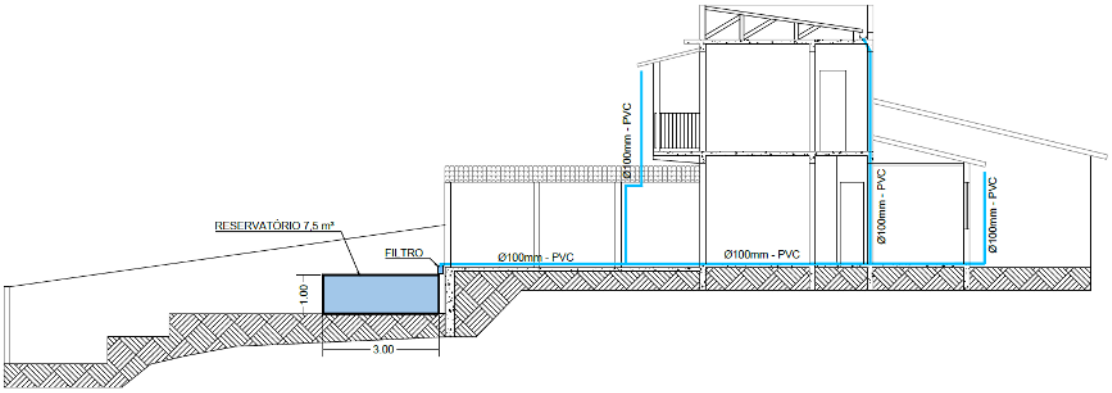
O consumo médio mensal de água para irrigação resultou em 10,46m^3 que representa 40,4% do consumo total da residência.

4.5 Dimensionamento do sistema de reservação – Método Rippl

Para o cálculo do reservatório de água de chuva através do método de Rippl foi considerada a demanda média mensal para limpeza de área externa e irrigação do pomar e jardim de 4,75m^3, que representa 40% da demanda de água não potável, 11,79 m^3, a área de captação da residência igual a 93,13 m^2 e a precipitação média mensal da estação 02245107 (Figura 2). O volume do reservatório resultou em 7,5 m³.

Na Figura 3 é apresentada a localização do reservatório.

FIGURA 3 - Concepção do Sistema de Aproveitamento da Água da Chuva – Corte.



Fonte: autoria própria

4.6 Análise econômica

O custo do sistema de aproveitamento de água de chuva foi estimado em R$4.804,33 (reservatório de concreto armado, tubulações de 100mm, filtro de folhas, reservatório de descarte, bomba e acessórios). Foi obtida uma redução do consumo médio mensal de água

potável de 18,3% que resultou na economia média mensal na conta de conta de água de R$54,23. O tempo de retorno do investimento foi estimado em 7,4 anos.

5 CONCLUSÃO

Ciente da finitude do recurso água, foi analisada técnica e economicamente a implantação de um sistema de aproveitamento de chuva em residência unifamiliar para limpeza da área externa e irrigação de pomar e jardim.

Foi estimada uma redução no consumo médio mensal de água potável de 18,3%. O tempo de retorno do investimento mostrou-se elevado, 7,4 anos. Uma alternativa para reduzir os custos de implantação seria a substituição do reservatório em concreto armado por reservatório polietileno.

Em uma abordagem ambiental e social, a redução do consumo residencial está relacionada com a preservação ambiental e a conscientização deste recurso finito, e por isto, sua aceitação é um desafio com grandes retornos para a sociedade como um todo.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (BRASIL) **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018: informe anual /** Agência Nacional de Águas – Brasília: ANA, 2018

BRASIL. Ministério das Cidades. DTA - **Documento Técnico de Apoio nº F3.** Código de prática de projeto e execução de sistemas prediais de água - conservação de água em edifícios (versão preliminar). Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Setembro, 2003. 68 p.

CAMPISANO, A., & MODICA, C. (2012). Optimal sizing of storage tanks for domestic Rainwater harvesting in Sicily**. Resources, Conservation, and Recycling**, 63, 9–16.

DIAS, T. F., KALBUSCH, A., HENNING, E. Factors influencing water consumption in buildings in southern Brazil. **Journal of Cleaner Production**, 184 (2018) 160-167.

HOUSE-PETERS, L., PRATT, B., CHANG, H., 2010. Effects of urban spatial structure, sociodemographics, and climate on residential water consumption in Hillsboro, Oregon. J. Am. **Water Resour. Assoc**., 46 (3), 461-472.

HUSSIEN, W. A., MEMON, F.A., SAVIC, D.A., 2016. Assessing and modelling the influence of household characteristics on per capita water consumption. **Water Resour. Manag. Int. J. Publ. Eur. Water Resour. Assoc.** (EWRA) 30 (9), 2931e2955.

OLIVEIRA, G., MARCATO, F. S., SCAZUFCA, P., PIRES, R. C. Perdas de água 2018 (SNIS 2016): Desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento básico. **Trata Brasil – Saneamento é Saúde.** São Paulo, maio de 2018.

OLIVEIRA, L. H. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifício**. 1999. 344f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

OLIVEIRA, L. H., ILHA, M. S. O., Gonçalves, O., Ywashima, L., Reis, R. P. A. **Levantamento de estado da arte: Água.** Projeto Tecnologias para construção habitacional mais Sustentável. Finep. São Paulo. 2007.

PINHEIRO, L. G., ARAÚJO, A. L. C. Qualidade e aproveitamento da água de chuva. **HOLOS,** v. 8, p. 135-146, dez 2016.

SAAE. Serviço Autônomo de Água e Esgoto. **Fatura Ligação 12507-0.** Maio, 2019

SANTOS, D. C., LOBATO, M. B., VOLPI, N. M. P, BORGES, L. Z. Hierarquização de medidas de conservação de água em edificações residenciais com o auxílio da análise multicritério. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 31-47, jan./mar. 2006.

SILVA, L. C. C. da, FILHO, D. O., SILVA, I. R., PINTO, A. C. V., VAZ, P. N. Water sustainability potential in a university building – Case study. **Sustainable Cities and Society**, v. 47, 101489, mai. 2019.

SOBRINHO, R. A., BORJA, P. C. Gestão das perdas de água e energia em sistema de abastecimento de água da Embasa: um estudo dos fatores intervenientes na RMS. **Engenharia Sanitária e Ambiental,** v. 21 n. 4, p. 783-795, dez. 2016.

WILSON, C., WENG, Q. Assessing surface water quality and its relation with urban land cover changes in the Lake Calumet area, Greater Chicago**. Environmental Management**, v. 45, p. 1096-1111, mai. 2010.

XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

Influência da redução do volume de descarga da bacia sanitária no desempenho de escoamento dos sistemas prediais de esgoto sanitário

Influence of the toilet discharge volume reduction on the performance of sewage drainage building systems

SILVA, Bruna Fioramonte[1]; REIS, Ricardo Prado Abreu[2]

[1] Instituto Federal Goiano, Av. Universitária Vereador Vagner da Silva Ferreira, Quadra 1, Lote 1-A S/N - Parque Itatiaia, Aparecida de Goiânia - GO, 74968-755, brunafioramonte@hotmail.com

[2] Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás (EECA/UFG) ricardo_reis@ufg.br

RESUMO

A conservação da água tem sido considerada requisito a ser atendido pelas novas edificações, de forma a minimizar a utilização desregrada e irresponsável da água potável. A utilização de equipamentos que requerem uma menor quantidade de água para o seu funcionamento é uma das possibilidades de redução do consumo de água nas novas construções contribuindo assim com a conservação da água e diminuição do volume de esgoto gerado. Ao inserir um equipamento com volume de descarga e vazão reduzidas (VRD) que opera com características diferentes quando comparado aos equipamentos que utilizam descarga plena, é necessário que a rede que irá recebe-lo, seja ela em fase de projeto ou já executada, seja compatível com sua forma de operação. Diante disso, o trabalho objetiva a realização de um estudo sobre o comportamento das redes de esgoto predial já projetadas simulando a inserção de bacias sanitárias VDR de 4,5 litros. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre critérios de dimensionamento da rede de esgoto predial e verificação de projetos hidráulicos-sanitários de ambientes que possuíam bacias sanitárias. Os ramais de esgoto dos pavimentos térreos, em sua maioria, apresentaram a maior possibilidade de obstrução, ao simular a utilização da bacia sanitária VDR, devido às maiores distâncias até o subcoletor predial. O mesmo aconteceu com menor frequência para outros tipos de pavimentos. Os resultados encontrados enfatizam a necessidade de dimensionar cada ambiente sanitário de uma forma única e com estudo prévio, de forma a ter uma rede de esgoto predial eficiente e ainda contribuir com o uso racional de água.

Palavras-chave: Sistemas Prediais, Esgoto Sanitários, Uso racional de água, volume de descarga reduzido.

ABSTRACT

The water conservation has been considered a requirement to be met by new buildings in order to minimize the unruly and irresponsible use of drinking water. The use of equipment that can be operated with a smaller amount of water supply is one of the solutions adopted to reduce water consumption in new buildings. In addition to water conservation, these equipments also contribute to the reduction of the sewage volume. When specifying or installing low discharge volume equipment, which operates with different characteristics compared to conventional full discharge equipment, it is necessary that the drainage sewerage system must be compatible with its mode of operation. Thus, this paper presents a study about de sewage flow in plumbing designed drainage systems, simulating the insertion of toilets with discharge of 4.5 liters. To this end, a literature review was carried out regarding the design project criteria for sizing the building sewerage drainage network, and a verification of plumbing projects, in environments that had toilets, was performed. Most ground floors presented the greatest possibility of obstruction when simulating the use of the 4,5 L toilet discharge. The same happened less often for other types of floors. The results emphasize the need to design each sewerage from each sanitary environment in a unique way and with previous study, in order to have an efficient sewage system and still contribute to water conservation.

Keywords: *Building sewage systems, sewage systems, toilet discharge, water conservation*

1 INTRODUÇÃO

Há uma preocupação contínua com a disponibilidade dos recursos hídricos, principalmente devido ao crescimento populacional e consequente aumento da demanda por água potável. Diante da necessidade progressiva de conscientização da população, entidades públicas e privadas tem criado incentivos para estimular práticas de uso consciente e técnicas que visam a conservação da água (GONÇALVES, 2009).

Em 1997 o Governo Federal desenvolveu o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA) criando estratégias de conservação da água potável. O programa gerou iniciativas em diversas categorias, dessa forma algumas ações foram tomadas à nível de bacia hidrográfica, do sistema público de abastecimento e sistema predial hidráulico-sanitário quanto ao uso indevido de água potável (SILVA et al., 1999).

O PNCDA possui um Documento Técnico de Apoio (DTA) A1 que para processos tecnológicos, como o desenvolvimento de equipamentos mais eficientes durante sua operação, a forma de inseri-los deve ser por uma auto-estimulação ou por meio de subsídios à instituição. Seriam duas formas de incentivo uma considerando o meio interno e outra o externo.

A demanda por água potável aumenta à medida que há um crescimento populacional e os hábitos dos indivíduos são modificados. Por meio de ações de caráter educacional quanto por incentivos tarifários compelidos aos usuários, algumas práticas podem ser amenizadas, levando a pessoa a modificar alguns hábitos.

O setor residencial pode obter economia notável de recursos financeiros por meio da diminuição do valor dos encargos de água e esgoto ao inserir medidas de conservação de água nas edificações. Essas ações podem ser feitas sem alterar negativamente a qualidade de vida dos usuários. Atividades como essas podem, inclusive, aumentar as exigências pela conservação por parte dos indivíduos.

A Associação Brasileira dos Fabricantes de Materiais para Saneamento (ASFAMAS), por meio do PNCDA, formou grupos setoriais (GS) de estudo e pesquisa objetivando atender as metas de redução de consumo de água potável. Para os equipamentos sanitários o grupo setorial responsável é o de louças sanitárias (HACHICH, 2016).

O Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), instaurado pela Portaria nº 134 de 18 de dezembro de 1998 do Governo Federal, apoiou o GS de louças sanitárias estabelecendo normas com os novos limites máximos de descargas das bacias sanitárias. Até 1999 no Brasil, as bacias sanitárias poderiam operar com até 12 litros de água, esse limite mudou a partir de 2002 para 6,8 litros e a meta atual é atingir volume de descarga de 4,5 e 3,0 litros. O programa juntamente com o grupo setorial firmou parcerias entre a indústria, entidades acadêmicas e órgãos públicos para definir parâmetros de conformidade para as bacias sanitárias que possuem volume de descarga reduzidos (VDR).

Uma das soluções para a diminuição do consumo de água nos sistemas prediais hidráulicos-sanitários, é a utilização de aparelhos sanitários que consumam uma menor quantidade de água durante sua operação. A inserção ou substituição de aparelhos sanitários convencionais por aqueles tipo VDR, objetiva contribuir com a utilização consciente de água potável e com sua economia (VALENCIO; GONÇALVES, 2019).

A utilização dos equipamentos VDR contribui também com a sustentabilidade social, ambiental e econômica e possibilita a redução do volume de esgoto gerado, contribuindo assim com o sistema de saneamento. A bacia sanitária é um dos equipamentos sanitários

que mais consomem água na edificação, diante disso a utilização da bacia sanitária VDR, objeto de estudo deste trabalho, auxilia na redução do consumo de água nos ambientes sanitários (GONÇALVES, 2009).

Para que a utilização dos aparelhos VDR seja completamente satisfatória, é necessário que a rede que irá recebê-los seja compatível com sua forma de operação. Mesmo com a obrigatoriedade de utilização das bacias sanitárias VDR depois de 2002, com a atualização do Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (SILVA et al., 1999) e a NBR 15097 (ABNT, 2011), os critérios de dimensionamento dos sistemas prediais de esgoto sanitário por meio da NBR 8160 (ABNT, 1999) continuam os mesmos, sem nenhuma atualização da norma que data de 2 décadas, período esse que as bacias sanitárias possuíam cinco vezes mais o volume de descarga que é praticado atualmente (HACHICH, 2016).

Cummings (2009), analisou a distância de arraste obtida ao realizar descargas de bacias sanitárias VDR em um ramal de esgoto com quatro conexões do tipo junção, e, outro, isento de conexão, para verificar a influência das conexões de interligação dos ramais nas tubulações da rede de esgoto predial de um banheiro. Foi verificado em seu trabalho que a cada junção na tubulação, a distância de arraste alcançada diminui em torno de 30%.

Com a incompatibilidade da quantidade de fluxo dentro das tubulações e os parâmetros de dimensionamento, a forma como os projetos hidráulicos-sanitários vem sendo concebidos podem estar sendo equivocados, mesmo os projetistas estando alicerçados pela NBR 8160 (REIS; ILHA, 2012). Diante disso, o presente trabalho pretende auxiliar em uma melhor compreensão da performance da bacia sanitária VDR de 4,5 litros nas redes de esgoto sanitário já projetadas.

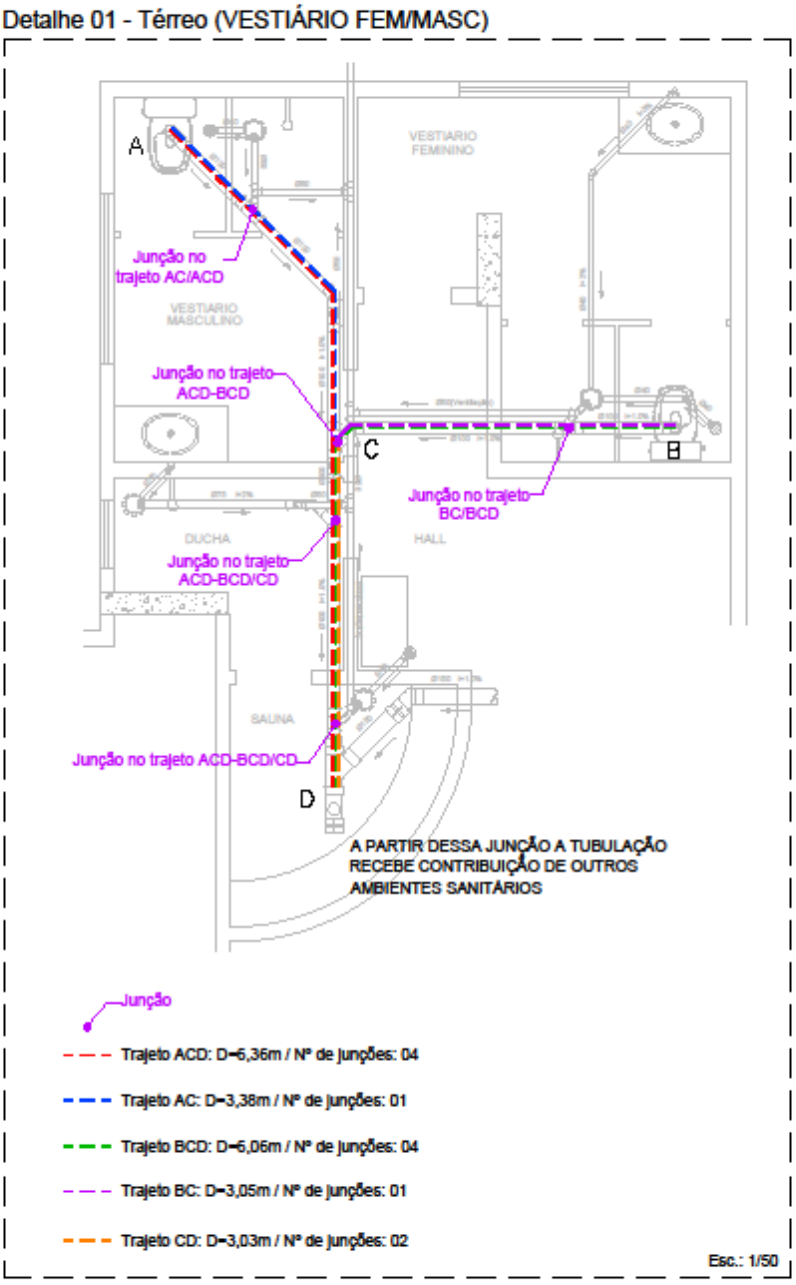
2 MÉTODO

O método utilizado foi constituído de três etapas, sendo que na primeira foi realizado o levantamento de informações por meio das bibliografias existentes, dentre elas livros, artigos técnicos e científicos de periódicos. A busca foi realizada para ampliar o conhecimento a respeito dos fatores que incentivaram a redução do volume de descarga da bacia sanitária no decorrer do tempo e o comportamento da rede de esgoto predial sanitário ao inserir bacias sanitárias VDR.

Para a segunda etapa, foram selecionados 16 projetos hidráulicos-sanitários de edificações já projetadas, dentre elas edifícios multipavimentos residenciais, comerciais e hotéis. As soluções de projeto feitas pelos projetistas foram apreciadas com o propósito de analisar as soluções para os ramais de descarga e de esgoto aplicadas em cada ambiente sanitário que possuía bacia sanitária.

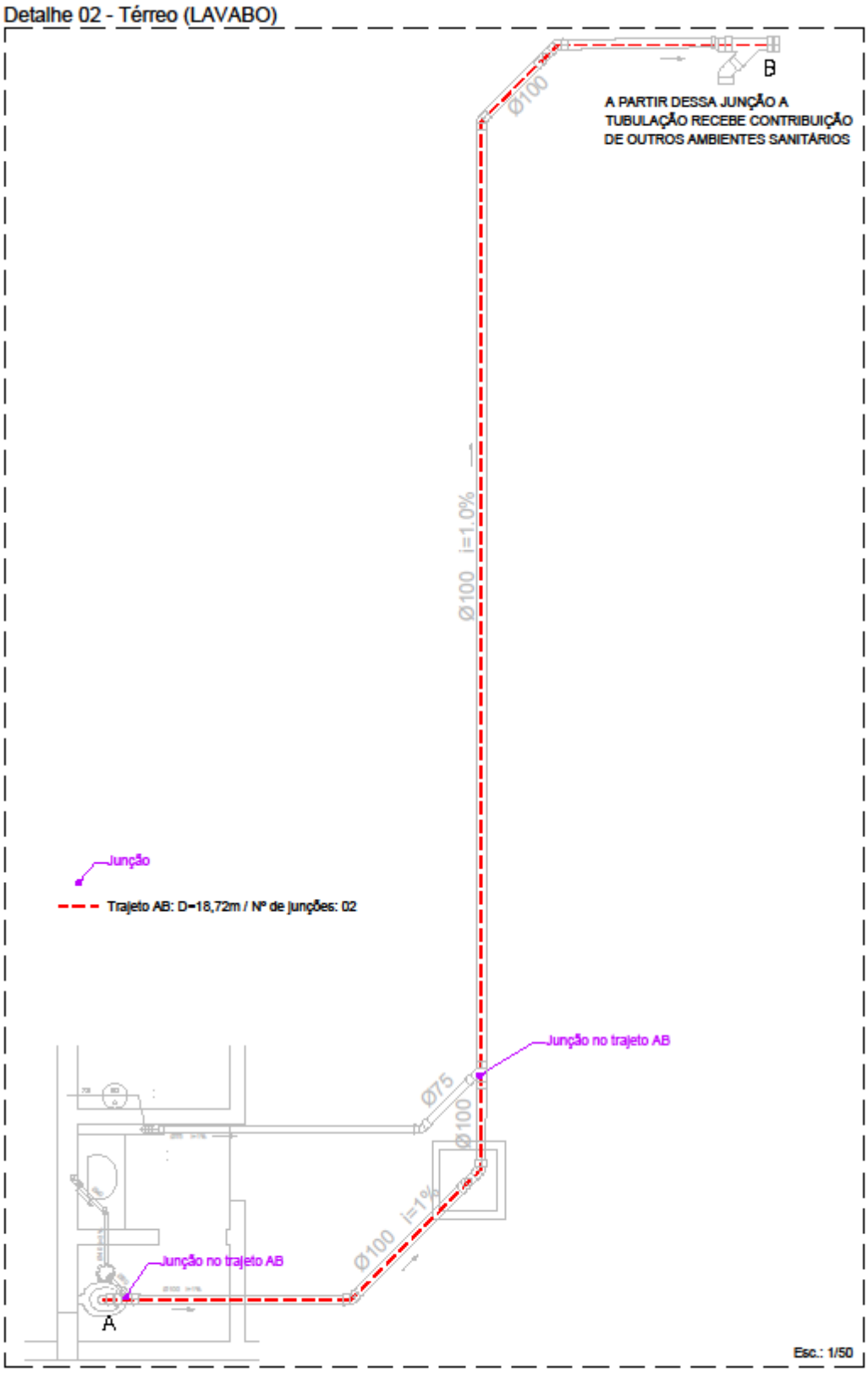
Foram demarcadas as distâncias entre a bacia sanitária e o tubo de queda ou subcoletor de esgoto predial que recebe a contribuição do ambiente sanitário, em seguida foram contabilizadas as junções de cada trecho. Foram criados detalhes dos ambientes de todos os pavimentos (térreo, mezanino, 1º pavimento e pavimento tipo) das edificações, como exemplificado nas Figuras 1 e 2.

FIGURA 1 – Detalhe de um ambiente sanitário localizado no pavimento térreo.



Fonte: Autoria própria

FIGURA 2 – Detalhe de um ambiente sanitário localizado no pavimento térreo.



Fonte: Autoria própria

A terceira etapa consistiu na analogia das distâncias encontradas com as do trabalho de Cummings (2009), possibilitando analisar, para cada ambiente sanitário estudado, se as distâncias projetadas dos ramais de descarga e de esgoto até os pontos de coleta são maiores que as distâncias de arraste encontradas por Cummings (2009), quando simulada a rede predial de esgoto com a bacia sanitária de 4,5 litros, havendo ou não a possibilidade de obstrução da tubulação. A analogia também foi realizada para a influência do quantitativo de conexões no trecho.

O volume 4,5 litros foi considerado, por ser um volume relacionado a meta que se pretende atingir nos próximos anos para a bacia sanitária VDR. Em seguida serão apresentados os resultados das análises dos projetos e discussões relacionadas a eles, possibilitando considerações finais para obtenção de uma edificação mais segura e possíveis melhorias.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dos resultados obtidos de todos os pavimentos, os valores encontrados para o térreo foram os que tiveram maior possibilidade de obstrução da tubulação, pois ultrapassaram as distâncias encontradas por Cummings (2009) para arrastes eficientes. Os banheiros dos pavimentos térreos normalmente possuem trajetos maiores até chegarem ao subcoletor predial, sendo necessário maior volume de água para que o fluxo consiga, por meio de arraste eficiente, conduzir os sólidos até o ponto final de coleta dentro da edificação.

Os resultados encontrados também sofreram variações quando utilizados, nas simulações de Cummings (2009), corpos-de-prova (Aus 250 g e MaP 250 g) com características diferentes, variando a possibilidade de bloqueio de acordo com o tipo de projétil. A mesma análise é feita com relação ao quantitativo de conexões, os valores modificam sempre que a quantidade de conexão do trecho é alterada. Detalhes podem ser observados na Tabela 1, tanto para o tipo de corpo-de-prova quanto com relação ao pavimento.

TABELA 1 – Resultados encontrados para a simulação com a bacia sanitária de 4,5 litros.

Pav.	Qtde Detalhes	Qtde Trajetos	Bacia Sanitária de 4,5 L															
			Aus 250 g								MaP 250 g							
			Sem Conexão				04 Conexões				Sem Conexão				04 Conexões			
			PASSA		NÃO PASSA		PASSA		NÃO PASSA		PASSA		NÃO PASSA		PASSA		NÃO PASSA	
			n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	N	%
Térreo	32	122	119	98%	3	2%	77	63%	45	37%	120	98%	2	2%	114	93%	8	7%
Mezan.	8	14	13	93%	1	7%	13	93%	1	7%	14	100%	0	0%	14	100%	0	0
1° Pav.	24	89	89	100%	0	0%	68	76%	21	24%	89	100%	0	0%	89	100%	0	0
Pav. Tipo	21	70	70	100%	0	0%	60	86%	10	14%	70	100%	0	0%	70	100%	0	0

Fonte: Autoria própria

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os equipamentos sanitários do tipo VDR possibilitam a diminuição do consumo de água dentro da edificação e a produção de um menor volume de esgoto predial, possibilitando a redução dos encargos e consequente economia financeira. A sua implantação ou substituição deve ser realizada considerando as particularidades de cada ambiente sanitário, para assim, realizar o dimensionamento e obter sua plena operação.

Diante dos resultados encontrados, faz-se necessária a busca, por parte dos projetistas, de outras fontes que os alicercem durante todas as fases de elaboração do projeto hidráulico-sanitário, visto que a NBR 8160 (ABNT, 1999) não faz nenhuma consideração a respeito da utilização de bacias sanitárias do tipo VDR.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR8160**: Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999.

_____. **NBR 15097-1**: Aparelho sanitário de material cerâmico – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 15097-2**: Aparelho sanitário de material cerâmico – Procedimento para instalação. Rio de Janeiro, 2011.

GONÇALVES, R. F. **Uso racional de água e energia: Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água.** 2009. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro.

HACHICH, V. F.. **Estudo que avalia a possibilidade de redução do volume de água utilizado nas descargas das bacias sanitárias comercializadas no Brasil.** Relatório Técnico 1287/RT001 ASFAMAS. TESIS. São Paulo, 2016.

SILVA, R.T., CONEJO, J.G.L. ET GONÇALVES, O.M. **Apresentação do Programa – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água.** PNCDA (1999).

REIS, R. A., ILHA, M. S. O. **Influência da redução do consumo de água sobre o desempenho dos ramais e coletores prediais de esgoto.** REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 5, n. 2. 2012.

CUMMINGS, S., CLARK, J., BARNARD, L. **Performance compatibility of water efficient fixtures with drainage systems and plumbing codes.** In: Dry Drains Forum 2009 – Mananging Drainage Systems Under Stress. PowerPoint Presentation. Frankfurt, Alemanha, 2009. 62p.

VALENCIO, I. P., GONÇALVES, O. M., **Drainage and sewage system performance – Consequences of reductions in toilet flush volume.** Building Services Engineering Research Technology. Vol. 40, n. 5, 576-594p. 2019.



XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

Estimativa de retorno de investimento de um sistema de reuso de água cinza em um projeto residencial

Estimation for investiment return of the implementation of a gray water reuse system in a residential project

BARBOSA, Lívia[1]; ALVES, Lais[2]; VAZQUEZ, Elaine[3]

[1] CEFET/RJ,Rua General Canabarro, 552 - Maracanã, livia.franca.barbosa@gmail.com
[2] CEFET/RJ, lais.alves@cefet-rj.br
[3] Escola Politécnica/UFRJ, elaine@poli.ufrj.br

RESUMO

Esse estudo visa analisar o custo da implantação de sistema de reuso de água cinza em um condomínio residencial fictício, no qual foi realizada a comparação do sistema com reuso e sem o reuso, utilizando o orçamento do sistema predial hidrossanitário e a análise do suprimento e consumo de água e de energia. Inicialmente foi montada uma enquete *online* para o estudo da percepção do usuário sobre o consumo de água em uma residência brasileira. Com esses dados foi possível estimar a quantidade de água cinza produzida e o quanto poderia ser consumida. Posteriormente foram elaborados os projetos de sistemas hidrossanitário considerando dois cenários, com e sem sistema de reuso de água cinza. Por meio dos projetos de cada cenário foi possível montar os orçamentos e compará-los para assim saber o quanto seria investido a mais para a implantação do sistema de reuso. Posteriormente, foi feita uma simulação com o desconto no IPTU como há no município de Seropédica-RJ. Calculou-se que com o sistema seriam economizados 22,41 mil Litros/ano no condomínio.

Palavras-chave: Reuso de Água. Análise Econômica. *Payback*.

ABSTRACT

This study aims to analyze the cost of implementing a gray water reuse system in a fictitious residential condominium, where the system was compared with and without the reuse, using the budget and the analysis of supply and consumption of the water and sanitary system as well as the electric system. Initially an online survey was set up to study the user's perception of water consumption in a Brazilian residence. With these data it was possible to estimate the amount of gray water produced and how much could be consumed. Subsequently, the projects of water systems were elaborated considering two scenarios, with and without gray water reuse system. Through the projects of each scenario it was possible to assemble the budgets and compare them so as to know how much would be invested for the implementation of the reuse system. Subsequently, a simulation was made with the residential taxes discount as there is in the municipality of Seropédica-RJ. It was estimated that with the system would be saved 22.41 thousand Liters/year in the condominium.

Keywords: *Water reuse. Cost Analysis. Payback*

1 INTRODUÇÃO

Somando as mudanças climáticas e a deterioração da qualidade da água dos mananciais o custo dos serviços de abastecimento público de água (tratamento e distribuição) no município do Rio de Janeiro é um dos mais caros no Brasil. Considerando a cobrança pela tarifa progressiva, o metro cúbico da água pode chegar a custar em média 10,45 reais. Aliado a estes fatores tem-se também o aumento da demanda de água nas grandes concentrações urbanas devido ao crescimento populacional desordenado.

Estes fatores incentivam a sociedade a buscar alternativas tecnológicas que promovam a redução do consumo e a conservação dos recursos naturais. A promoção de utilização de fontes alternativas para abastecimento de água como o reuso de águas cinzas e o aproveitamento de águas da chuva, são algumas destas alternativas. Este trabalho se enquadra nesta perspectiva e tem como objetivo analisar a viabilidade de implantação de um sistema de reutilização de águas cinzas com a implantação de uma Estação de tratamento de água cinza (ETAC) em um condomínio residencial. Por fim, foi determinado o tempo de retorno para o capital investido para o sistema de reuso de águas cinzas.

2 METODOLOGIA

Para a realização deste estudo, em primeira instância foi colhido o máximo de informações sobre o tema proposto, em seguida foi feita uma pesquisa de campo para montar o perfil do habitante da residência do projeto. Tendo esse perfil foi possível estimar o volume de água que esse habitante utiliza por dia, consequentemente o volume correspondente de água cinza produzida e, também, a expectativa de volume que poderia ser utilizada para água de reuso.

Posteriormente foram calculadas as instalações de água e esgoto usando os dados da pesquisa de campo. Em seguida, foi calculado, através do programa AutoCAD, o volume de solo que teria que ser removido para fazer a instalação na parte de fora das residências. Em todos os cálculos foram levados em conta dois cenários: o cenário onde existia um sistema de reuso e o cenário onde esse sistema era inexistente. Com esses dados foram montados os orçamentos com e sem o sistema, comparando-os para assim se obter o valor total do investimento. Com os dados de tarifa da CEDAE e da Light foram calculadas as variações nas contas de luz e água com a implantação do sistema de reuso. E assim foi possível estimar o tempo de retorno do investimento.

O estudo de caso, abordado neste trabalho, consiste em uma estimativa do custo de implantação de uma ETAC em um condomínio fictício de residências unifamiliares e o estudo de viabilidade econômica por meio da determinação do tempo de retorno do investimento inicial levando em conta a economia nas contas das tarifas de água e esgoto, o aumento na conta de energia e um possível do desconto do IPTU. Para este último foi considerada a lei municipal nº 526/14 de Seropédica, RJ para definir o desconto em um terreno no município do Rio de Janeiro.

Inicialmente, foi elaborado um projeto de um condomínio residencial de quinze casas, sendo considerados em cada unidade habitacional quatro habitantes. Cada casa tem três quartos, uma sala, uma cozinha interligada a área de serviço, dois banheiros e um jardim. Para a proposta deste sistema de reuso haverá uma separação do sistema de coleta de esgoto apenas do chuveiro. O sistema de distribuição de águas cinzas será utilizado nas bacias sanitárias dos dois banheiros e também em uma torneira de jardim localizada na área externa, para lavagem de piso e rega de jardim. Portanto, os cômodos que terão a

instalação hidrossanitária influenciada pelo sistema de reuso de água são os dois banheiros e o jardim. Cada casa tem 65,62 m^2 de área construída e 122,80 m^2 de área projetada, sendo 40 m^2 de área verde. Apresenta-se na Figura 1 um *croqui* da edificação estudada, onde podem ser observados os ambientes sanitários.

FIGURA 1- Croqui da planta baixa da edificação unifamiliar proposta no estudo



2.1 Levantamento de dados

Para a estimativa dos dados de volume de água cinza produzido e de água cinza tratada que seria utilizada, foi elaborado um questionário e divulgado na *internet* através do site *typeform*, obtendo o total de 124 respostas. A enquete foi feita de maneira dinâmica e de fácil compreensão para que fossem obtidos os melhores resultados possíveis.

A demanda de água para suprir as descargas será feita para o modelo de bacia sanitária com caixa acoplada. Por meio das respostas da enquete virtual foi obtida uma média de descargas de 4,23 descargas/dia. Com essa média consegue-se achar a quantidade diária de água destinada para descargas, multiplica- se por 6,5 Litros (sendo este o valor real de consumo para bacias de descarga nominal de 6 Litros). Totalizando um gasto de 27,5 Litros/ dia/ pessoa.

Já para se estimar a quantidade de água usada para irrigação, adotou-se a grama de referência Esmeralda (Zoysia japonica), essa é a variedade de grama mais produzida e comercializada no Brasil. Fabricantes deste produto, para a cidade do Rio de Janeiro recomendam que parase manter o gramado agradável e bem cuidado, a altura ideal é que ele fique entre 2 e 3 cm; o que é ideal para projetos paisagísticos. Assim, para estimar o cenário de demanda das áreas verdes, foi usado o valor de 3,0 cm (30 mm), sendo que o jardim da casa possui 40 m^2. Totalizando 1.200 Litros/semana/casa o que corresponde a 42,85 Litros/dia/pessoa.

Assim, a demanda de água cinza para irrigação das áreas verdes e descarga de bacias sanitárias totalizam 70,35 Litros/dia/pessoa ou 281,4 Litros/dia/casa.

Para a estimativa da produção de água cinza, por meio da enquete eletrônica obteve-se uma média 1,86 banhos/dia/pessoa e duração média de 12 minutos/banho/dia/pessoa. Isso totaliza uma duração total da atividade de banho equivalente a, 21,37 minutos/dia/pessoa. A vazão do chuveiro foi consultada conforme relatório do INMETRO de chuveiros do

ano de 2016 e escolhido o modelo Maxi Ducha, potência C, da marca Lorenzetti que tem a vazão de 4,30 Litros/ minuto. Assim, são consumidos 91,89 Litros/dia/pessoa. Desta forma a produção total de água cinza será de 367,56 Litros/dia/casa. Num condomínio com quinze casas a demanda total de água cinza será de 5.513,46 Litros/dia. Vale ressaltar que existem perdas entre 20% e 30% referentes a retrolavagem, manutenção e descarte de lodo. Neste estudo o este valor de perdas foi desconsiderado pois trata-se de uma análise primária.

3 ECONOMIA DE ÁGUA

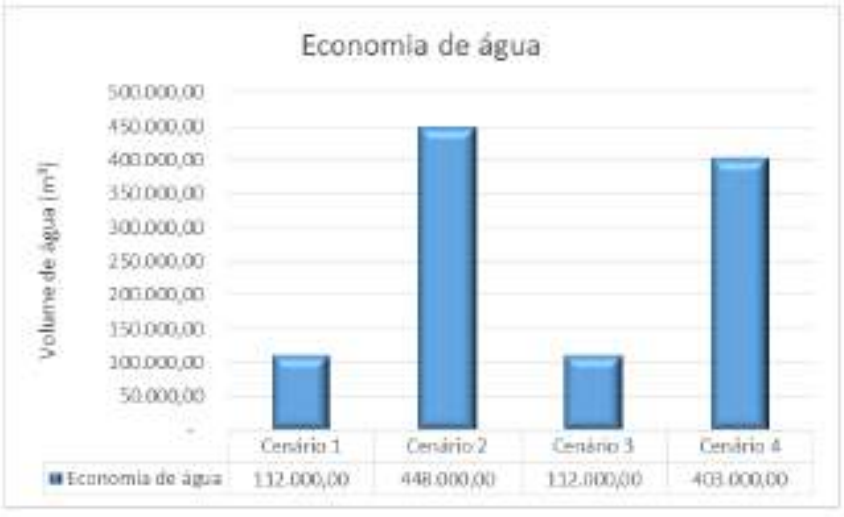
A Tabela 1 mostra a economia de consumo resultante do impacto de redução de água potável, considerando a utilização de água de reuso nas bacias sanitárias dos dois banheiros e em um ponto externo de uma torneira de jardim. Com esse resultado é possível saber a economia em todos os casos.

TABELA 1 – Total de água de reuso consumida por casa

Mês	Dias no mês	Consumo de água de reuso por dia (m³)	Total consumido por mês (m³)
Janeiro	31	0,27	126,87
Fevereiro	28	0,27	114,60
Março	31	0,27	126,87
Abril	30	0,27	122,78
Maio	31	0,27	126,87
Junho	30	0,27	122,78
Julho	31	0,27	126,87
Agosto	31	0,27	126,87
Setembro	30	0,27	122,78
Outubro	31	0,27	126,87
Novembro	30	0,27	122,78
Dezembro	31	0,27	126,87

Em um ano uma casa consome 1.493,84 m³ de água de reuso, no condomínio todo o consumo é de 22.407,64 m³ o equivalente a aproximadamente 22.407.636 Litros/ano.

FIGURA 2 - Economia de água



4 ANÁLISE DE RETORNO DE INVESTIMENTO

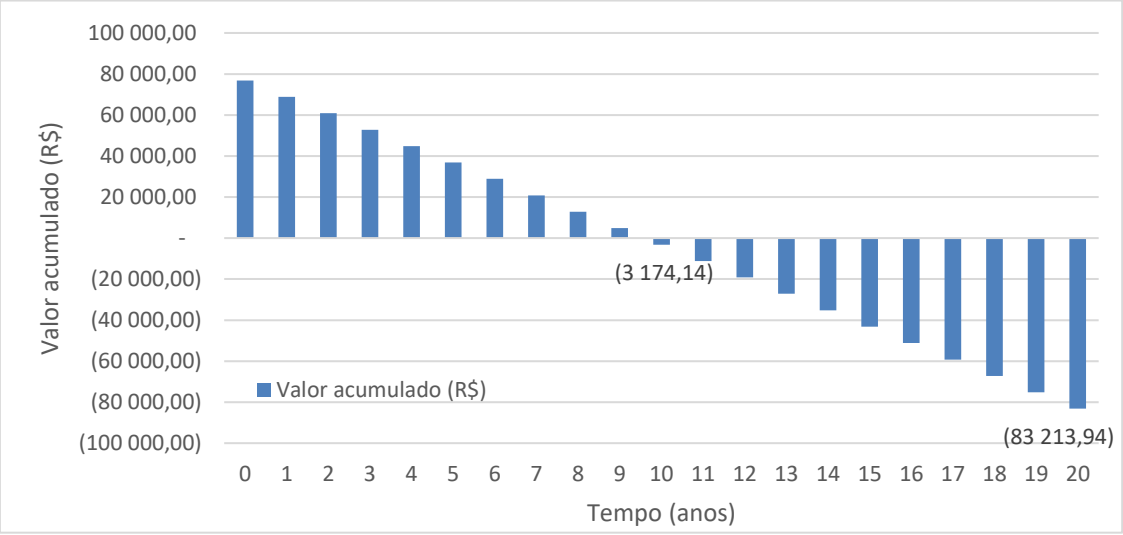
Para o desenvolvimento deste estudo foram analisados quatro cenários:

- CENÁRIO 1: neste cenário foi considerando a redução com custos de consumo com água potável desprezando o custo de esgoto, já que o mesmo pode ser medido por um hidrômetro instalado na rede de reuso, também foi considerado o consumo de energia elétrica devido ao sistema de tratamento e bombeamento do sistema de reuso;
- CENARIO 2: neste cenário foi considerando a redução com custos de consumo com água potável e coleta e transporte de esgoto, considerando que não será taxado o esgoto produzido pelo sistema de reuso, também foi considerado o consumo de energia elétrica devido ao sistema de tratamento e bombeamento do sistema de reuso;
- CENÁRIO 3: este cenário considera as mesmas condições do CENÁRIO 1, mais o desconto na taxa de IPTU (3%), incentivo dado pelo município de Seropédica-RJ para edificações com sistema de reuso.
- CENÁRIO 4: este cenário considera as mesmas condições do CENÁRIO 2, mais o desconto na taxa de IPTU para edificações com sistema de reuso.

4.1 CENÁRIO 1

A análise do *payback* pode ser observada por meio da Figura 3, onde o total economizado só superaria o investido depois de 10 (dez) anos, ou seja, o sistema começa a gerar lucro após o 10º ano.

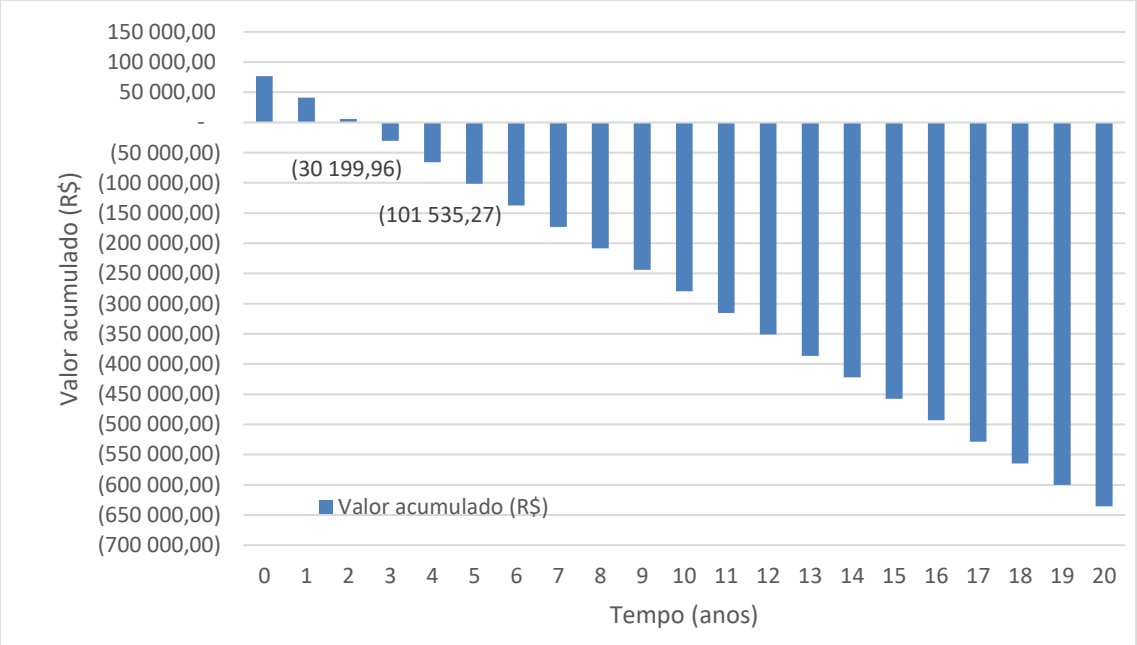
FIGURA 3 - Cenário 1 - Fluxo de caixa sem conta de esgoto, desconsiderando o IPTU



4.2 CENÁRIO 2

Já no segundo cenário mostrado no Gráfico da Figura 4 pode-se observar que em 3 (três) anos o valor economizado começaria a gerar o que demonstra um lucro a partir deste período, pois o total economizado já superaria o investido. Aumentando assim muito mais a viabilidade do projeto.

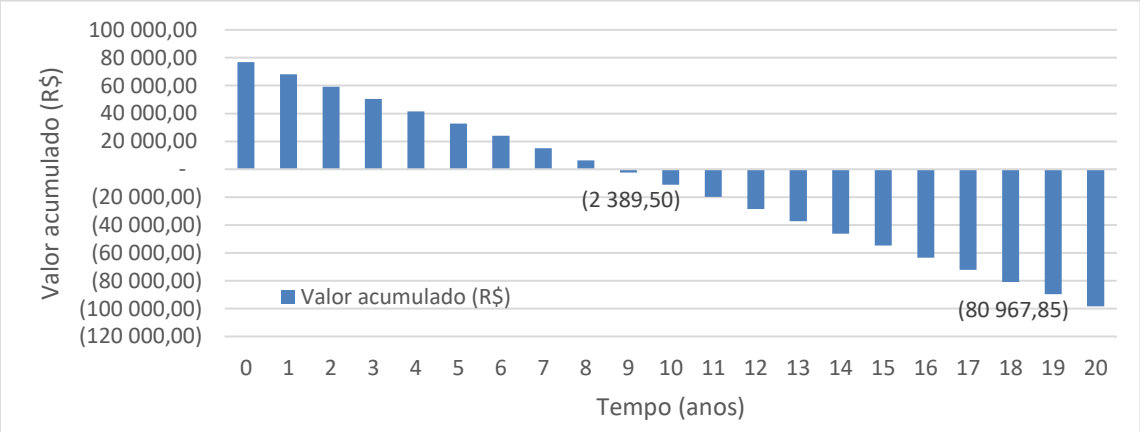
FIGURA 4 - Cenário 2 - Fluxo de caixa com conta de esgoto e sem o desconto no IPTU



4.3 CENÁRIO 3

Na lei municipal nº 526/14 (Seropédica, 2014) determina-se um desconto de 3% no IPTU para imóveis que reaproveitassem águas residuais, como no nosso caso de estudo. Ao subtrair esse desconto ao longo dos anos no cenário sem a conta de esgoto, no Gráfico da Figura 5, nota-se que o tempo de retorno do investimento diminui para 9 anos.

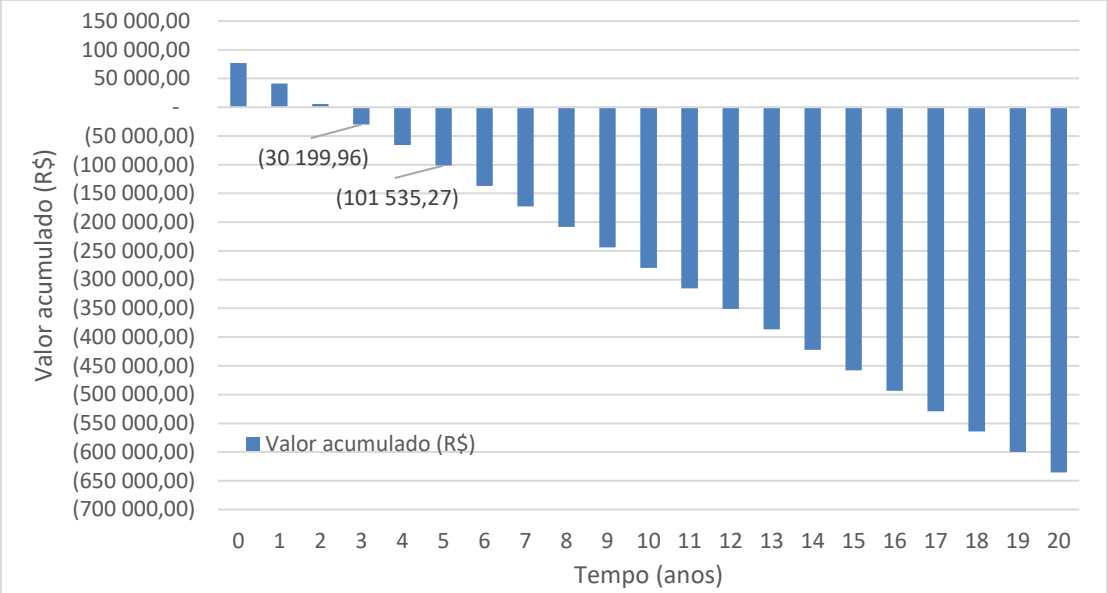
FIGURA 5 - Cenário 3 - Fluxo de caixa sem a conta de esgoto e com o desconto no IPTU



4.4 CENÁRIO 4

Já subtrair esse desconto ao longo dos anos no cenário com a conta de esgoto, no Gráfico da Figura 6, nota-se que o tempo de retorno do investimento também começa a partir do 3º ano, o mesmo do cenário 2.

FIGURA 6 - Fluxo de caixa considerando a conta de esgoto e o desconto no IPTU.



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implantação de um sistema de reuso de água cinza em um condomínio residencial pode contribuir para reduzir o consumo de água potável e reduzir o impacto sobre os recursos hídricos das cidades.

É inegável a importância da regulamentação e promoção do reuso de águas cinzas a níveis municipais, estaduais ou até nacionais, através da preparação de legislação pertinente ao reuso, da disseminação de informações e do desenvolvimento de tecnologias compatíveis com as condições técnicas, culturais e socioeconômicas da região e principalmente segura para o usuário e meio ambiente.

Nesse trabalho é possível ver vantagens e desvantagens da implantação de um sistema de reuso de águas cinzas em um conjunto de residências unifamiliares. Como vantagem como vantagem tem-se a conservação da água potável e desvantagem principal tem-se o alto custo de implantação, ou seja, ao mesmo tempo que o investimento é consideravelmente grande, podendo levar até 10 anos para que a economia acumulada supere ao valor do investimento inicial. Como principal resultado, destaca-se o possível impacto da economia de água para a sociedade, chegando a um valor de 22,4 milhões de litros economizados por ano, nesse condomínio de quinze casas.

REFERÊNCIAS

CREDER, H. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 6 ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2006. 440p.

FUNDAÇÃO INATITUTO DE GEOTÉCNICA (Geo-Rio). **Relatório Anual de Chuva para a cidade do Rio de Janeiro no ano de 2015**. (2015). Disponível em: <http://alertario.rio.rj.gov.br/wp-content/uploads/2016/08/rel2015.pdf> Data de acesso: 01 de mai. 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE (Inmetro). **Tabela de consumo de energia elétrica - chuveiros elétricos,** 2016. Disponível em:< http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/chuveiro.pdf >. Acesso em: 05 de abril 2016.

JACOBI, P. **ÁGUA: Será verdade que a água do mundo está acabando?** 1 ª Edição. Rio de Janeiro: eBook Kindle, ASIN: B07T58SZ49. 83p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8.160**: Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999.

Projetos - Soluções não potáveis. **Revista Techne**, São Paulo, n. 75, set. 1998. Disponível em:< http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/133/artigo285429-1.aspx>. Acesso em: 10 de maio 2016.

SILVA, J. **3 Conceitos sobre aproveitamento de água da chuva em instalações prediais**. Disponível:http://maisengenharia.altoqi.com.br/hidrossanitario/3-conceitos-sobre-aproveitamento-de-água-da-chuva-em-instalacoes-prediais/, Acesso em 10 junho de 2016.



XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

Avaliação de custo do sistema de medição individualizado de água considerando à tarifação mínima e diferentes cenários de consumo

Cost evaluation of the individualized water metering system considering minimum

SILVA, Leandro Rodrigues da[1]; MAGALHÃES, Murilo Ribeiro[2]; MARTINS, Tuane Rodrigues[3], SOUZA, Saulo Bruno Silveira[4]; REIS, Ricardo Prado Abreu[5]

[1] Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, leandrosilvaufg@gmail.com
[2] Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, murilorm10@hotmail.com
[3] Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, tuanerodriguesmartins@gmail.com
[4] Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, saulobrunosouza@gmail.com
5 Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, ricardo_reis@ufg.br

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o custo proporcional da incidência de tarifação mínima no sistema de medição individualizado (SMI) analisando a estrutura tarifária adotada pela SANEAGO em Goiânia-GO. Para tanto, foram obtidos dados de consumo médio mensal (m³/mês) e número de agentes consumidores em unidades habitacionais de diferentes edifícios multifamiliares. Os dados obtidos foram utilizados para a criação de cenários hipotéticos de moradias com diferentes proporções de agentes consumidores a fim de comparar os cenários com SMI e com a utilização do sistema de medição coletiva (SMC). Os resultados deste estudo indicaram que, para o SMC, a maioria dos casos que passa a ser benéfico possuem economias com grande número de agentes consumidores por unidade. Considerando a estrutura tarifária da SANEAGO, nenhum dos cenários com SMC foi benéfico para unidades consumidoras com apenas um morador. Apesar disto, é importante ressaltar que a estrutura tarifária adotada pelas concessionárias interfere no que diz respeito a viabilidade econômica individual devido ao sistema de medição de água adotado.

Palavras-chave: Medição individualizada de água, tarifação, viabilidade econômica.

ABSTRACT

This paper aims to evaluate the proportional cost of the incidence of minimum charging in the water individualized measurement system (IMS) by analyzing the tariff structure adopted by SANEAGO in Goiânia-GO. For the development of this study, data were obtained on average monthly consumption (m³ / month) and number of consumer agents in housing units of different multifamily buildings. The data obtained were used to create hypothetical scenarios with different proportions of consumer agents in order to compare the collective measurement system (CMS) with SMI. The results of this study indicated that, for SMC, most of the cases that become beneficial have economies with large numbers of consuming agents per unit. Considering SANEAGO's tariff structure, none of the scenarios with SMC was beneficial for consumer units with only one resident. Nevertheless, it is important to emphasize that the tariff structure adopted by the concessionaires interferes with regard to the individual economic viability due to the adopted water metering system.

Keywords: *Water Measurement, Charging Structure Water Consumption, Economic Viability*

1 INTRODUÇÃO

O aumento da demanda de água associado ao crescimento constante da população ao longo dos anos, a verticalização das edificações e a preocupação com a escassez de água potável para consumo humano exigiu às cidades a adoção de práticas de conservação e uso racional de água. Dentre elas, a mudança em edifícios multifamiliares do Sistema de Medição Coletiva (SMC) para o Sistema de Medição Individualizada (SMI).

Guedes e Junior (2015) comentam que os SMI apresentam vantagens com relação os SMC, pois o método de medição coletiva além de ser um ponto de vista econômico injusto, não conscientiza a população sobre o uso racional de água. Por outro lado, o SMI ao ser implantado concede a cada unidade consumidora, o controle sobre a conta de água, tornando-a mais ajustada ao volume realmente consumido e incentivando uma maior conscientização sobre o uso racional de água.

O Art. 2°, da Lei n° 13.312 (Brasil, 2016), das Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico, obriga os novos edifícios a adotar hidrômetros individuais para medir o consumo de água por apartamento, sendo que esta entra em vigência a partir de 2021. Estudos especializados como os realizados pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2005), mostram que o SMI de água implantado em edificações residenciais tem resultado em reduções médias no consumo da ordem de 25%.

Com relação ao custo cobrado pelo fornecimento de água, a estrutura tarifária é composta por uma tarifa básica e três de consumo: (1) o custo mínimo fixo do serviço de suprimento de água, (2) a tarifa de água e (3) a tarifa de coleta e tratamento de esgoto. Todas variam conforme a categoria da unidade consumidora e, os três últimos, também variam conforme o consumo mensal de água (AGR, 2018).

Apesar do melhor ajustamento do custo de consumo de água proporcionado pelos SMI, analisando a estrutura de tarifação, haverá cenários onde a proporção da tarifa mínima fixa em relação à cobrança do consumo total gerado pela unidade poderá atingir valores significativos, principalmente em economias com baixo número de agentes consumidores ou em unidades consumidoras não habitadas ou em não funcionamento. Assim, ressalta-se a importância de um estudo de análise econômica da estruturação tarifária adotada pelas concessionárias com o intuído de verificar a real cobrança pela água consumida e o custo associado a implantação dos SMI de água.

Com base na questão de estudo levantada, o objetivo deste trabalho consiste no estudo de diferentes cenários de agentes por unidade consumidora a fim de avaliar o custo proporcional da incidência de tarifação mínima no sistema de medição individualizado (SMI) analisando a estrutura tarifária adotada pela SANEAGO em Goiânia-GO.

2 SISTEMA DE MEDIÇÃO DE ÁGUA

2.1 Sistema de medição coletiva (SMC)

Segundo Carvalho Jr. e Silveira (2008), os edifícios construídos que utilizam o SMC definem-se pela passagem da água proveniente da rede pública por um único hidrômetro principal que vai em direção aos reservatórios da edificação. O SMC é um sistema cujo custo de implantação é relativamente barato, pois o seu sistema é de baixa complexidade e fácil medição. Uma vez medido o consumo de água geral para todo o edifício, a água é distribuída, sem a necessidade de medição (ROZAS, PRADO, 2002).

O SMC consiste na leitura de um macromedidor, localizado na interface do alimentador predial no qual fornecerá a diferença entre as aferições do mês anterior e o próximo. O custo associado a esta diferença é dividido igualmente entre todas as unidades consumidoras do edifício (PERES, 2006).

Segundo Carvalhães (2016), um dos problemas enfrentados por edifícios projetados com um medidor coletivo de água é a incapacidade do usuário de ter conhecimento do quanto foi consumido individualmente e a aplicação de uma iniciativa própria de economia de água. Vazamentos também contêm grandes custos mensais e a medição coletiva dificulta o procedimento de localização do vazamento por existir apenas um medidor para múltiplas residências e tubulações.

2.2 Sistema de medição individualizada (SMI)

O SMI do consumo de água é um sistema composto por um macromedidor geral e vários medidores menores para cada unidade consumidora. Em edifícios multifamiliares, esse sistema vem sendo implantado com objetivo de fazer uma cobrança mais justa, propiciando que, de certa forma, os moradores tomem consciência sobre a importância de se economizar água e evitar desperdícios. Segundo a ANA (2005), o SMI nada mais é que uma apuração do consumo e faturamento de água. Segundo Carvalho JR. e Silveira (2008), há uma procura “por parte dos próprios moradores de edifícios pelo sistema de medição individualizada de água”.

Segundo Chaib (2016), há duas tipologias de instalação de SMI: (1) Instalação de um hidrômetro para cada apartamento, na qual a medição fica sob responsabilidade da concessionária de água e esgoto; (2) Instalação de um hidrômetro central no edifício, cuja leitura é realizada pela concessionária de água e esgoto e, também, de hidrômetros instalados instalados em cada unidade ou apartamento, cujas leituras são de responsabilidade do condomínio.

Existem várias pesquisas e análises que apontam a considerável redução de consumo de água em edificações que optaram pela adaptação de SMI em edifícios originalmente com SMC. Tal adaptação, na maioria dos casos, promove redução de consumo de água, como apontam Peruch e Back (2013) e Yamada et. al. (2001), variando entre 15 a 30% de economia.

2.3 Estrutura de tarifação

As empresas de saneamento no Brasil adotam uma estrutura tarifária bastante semelhante, a tarifação em blocos, onde é estabelecido um custo pela água (R$/m³) para cada faixa de consumo, delineada por um faixa de m³/mês que varia para cada concessionária. A tarifa de esgoto varia juntamente com as faixas e consiste, usualmente de um valor referente ao custo da água, frequentemente 100%, ou seja, a tarifa de consumo de água é igual a de esgoto (coleta, afastamento e tratamento).

Ao avaliar o sistema de tarifação adotado por diversas concessionarias, tanto para o SMI como para SMC, seguem o mesmo princípio. O que difere de um para outro é a tarifação mínima, a distribuição dos blocos de consumo e suas respectivas taxas.

Em Goiânia - GO, com atuação da concessionária SANEAGO, a tarifação mínima não existe. Por outro lado, há uma tarifa básica, com o suporte legal do §8 do artigo 57 da Lei 14.939 (15 de setembro de 2004) in verbis:

> § 8° Poderá ser instituída "conta mínima", baseada em quantidade mínima de consumo ou utilização do serviço, mediante critérios e requisitos fundamentados em razões de segurança sanitária das pessoas e dos ambientes em que residam ou trabalhem ou "tarifa básica" baseada em custo mínimo fixo necessário para amortização, operação e manutenção do sistema disponibilizado, cujas regras devem ser aprovadas pela entidade reguladora e fiscalizadora. (BRASIL, 2004)

De acordo com a resolução normativa N° 0125/2018, da Agencia Goiana de Regulamentação - AGR (2018), a estrutura tarifária será composta por duas espécies de cobranças: a tarifação básica fixa, que é classificada de acordo com a categoria do estabelecimento estudado e sujeito a reajustes anuais conforme a necessidade, e a tarifa diretamente associada ao consumo mensal de água, que corresponde à água, a coleta e o tratamento e ao tratamento de esgoto.

Portanto, independentemente do consumo, sempre haverá uma tarifa básica fixa pré-estabelecida e passiva de ajustes, como pode ser vista na Tabela 1 (valores validos para a tarifação a partir do mês de abril de 2018). Nota-se que tal tarifa varia apenas em função da categoria da economia consumidora.

TABELA 1 - Tarifas Básicas - SANEAGO

Categoria	Tarifa (R$/mês)
Residencial Social	6,36
Residencial Normal	12,71
Comercial I	12,71
Comercial II	6,36
Industrial	12,71
Pública	12,71

FONTE: Adaptado de AGR (2018)

A tarifa básica é realizada, segundo a concessionária, para garantir a viabilidade econômica da instituição frente às possíveis reformas, manutenções, pagamento de

dívidas e investimentos do sistema de distribuição de água, coleta e tratamento de esgoto. O faturamento apurado pela SANEAGO é subdividido em quatro serviços: o custo mínimo fixo, a tarifa de consumo de água conforme a categoria do imóvel, a coleta/afastamento e o tratamento de esgoto. Para fins comparativos, foi feita uma adaptação, no qual a tarifa de coleta/afastamento e tratamento de esgoto é representada como um único serviço associado.

Evidentemente, ainda existe a tarifa por consumo efetivo baseado na mesma estrutura de blocos, só que, no caso da SANEAGO, a primeira faixa ainda é custeada com base no m³ distribuído.

Compilando as informações da estrutura tarifária da SANEAGO referente ao consumo residencial normal observa-se a Tabela 2.

TABELA 2 - Resumo da estrutura tarifária da SANEAGO referente ao consumo residencial normal

Faixa de consumo (m^3)	Limite	Consumo (m^3)	Consumo total (R$)
0-10	Inferior	**0**	12,71
	*	**1**	21,11
	Superior	**10**	96,71
11-15	Inferior	**11**	117,21
	Superior	**15**	155,21
16-20	Inferior	**16**	186,47
	Superior	**20**	229,91
21-25	Inferior	**21**	271,43
	Superior	**25**	320,71
26-30	Inferior	**26**	374,63
	Superior	**30**	430,31
31-40	Inferior	**31**	504,99
	Superior	**40**	647,91
41-50	Inferior	**41**	749,07
	Superior	**50**	910,71
+ 50	inferior	**51**	1057,19

FONTE: Adaptado de AGR (2018)

3 METODOLOGIA

Para a realização do estudo inicialmente levantou-se o consumo de água de diferentes perfis de agentes consumidores a fim de definir um valor referência de consumo mensal médio de diferentes edifícios residenciais, situados na cidade de Goiânia, considerando-se as suas unidades consumidoras associadas à quantidade de habitantes. Por meio deste valor referência foram criados diferentes cenários de consumo alterando-se a porcentagem de agentes consumidores por unidade habitacional (Tabela 3).

TABELA 3 - Cenários de estudo

N° de habitantes por unidade habitacional	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Desocupado	10%	15%	25%	35%	10%	5%
1	15%	25%	35%	10%	5%	10%
2	25%	35%	10%	5%	10%	15%
3	35%	10%	5%	10%	15%	25%
4	10%	5%	10%	15%	25%	35%
5	5%	10%	15%	25%	35%	10%

FONTE: Autoria Própria

O edifício hipotético utilizado para os cálculos é composto por 20 pavimentos, sendo 4 apartamentos por andar, porém vale ressaltar que a quantidade total de apartamentos não influencia diretamente nas análises, uma vez que se utilizou taxas de ocupação em porcentagem e dados de consumo referentes à diferentes números de habitantes por unidade. É evidente que os cenários concebidos só serão passíveis de existir a partir de um número mínimo de apartamentos e, para tanto, optou-se por essa conformação.

4 RESULTADOS

4.1 Consumo médio

Segue, na Tabela 4, a média final dos dados de consumo obtido para cada relação habitante por unidade analisada.

TABELA 4 - Consumo médio até 5 moradores por unidade

Quantidade de moradores	Medições analisadas	Consumo médio (m³/mês)
1	21	4,81
2	21	8,24
3	42	11,25
4	77	15,40
5	2	17,63

FONTE: Autoria Própria

4.2 Ánalise dos cenários

A partir do consumo médio obtido, apresenta-se, na Tabela 5, as tarifas simuladas em cada concessionária com SMI.

TABELA 5 - Tarifas SMI simuladas nas concessionárias

hab/unid	Consumo (m³)	Tarifa - SMI (R$)
		SANEAGO
1	4,81	53,11
2	8,24	81,91
3	11,25	119,62
4	15,40	179,98
5	17,63	204,15

FONTE: Autoria Própria

Apoiado nos dados de consumo obtidos e nos cenários estipulados, foi possível calcular-se o custo total para cada apartamento considerando-se um SMC, apresentados na Tabela 6. Salienta-se que os custos encontrados para o caso coletivo foram aplicados apenas às unidades consumidoras habitadas com o fornecimento de água ligado.

TABELA 6- Tarifas no Edifício Hipotético para os cenários - SMC

Cenário	Consumo Total (m³)	Média por unidade habitada (m³)	Tarifa rateada (R$)
			SANEAGO
1	731,32	10,16	96,65
2	619,52	9,11	76,69
3	580,35	9,67	81,41
4	698,85	13,44	127,83
5	1021,83	14,19	134,98
6	934,71	12,30	117,00

FONTE: Autoria Própria

De posse dos custos totais para cada cenário SMC e SMI respectivos, confrontou-se tais valores e determinou-se uma quantidade inteira mínima de habitantes por unidade consumidora a partir da qual o SMC poderia se tornar economicamente mais viável para o consumidor do que o SMI. Consequentemente, via as taxas de ocupação estabelecidas em cada situação, determinou-se a porcentagem de apartamentos que seriam favorecidos pelo SMC. A Tabela 7 apresenta as porcentagens de beneficiados (valores em azul ↓) e desfavorecidos (valores em vermelho ↑) e sua respectiva porcentagem de apartamentos.

TABELA 7 – Avaliação dos cenários favorecidos pelo SMC

	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3		Cenário 4		Cenário 5		Cenário 6	
hab/unid	Econ.	Ap.	Econ.	Ap.	Econ.	Ap.	Econ.	Ap.	Econ.	Ap.	Econ.	Ap.
1	↑82%	15%	↑44%	25%	↑53%	35%	↑141%	10%	↑154%	5%	↑120%	10%
2	↑18%	25%	↓6%	35%	↓1%	10%	↑56%	5%	↑65%	10%	↑43%	15%
3	↓19%	35%	↓36%	10%	↓32%	5%	↑7%	10%	↑13%	15%	↓2%	25%
4	↓46%	10%	↓57%	5%	↓55%	10%	↓29%	15%	↓25%	25%	↓35%	35%
5	↓53%	5%	↓62%	10%	↓60%	15%	↓37%	25%	↓34%	35%	↓43%	10%

FONTE: Autoria Própria

5 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um cenário ideal para a adoção do SMC seria o de um edifício totalmente habitado com a mesma quantidade de moradores por apartamento, que permitisse reduzir a tarifa básica fixa de múltiplas moradias para uma única, incidida apenas no hidrômetro geral, acarretando uma economia para todos os apartamentos de aproximadamente igual à tarifa mínima.

A partir do estudo realizado, conclui-se que a tarifa básica possui um peso grande em relação à tarifa mensal de água para as unidades habitacionais com poucos moradores, uma vez que a tarifa representa cerca de 31,5% do valor médio pago por unidades com 1 habitante e 18,4% acima do valor pago para unidades com 2 habitantes.

Apesar da proporção da tarifa básica representar uma parcela significativa da tarifação incidida em apartamentos com até dois habitantes, o SMI, ainda sim, resulta em uma redução global de consumo de água e, consequentemente, em um valor menor de cobrança devido a essa economia.

REFERÊNCIAS

AGR - AGÊNCIA GOIANA DE REGULAÇÃO, CONTROLE E FISCALIZAÇÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS. **Resolução da diretoria n° 071/2018**. 2018. Disponível em: <https://www.saneago.com.br/site/agencia/tabela_tarifas_agua_esgoto.pdf>. Acesso em: 10 de Setembro de 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA) - Ministério do Meio Ambiente. **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo, 2005. 152 p.

BRASIL, **Lei n° 13.312, de 12 de julho de 2016**. Altera a Lei nº11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, para tornar obrigatória a medição individualizada do consumo hídrico nas novas edificações condominiais. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 19 de setembro de 2018.

BRASIL, **Lei nº 14.939, de 15 de setembro de 2004**. Institui o Marco Regulatório da Prestação de Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário, cria o Conselho Estadual de Saneamento - CESAM e dá outras providências. Disponível em: <http://www.gabinetecivil.goias.gov.br/leis_ordinarias/2004/lei_14939.htm>. Acesso em 31/10/2018.

CARVALHAES, M. DA C. **Gestão da água em edifícios habitacionais de múltiplos pavimentos: Análise da Operação em Sistemas de Medição Individualizada em São Paulo entre 1980 e 2015**, 2016. Dissertação apresentada à Universidade Presbiteriana Mackenzie como requisito parcial à obtenção de título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

CARVALHO JR., W. SILVEIRA, A. **Sistema de medição individualizado de água-Análise de viabilidade de implantação, Estudo de Caso: Edifico Residencial New York, Cuiabá/ MT**. In: 4 º Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais, 2008, Campos Gerais, Brasil. 7 p.

CHAIB, E. B A. **Avaliação de estratégias para a redução do consumo de água de abastecimento como meio de diminuição da pressão sobre os recursos hídricos**. 2016, 254 p. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2016.

GUEDES, E.S.S. JÚNIOR, G.B.A. **Comparativo de custos da medição individual e coletiva de água fria em edifícios residenciais**. In: VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2015, Porto Alegre, Brasil. 7 p.

PERES, A. R. B. **Avaliação Durante Operação de Sistemas de medição Individualizada de Água em Edifícios Residenciais**, 2006. Dissertação apresentada no Curso de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

PERUCH, D.H. BACK, N. **Comparativo do Consumo de Água em Edificações Verticais Residenciais Multifamiliares com Hidrômetros Individuais e Coletivos**. 2013. Artigo submetido à UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2013.

ROZAS, N. PRADO, R.T.A. **Implantação de sistemas de leitura automática de medidores de insumos prediais**. 2002. 21 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

YAMADA, E. S.; PRADO, R. T. A.; IOSHIMOTO, E. **Os Impactos da medição individualizada do consumo de água em edifícios residenciais multifamiliares**. 2001. 125 p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001



XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

Gestão da água por gamificação para condomínios residenciais

Gamification for water management in residential condominiums

FARINA, Humberto[1]; ZAPATA Fernanda[2]

[1] Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; In Prediais Consultoria em Engenharia Ltda., humberto@inprediais.com.br

[2] Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; In Prediais Consultoria em Engenharia Ltda., fernanda@inprediais.com.br

RESUMO

A medição individualizada é uma realidade para os novos edifícios residenciais na maioria das cidades brasileiras e é entendida como requisito básico para a gestão da água e consequente controle de consumo, uma contribuição para a conservação da água nas edificações. No entanto, cabe ressaltar o desafio de tornar a gestão da água uma atividade presente no cotidiano, evitando ser lembrada somente quando da presença de crises de abastecimento ou de crise econômicas. Uma questão de permanente preocupação que precisa de ações inovadoras para adesão e educação da sociedade. A gamificação para o uso da água poderia auxiliar no alcance desse objetivo, trazendo os usuários permanentes ou moradores de um edifício a um ambiente interativo e competitivo para um resultado benéfico para todos. Traz-se uma reflexão para o futuro, quanto ao desenvolvimento de tecnologias que conectem os usuários ao conceito de conservação de água e a comunidade em que vivem, ficando uma oportunidade para a digitalização, estreitando o relacionamento dos usuários com o sistema predial.

Palavras-chave: Medição Individualizada, Gamificação, Sistemas Hidráulicos Prediais, Conservação de Água, Educação Ambiental.

ABSTRACT

The individual water metering is a reality for the new residential buildings in the most of Brazilian cities and it is also understood how a basic requirement for the water management and the consumption controlling, a contribution for the water conservation in buildings. However there has to emphasize the challenge to get the water management how a daily activity, avoiding to be remembered only at supplying or economic crisis. A question for permanent concerning that needs innovative actions to the adhesioning and education the society.The gamification for the water use coul aid that goals achievement, bringing for the permanent users or building residents to an interactive and competitive environment for an everyone´s benefit.It becomes a reflexion for the future, about the technology development to connect people to the water conservation concept and the community where they live, having an opportunity to digitalizing, turning closer the users relationship with the building services.

Keywords: *Individual Water Metering, Gamification, Water Building Systems, Water Conservation, Environmental Education.*

1 INTRODUÇÃO

A escassez de água de boa qualidade é crescente, pois se constata que mesmo em regiões onde os recursos hídricos se mantêm, o uso excessivo leva à poluição das águas superficiais e subterrâneas. Significando que, além das causas naturais, caracterizadas pelas secas regionais prolongadas, a escassez da água é causada basicamente pela poluição das águas de superfície, pela intensificação do consumo, pelo desperdício gerado nos sistemas públicos e, também, por procedimentos inadequados relacionados ao uso (OLIVEIRA,1999).

De fato a escassez é o impulsionador das mudanças de hábito, como visto no ano de 2014 quando São Paulo sofreu com a sua maior crise hídrica já conhecida.

A crise da água em São Paulo atingiu o sistema Cantareira, formado por seis reservatórios ao norte da Região Metropolitana de São Paulo (Jaguari, Jacareí, Cachoeira, Atibainha, Paiva Castro e Águas Claras) assolada por uma grande escassez de chuvas entre 2013 e 2014 (MARTINS, 2014).

Na ocasião uma série de medidas emergenciais foi tomada, a população reagiu da maneira mais diversa procurando soluções improvisadas e até radicais, de reservar água, de reciclar e de mudar hábitos.

A medição individual de água em condomínios residenciais é um requisito indispensável e presente atualmente nos novos edifícios. É indiscutível que a medição do consumo de água é o meio pelo qual os usuários podem tomar conhecimento e correlacionar seus hábitos a indicadores de consumo, permitindo controlar suas atividades e por consequência, economizar.

É uma característica do sistema que contribui para a prática da sustentabilidade, mas que, como qualquer outro recurso ou tecnologia que toca neste conceito, só será válido ou só trará benefícios se os usuários tiverem comprometimento pelo resultado.

Constata-se que os edifícios têm padrões de consumo de água maiores antes da implantação do sistema de medição individual. Assim, percebe-se que a gestão individual do consumo, claramente impõe uma mudança de comportamento, alcança um primeiro objetivo - o de evitar descaso com o uso da água-, e estabelece o senso de justiça, de pagar pelo que é usado.

YAMADA (2001) verificou uma redução de 17% em seu estudo de caso que comparou edifícios residenciais com medição de água coletiva com a medição individualizada.

No entanto, acredita-se que há uma rápida acomodação dos usuários, uma rotina estabelecida, aceita por cada um, que irá consumir de acordo com o que acha razoável para seu cotidiano. A medição individual de água traz a consciência de que o que está sendo pago foi utilizado naquela unidade do condomínio e se o resultado financeiro for elevado (dentro do senso crítico de cada um) haverá uma ação para reduzir o consumo. Este é um princípio elucidado na teoria do TQM (Total Quality Management), por ações de melhoria contínua para obtenção de índices de desempenho melhores por meio da gestão de indicadores (SHIBA et al, 2007).

Por isso, há de se evoluir na maneira de gerir o uso da água nas edificações, pois o comportamento humano após um relaxamento do momento de crise pode retornar ao habitual, não se envolvendo de forma coletiva ao problema.

Pode-se questionar aqui se o sistema de medição de água individual é efetivamente um instrumento de gestão da água ou simplesmente um instrumento de divisão do seu

custo, já que a informação disponível é de fato o consumo e a conta mensal transmitida na data de pagamento da cota condominial.

A Lei 13.312, sancionada em 2016 estipula que a partir de 2021 que a medição de água individual seja obrigatória nos condomínios (ABRAINC, 2016).

O CBCS (2014) frisa que um dos maiores desafios para implantação de medição individualizada de água é a adequação dos edifícios residenciais existentes na correta especificação e instalação dos produtos e componentes do sistema de medição, sem prejuízo ao sistema hidráulico dos edifícios. Mas outro desafio é definir no ambiente dos edifícios residenciais, a forma de gestão da água. Atualmente com o acesso da informação e a conectividade proporcionada pela tecnologia, existem novas oportunidades a serem exploradas, como o IoT (Internet of Things).

MANGRANI (2018) destaca como a IoT é uma possível solução diante dos novos desafios de gestão pública, integrando o uso de tecnologias no processamento massivo de dados e proporcionar soluções mais eficazes para problemas como poluição, congestionamentos, criminalidade, eficiência produtiva, entre outros. Destaca-se também a preocupação com a segurança da informação que deve ser tratada.

Por este motivo, é apresentado um caso prático de transformação de um sistema de medição individualizada em um condomínio utilizado fundamentalmente para rateio de contas para um sistema de gestão da água com indicadores que envolvem os usuários nas métricas de sua comunidade, trazendo referências para seu comportamento. O conceito é transformar os dados coletados em uma informação de consumo contínuo dos moradores, demonstrando oportunidades para ferramentas modernas de gestão.

2 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

O trabalho iniciou em 2014 com o acesso a um condomínio que, por desejo da sua administração, gostaria de evoluir na gestão do seu sistema de medição individual de água.

2.1 Sistemas prediais de água fria e água quente dos edifícios

O condomínio constitui-se por sete edifícios com dez pavimentos, divididos de forma a constituir cento e dez unidades residenciais com áreas privativas de 194 e 250m^2, localizado na cidade de São Paulo.

O sistema predial de água quente é constituído por um sistema de aquecimento central coletivo e tem as colunas localizadas a cada ambiente sanitário, conceito muito aplicado em edifícios de alto padrão da época. Portanto, os sistemas prediais de água fria (SPAF) e água quente (SPAQ) dos edifícios têm as colunas de distribuição em “shafts” junto aos banheiros, áreas de serviço e cozinhas, conforme ilustrado na Figura 1.

Os “shafts” são providos de painéis removíveis que permitem a instalação e manutenção dos medidores quando necessário.

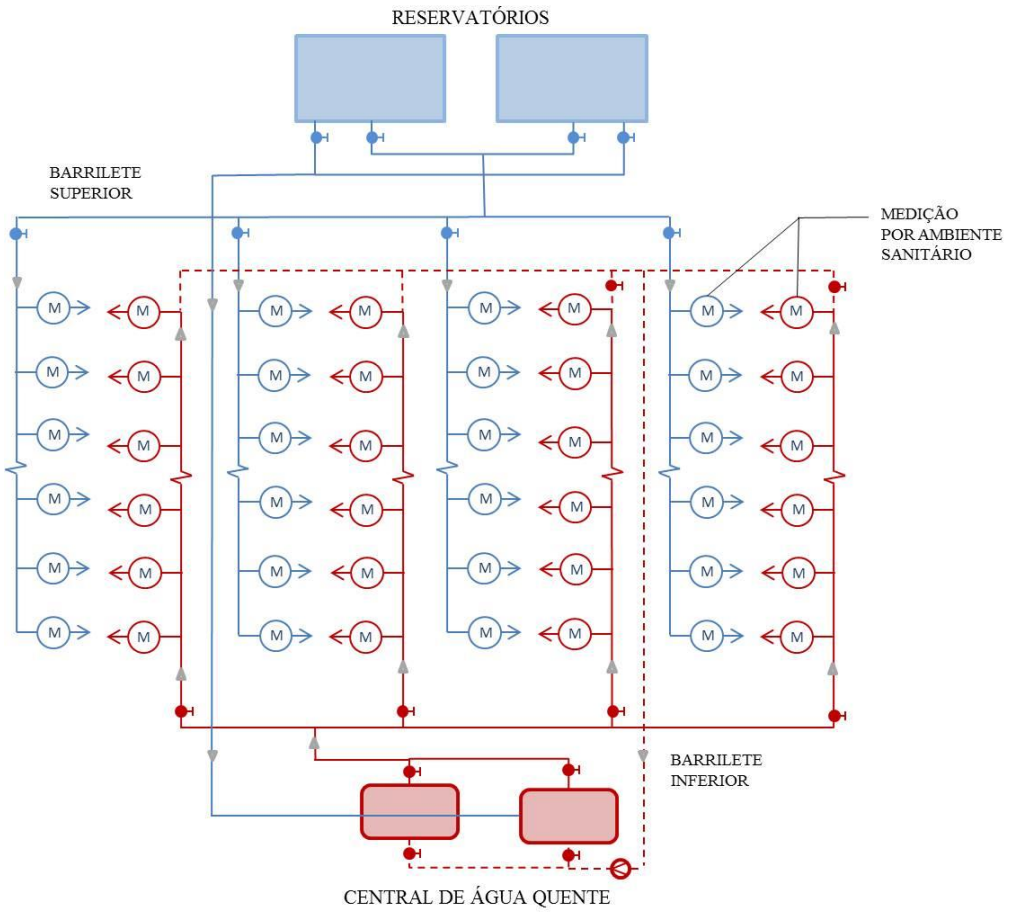
O sistema de medição individual de água está instalado desde 2011 com hidrômetros internos aos “shafts” providos de transmissores de rádio frequência.

Os dados de consumo eram coletados pelo método “walk-by”, em que um operador um concentrador portátil percorre as áreas comuns do condomínio e coleta as leituras mensalmente para a contabilização dos consumos e posterior cobrança.

O sistema é gerenciado por empresa especializada que vendeu a implantação do

sistema, obra, medidores e dispositivos de rádio frequência e depois mantém a leitura mensal, informando a Administradora do condomínio as parcelas de consumo de água de cada unidade.

FIGURA 1 - Esquema simplificado dos SPAF e SPAQ dos edifícios.



A conta de água da unidade é resultante da totalização das leituras de todos os medidores de água fria e de água quente daquela unidade e a conta de gás da unidade é resultante da média ponderada realizada pela totalização das leituras dos medidores de água quente da unidade.

2.2 Motivações para melhoria da gestão da água

Como já citado, em 2014, São Paulo sofreu um período crítico de abastecimento deixando muitas cidades em estado de falta de água por longos períodos. Nesta ocasião a população reagiu com a necessidade de se economizar água com muito esforço, reduzindo o uso, reservando água que seria desperdiçada, reciclando água para uso em descargas.

Devido ao temor de não se reestabelecer um cenário de estabilidade de abastecimento e de se constatar que há uma crônica crise hídrica, a consciência de conservação da água foi desenvolvida ou ativada naquele período, levando as pessoas a tomarem medidas práticas nos sistemas prediais de suas residências ou edifícios, como a reserva de água em piscinas e a ampliação de reservatórios.

Neste contexto, o condomínio estudado procurou trabalhar para que seu sistema hidráulico tivesse mais autonomia também e, entre outras medidas, buscou entender como a medição individual de água existente poderia auxiliar.

Partindo da análise do serviço prestado para a medição individualizada de água percebeu-se uma deficiência entre o que poderia ser oferecido pelo sistema e o que de fato se tinha de informação.

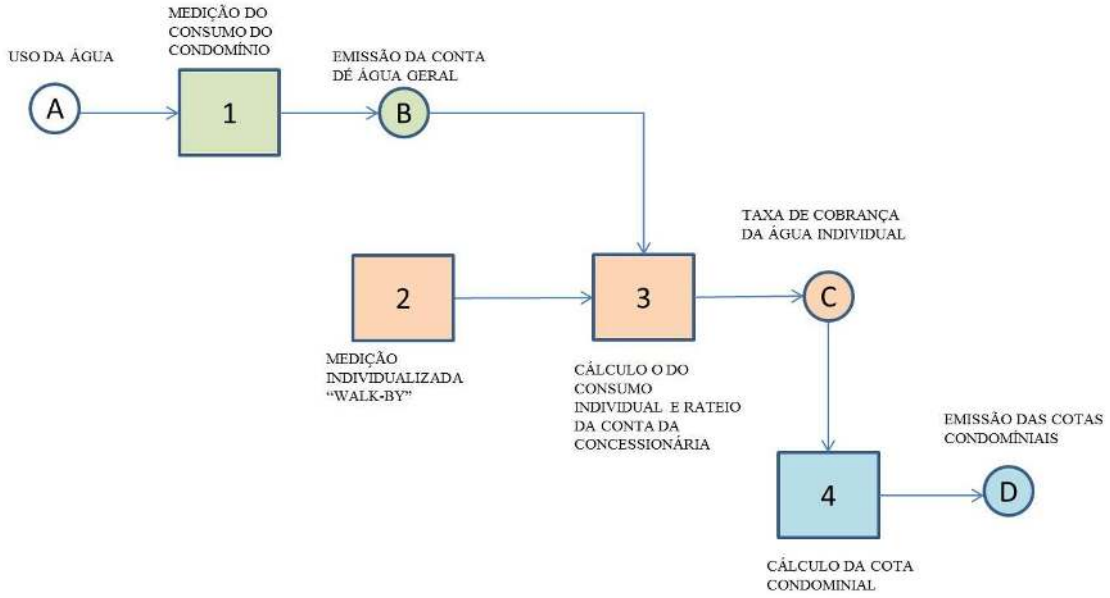
Podem ser explorados os seguintes fatos constatados pela administração do condomínio:

- A leitura “walk-by” e os sistemas de fluxo mensal de informações não atendem o requisito de gestão da água;
- Apesar de se ter uma medição pulverizada de cada ambiente sanitário, pouco se sabe o sobre o comportamento do consumo das unidades e do edifício;
- Os alarmes enviados pela empresa prestadora de serviço não são observados pela administração e tão pouco pelos moradores.

Os três tópicos acima descrevem as principais frustações da administração do condomínio quanto ao serviço oferecido pela medição individualizada de água.

Constatou-se que a informação de leitura para que haja o entendimento de que a água está sendo desperdiçada percorre um longo caminho antes de chegar aos moradores e administração interna do condomínio. Isto ocorre porque há uma lógica que a informação deve seguir para que haja a cobrança, de acordo com a Figura 2.

FIGURA 2 - Lógica para emissão da cota condominial relativa à conta de água individual.



Como apresentado na Figura 2, ocorrido o uso da água pelas unidades (A), a concessionária faz a medição (1) e emite a conta de água (B), a empresa de medição individual de água coleta as leituras dos medidores (2) e compila a informação gerando um relatório com os consumos individuais e o rateio da água para a Administradora do condomínio (C), com isso a Administradora adiciona esta informação ao cálculo da cota condominial (4) e envia a taxa condominial aos proprietários (D).

Avalia-se que algumas características desse fluxo de informações são desfavoráveis à gestão da água.

Pode-se imaginar que se há um vazamento, uma ação corretiva iria ser iniciada somente sessenta dias depois ou no melhor dos casos, trinta dias depois já que a medição “walk-by” faz uma leitura por mês. Este fato configura que a medição individual que ocorre é endereçada somente para a cobrança da água, não podendo reconhecer-se como um

serviço de gestão da água.

Outro ponto é que apesar de se ter um hidrômetro para água fria e água quente de cada ambiente sanitário, não há disponibilidade da informação da água para que se possa tomar uma ação corretiva quanto a vazamentos ou até conexões cruzadas.

Por isso, seria possível se houvesse uma padronização de programação dos alarmes, e de recepção e registro dos mesmos, de se detectar falhas no sistema, podendo servir como instrumento caça de vazamentos ou de identificação de alterações no sistema provocadas por reformas ou mau uso. O fato é que essa informação torna-se pouco relevante em um sistema de uma única leitura mensal e de baixa interatividade com o usuário final.

E por fim, mesmo que a empresa de medição individualizada de água informe algum alarme para verificação do estado de funcionamento de um hidrômetro, dependendo do canal de comunicação, não trará resultados, pois, os moradores bem como a administração do condomínio não serão sensibilizados.

3 PROPOSTA DE GESTÃO DA ÁGUA POR GAMIFICAÇÃO

Observando a possibilidade de se explorar os dados das leituras dos anos anteriores e da necessidade de avançar com o serviço de gestão da água no condomínio, foi elaborado um sistema em para que a administração pudesse comunicar aos moradores o comportamento do uso da água de forma amigável.

A ideia é também que a informação fosse estimulante para provocar a discussão em torno do tema e, por isso, foi desenvolvida uma campanha em forma de jogo, baseada nas leituras passadas, dados estatísticos simplificados e na analogia de participação de uma competição de economia, conduzindo os moradores a uma conscientização do uso da água nos ambientes sanitários pela vantagem de se ter a medição segregada por ambientes.

A gamificação do consumo de água pode trazer o tema a uma pauta constante e interativa, servindo como fomento da educação ambiental, do uso de tecnologias economizadoras e a conscientização de uso de fontes alternativas.

3.1 Criação de referências

Para que um consumidor saiba que está economizando é necessário que se criem referências, ou melhor, que se crie uma métrica, assim será possível averiguar se aqueles hábitos de consumo de água estão ou não dentro de faixas consideradas econômicas.

Atualmente a sensibilização de uso racional de água se dá em forma de recomendações e de abstrações relacionadas ao volume consumido, trazendo ao usuário a consciência por exemplos, como o de minimizar o tempo de banho, de fechar as torneiras, consertar vazamentos, a equivalência de volume quando ocorre um gotejamento de torneira e etc.

Mas outra estratégia seria de se propor uma comparação entre usuários de diferentes unidades em um mesmo condomínio, demonstrando uma métrica que posiciona os consumidores dos mais econômicos aos mais perdulários, levando alguns usuários a buscar a solução dentro de suas casas.

Com essa ideia foi construída uma métrica em que o condomínio recebe uma meta de consumo per capita, estabelecendo um valor considerado médio para definir o limite de

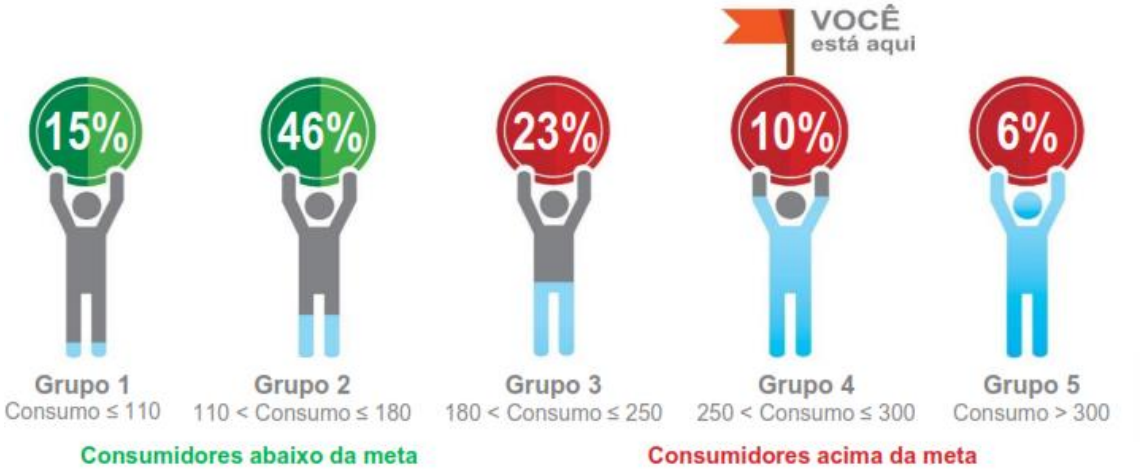
uma unidade econômica e uma unidade não econômica. As figuras 3 e 4 apresentam as métricas e a construção de cinco grupos de consumo em torno de uma meta de 180 l/pessoa.dia.

FIGURA 3 - Grupos de consumo de referência



Desta forma o morador entende como está sendo o desempenho do grupo e como é seu posicionamento.

FIGURA 4 - Grupos de consumo de referência



O percentual no interior das sinalizações corresponde à quantidade de unidades que se enquadram em cada grupo, gerando uma referência de quantidade de unidades econômicas e unidades fora da meta estabelecida.

Este posicionamento gera imediatamente um sentimento de participação de um grupo em busca de um objetivo, trazendo conforto para quem se posiciona bem e desconforto para aqueles fora da meta.

Constatou-se por depoimento dos moradores e gestor predial que algumas unidades se manifestaram imediatamente, solicitando verificações no seu sistema de leitura e também provocando reuniões entre a família.

3.2 Apresentando tendências

Outra parte do trabalho foi a de apresentar a tendência de consumo daquela unidade, apresentando as medições de meses anteriores e do passado, definido um indicador de tendência de consumo como um alerta para seu comportamento.

A Figura 5 apresenta o indicador criado para demonstrar a tendência de consumo, além do gráfico de histórico.

FIGURA 5 - Indicador de tendência de consumo e histórico.



A tendência é um recurso interessante se o sistema de medição individual puder alimentar uma plataforma de informações interativa, gerando alarmes para os usuários.

3.3 Segregando consumos

Outro recurso utilizado, com a disponibilidade de dados e a forma como o sistema de medição foi instalado, é a segregação dos consumos por ambientes sanitários.

Essa informação tornou o trabalho enriquecido e auxiliou muitos moradores a perceberem onde o consumo de suas unidades é relevante, trazendo uma informação objetiva e clara do valor relacionado à atividade. As Figuras 6 e 7 apresentam a segregação do consumo mensal de um apartamento.

FIGURA 6 - SEGREGAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA FRIA.

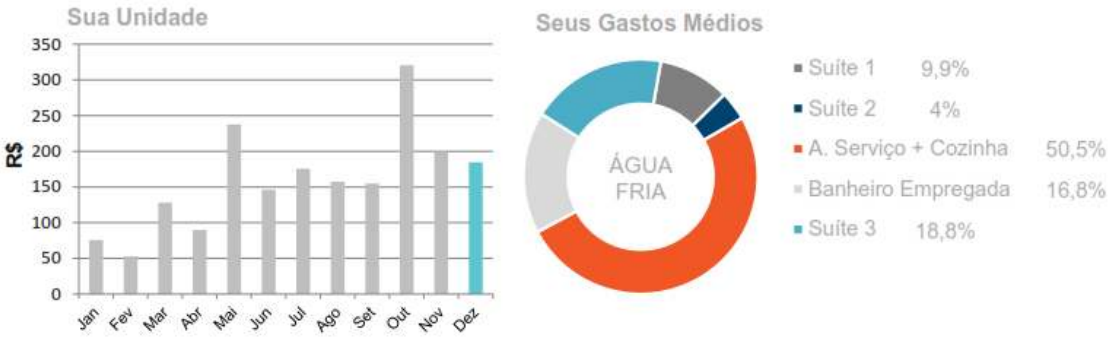
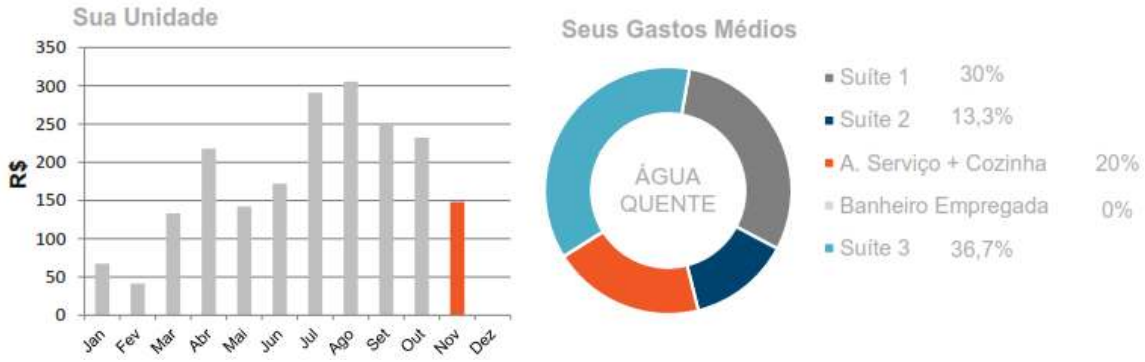


FIGURA 7 - Segregação do consumo de água quente.



Pode-se notar que a maior parcela relativa ao consumo de água fria da unidade é relativa às atividades da área de serviço e cozinha, representando cerca de 50% do consumo total, em segundo lugar encontra-se o banheiro do empregado. Por outro lado, o uso da água quente é maior na suíte 3.

Aqui se percebe uma defasagem dos dados colhidos, no caso da água tem-se a medição do mês de dezembro, no entanto, no gás o rateio da despesa tem um mês de defasagem devido ao faturamento defasado da concessionaria de gás.

3.4 Gamificação da economia de água

Segundo DETERDING apud COSTA (2016), a gamificação pode ser definida pela de elementos de design de jogos em contextos que não são de jogos sendo uma estratégia para engajar e causar mudanças no comportamento das pessoas.

A IN Prediais, criou o EcoRally, “O rally de consumo de água e gás. Todos economizam, todos ganham” (Figura 8), pelo qual estimula os moradores a atingirem uma meta de consumo de água definida. Essa meta pode ser alterada e trazer resultado econômico, podendo ser revertido em benefícios ao condomínio.

FIGURA 8 - Linha visual do Ecorally



O Ecorally atuou com a geração de relatórios gerenciais para os moradores e para o síndico fornecendo as informações sob o conceito de gamificação.

Com o projeto, o condomínio no ano de 2015 conseguiu alcançar a economia de mais 16%, após a implantação do sistema de medição individual, favorecido pelo engajamento dos moradores.

Percebe-se que é necessário fazer-se presente com os indicadores e que a administração incorpore o jogo como meio de obtenção de resultados, conduzindo reuniões e interações com os moradores.

4 COMENTÁRIOS FINAIS

Os serviços atuais de medição individualizada de água por si só não trazem elementos que possibilitam a entrada da conservação da água e o uso racional na pauta cotidiana. O assunto é lembrado somente no dia do pagamento e se a conta for razoável, aceitável, pouco se questiona se há um consumo perdulário ou não – é um hábito.

É possível extrair por meio da gamificação um ambiente em que a gestão da água se torne algo lembrado não só no dia de pagamento das contas. Essa ideia se fundada por tecnologia da informação tem a possibilidade de ser muito explorada como ferramenta educacional e como forma de gerenciar recursos em condomínios residenciais e outros usos.

A gamificação exemplificada é um projeto atual e teve impacto nos moradores do condomínio, no entanto, há um desafio de trazer os dados das medições e do "jogo" estabelecido para uma plataforma digital e inteligente.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INCORPORADORAS IMOBILIÁRIAS. **Medidor individual de consumo de água vira lei federal – 2016. Disponível em:<**https://www.abrainc.org.br/abrainc/2016/07/18/medidor-individual-de-consumo-de-agua-vira-lei-federal/>. Acesso em 01 de julho de 2109.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL (CBCS). **Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas** – 2014. Disponível em:<http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/MMA-Pnuma/Aspectos%20da%20Construcao%20Sustentavel%20no%20Brasil%20e%20Promocao%20de%20Politicas%20Publicas.pdf>. Acesso em julho de 2019.

COSTA, A. **Gamificação, elementos de jogos e estratégia: uma matriz de referência**. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/incid/article/download/89912/103928/>
InCID: R. Ci. Inf. e Doc., Ribeirão Preto, v. 6, n. 2, p. 44-65, set. 2015/fev. 2016.

ECORALLY. **O rally de consumo de água e gás. Todos economizam, todos ganham**. Disponível em: <http://www.ecorally.com.br/>. Acessado em 5 de julho de 2019.

HESPANHOL, I.. **Reuso integrado à gestão de recursos hídricos bases para planejamento**. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. Vitória, 16-20, nov. 1997. Anais.

MAGRANI, E. **A internet das coisas**. Rio de Janeiro : FGV Editora, 2018. 192 p. <Disponível em: https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/23898/A%20internet%20das%20coisas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acessado em 5 de julho de 2019.

MARTINS, A. Sistema Cantareira e a Crise da Água em SãoPaulo: A falta de **transparência no acesso à informação**. Artigo 19 - 2014. < Disponível em: https://artigo19.org/wp-content/uploads/2014/12/Relat%c3%b3rio-Sistema-Cantareira-e-a-Crise-da-%c3%81gua-em-S%c3%a3o-Paulo-%e2%80%93-a-falta-de-transpar%c3%aancia-no-acesso-%c3%a0-informa%c3%a7%c3%a3o.pdf> Acesso em 08 de julho de 2019.

SABESP. **Mudança de hábitos: mais uma diretriz do Programa de Uso Racional da Água** . Disponível em: <hhttp://site.sabesp.com.br/site/imprensa/noticias-detalhe.aspx?secaoId=65&id=7757>. Acesso em: 8 jul. 2019.

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

PROGRAMA DE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DOS SISTEMAS DE MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA DE ÁGUA (PROACQUA) Volume 1 – Sistemas Prediais de Água: conceitos fundamentais e diretrizes de projeto – 2007.

PROGRAMA DE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DOS SISTEMAS DE MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA DE ÁGUA (PROACQUA) Volume 2 – Sistemas de Medição Individualizada de Água: Aquisição e Gestão de dados – 2007.

SAUTCHÚK, C. A. et al. **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo, 2005, 152 p. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/conservacao-e-reuso-de-aguas-em-edificacoes-2005>. Acesso em 25 de agosto de 2017.

SHIBA, S.; GRAHAM, A.; WALDEN, D. **TQM: quatro revoluções na gestão da qualidade**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

YAMADA, E. S. **Os Impactos da medição individualizada do consumo de água em edifícios residenciais multifamiliares**. 2001. 125 p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

- PAINEL 3 -

SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS



XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

BIM NO ENSINO DO PROJETO DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS E SANITÁRIOS NA ENGENHARIA CIVIL

BIM AND TEACHING OF PLUMBING SYSTEMS DESIGN IN CIVIL ENGINEERING

STAUT, Solange L. S.[1]; ILHA, Marina. S. de O.[2]

[1] Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, lisegle@fec.unicamp.br
[2] Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, milha@fec.unicamp.br

RESUMO

O modelo da informação da construção (BIM) é um conjunto de processos, tecnologias e técnicas de trabalho que engloba todas as etapas do empreendimento, da concepção do projeto à manutenção do edifício. O uso dessa ferramenta vem sendo gradativamente implantado nas empresas de projeto e de execução de sistemas prediais hidráulicos e sanitários (SPHS), o que demanda que os futuros profissionais sejam capacitados para o desenvolvimento dos projetos em BIM. Considerando-se que uso de BIM pode auxiliar o entendimento dos conteúdos e pode ajudar na formação de profissionais para esta nova demanda, este artigo tem como objetivo avaliar a implementação dessa ferramenta em uma disciplina de projeto dos SPHS em um curso de Engenharia Civil. Para tanto, foi desenvolvida uma pesquisa-ação em dois oferecimentos dessa disciplina, com o BIM aplicado no nível introdutório, por meio do uso do Revit da Autodesk® para o desenvolvimento dos projetos dos SPHS. A avaliação da aplicação foi feita por meio de uma entrevista coletiva e de questionários individuais para os alunos ao final do semestre. A iniciativa de inserção do BIM foi aprovada pelos alunos, contudo, o material complementar e a tutoria extraclasse não foram suficientes para compensar a falta de familiaridade com o programa empregado para as modelagens.

Palavras-chave: BIM, Educação, Sistemas prediais hidráulicos e sanitários.

ABSTRACT

The Building Information Model (BIM) is a set of processes, technologies and work techniques that encompass all stages of the project, from the design to building maintenance. The use of this tool has been gradually implemented in the building system (BS) project and execution companies, which requires future professionals to be trained for the project development with BIM. Assuming that BIM can improve the understanding and can help in the formation of professionals for this new demand, this research aims to evaluate the implementation of BIM in a discipline that contemplates BS project in a Civil Engineering course. For this, an action research was done in two semesters of this discipline, where BIM was applied in the introductory level, with the use of Autodesk® Revit for the development of BS projects. The application was evaluated by a collective interview and application of individual questionnaires at the end of the semester. The BIM insertion initiative was approved by the students; however, the supplementary material and extra class tutoring were not enough to compensate the lack of familiarity with the program used for modeling.

Keywords: BIM, Education, Plumbing systems, MEP, Building systems.

1 INTRODUÇÃO

Abdirad & Dossick (2016) citam que os processos dispendiosos de capacitação inicial e a necessidade de desenvolvimento de programas de treinamento e gerenciamento de mudanças tecnológicas têm sido as principais barreiras para a adoção de BIM nas indústrias. Assim, a capacitação em BIM nos cursos de graduação é valorizada por aquele setor, pois reduz os custos de sua adoção e melhora as oportunidades de carreira dos alunos.

No Brasil, ainda são poucos os estudos voltados para o uso de BIM no ensino. A partir de uma análise de 143 teses e dissertações publicadas em 2013 e 2018 que abordam BIM, Checcucci (2019) cita que apenas 12 delas tratam da sua adoção no ensino.

Em um levantamento sistemático dos artigos de periódicos publicados em inglês, indexados nas bases de dados Web of Science, Scopus e Engineering Village - Compendex, encontrou-se apenas um artigo que aborda o uso de BIM em disciplinas de sistemas prediais em cursos de Engenharia Civil e Arquitetura. Neste artigo, Palomera-Arias e Liu (2016) relatam as modificações feitas em uma disciplina de Sistemas Prediais para o uso de BIM nos exercícios de laboratório, em conjunto com as dificuldades no uso do *software*; os benefícios e desvantagens do uso de BIM no processo de ensino e as observações decorrentes das avaliações dos alunos.

Por sua vez, no levantamento de artigos publicados em 4 periódicos nacionais voltados para o ambiente construído, não foi encontrado nenhum artigo referente aos Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários (SPHS).

Tendo em vista a importância dessa ferramenta no desenvolvimento do projeto dos SPHS, este artigo tem como objetivo avaliar o uso de BIM em uma disciplina voltada para este tema em um curso de Engenharia Civil (EC).

2 MÉTODO

Este trabalho consiste em uma pesquisa-ação desenvolvida em dois oferecimentos de uma disciplina dividida em dois semestres (SEM1 e SEM2) que contempla o projeto de SPHS em um curso de EC.

Esta disciplina é obrigatória, é desenvolvida em 45 horas-aula e está inserida no 7º semestre da grade curricular, que conta também com uma disciplina obrigatória no 3º. semestre, a qual contempla desenho e projeto assistidos por computador e, desde 2011, aborda BIM.

No SEM1, a disciplina contou com 83 alunos e, no SEM2, com 82 alunos. Em ambos os semestres, as aulas foram ministradas por um docente e o respectivo auxiliar.

Para o traçado dos sistemas prediais foram disponibilizados, no SEM1:

- Material desenvolvido pela Contier Arquitetura (2014):
  - Arquivo em Revit da Autodesk do projeto arquitetônico de um edifício, modulado no padrão do programa federal Minha Casa Minha Vida – MCMV: o edifício é composto por 5 pavimentos (térreo e mais 4 andares) com 8 apartamentos por pavimento; cada apartamento contém 1 banheiro, cozinha e lavanderia;
  - *Template* MCMV criado em Revit, com objetivo de fornecer um arquivo BIM com bibliotecas de famílias adaptadas à construção civil no Brasil; e
  - Tutorial MCMV em BIM, ou seja, um manual de uso das famílias e bibliotecas;

- *plugin* Tigrecad da Ofcdesk para o Revit da Autodesk, contendo a biblioteca com as famílias de componentes hidráulicos;

- *Links* de cursos gratuitos no *YouTube*, via *GoogleDrive* e via ambiente virtual institucional.

Os alunos desenvolveram a modelagem do projeto dos sistemas prediais de: esgoto sanitário; água pluvial; água fria e quente. Cada etapa do projeto foi avaliada de forma quantitativa, por meio da atribuição de notas a critérios preestabelecidos, os quais já eram utilizados em oferecimentos anteriores.

Para o levantamento da opinião dos alunos, foi realizada uma entrevista coletiva e aplicados questionários individuais. O questionário individual e o termo de consentimento livre e esclarecido foram aprovados pelo Comitê de Ética da Unicamp (Número CAAE: 65247717.3.0000.5404). A fim de não introduzir viés nos resultados, os alunos foram informados sobre a realização da pesquisa somente ao final do semestre. Destaca-se que a identificação do respondente era opcional, portanto, as notas obtidas no projeto não foram confrontadas com as respostas ao questionário.

O mesmo método de pesquisa foi adotado no SEM2, contudo, a partir da entrevista coletiva realizada no SEM1 e da observação da pesquisadora ao longo daquele semestre, verificou-se que os alunos apresentavam dificuldades no uso do *plugin* do Tigrecad no arquivo Revit e que o arquivo modelado continha algumas inconsistências na modelagem de alguns elementos.

Assim, além dos *links* dos cursos no *YouTube*, foram disponibilizados, no SEM2:

- Material desenvolvido pela Pixelmais Treinamentos especialmente para esta pesquisa (FARIA, 2017).

    - Arquivo em Revit da Autodesk para o desenvolvimento dos projetos hidráulicos;

    - Arquivo em Revit da Autodesk do modelo do projeto arquitetônico de um edifício, modulado no padrão do programa federal Minha Casa Minha Vida – MCMV: o edifício é composto por 6 pavimentos (térreo e mais 5 andares), com 4 apartamentos por pavimento; cada apartamento contém 1 banheiro, cozinha e lavanderia;

    - *Template* em Revit com as bibliotecas de famílias dos SPHS.

3 RESULTADOS

Dos 83 alunos matriculados no SEM1, 73 (88%) participaram da pesquisa. Na entrevista coletiva, os alunos do SEM1 aprovaram o uso do BIM, principalmente por aproximar a prática à teoria e criar mais possibilidades junto ao mercado, contudo:

- relataram dificuldades para desenvolver o traçado dos SPHS, pois não sabiam utilizar o programa Revit da Autodesk*;* e gostariam que isso fosse ensinado na própria disciplina;
- indicaram que o conteúdo sobre BIM apresentado na disciplina introdutória era insuficiente e que o período de tempo decorrido desde o 3. semestre era muito longo; e
- consideraram importante a disciplina contar com um docente especialista em BIM e no programa utilizado para auxiliá-los ao longo da disciplina.

No SEM2, 58 (70%) dos 82 alunos matriculados participaram pesquisa. Na entrevista coletiva realizada ao final do SEM2, os alunos também aprovaram o uso do BIM na disciplina e, a

exemplo do SEM1, relataram dificuldades para desenvolver o traçado dos SPHS por não saberem utilizar o programa Revit; e consideraram importante contar com um docente especialista em BIM e no programa para auxiliá-los. Além disso:

- afirmaram que desconheciam os conceitos básicos de BIM; e
- relataram que não usavam esta ferramenta em outras disciplinas antes do sétimo semestre.

Da observação realizada pelas pesquisadoras ao longo do semestre, considera-se que melhoria em diferentes aspectos quando comparado com oferecimentos anteriores, merecendo destaque a existência de poucas dúvidas na interpretação da representação gráfica, algo que era usual em oferecimentos anteriores.

Nenhum aluno ingressou antes de 2012; portanto, todos cursaram a disciplina do 3. semestre já com a introdução do conteúdo sobre BIM. Verifica-se que o número de alunos que fez cursos externamente à instituição foi bem maior no SEM 2 (40 alunos) do que no SEM1 (10 alunos) - Figura 1. Disso decorre, provavelmente, a informação de que a procura por material extraclasse foi muito maior no SEM1 (66 alunos, 80% do total) do que no SEM2 (36 alunos, 44% do total), conforme a Figura 2.

FIGURA 1 - Formação em BIM, durante a graduação, anteriormente à disciplina de SPHS.

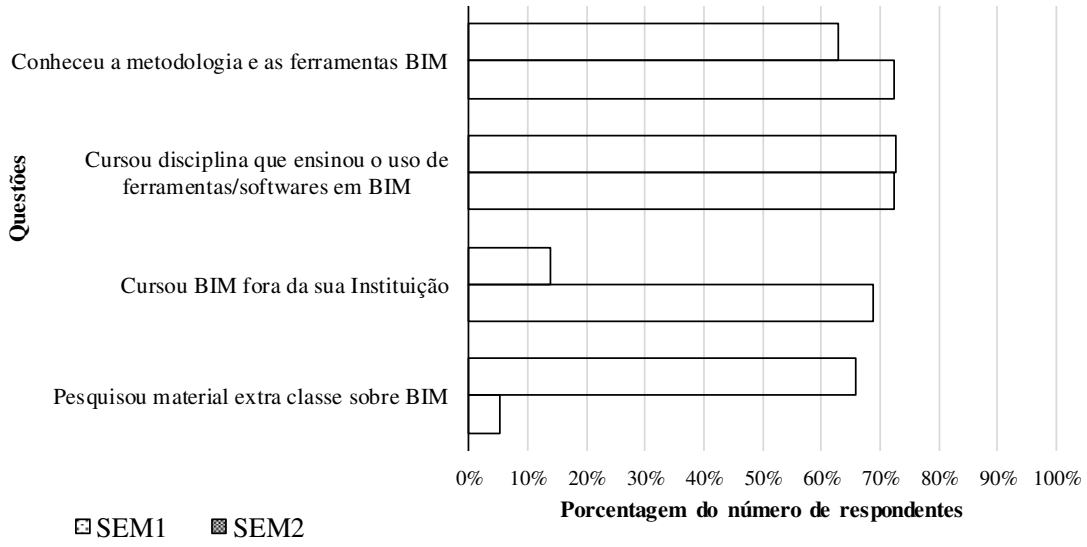
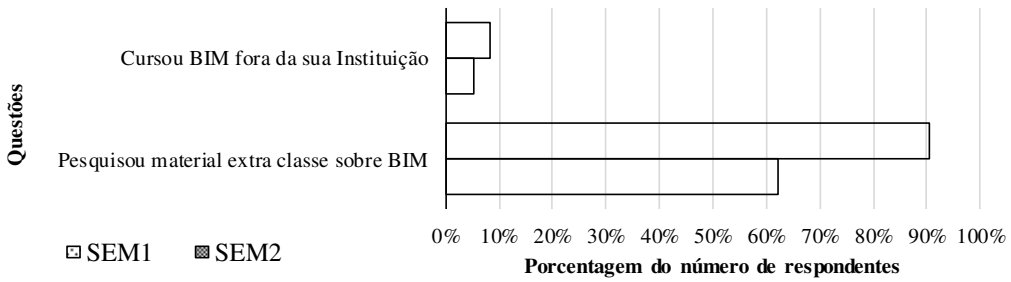
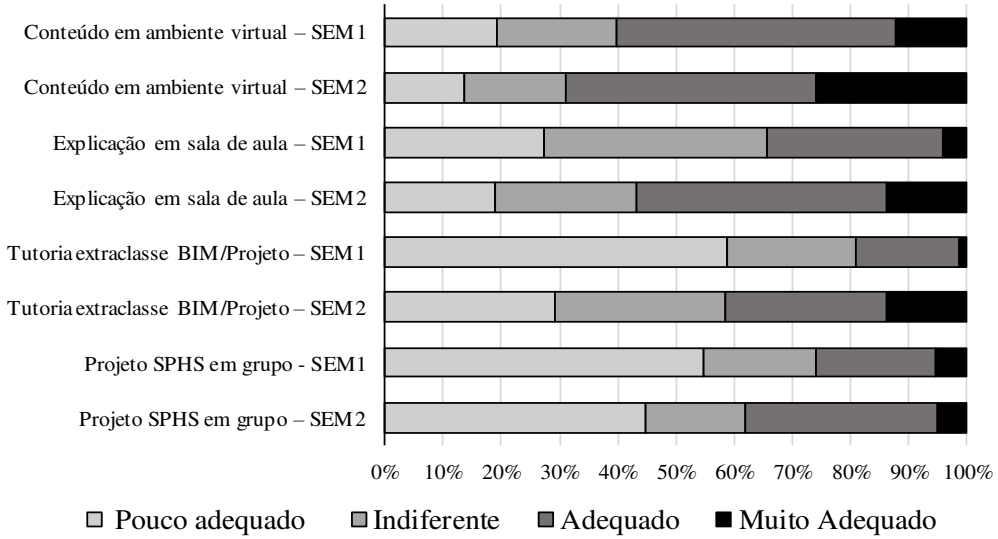


FIGURA 2 - Capacitação complementar sobre BIM durante o desenvolvimento do projeto de SPHS nos semestres em estudo.



A tutoria extraclasse e o desenvolvimento do projeto em grupo foram os itens com pior avaliação no SEM1. Já no SEM2, o desenvolvimento do projeto em grupo foi o único item que recebeu a avaliação "pouco adequado" por mais de 40% dos alunos (Figura 3).

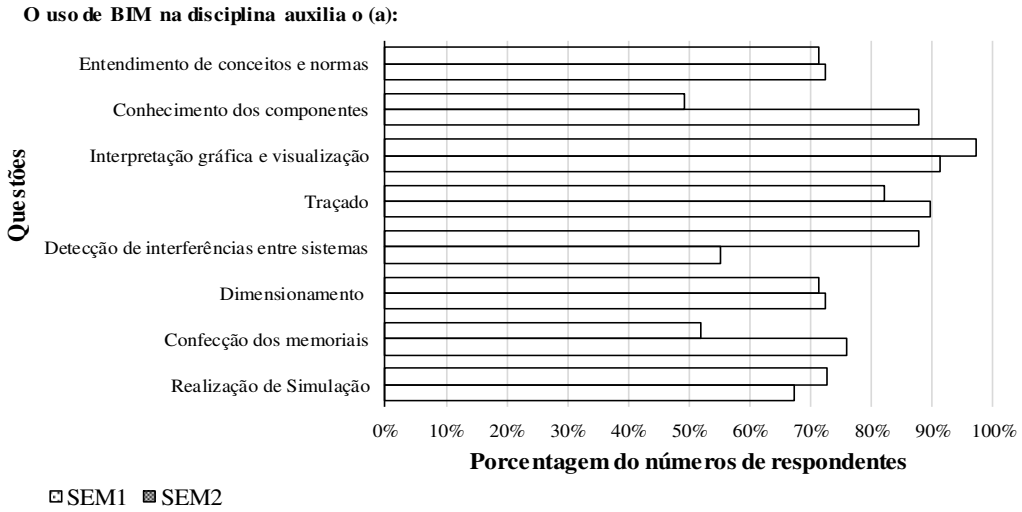
FIGURA 3 - Opinião sobre o material complementar e a dinâmica de ensino do projeto de SPHS nos semestres em estudo.



Vinte e quatro por cento (8 alunos) dos 33 alunos do SEM1 que indicaram a busca de material complementar consideraram que o mesmo estava adequado ou muito adequado. Por sua vez, dos 24 alunos do SEM2 que buscaram material complementar, 37% (9 alunos) avaliaram bem o material disponibilizado.

Em complementação, mais de 80% dos alunos, nos dois semestres, responderam que o uso do BIM auxiliou no traçado e na interpretação gráfica e visualização dos projetos de SPHS (Figura 4). Além disso, no SEM1, mais de 80% dos alunos consideraram que auxiliou na detecção de interferências entre os sistemas e, no SEM2, no conhecimento dos componentes de SPHS.

FIGURA 4 - Benefícios do uso de BIM na disciplina de SPHS: SEM1: 73 alunos; SEM2: 58 alunos



Os Quadros 2 e 3 apresentam os principais pontos positivos e os negativos apontados pelos alunos na questão dissertativa existente ao final do questionário.

QUADRO 2 - Pontos positivos apontados na questão dissertativa: 38 alunos responderam a esta questão no SEM1 (51% dos que participaram da pesquisa) e 43 no SEM2 (74% dos que participaram da pesquisa)

Ponto destacado	SEM 1	SEM2
Melhoria da visualização dos SPHS e auxílio ao aprendizado	16 alunos	10 alunos
Importância do aprendizado de BIM, tendo em vista o mercado de trabalho	6 alunos	4 alunos.

QUADRO 3: Pontos negativos apontados na questão dissertativa: 38 alunos responderam a esta questão no SEM1 (51% dos que participaram da pesquisa) e 43 no SEM2 (74% dos que participaram da pesquisa)

Ponto destacado	SEM 1	SEM2
A base de BIM (principalmente do programa Revit da Autodesk) na graduação não foi suficiente para acompanhar a disciplina e o período de tempo muito grande entre a disciplina introdutória ao BIM e a disciplina de projeto dos SPHS	12 alunos	31 alunos
elementos disponibilizados para o desenvolvimento do projeto inadequados / insuficientes	9 alunos	3 alunos
Necessidade de apoio no uso do programa	8 alunos	4 alunos
Tempo na disciplina para ensinar o básico de BIM e do programa Revit da Autodesk para SPHS	4 alunos".	6 alunos

Por fim, destaca-se que o desempenho dos alunos nas etapas de desenvolvimento dos projetos dos SPHS foi muito similar em ambos os semestres desse estudo. Avaliando-se o oferecimento anterior a esta pesquisa, verificou-se que as notas dos projetos foram, em geral, inferiores às obtidas em oferecimentos anteriores, o que pode refletir as dificuldades relatadas em usar o Revit.

4 CONCLUSÕES

Os alunos aprovaram o uso do BIM na disciplina, contudo, a falta de familiaridade com o BIM dificultou o desenvolvimento do projeto dos SPHS. Embora tenha sido disponibilizado material complementar, a maioria dos alunos indicou que o conteúdo básico de BIM deveria ser também ensinado nessa disciplina, a qual deveria contar com um tutor para tirar dúvidas sobre o programa Revit.

Ainda que no presente estudo a implementação do BIM tenha ocorrido apenas no nível introdutório (modelagem baseada em objetos) e em uma disciplina isolada, observou-se que melhoria na concepção dos SPHS, quando comparado com oferecimentos anteriores. Isso não se traduziu, contudo, em notas mais elevadas no projeto como um todo.

Considera-se importante, também, incorporar outras aplicações de BIM, de forma a desenvolver habilidades que os futuros profissionais encontrarão no mercado de trabalho, tais como interagir de forma multidisciplinar e colaborativa entre os diferentes sistemas e etapas do projeto.

REFERÊNCIAS

ABDIRAD, H.; DOSSICK, C. S. BIM Curriculum Design in Architecture, Engineering, and Construction Education: A Systematic Review. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon),** [s. l.], v. 21, n. Amor R, p. 250–271, 2016.

CHECCUCCI, É. de S. Teses e Dissertações Brasileiras sobre BIM: Uma Análise do Período de 2013 a 2018. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, [s. l.], v. 10, p. e019008, 2019.

CONTIER ARQUITETURA. **Tutorial, Manual e Material - Projeto Modulado MCMV (Template Bibliotecas e Modelo de Projeto para Revit)**, 2014. Disponível em: <http://contier.com.br/downloads>. acesso: em 12 fev 2017.

PALOMERA-ARIAS, R.; LIU, R. BIM Laboratory Exercises for a MEP Systems Course in a Construction Science and Management Program. **Journal of Information Technology in Construction,** [s. l.], v. 21, n. Issa R, p. 188–203, 2016.



XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

APLICABILIDADE DAS NORMAS INTERNACIONAIS PARA A SELEÇÃO DE PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA SIFÔNICO DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAS NO BRASIL – PESQUISA DOCUMENTAL

THE ROLE OF INTERNATIONAL STANDARDS FOR DIMENSIONING OF SIPHONIC ROOF DRAINAGE SYSTEMS – A LITERATURE REVIEW

RICHERS, Sabine[1] ; SOWMY, Daniel[2]

[1] Instituto de Pesquisas Tecnologicas (IPT),adm@risors.com.br
[2] Universidade de São Paulo (Poli - USP), dss@usp

RESUMO

O objetivo deste artigo é apresentar informações sobre as normas internacionais que poderão colaborar na elaboração de uma norma brasileira sobre Sistema Sifônico de Drenagem de Águas Pluviais (SSDAP). A pesquisa documental permitiu identificar as normas internacionais existentes possibilitando seu estudo comparativo. Os autores concluem que o projeto de um Sistema Sifônico é composto de quatro grupos de informações: (i) informações da edificação; (ii) cálculos preliminares; (iii) dimensionamento do projeto e (iv) informações detalhadas para a instalação. Os seis principais parâmetros de dimensionamento apresentados neste artigo, sobre normas e diretrizes internacionais, poderão colaborar na elaboração de uma norma brasileira sobre SSDAP. A importância deste estudo se deve ao fato dele ser o primeiro exclusivamente sobre o SSDAP publicado no Brasil.

Palavras-chave: Parâmetros, Dimensionamento, Sistema Sifônico.

ABSTRACT

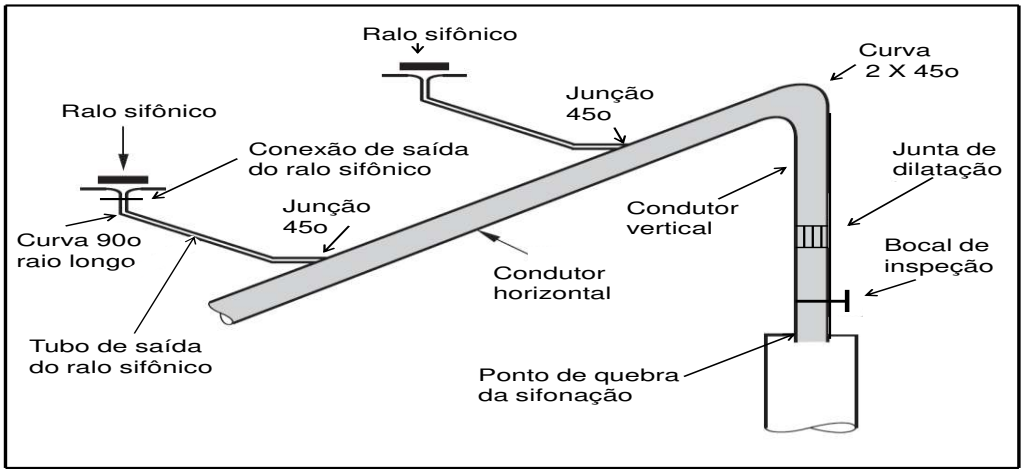
This paper is to present information about the international standards that could supply parameters to a future Brazilian standard of Siphonic Roof Drainage System. The documentary review allowed the identification of international standards enabling a comparative study. The authors concluded that the design of siphonic system should be show four groups of information: (i) information about the building; (ii)preliminary calculations; (iii) project design and (iv) detailed installation information.

Keywords: *Standards, Design, Siphonic Systems.*

1 INTRODUÇÃO

O Brasil registrou nas últimas décadas um acentuado crescimento de empreendimentos industriais e comerciais. O Sistema Sifônico de Drenagem de Águas Pluviais (SSDAP) é um sistema predial para captação de águas pluviais em grandes coberturas, acima de 5.000 m^2 e pé-direito acima de 3,5 m, que ainda é pouco estudado entre os pesquisadores no Brasil. Este sistema opera por pressão negativa, segundo o principio de Bernoulli, e dos condutos forçados, enquanto que o Sistema Convencional de Drenagem de Águas Pluviais (SCDAP) opera segundo os princípios dos condutos livres. Os componentes de um SSDAP são mostrados na Figura 1.

FIGURA 1 - Sistema sifônico – Principais componentes



Fonte: Adaptado de BS 8490 (2007).

Estudos realizados por Richers (2018) com base nas publicações de May (1997), Bramhall e Saul (1998), Sommerhein (1999), Arthur e Swaffield (1999), Bowler e Arthur (1999), Arthur e Swaffield (2001), Rattenbury (2001), May (2004), Arthur e Wright (2007) permitem afirmar que o SSDAP poderá oferecer as seguintes vantagens em relação ao SCDAP: (i) quantidade menor de prumadas; (ii) menor quantidade de caixas de passagem; (iii) menor diâmetro dos tubos nas prumadas; (iv) drenagem de calhas internas sem utilizar caixas de passagem e (v) tubulação sem inclinação.

Este artigo apresenta o desenvolvimento histórico do surgimento das normas e diretrizes internacionais de SSDAP's. A comparação dos principais parâmetros normativos internacionais é detalhada na tabela 1. Somente a norma VDI 3806:2000 apresenta um procedimento de cálculo manual que não requer o uso de software, permitindo aos projetistas um cálculo independente dos coeficientes estabelecidos pelos fabricantes.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os SSDAP's foram estudados a partir de 1970, mas somente começaram a ser largamente utilizados a partir de 1990 (Bramhall, 2005). Com a difusão da nova tecnologia, surgiu também a necessidade do estabelecimento de normas e diretrizes para o projeto, instalação e operação deste sistema sifônico.

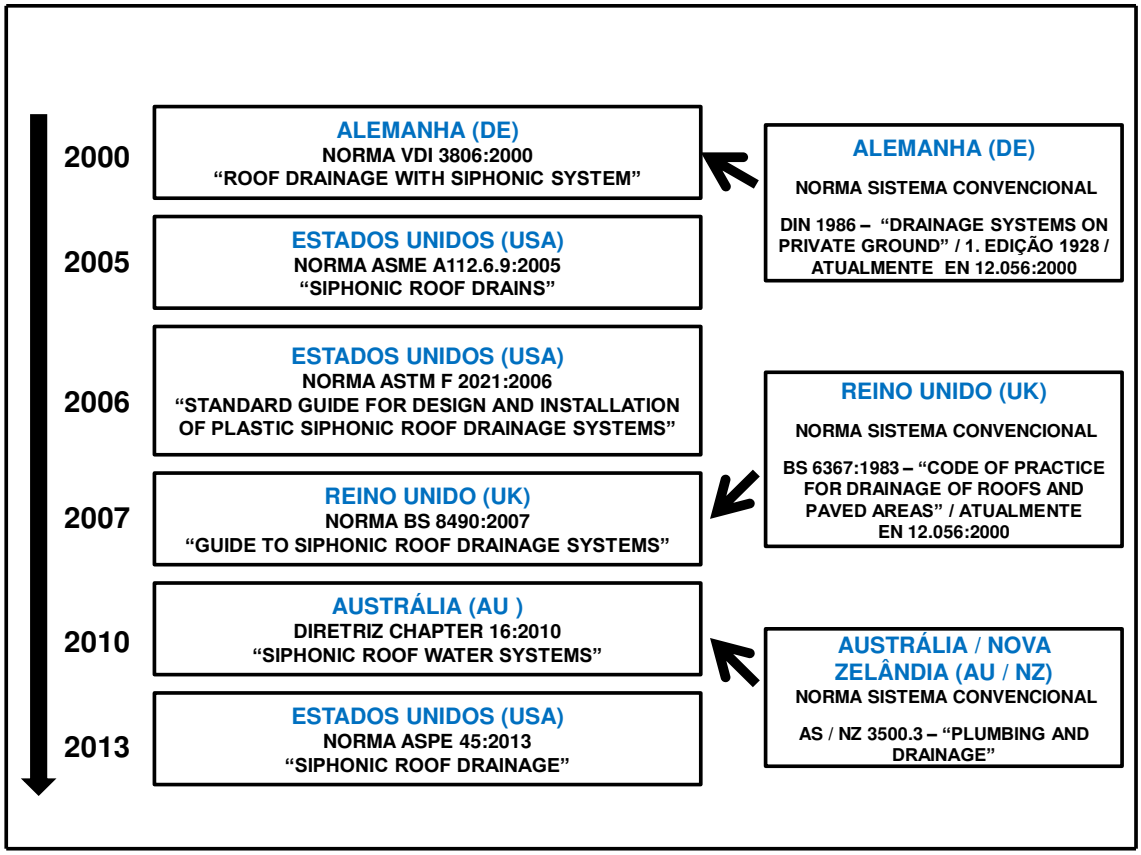
Nota-se, até hoje, que apenas alguns países possuem normas e diretrizes específicas para os SSDAP's, estes são: o Reino Unido, a Alemanha, os Estados Unidos da América e a Austrália.

As normas e diretrizes de drenagem de águas pluviais normalmente são subdivididas em três tipos de normas, como ocorre no Reino Unido e Alemanha: (i) norma e diretriz de instalações prediais de águas pluviais para edificações residenciais como casas e edifícios; (ii) norma e diretriz para drenagem externa, ou seja, para os terrenos e as áreas que não fazem parte das edificações; (iii) norma e diretriz para sistemas sifônicos de drenagem de águas pluviais.

Muitos países, como os Estados Unidos e a Austrália adotaram procedimentos diferentes. Nos Estados Unidos, diversos orgãos governamentais e associações de classe como a American Society of Mechanical Engineers (ASME), American Society of Plumbing Engineers (ASPE) e American Society For Testing Materials (ASTM) estabeleceram recomendações para projeto e instalação, agrupadas em diretrizes com validade em todo território norte-americano. A Austrália possui uma diretriz com recomendações técnicas válidas para todo território australiano e neozelandês (AU/NZ).

A ordem cronológica do surgimento das normas internacionais de SSDAP é visualizada na Figura 2.

FIGURA 2 - Cronologia das normas e diretrizes internacionais de SSDAP.



Fonte: Autores.

Observando-se a cronologia apresentada na Figura 2, verifica-se que nos países, Alemanha, Estados Unidos, Reino Unido e Austrália / Nova Zelândia, as normas para o

SCDAP antecederam as normas para o SSDAP. No Brasil já existe uma norma para o SCDAP, a NBR 10844:1989, porém ainda não existe uma norma para a SSDAP.

3 MÉTODO

A pesquisa documental adotada para este trabalho permitiu identificar no site da DIN, ASPE, VDI e BSI, as normas existentes que apresentam os parâmetros para o método de dimensionamento do sistema sifônico de drenagem de águas pluviais, possibilitando seu estudo comparativo.

O estudo comparativo destas normas permitiu que fossem selecionados os principais parâmetros de dimensionamento de um SSDAP.

4 RESULTADOS

Na Tabela 1, encontra-se uma comparação detalhada dos tópicos, subtópicos e itens das principais normas internacionais de SSDAP.

TABELA 1 – Principais parâmetros de dimensionamento e operação.

[5]

Parâmetros	Valores	Fonte
Projeto		
Verificação da perda de carga por prumada	Máximo 10% ou 1,0 m	BS 8490:2007 / ASPE 45:2013
Fator de segurança	10% na vazão do projeto	ASPE 45:2013
Pressão negativa	Máxima - 900 mbar	VDI 3806:2000
Condutor vertical	Comprimento mínimo 4,0 m; diâmetro igual ou menor do que o tubo horizontal; apresentar no topo duas curvas 45o	VDI 3806:2000 / ASPE 45:2013 / BS 8490:2007
Tubo de saída do ralo sifônico	Mínimo 1.0 m de comprimento, curva 90o na parte inferior	VDI 3806:2000 / ASPE 45:2013
Velocidades no sistema sifônico	Tubos, mínimo 1,0 m/s, máximo 6 - 7 m/s, tubo vertical de saída, 2,5 - 3,0 m/s	VDI 3806:2000 / ASPE 45:2013 / BS 8490:2007
Tempo de enchimento	Máximo 60 s	BS 8490:2007
Calhas		
Inclinação e tamanho	Até 1% de inclinação, capacidade da vazão de projeto	ASPE 45:2013 / BS 8490:2007
Ralos Sifônicos		
Posicionamento	Distância máxima 20 m, equidistante um do outro e mínimo de dois ralos por calha	VDI 3806:2000 / BS 8490:2007
Sistemas secundários ou extravasores		
Segurança	Exigência de extravasor ou sistema secundário com vazão adequada	BS 8490:2007 / Chapter 16:2010
Tubulação		
Espessura das paredes	Mínimo para PEAD é Schedule 40	ASPE 45:2013 / ASTM F 2021:2006
Operação		
Limpeza e caixas de passagem	Mínimo 3 - 4 vezes / ano; caixas de passagem com grelha para ventilação	BS 8490:2007 / ASPE 45:2013

Fonte: Autores.

Os parâmetros da Tabela 1 serão comentados resumidamente a seguir.

- Projeto – Informações gerais

No projeto de um SSDAP é importante adotar um fator de segurança de 10% na vazão de projeto, não ultrapassar a pressão negativa máxima de (-) 900 mbar, respeitar o tempo de enchimento de no máximo 60s, atentar para as velocidades mínimas da água nos tubos, de 1,0 m/s e no condutor vertical, na saída do SSDAP, de 2,5 – 3,0 m/s. O comprimento mínimo do tubo de saída do ralo sifônico deve ser de 1,0 m e condutor vertical de saída do SSDAP 4,0 m. A perda de carga por prumada em relação à carga disponível não deve ultrapassar 10% ou (-) 1,0 m.

- Calhas – Informações gerais

Recomenda-se uma inclinação de até 1% na calha, além da calha possuir a capacidade da vazão de projeto do SSDAP.

- Ralos sifônicos – Informações gerais

Os ralos sifônicos devem estar posicionados na calha equidistantes um do outro, não ultrapassando a distância de 20 m.

- Sistemas secundários ou extravasores – Informações gerais

É exigida a instalação de extravasor ou sistema secundário, como medida de segurança.

- Tubulação – Informações gerais

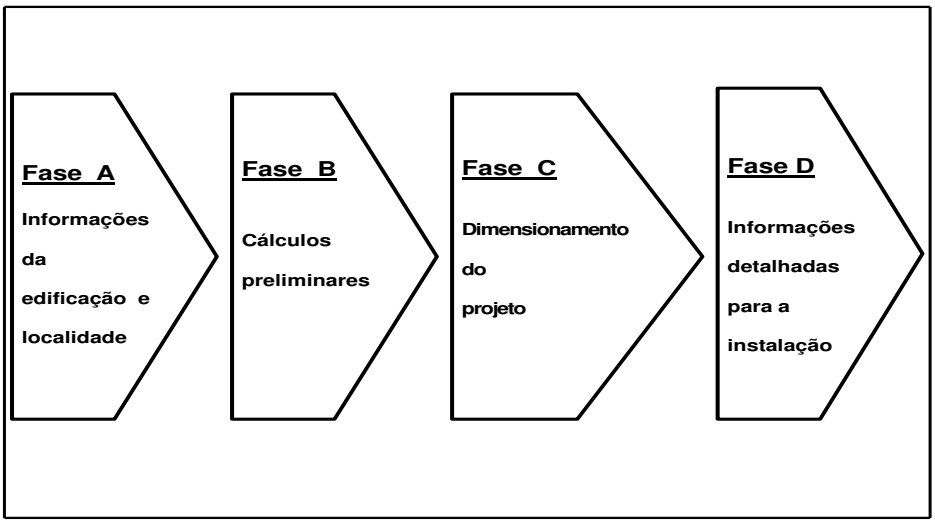
Tubos em PEAD devem apresentar no mínimo paredes de espessura de Schedule 40.

- Operação – Informações gerais

As manutenções de limpeza devem ser de quatro vezes no primeiro ano de operação. A primeira caixa de passagem após o término de um SSDAP deve apresentar grelha com ventilação.

Os autores concluem, após análise dos parâmetros, descritos nas normas, que o projeto de um SSDAP deve ser visto como um conjunto de quatro grupos de informações denominadas fases A, B, C e D, que estão representados pela Figura 3.

FIGURA 3 - Sistema sifônico – Fases do projeto.



Fonte: Autores.

A fase A é formada por informações específicas da edificação e localidade, tais como dimensões, calhas e precipitação pluviométrica. A fase B é composta de cálculos preliminares, como área da cobertura e vazão de projeto. A fase C envolve a aplicação das equações específicas decorrentes do Princípio de Bernoulli, envolvendo velocidades, diâmetros dos tubos, rugosidade e pressões negativas. Na fase D estão agrupadas as informações relevantes para a instalação de um SSDAP.

A maioria dos parâmetros descritos na Tabela 1 são utilizados na fase C, dimensionamento do projeto, da Figura 3.

5 CONCLUSÃO

As normas VDI 3806:2000, BS 8490:2007 e ASPE 45:2013 apresentam as principais equações para o cálculo e dimensionamento de um SSDAP.

A partir destas normas foi possível selecionar seis dos principais parâmetros. Estes, por sua vez, foram agrupados na fase C das quatro fases de um projeto de SSDAP.

Para auxiliar os projetistas de SSDAP no Brasil, a norma específica deveria contemplar os seis parâmetros principais destacados na Tabela 1: i) projeto; ii) calhas; iii) ralos sifônicos; iv) extravasores; v) tubulação e vi) operação.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. **ASME A112.6.9-2005**. **Siphonic roof drains**. New York: ASME, 2005.

AMERICAN SOCIETY OF PLUMBING ENGINEERS. **ASPE 45:2013:** Siphonic roof drainage. Rosemont: ASPE, 2013.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM F 2021-2006:** Standard guide for design and installation of plastic siphonic roof drainage systems. West Conshohocken: ASTM, 2006.

ARTHUR, S.; SWAFFIELD, J. A. Understanding siphonic rainwater drainage systems. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 25., Edinburgh, 1999. **Proceedings…** Delf: CIB W062, 1999. B1.

ARTHUR,S.; SWAFFIELD, J. A. Siphonic roof drainage: current understanding. **Urban Water**, v. 3, p. 43-52, 2001.

ARTHUR, S.; WRIGHT, G. B. Siphonic roof drainage systems – priming focused design. **Building and Environment,** Edinburgh, v. 42, n. 6, p. 2421-2431, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

AUSTRALIAN GOVERNMENT. Departament of Planning and Local Government. Siphonic roofwater systems. In: **Water sensitive urban design technical manual.** Greater Adelaide Region: Government of South Austrália, 2010. Chapter 16.

BOWLER, R.; ARTHUR, S. Siphonic roof rainwater drainage – design considerations. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 25., 1999, Edinburgh. **Proceedings…** Delf: CIB W062, 1999. A 3.

BRAMHALL, M. A. **The performance of siphonic rainwater outlets within gutters.** 2005. Thesis (PhD) - University of Sheffield, 2005.

BRAMHALL, M. A.; SAUL, A. J. Examination of the performance of syphonic rainwater outlets. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 1998, Rotterdam. **Proceedings…** Delf: CIB W062, 1998.

BRITISH STANDARDS INSTITUTE. **BS 8490:2007:** Guide to siphonic roof drainage systems. London: BSI, 2007.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **EN 12.056-3:** Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden. Teil 3: Dachentwässerung, Planung und Bemessung. Deutsche Fassung. EN 12.056-3:2000. DIN. Januar. 2001.

MAY, R. W. P. The design of conventional and siphonic roof-drainage systems. **Journal CIWEM,** 11, Feb. 1997.

MAY, R. W. P. **Design criteria for siphonic roof drainage systems**. Wallingford: HRS, 2004. (Report SR 654).

RICHERS,S.S. Sistema sifônico de drenagem de águas pluviais em grandes coberturas – Estudo de caso. 2018. Dissertação de Mestrado - IPT.

RATTENBURY, J. Fundamentals of siphonic roof drainage. **PM Engineer**, p. 52-58, Mar. 2001.

SOMMERHEIN, P. Design parameters for roof drainage systems. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 25., 1999, Edinburgh. **Proceedings…** Delf: CIB W062, 1999. A4.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE. **VDI 3806:2000:** Roof drainage with siphonic system. April 2000.

XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

ABORDAGEM BASEADA EM PROBLEMAS NO ENSINO DE SISTEMAS PREDIAIS NA ARQUITETURA

PROBLEM-BASED LEARNING AND TEACHING OF BUILDING SYSTEMS IN ARCHITECTURE

ARAÚJO, Letícia Santos Machado de[1]; ILHA, Marina Sangoi de Oliveira [2]

[1] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Rua Pedro Vicente, nº 625, Canindé, São Paulo, SP, CEP: 01109-010, letícia@ifsp.edu.br
[2] Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), milha@unicamp.edu.br.

RESUMO

O estúdio de projeto, uma das estratégias pioneiras do ensino centrado no aluno, é muito empregado nas disciplinas que abordam o projeto arquitetônico nos cursos de Arquitetura. Contudo, nas disciplinas da área de Tecnologia, em geral, o ensino continua sendo centrado no docente. Dentre as estratégias centradas nos alunos destaca-se a Abordagem Baseada em Problemas (ABP), que se caracteriza pelo uso de situações-problema relacionadas à prática profissional no processo de ensino-aprendizagem. Este artigo objetiva avaliar o uso da ABP em uma disciplina voltada para o projeto dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários do curso de Arquitetura. A avaliação da aplicação foi efetuada por meio de entrevista coletiva e questionários individuais aplicados aos alunos e docentes. Os resultados obtidos indicam que as situações-problema facilitaram a aprendizagem e aproximaram os alunos da prática profissional. Contudo, verificou-se um aumento da carga de trabalho, tanto dos alunos quanto dos docentes, o que pode se constituir em um entrave para a sua maior disseminação.

Palavras-chave: Ensino. Aprendizagem. Sistemas prediais hidráulicos e sanitários. Abordagem baseada em problemas. ABP.

ABSTRACT

The design studio, one of the pioneering strategies of student-centered teaching, is widely employed in disciplines of Architectural courses. However, in the Technology disciplines, in general, teaching is still teacher-centered. Among the student-centered strategies, the one that stands out is the Problem-Based Learning (PBL), which is characterized by the use of a problem-situations related to professional practice in the teaching-learning process. This article aims to evaluate the use of PBL in a Technology discipline focused in the building systems design of the Architecture. The evaluation of the application was made through a group interview and individual questionnaires applied to students and teachers. The results indicated that problem-situations facilitated the learning process and brought the students closer to the professional practice. However, there has been an increase in the workload of both students and teachers, which may be an obstacle to their greater dissemination.

***Keywords**: Teaching. Learning. Building systems. Problem-Based Learning. PBL*

1 INTRODUÇÃO

A abordagem baseada em problemas (ABP) se caracteriza pelo uso de uma situação-problema relacionada à prática profissional como ponto de partida do processo de ensino-aprendizagem, estimulando o desenvolvimento de pensamento crítico e a aquisição dos fundamentos dos conteúdos técnicos da área estudada (DE GRAFF e KOLMOS, 2003; DELGADO TRUJILLO, DE JUSTO MOSCARDÓ, 2018).

Conforme diferentes autores, a ABP aumenta a motivação e facilita o aprendizado, resultando em melhorias no desempenho acadêmico dos alunos de Arquitetura (ANTÓN *et al,* 2011, DELGADO TRUJILLO, DE JUSTO MOSCARDÓ, 2018).

O estúdio de projeto é muito empregado nas disciplinas que abordam o projeto arquitetônico nos cursos de Arquitetura; contudo, as disciplinas da área de tecnologia ainda são, em geral, ministradas com aulas expositivas (RODRIGUEZ, 2017). Em um levantamento realizado entre maio e junho de 2019 nas bases de dados Web of Science e Scopus, com a expressão de busca [("*problem-based*" OR "*project-based*") AND (*architectur**) AND (*education* OR *learning* OR *teaching*)], foram encontrados apenas dois artigos que aplicaram a ABP em disciplinas da área de tecnologia em cursos de Arquitetura, um deles voltado para o ensino do projeto de estruturas (DELGADO TRUJILLO, DE JUSTO MOSCARDÓ, 2018), e outro do projeto de instalações elétricas (ANTÓN *et al,*2011).

Nesse sentido, este artigo objetiva avaliar a utilização da ABP no ensino do projeto dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários no curso de Arquitetura e Urbanismo.

2 MÉTODO

Este trabalho consiste em uma pesquisa-ação desenvolvida dois semestres (SEM1 e SEM2) de oferecimento de uma disciplina do curso de Arquitetura e Urbanismo, a qual aborda o projeto dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários (SPHS) e conta semanalmente com 2 horas-aula presenciais e 2 de orientação.

Foi adotada uma combinação de aulas expositivas e de situações-problema (sp). As sp contemplaram as seguintes etapas: (1) apresentação e discussão; (2) desenvolvimento da solução e (3) apresentação dos resultados (PRINCE, FELDER, 2006; AHER, 2010).

O número de alunos matriculados foi igual a 30 (SEM1) e 37 (SEM2). A fim de não introduzir viés nos resultados, os alunos foram informados sobre o desenvolvimento da pesquisa somente ao final do semestre.

Vale destacar que a disciplina já contava com o desenvolvimento de um projeto dos SPHS de um edifício residencial multifamiliar e esta atividade não foi contemplada no presente trabalho.

O enunciado de cada **sp** foi disponibilizado no ambiente virtual institucional no dia da aula expositiva sobre o tema nela contemplado. No dia da aula da **sp**, os alunos trabalhavam em grupos e, após uma ou duas semanas, entregavam um relatório. Para a avaliação dessa atividade, foi verificado o atingimento de metas pré-estabelecidas.

Para o levantamento da percepção dos alunos, foi realizada uma entrevista coletiva e aplicado um questionário individual.

O questionário individual é composto por questões de escolha única e múltipla, em conjunto com questões dissertativas.

Para a análise, as respostas às questões de múltipla escolha e às dissertativas foram

agrupadas por frequência de ocorrência, conforme Batista e De Campos (2016).

A cada questão de escolha única, foi atribuída uma escala de 1 (não contribuiu/muito pouco adequado) a 5 pontos (contribuiu muito/ muito adequado), conforme El-Adaway, Pierrakos e Truax (2015).

O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética da instituição onde a pesquisa foi desenvolvida.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As atividades desenvolvidas em cada semestre desse estudo são apresentadas no Quadro 1.

Vale destacar inicialmente que o aumento de escopo e complexidade das sp no SEM2 impossibilita a comparação do desempenho global dos alunos nos dois semestres.

Na **sp1**, em ambos os semestres, os alunos foram capazes de analisar e de propor adequações aos espaços destinados aos SPHS, especificando, inclusive, os materiais utilizados, as formas de acesso e inspeção. Os relatórios estavam claros e bem detalhados, conforme ilustrado na Figura 1. No SEM2, contudo, percebeu-se uma maior dificuldade na especificação e localização do aquecedor.

Na **sp2**, todos os grupos do SEM1 executaram a montagem dos *kits* de forma rápida e organizada, indicando a compreensão do traçado impresso no tapete e a visão espacial, pela interpretação do traçado impresso em papel. Para o SEM2, os *kits* foram identificados com cores diferentes (Figura 2); ainda assim, percebeu-se uma maior dificuldade na execução desta tarefa nesse semestre.

A maioria dos grupos, em ambos os semestres, foi capaz de propor alterações no traçado do SPES, de forma a reduzir da altura do forro falso. Além disso, todos os grupos, tanto no SEM1 como no SEM2, foram capazes de verificar a conformidade do projeto com a normalização; contudo, percebeu-se uma dificuldade na identificação dos dispositivos de inspeção e de manutenção no SEM2.

A Figura 3 apresenta croquis de cálculo apresentados pelos grupos na **sp3**. No SEM1, cerca de 40% dos grupos utilizaram diâmetros acima dos recomendados no dimensionamento dos ramais e sub-ramais. Em ambos os semestres, os alunos apresentaram dificuldades na determinação das vazões dos ramais e sub-ramais.

Cerca de 70% dos grupos do SEM2 não foram capazes de verificar as pressões nos ramais e sub-ramais do SPAF-AQ, e especificar do conjunto moto-bomba para pressurização do referido sistema, sendo o desempenho, então, aquém do desejado.

QUADRO 1 - Atividades desenvolvidas.

<table>
<tr><th rowspan="2">Tópico</th><th rowspan="2">Oferecimentos anteriores</th><th colspan="2">Presente estudo</th></tr>
<tr><th>SEM1</th><th>SEM2</th></tr>
<tr><td>Introdução aos SPHS</td><td>Aula expositiva – 1 aula*</td><td>Aula expositiva - 1 aula
1ª situação-problema (sp1) - 1 aula (Análise dos espaços destinados aos SPHS e pré-dimensionamento do SPAQ).</td><td rowspan="2">idem ao SEM1</td></tr>
<tr><td>Sistema predial de esgoto sanitário (SPES)</td><td>Aula expositiva / exercício de dimensionamento - 1 aula</td><td>Aula expositiva - 1 aula
2ª situação-problema (sp2) - 1 aula (Montagem de kits hidráulicos e análise do SPES de um banheiro, de uma cozinha e de uma área de serviço e adequação, se necessário).</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Sistemas prediais de água fria (SPAF) e quente (SPAQ) -</td><td rowspan="2">Aula expositiva / exercício de dimensionamento - 2 aulas</td><td>Aula expositiva - 1 aula
3ª situação-problema (sp3) - 1 aula (Dimensionamento do caminho crítico do SPAF de um edifício residencial multifamiliar)</td><td>Aula expositiva - 1 aula
3ª situação-problema (sp3) - 1 aula (Dimensionamento do caminho crítico dos SPAF/SPAQ de um edifício residencial multifamiliar a partir de um modelo BIM do edifício (o mesmo a ser utilizado no projeto)).</td></tr>
<tr><td>4ª situação-problema (sp4) - 1 aula (Verificação do dimensionamento do SPAQ)</td><td>NA</td></tr>
<tr><td>Sistema predial de esgoto sanitário (SPES)</td><td colspan="2">NA</td><td>Aula expositiva - 1 aula
5ª situação-problema (sp5) - 1 aula (Traçado e dimensionamento do SPES de um banheiro, de uma cozinha e de uma área de serviço a partir de um modelo BIM do edifício, (o mesmo a ser utilizado no projeto)).</td></tr>
</table>

* 2 horas-aula presenciais; SPHS - Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários; NA – nenhuma atividade extra

QUADRO 1 - Atividades desenvolvidas (continuação).

Tópico	Oferecimentos anteriores	Presente estudo	
		SEM1	SEM2
Sistema predial de água pluvial (SPAP)	Aula expositiva / exercício de dimensionamento - 1 aula	Aula expositiva / exercício de dimensionamento - 1 aula	Aula expositiva - 1 aula 6ª situação-problema (**sp6**) - 1 aula (Dimensionamento do SPAP da cobertura de um edifício residencial multifamiliar a partir de um modelo BIM do edifício (o mesmo a ser utilizado no projeto)).
Sistemas prediais de gás combustível e de combate a incêndio	Aula expositiva – 1 aula	Aula expositiva - 1 aula Avaliação coletiva e aplicação dos questionários individuais - 1 aula	idem ao SEM1

* 2 horas-aula presenciais; SPHS - Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários; NA – nenhuma atividade extra

FIGURA 1 – Exemplos de relatórios entregues na sp1.



SEM1

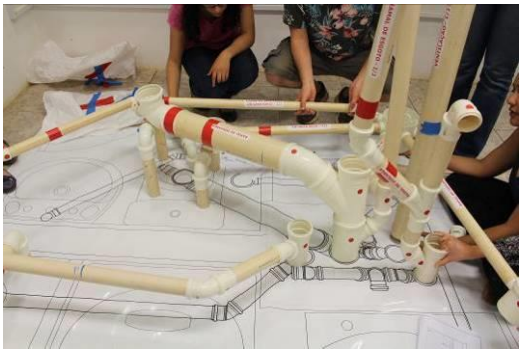


SEM2

FIGURA 2 – Montagem dos kits hidráulicos na sp2.

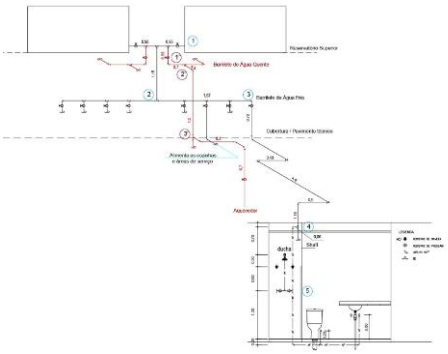


SEM1

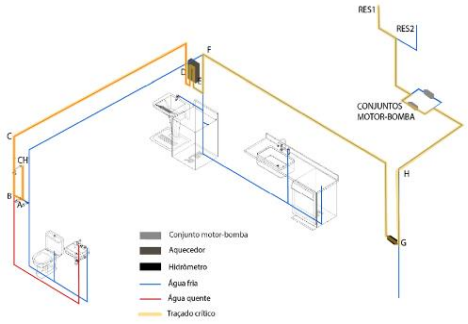


SEM2

FIGURA 3 – Exemplos de croquis de cálculo – sp3.



Grupo 2 (SEM1)



Grupo 9 (SEM2)

Na **sp4,** todos os grupos foram capazes de verificar o dimensionamento e propor soluções para que a substituição do aquecedor fosse realizada.

Na **sp5**, todos os grupos foram capazes de propor o traçado e dimensionar o SPES. Porém, 30% (3 grupos) não conectaram adequadamente as tubulações do SPES nos aparelhos sanitários e 40% (4 grupos) ventilaram o ramal de esgoto da cozinha e não conseguiram dimensionar o ramal de esgoto da saída da caixa sifonada.

Por fim, na **sp6**, todos os nove grupos foram capazes de localizar as calhas e condutores verticais. Porém, 40% (4 grupos) não foram capazes de identificar a chuva crítica para o dimensionamento, comprometendo o cálculo das vazões de projeto. Além disso, 20% (2 grupos) não realizaram o dimensionamento das calhas.

O número de alunos que participaram da entrevista coletiva e responderam aos questionários foi igual, no SEM1, a 23 (77% do total de matriculados) e, no SEM2, a 29 (78% do total).

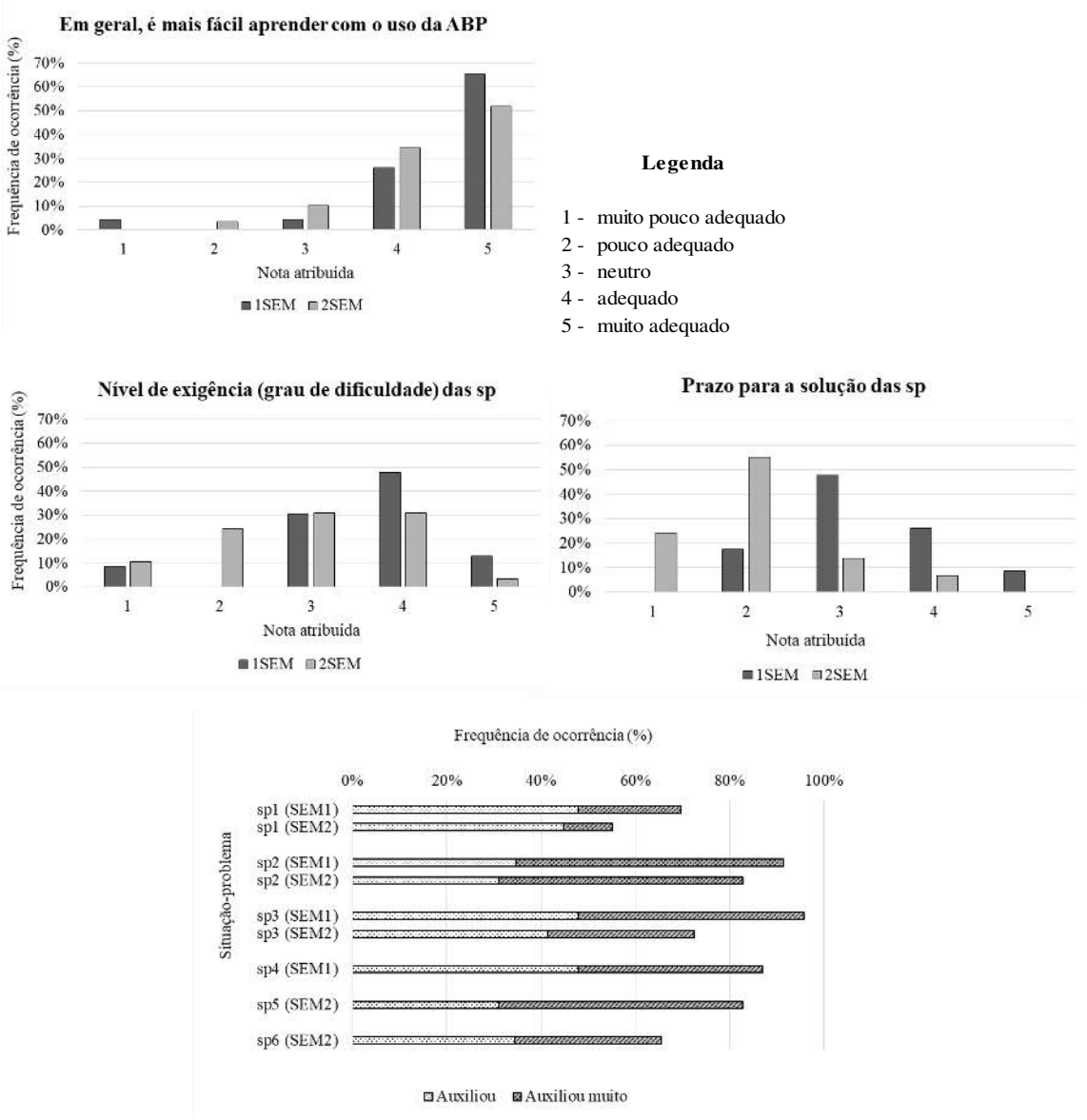
A maioria dos alunos de ambos os semestres destacaram na entrevista coletiva a aprovação da ABP, sendo ressaltado que esta foi uma das disciplinas de tecnologia do curso em que mais aprenderam, pela proximidade com a prática profissional. Os alunos do SEM1 destacaram ainda a aula prática de montagem do SPES e sugeriram a introdução de uma sp similar para o SPAF.

Por sua vez, os alunos do SEM2 ressaltaram que o trabalho extraclasse foi muito intenso e que chegou a interferir na dedicação e desempenho nas demais disciplinas cursadas nesse semestre do curso; e cerca de metade deles sugeriram introduzir as sp nas aulas de teoria, de modo a distribuir o tempo entre estas duas formas de ensino-aprendizagem.

A Figura 4 apresenta a avaliação da aplicação da ABP e das sp. A grande maioria dos alunos indicaram que as sp facilitaram a aprendizagem, contudo, apenas 46% e 20% dos alunos, respectivamente, no SEM1 e no SEM2, consideraram adequado (ou muito adequado) o prazo para a solução e o grau de exigência.

Consideraram que as sp auxiliaram ou auxiliaram muito, mais de 70% dos alunos do SEM1 e mais de 55% dos alunos do SEM2. A **sp2** e a **sp3** merecem destaque nessa avaliação. Em geral, o uso da ABP foi mais bem avaliado no SEM1.

FIGURA 4 – Avaliação da aplicação da ABP no SEM1 (23 alunos) e no SEM2 (29 alunos).



Responderam às questões dissertativas 18 alunos (58% dos que participaram da pesquisa) no SEM1 e 26 no SEM2 (72%).

Os pontos positivos mais comentados foram: facilidade de aprendizagem (8 alunos do SEM1 e 4 alunos do SEM2) e o aprendizado contínuo, evitando-se o acúmulo de conteúdo (6 alunos do SEM2). O ponto negativo mais comentado, em ambos os semestres, foi a excessiva carga de trabalho extraclasse (6 alunos do SEM1 e 12 alunos do SEM2). Esse ponto também foi destacado como negativo pelos docentes, pois o grande número de correções inviabilizou o rápido retorno aos alunos dos principais erros cometidos.

4 CONCLUSÕES

Segundo os alunos, as situações-problema facilitaram a aprendizagem e os aproximaram da prática profissional. O aprendizado contínuo também foi destacado como um ponto positivo, corroborando com os resultados obtidos por Delgado Trujillo e De Justo Moscardó (2018).

O aumento da carga de trabalho foi considerado como o principal entrave pelos alunos e docentes. Considera-se que o uso de tecnologias da informação e comunicação junto da aplicação da ABP, conforme Pinos Medrano (2015), poderia amenizar o referido problema.

REFERÊNCIAS

AHERN A.A. A case study: problem-based learning for civil engineering students in transportation courses. **European Journal of Engineering Education**, v. 35, nº 1, p.109–116, March, 2010.

ANTÓN, A. M. *et al*. Project-based learning used for teaching electrical installations and lighting installations in architecture. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 4, nº 1, p. 123-145, 2011.

BAPTISTA, M.N.: DE CAMPOS, D.C. (orgs). **Metodologia de pesquisa em ciências**: análises quantitativas e qualitativa. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

DE GRAFF, E.; KOLMOS, A. 2003; Characteristics of Problem-Based Learning. **International Journal of Engineering Education**, v. 17, nº. 5, p. 657-652, 2003

DELGADO TRUJILLO, A.; DE JUSTO MOSCARDÓ, E. Evaluación del diseno, proceso y resultados de una asignatura técnica con aprendizaje basado en problemas. **Educación**, XX1, v.21, nº 2, 179-203. 2018.

EL-ADAWAY, I. H; PIERRAKOS, O.; TRUAX, D. D. Sustainable construction education using problem-based learning and service learning pedagogies. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, v.141, nº 1, 2015.

PINOS MEDRANO, H. A. Uso del método de aprendizaje basado en proyectos (ABP), para la carrera de Arquitectura. **Revista Universidad y Sociedad**, v.7, nº3, p. 112-116, 2015.

PRINCE, M., J.; FELDER, R. M. Inductive teaching and learning methods: definitions, comparisons, and research bases. **Journal of Engineering Education**, v.95, nº2, p. 123-138, April, 2006.

RODRIGUEZ, C. M. A method for experiential learning and significant learning in architectural education via live projects. **Arts & Humanities in Higher Education**, v. 17, nº3, p.279–304. 2018.

XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

VERIFICAÇÃO DOS COMPRIMENTOS MÁXIMOS DE VENTILAÇÃO – ESTUDO DE CASO PARA BANHEIROS RESIDENCIAIS

VERIFICATION OF MAXIMUM VENTILATION LENGTHS – CASE STUDY FOR RESIDENTIAL BATHROOMS

ZILIO, Laura[1]; FERNANDES, Vera[2]; SCORTEGAGNA, Vinicius[3]; FIORI, Simone[4]; SETOLI, Anelise[5]

[1] Universidade de Passo Fundo, Rua Benjamim Constant 400/802, laurasfzilio@gmail.com
[2] Universidade de Passo Fundo, cartana@upf.br
[3] Universidade de Passo Fundo, viniciuss@upr.br;
[4] Universidade de Passo Fundo, sfiori@upf.br;
[5] Universidade de Passo Fundo, Anelise.sertoli@upf.br

RESUMO

Sabe-se que o sistema de esgoto sanitário opera com escoamento livre, por gravidade. Sendo assim, a pressão atuante no mesmo é a atmosférica. O subsistema de ventilação visa manter a pressão constante no interior das tubulações para proteger o fecho hídrico dos desconectores, com o propósito de que estes não percam a função de barrar a entrada dos odores do interior das tubulações para os ambientes sanitários. No entanto, nos momentos de escoamento, podem se desenvolver variações de pressão que alteram o fecho hídrico dos desconectores presentes no sistema. Para estes casos foi desenvolvido os sistemas de ventilação. Dentre os tipos de ventilação preconizados pela NBR 8160/1999, tem-se o sistema realizado pela simples interligação do tubo de queda com a coluna de ventilação, chamado de sistema modificado com ventilação no próprio tubo de queda. Dessa forma, neste trabalho, foram testados os comprimentos máximos de ventilação indicados na NBR 8160/1999, para utilização deste sistema, através de testes experimentais que simularam um ambiente sanitário de banheiro residencial. A partir dos resultados obtidos, pode-se constatar a necessidade de uma atualização das distâncias máximas de ventilação preconizadas na NBR 8160/1999, visto que as apresentadas na última revisão se encontram extremamente conservadoras.

Palavras-chave: Sistema modificado de ventilação no próprio tubo de queda, Comprimento de ventilação.

ABSTRACT

It is known that the sanitary sewage system operates with free flow, by gravity, so the pressure actuating in it is atmospheric. The ventilation subsystem aims to maintain constant pressure inside the pipes to protect the water closure of the disconnectors, with the purpose that they do not lose the function of barring the entry of odors from the inside of the pipes to the sanitary environments. However, in times of flow, pressure variations can be developed that alter the water closure of the disconnectors present in the system. Ventilation systems were developed for these cases. Among the types of ventilation recommended by NBR 8160/1999, there is a system performed by the simple interconnection of the fall tube with the ventilation column, called a modified system with ventilation in the fall pipe itself. Thus, in this work, the maximum ventilation lengths indicated in NBR 8160/1999 were tested, to use this system, through experimental tests that simulated a sanitary environment of a residential bathroom. From the results obtained, one can observe the need for an update of the maximum ventilation distances recommended in NBR 8160/1999, because those presented in the last review are extremely conservative.

Keywords: *Modified system with ventilation in the fall pipe itself, Ventilation distances.*

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas prediais de esgoto sanitário têm como função coletar e conduzir as águas utilizadas para diversos fins nas edificações. Os desconectores presentes nas instalações, através do seu fecho hídrico, impedem o retorno dos gases e, consequentemente, a invasão dos odores do interior das tubulações para os ambientes sanitários. Para proteger os fechos hídricos dos fenômenos de variação de pressão, gerados pelas descargas nas instalações, foram inseridos os subsistemas de ventilação.

Em virtude da NBR 8160 (ABNT, 1999) ter sido revisada pela última vez nos anos 90, ela pode não estar mais representando a realidade corrente dos aparelhos e instalações e apresentar a necessidade de uma nova revisão.

O sistema modificado com ventilação no próprio tubo de queda é um dos tipos de ventilação secundária preconizado na NBR 8160 (ABNT, 1999). Neste sistema a ventilação é realizada através da interligação direta da coluna de ventilação ao tubo de queda, sem a presença de ramais de ventilação no interior dos ambientes sanitários, gerando uma economia de espaço, além de tubos, conexões e mão de obra.

Este sistema é adotado e dimensionado em projetos de acordo com distâncias máximas dos desconectores ao tubo ventilador indicadas na NBR 8160 (ABNT, 1999). Buscou-se entender em que condições este sistema pode ser utilizado em banheiros de edificações residenciais, sem que os fechos hídricos dos aparelhos sejam afetados e, por isso, foram realizados testes com os comprimentos máximos de ventilação indicados.

2 METODOLOGIA

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Hidráulica e Hidrologia da Universidade de Passo Fundo, localizado no prédio do Cetec-UPF, campus 1, Passo Fundo, RS.

O estudo realizado visou representar a realidade corrente dos sistemas hidrossanitários da cidade de Passo Fundo. Para isto, simulou-se a vazão para representar edifícios de 9 pavimentos, comuns na região central da cidade, e de 2 pavimentos, comuns em residências unifamiliares no restante dos bairros. As vazões utilizadas para simular as situações determinadas, foram calculadas de acordo com o método hidráulico apresentado no anexo B da NBR 8160/1999, resultando nos valores de 0,91 L/s e 2,72 L/s respectivamente.

2.1 Configuração dos experimentos

Definiu-se que os experimentos seriam realizados para três diâmetros nominais, 50 mm, 75 mm e 100 mm. Para o diâmetro de 50 mm, mediu-se a alteração de fecho hídrico sofrida na caixa sifonada e para os diâmetros de 75 mm e 100 mm mediu-se a alteração de fecho hídrico sofrida na bacia sanitária. Além disso, foi medida a alteração de fecho hídrico na caixa sifonada combinada com a saída da bacia sanitária de 75 mm e de 100 mm para que pudesse observar esta influência.

Foram montadas instalações de esgoto de banheiros residenciais. A simulação contou com sistemas de coleta e condução e subsistema de ventilação secundária de coluna. Para cada diâmetro nominal, foram testadas três distâncias, conforme indica a Tabela 1.

TABELA 1- Comprimentos de ventilação testados

Diâmetro nominal do ramal de descarga DN (mm)	Distâncias dos protótipos (m)
50	0,55
	1,68
	2,86
75	1,50
	1,80
	2,80
100	1,50
	2,20
	3,20

Fonte: Próprio autor (2019)

Foram montados 12 protótipos para a simulação dos banheiros residenciais típicos, com a seguinte configuração: uma bacia sanitária com caixa acoplada, um lavatório e um chuveiro. Estes protótipos foram testados em sua configuração original: utilizando a caixa sifonada grande, curva de raio longo no desvio do tubo de queda e com sistema de ventilação, e com algumas variações, sendo estas: utilizando caixa sifonada pequena, joelho de 90° no desvio do tubo de queda e com a ventilação totalmente restringida. A Figura 1 apresenta um dos protótipos montados.

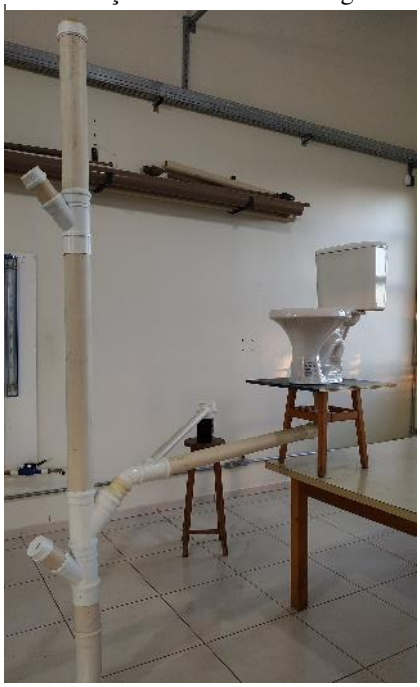
FIGURA 1 - Protótipo modelo montado



Fonte: Próprio autor (2019)

Para restringir a ventilação secundária foram utilizados caps como apresenta a Figura 2. O cap utilizado no topo do tubo de queda precisou ser cortado para o acesso da tubulação de simulação de vazões. Para impedir a entrada de ar, utilizaram-se pequenos pedaços de cera para a vedação do encaixe entre a abertura e a tubulação, conforme a Figura 3 exemplifica.

FIGURA 2 - Protótipo com a ventilação totalmente restringida



Fonte: Próprio autor (2019)

FIGURA 3 - Restrição da ventilação primária no topo do tubo de queda



Fonte: Próprio autor (2019)

As tubulações de PVC foram instaladas de acordo com as recomendações do fabricante pelo sistema de junta elástica, o qual permite a movimentação das tubulações. Neste sistema utilizam-se anéis de vedação em conjunto com uma pasta lubrificante para união dos tubos e conexões.

Como indica a NBR 8160 (ABNT, 1999), as ligações entre o tubo de queda e a coluna de ventilação foram feitas por meio de uma junção em 45°. Observando também que a mesma estivesse locada a no mínimo 15 centímetros acima do nível de borda da bacia sanitária, por ser o mais elevado aparelho servido. Além disso, pelo experimento representar o banheiro do pavimento térreo, foi necessária uma segunda interligação do tubo de queda com a coluna de ventilação antes do desvio do tubo de queda, conforme apresenta a Figura 4.

FIGURA 4 - Interligações da coluna de ventilação diretamente ao tubo de queda



Fonte: Próprio autor (2019)

Na Figura 4, pode-se observar a presença de um tubo após a interligação da coluna de ventilação com o tubo de queda, este foi utilizado apenas para manter o equilíbrio dos protótipos.

Para as análises de alteração de fecho hídrico realizadas na caixa sifonada ocorreram cinco situações:

• Com a descarga da bacia sanitária do pavimento térreo;
• Com a descarga no tubo de queda representando a residência de 2 pavimentos;
• Com a descarga da bacia sanitária do pavimento térreo e com a descarga no tubo de queda representando a residência de 2 pavimentos simultâneas;
• Com a descarga no tubo de queda representando a edificação de 9 pavimentos;
• Com a descarga da bacia sanitária do pavimento térreo e com a descarga no tubo de queda representando a edificação de 9 pavimentos simultâneas;

Visto que o foco das análises é a ocorrência de sifonagem induzida, não foram simuladas as situações com a descarga apenas da bacia sanitária e as situações com a descarga da bacia simultânea às descargas no tubo de queda. Para os diâmetros de 75 e 100 mm, foram analisadas as alterações de fecho hídrico nas seguintes condições:

• Com a descarga no tubo de queda representando a residência de 2 pavimentos;
• Com a descarga no tubo de queda representando a edificação de 9 pavimentos;

2.2 Realização dos experimentos

Os testes foram realizados com o auxílio das duas bombas ligadas em paralelo para fornecer a vazão necessária conforme calculado. Durante o percurso, a água vinda das bombas passava por um rotâmetro o qual media e indicava a vazão a qual estava sendo despejada no topo do tubo de queda. As bombas utilizadas possuem inversores de frequência, assim, de acordo com testes prévios realizados, pôde-se determinar as frequências que resultariam nas vazões desejadas. A Figura 5 apresenta o rotâmetro utilizado.

FIGURA 5 - Rotâmetro utilizado nos experimentos



Fonte: Próprio autor (2019)

As medições foram efetuadas com o auxílio de fitas graduadas fixadas nas caixas sifonadas, conforme ilustrado na Figura 6, e na bacia sanitária com uma régua graduada fixada na borda do aparelho, conforme Figura 7. Antes do início de cada simulação foi realizada a reposição dos fechos hídricos dos aparelhos e aguardou-se até que os mesmos se estabilizassem para iniciar o estudo. Após o nivelamento dos fechos hídricos, lançava-se a vazão determinada no tubo de queda e passados 10 segundos de vazão constante, as bombas eram desligadas e só após estabilizar a água era realizada a medição da alteração de altura dos fechos hídricos.

Figura 6 - Fita graduada fixada na caixa sifonada



Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 7 - Régua fixada na bacia sanitária



Fonte: Próprio autor (2019)

3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Conforme foram ocorrendo os testes, pôde-se perceber que mesmo com os comprimentos de ventilação extremamente grandes para os protótipos com a ventilação secundária e maiores do que o máximo permitido pela norma não ocorria sifonagem induzida. Este fenômeno não era notado nem na caixa sifonada, provocado pela bacia sanitária ou pelos pavimentos superiores, nem na bacia sanitária provocado pelos pavimentos superiores.

A falta da ocorrência de sifonagem induzida mesmo em comprimentos de ventilação extremamente grandes deve-se, grande parte, pela atualização dos aparelhos sanitários, tubos e conexões. As características dos aparelhos sanitários da época de testes e publicação da norma NBR 8160 (ABNT, 1999) eram divergentes das atuais e a vazão de descarga foi o principal fator alterado.

Tamanha diferença não possibilitou a ocorrência de sifonagem induzida em comprimentos maiores dos máximos especificados pela norma NBR 8160 (ABNT, 1999). Assim para confirmar a efetividade do subsistema de ventilação secundária empregado optou-se pela restrição total da ventilação. A perda do fecho hídrico dos aparelhos analisada nos experimentos com a ventilação totalmente restringida é apresentada nas Tabelas 2, 3, 4, 5, 6 e 7.

TABELA 2 - Resultados dos experimentos do diâmetro nominal de 50 mm, combinados com 100 mm, com caixa sifonada grande

	Diâmetro 50 mm combinado com 100 mm CS GRANDE			
	Comprimentos de ventilação (m)	2,86	1,68	0,55
COM CURVA DE RAIO LONGO	SEM VENTILAÇÃO			
	Bacia	-0,3	-0,3	-0,9
	2 pavimentos	-0,2	-0,1	-
	2 pavimentos + bacia	-3,3	-1,8	-3,5
	9 pavimentos	-3,4	-4,8	-1,1
	9 pavimentos + bacia	-3,3	-3,6	-3,0
	Comprimentos de ventilação (m)	2,86	1,68	0,55
COM JOELHO 90°	SEM VENTILAÇÃO			
	Bacia	-0,3	-	-0,3
	2 pavimentos	-0,5	-	-0,3
	2 pavimentos + bacia	-3,0	-1,6	-2,3
	9 pavimentos	-3,8	-4,4	-4,3
	9 pavimentos + bacia	-5,6	-5,6	-6,0

Fonte: Próprio autor (2019)

TABELA 3 - Resultados dos experimentos do diâmetro nominal de 50 mm, combinados com 100 mm, com caixa sifonada pequena

	Diâmetro 50 mm combinado com 100 mm CS PEQUENA			
	Comprimentos de ventilação (m)	2,86	1,68	0,55
COM CURVA DE RAIO LONGO	SEM VENTILAÇÃO			
	Bacia	-0,2	-0,2	-0,4
	2 pavimentos	-0,1	-0,1	-0,2
	2 pavimentos + bacia	-1,8	-1,6	-2,0
	9 pavimentos	-1,9	-1,8	-1,9
	9 pavimentos + bacia	-1,9	-1,8	-2,0
	Comprimentos de ventilação (m)	2,86	1,68	0,55
COM JOELHO 90°	SEM VENTILAÇÃO			
	Bacia	-0,3	-0,3	-0,1
	2 pavimentos	-0,2	-0,3	-0,4
	2 pavimentos + bacia	-1,9	-1,6	-1,8
	9 pavimentos	-1,9	-1,7	-2,1
	9 pavimentos + bacia	-1,9	-2,0	-2,1

Fonte: Próprio autor (2019)

TABELA 4 - Resultados dos experimentos do diâmetro nominal de 50 mm, combinados com 75 mm, com caixa sifonada grande

	Diâmetro 50 mm combinado com 75 mm CS GRANDE			
	Comprimentos de ventilação (m)	2,86	1,68	0,55
COM CURVA DE RAIO LONGO	SEM VENTILAÇÃO			
	Bacia	-0,2	-0,3	-0,3
	2 pavimentos	-0,2	-0,2	-0,3
	2 pavimentos + bacia	-0,9	-1,2	-1,6
	9 pavimentos	-2,1	-2	-1,9
	9 pavimentos + bacia	-2,8	-3,1	-3,0
	Comprimentos de ventilação (m)	2,86	1,68	0,55
COM JOELHO 90°	SEM VENTILAÇÃO			
	Bacia	-0,2	-0,4	-0,4
	2 pavimentos	-0,3	-0,4	-0,5
	2 pavimentos + bacia	-1,3	-0,7	-2,0
	9 pavimentos	-2,3	-4,1	-3,2
	9 pavimentos + bacia	-5,3	-5,4	-6,4

Fonte: Próprio autor (2019)

TABELA 5- Resultados dos experimentos do diâmetro nominal de 50 mm, combinados com 75 mm, com caixa sifonada pequena

	Diâmetro 50 mm combinado com 75 mm CS PEQUENA			
	Comprimentos de ventilação (m)	2,86	1,68	0,55
COM CURVA DE RAIO LONGO	SEM VENTILAÇÃO			
	Bacia	-0,3	-0,3	-0,3
	2 pavimentos	-0,3	-0,2	-0,2
	2 pavimentos + bacia	-1,5	-1,7	-1,6
	9 pavimentos	-1,5	-1,7	-1,5
	9 pavimentos + bacia	-1,9	-1,8	-1,8
	Comprimentos de ventilação (m)	2,86	1,68	0,55
COM JOELHO 90°	SEM VENTILAÇÃO			
	Bacia	-0,2	-0,2	-0,3
	2 pavimentos	-0,2	-0,3	-0,4
	2 pavimentos + bacia	-1,3	-1,4	-1,2
	9 pavimentos	-1,7	-1,6	-1,5
	9 pavimentos + bacia	-2,1	-1,9	-1,9

Fonte: Próprio autor (2019)

TABELA 6- Resultados dos experimentos do diâmetro nominal de 75 mm

	Diâmetro 75 mm			
	Comprimentos de ventilação (m)	1,5	1,80	2,8
COM CURVA DE RAIO LONGO	SEM VENTILAÇÃO			
	2 pavimentos	-	-	-
	9 pavimentos	-1,5	-1,0	-
	Comprimentos de ventilação (m)	1,5	1,80	2,8
COM JOELHO 90°	SEM VENTILAÇÃO			
	2 pavimentos	-	-0,5	-
	9 pavimentos	-3,0	-5,0	-2,0

Fonte: Próprio autor (2019)

TABELA 7- Resultados dos experimentos do diâmetro nominal de 100 mm

	Diâmetro 100 mm			
	Comprimentos de ventilação (m)	1,5	2,20	3,2
COM CURVA DE RAIO LONGO	SEM VENTILAÇÃO			
	2 pavimentos	-	-	-
	9 pavimentos	-4,0	-7,0	-1,5
	Comprimentos de ventilação (m)	1,5	2,20	3,2
COM JOELHO 90°	SEM VENTILAÇÃO			
	2 pavimentos	-	-1,0	-
	9 pavimentos	-2,5	-4,0	-3,0

Fonte: Próprio autor (2019)

Os experimentos realizados com a ventilação secundária atuando, não resultaram em variações de fecho hídrico, pode-se então constatar a atuação do subsistema de ventilação empregado mesmo em distâncias muito grandes.

As duas análises realizadas, a respeito da ventilação secundária e da ocorrência de sifonagem induzida, são controversas. Pôde-se observar que quanto mais próxima a ligação ao tubo de queda, menor o comprimento de ventilação e maior é a influência do subsistema de ventilação instalado. Em contrapartida quanto mais próxima a ligação do tubo de queda maior a força de sucção da sifonagem induzida.

Além disto, foi possível constatar que nos experimentos em que se usou a caixa sifonada pequena (100x100x50), a ocorrência da perda total do fecho hídrico é facilitada, visto que o seu fecho hídrico é menor do que o da caixa sifonada grande (150x150x50). Comparando a utilização das duas caixas sifonadas, na grande, para a ocorrer a perda total do fecho hídrico foi necessária uma vazão significativamente maior do que a utilizada na caixa pequena.

Na configuração inicial dos protótipos foi instalada a curva de raio longo para realizar o desvio do tubo de queda, como indica a NBR 8160 (ABNT, 1999). No protótipo alternativo com a utilização do joelho de 90° esperava-se observar fenômenos de sobrepressão na caixa sifonada, porém estes não ocorreram. Notou-se apenas um pequeno borbulhamento, pouco significativo. Contudo, nestes testes realizados com o joelho de 90° a sifonagem induzida notada é mais relevante do que nos testes realizados com a curva de raio longo.

4 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao fim da realização de testes iniciais, notou-se a necessidade de ampliação das análises, optou-se então pela restrição total de ventilação. Esta deve-se a falta de ocorrência dos resultados esperados com a simples análise dos comprimentos de ventilação, advinda da atualização dos aparelhos sanitários. A adição de novos aspectos de análise possibilitou a percepção do funcionamento real do sistema de modo mais amplo e prático.

Pode-se perceber, pela análise dos resultados obtidos, que a NBR 8160 (ABNT, 1999) apresenta a necessidade de uma atualização das distâncias máximas de ventilação preconizadas. Visto que para as distâncias e vazões empregadas neste trabalho, elas apresentaram-se extremamente conservadoras.

Mesmo não sendo possível a comparação dos resultados com os de outros autores para a mesma tipologia de experimento e análise, os resultados obtidos geraram aprendizados significativos e dados para dar continuação a futuros estudos. Pôde-se observar e

relacionar a ocorrência dos fenômenos e também o funcionamento do sistema de ventilação adotado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160**: Sistemas prediais de esgoto sanitário- Projeto e execução. São Paulo, 1999.

FERNANDES, V. M. C. **Formulação das condições limites para utilização de ventilação primária e secundária nos sistemas prediais de esgotos sanitários de edifícios residenciais e de escritórios.** 2002. 562 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana), Universidade de São Paulo, São Paulo.

FERNANDES, V. M. C.; GONÇALVES, O. M. Análise do uso de válvulas de admissão de ar nos sistemas de esgotos sanitários brasileiro, In: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 4., 2002, Porto Alegre. **Anais Antac 2002**, Porto Alegre: 2002. p. 1926.

FERNANDES, V. M. C.; GONÇALVES, O. M. Condições- limite para utilização do sistema de tubo de queda único nos sistemas prediais de coleta de esgoto sanitário residencial, In: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 6., 2006, Porto Alegre. **Anais Antac 2006**, Porto Alegre: 2006. p. 07-18.

GRAÇA, M. E. A. **Formulação para Avaliação das Condições Determinantes da Necessidade de Ventilação Secundária em Sistemas Prediais de Coleta de Esgotos Sanitários.** 1985. 357p Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.

RODRIGUES, R. **Desconectores nas instalações prediais de esgoto: uma avaliação crítica das especificações técnicas.** 2004. 123 p. Tese (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia), Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo.

SANTOS, D. C. **Contribuições para a Estruturação de Modelo Aberto para o Dimensionamento Otimizado dos Sistemas Prediais de Esgotos Sanitários.** 1998. 290p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.

XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

GERENCIAMENTO DAS PRESSÕES E CONTROLE DAS PERDAS REAIS NOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA: UM MAPEAMENTO SISTÉMICO

THE MANAGEMENT OF PRESSURES AND CONTROL OF REAL LOSS IN WATER DISTRIBUTION SYSTEMS: A SYSTEMIC MAPPING

MORAIS, Lucas S.R. de[1]; **PAULA, Heber M.**[2]

[1] Universidade Federal de Goiás, Regional Catalão, Mestrando do PPG em Engenharia Civil, Av. Dr. Lamartine Pinto de Avelar, 1120, Setor Universitário, Catalão, Goiás, lucas.salomao@ufg.br

[2] Universidade Federal de Goiás, Regional Catalão, Prof. do PPG de Modelagem e Otimização e PPG em Engenharia Civil, heberdepaula@ufg.br

RESUMO

Os índices de perdas reais nos sistemas de distribuição de água no mundo e no Brasil ainda são bem altos. Nos últimos anos em que as mudanças climáticas provocaram grandes secas e períodos de racionamento e escassez de água nas grandes cidades, o tema ganhou destaque. Esses vazamentos geram desperdício e trazem grandes prejuízos ambientais, econômicos e sociais. O objeto de estudo deste artigo é a revisão de literatura do gerenciamento de vazamentos e controle das pressões nos sistemas de distribuição de água, a fim de catalogar, por meio das bases de dados indexadas, as contribuições científicas relacionadas ao tema, a partir de palavras-chave pré-determinadas. A utilização do Mapping Study proporcionou a catalogação de todo o material, a classificação por diversos aspectos e a análise das tendências de estudo e as lacunas existentes, que são oportunidades de novas pesquisas. Pelos resultados obtidos, observou-se que são oriundos da Europa a maior parte dos artigos relacionados ao tema. O uso das válvulas redutoras de pressão é o método mais utilizado para se controlar os vazamentos e a pressão dos sistemas. Os problemas de otimização relacionados aos modelos de calibração de rede e os aspectos e impactos ambientais quando da implantação do controle das perdas reais são as vertentes de pesquisa menos exploradas.

Palavras-chave: Pressão, Perdas Reais, Vazamento, Sistemas de Distribuição de Água.

ABSTRACT

The indices of real losses in water distribution systems in the world and in Brazil are still very high. In recent years, when climate change has caused great droughts and periods of rationing and water scarcity in large cities, the theme has gained prominence. These leaks generate waste and bring great environmental, economic and social damages. The purpose of this article is to review the literature on leakage management and pressure control in water distribution systems, in order to catalog, through indexed databases, the scientific contributions related to the theme, from words keys. The use of the Mapping Study provided the cataloging of all the material, the classification by several aspects and the analysis of the study trends and the existing gaps, which are opportunities for new research. From the results obtained, it was observed that most of the articles related to the topic came from Europe. The use of pressure reducing valves is the most widely used method to control leaks and pressure systems. The optimization problems related to the network calibration models and the environmental aspects and impacts when implementing real loss control are the least explored research areas

Keywords: *Pressure, Real Losses, Leakage, Water Distribution Systems.*

1 INTRODUÇÃO

As perdas de água nos sistemas de distribuição podem ser dividias em três tipos: as perdas aparentes (falhas de cadastro ou erros de macro ou micromedição), consumos não autorizados (desvios e fraudes) e as perdas reais (vazamentos visíveis, invisíveis ou inerentes) (ABES 2013). Dentre esses tipos de perdas, as perdas reais representam a maior parte, cerca de 70% (WHO 2001).

O índice de perdas nos sistemas de distribuição de água no Brasil, considerando os dados mais recentes do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS 2016), é de 38,05%. Considerando os diversos avanços tecnológicos já alcançados nas mais diversas áreas de conhecimento, esse índice pode ser considerado bastante elevado.

O excesso da pressão nas redes é uma das principais causas dos rompimentos e da geração dos vazamentos nas tubulações. O uso de Válvulas Redutoras de Pressão (VRP) é uma metodologia bastante utilizada e se mostra viável para a realização do gerenciamento da pressão e das perdas reais nos sistemas (SAMIR et.al (2017).

A utilização de VRP nesse controle é uma opção com ótimo custo-benefício e não exige difíceis técnicas para operação (NICOLINI e ZOVATTO 2009; DARVINI e SOLDINI 2015; SAMIR et.al 2017). A otimização do número dessas válvulas e sua localização são objeto de estudo de vários autores, que fazem uso de técnicas de otimização clássica, métodos bioinspirados (NICOLINI e ZOVATTO 2009; ARAUJO et al. 2006) ou também utilizando Programas Não-Lineares Inteiros Mistos (PECCI, 2015).

2 OBJETIVOS

Considerando o cenário mundial do controle de perdas nos sistemas de saneamento e os diversos estudos científicos já realizados, este artigo tem como objetivo principal investigar e expor o cenário das pesquisas relacionadas diretamente com o gerenciamento das pressões e controle das perdas reais nos sistemas de distribuição de água, através do Mapping Study, além de apresentar as perspectivas e possíveis lacunas relacionadas ao tema.

3 MATERIAIS E METÓDOS

O Mapping Study é uma metodologia de pesquisa que tem como objetivo mapear os estudos já realizados e que estão em andamento em um determinado assunto, adotando como limitador palavras-chave. Envolve desde o levantamento de material científico em banco de dados, até o tratamento e avaliação, com a classificação das informações e catalogação. Com esses passos, é possível identificar as principais vertentes estudadas, as lacunas existentes, os principais pesquisadores do assunto e onde mais frequentemente esses artigos estão publicados (BAILEY et al. 2007).
A metodologia utilizada para o levantamento da literatura em conformidade com o tema foi o Mapping Study, ou mapeamento sistêmico. Diferentes autores, em suas publicações,

descrevem como a metodologia consegue identificar os principais trabalhos e caracterizar com qualidade o estado da arte sobre o assunto, como exemplo, pode-se destacar Paula et al., (2016), Rodrigues et al., (2017), Bonfim et al., (2017) e Fernandes et al., (2017).

Na realização do levantamento, as bases de dados bibliográficos selecionadas foram o Portal de Periódicos oferecido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior do Ministério da Educação (CAPES, 2018), Compendex (ENGINEERING VILLAGE, 2018) e pelo Scopus (2018). Todos os acessos foram realizados pela rede da Universidade Federal de Goiás.

Considerando a temática a ser revisada e os recursos oferecidos pelas ferramentas de busca, como operadores booleanos e aspas, foram estabelecidas as seguintes palavras-chave para realizar a pesquisa: (a) Pressure AND "Water distribution systems" (b) "Real losses" AND "water distribution systems" (c) Leakage AND "Water distribution systems". Em todas as bases aplicou-se o filtro “Periódico revisado por pares” ou “journal article”. Devido ao grande número de resultados encontrados, no banco de dados da CAPES foram buscados artigos dos últimos 35 anos. Na pesquisa, foram utilizados filtros de busca para otimizar os resultados. As pesquisas foram realizadas entre os meses de setembro e outubro de 2018.

Após a realização das buscas, foi realizada a leitura dos títulos de cada artigo. Os artigos com títulos aderentes ao objeto da pesquisa foram salvos em listas dentro das próprias páginas das bases. Essas listas foram importadas em formato BibTex para acesso fora da rede de internet. Esses arquivos foram abertos dentro do Programa JabRef®. A partir desse programa, realizou-se a remoção de títulos duplicados e a leitura dos resumos dos artigos selecionados.

Após a leitura dos resumos, foi realizada uma segunda seleção, descartando novamente artigos que não tivessem relação direta com o tema em estudo. Nos que tinham ligação ao assunto, realizou-se a identificação das vertentes e tendências de pesquisa. Por fim, os artigos selecionados foram exportados do programa JabRef® para uma planilha no Microsoft Excel® para tratamento dos dados a partir de filtros, gráficos e tabelas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Efetuadas a análise e avaliação dos dados obtidos, estes foram organizados de forma a alcançar os objetivos do Mapping Study. Todos os dados foram organizados em função das palavras-chave pré-determinadas. A Tabela 1 apresenta o número de artigos obtidos dentro das bases de dados científicos na pesquisa inicial, após a análise de título dos trabalhos, depois da remoção das duplicatas e posterior a leitura dos resumos. Ao final, o resultado obtido foi um banco de dados bibliográficos composto de 150 artigos aderentes diretamente à temática do trabalho, divididos entre as três palavras-chave escolhidas.

TABELA 1 – Resultados obtidos no Mapping Study

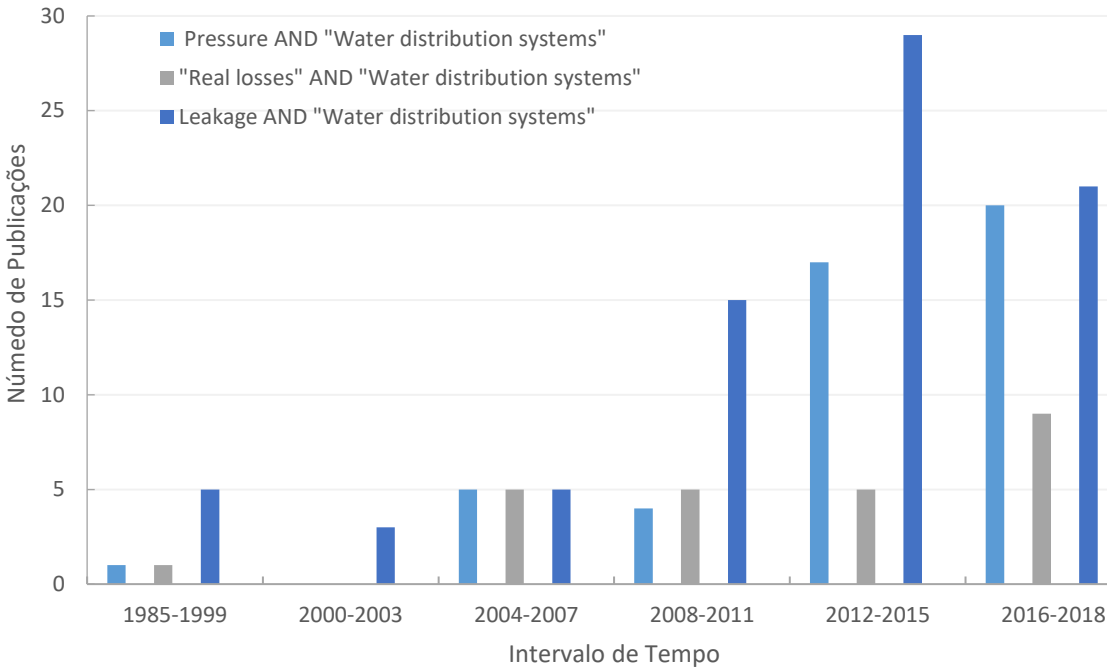
Bases de Dados	**Palavras-Chave**					
	Pressure AND "Water distribution systems" (a)		"Real losses" AND "water distribution systems" (b)		Leakage AND "Water distribution systems" (c)	
	Número de Artigos					
	Inicial	Título Aderente	Inicial	Título Aderente	Inicial	Título Aderente
Periódicos Capes	403	44	64	14	907	45
Scopus	253	20	25	9	113	20
Compendex	163	18	16	9	405	63
Sub-Total	**819**	**82**	**105**	**32**	**1425**	**128**
Artigos selecionados após retirar repetições	67		48		120	
Artigos selecionados após leitura do resumo	47		25		78	
Total	**150**					

Fonte: Autoria Própria.

Observa-se que as palavras-chave (b) alcançaram um índice relativo entre os artigos selecionados após a análise final e os escolhidos no levantamento inicial de 23,81%, enquanto que as palavras-chave (a) e (c) tiveram o índice de 5,74% e 5,47%, respectivamente.

O gráfico da Figura 01 mostra o desenvolvimento das pesquisas relacionadas a cada palavra-chave ao longo dos anos. Nota-se que a temática (c) sempre teve grande destaque nas pesquisas. Porém nos seis últimos anos, os estudos relacionados a (a) teve um vultoso crescimento, chegando a se igualar aos estudos relacionados à (c), devido à implantação de uma política de controle da pressão para evitar perdas reais nos sistemas de saneamento por parte das concessionárias (DARVINI et al. 2015).

FIGURA 1 – Número de publicações em função de intervalo de tempo e palavras-chave.

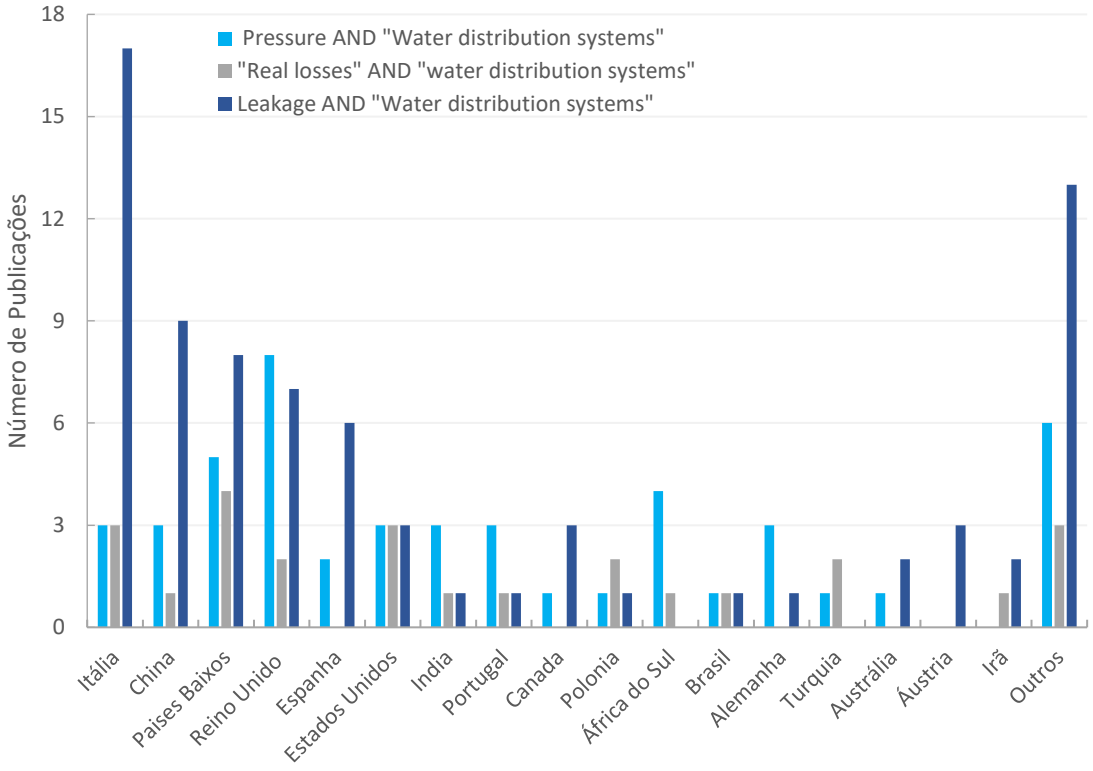


Fonte: Autoria Própria.

O número de artigos na temática selecionados por país é apresentado na Figura 2. Países da Ásia tem expressivo número de artigos, com destaque para a China e também com participações de Israel e Arábia Saudita. Na América, grande número de artigos publicados são oriundos dos Estados Unidos, mas com participação significativa do Canadá e do Brasil.

Em termos gerais, os artigos oriundos da Europa são 62,67% de todo o levantamento. Isso se justifica considerando que esse continente é constituído de países históricos, e que tem a maioria das redes antigas de distribuição de água (BOANO et al. 2015). Através do levantamento, constata-se que foram de países desse continente os primeiros e principais estudos realizados em função das demandas de manutenções nas suas redes.

FIGURA 2 – Número de publicações em função dos países com publicações nas palavras-chave em estudo.



Fonte: Autoria Própria.

A avaliação dos periódicos internacionais com maior frequência de publicação é discriminada na Tabela 03. A revista Journal of Water Resources Planning and Management foi a de maior ocorrência de publicações com o percentual de 23,33%, seguido da revista Procedia Engineering com 20%. Quando são considerados somente os últimos cinco anos, a revista Procedia Engineering tem o número de 33,33% de publicações de artigos, o que assegura que nos últimos cinco anos ela foi a revista que mais publicou artigos relativos ao tópico em estudo.

TABELA 2 – Principais ocorrências de periódicos internacionais com publicação nas palavras-chave selecionadas

Principais Periódicos	Palavras-chave			Total
	Pressure AND "Water distribution systems" (a)	"Real losses" AND "water distribution systems" (b)	Leakage AND "Water distribution systems" (c)	
Journal of Water Resources Planning and Management	15	4	16	**35**
Procedia Engineering	13	2	15	**30**
Water Resources Management	7	5	12	**24**
Water Science and Technology: Water Supply	0	1	7	**8**
Journal of Hydraulic Engineering	1	0	5	**6**
Journal - American Water Works Association	1	1	2	**4**
Outras	9	10	18	**43**
Total	**46**	**25**	**79**	**150**

Fonte: Autoria Própria.

As principais vertentes identificadas após a realização da leitura minuciosa dos resumos dos artigos selecionados ao fim do processo descrito na metodologia são apresentadas na Tabela 4. As Figuras 3, 4 e 5 mostram em termos quantitativos a ocorrência de cada vertente em função das palavras-chave.

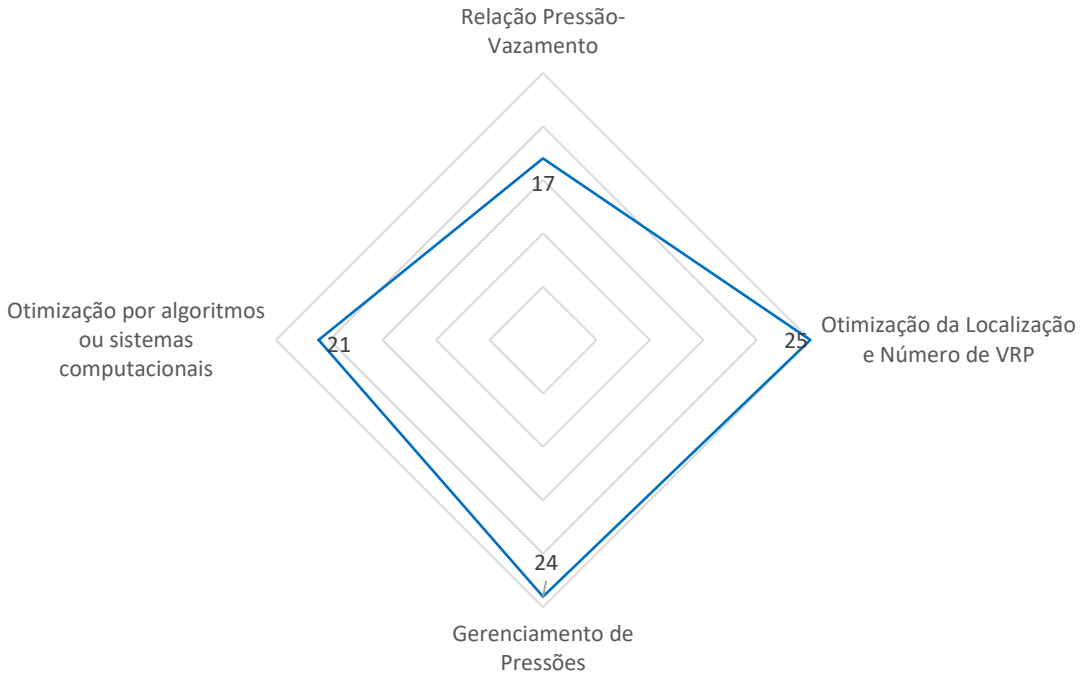
Os temas que mais tem sido objeto de pesquisa dos autores foram a Otimização da Localização e Número de VRP, com 25 ocorrências, Avaliação de Vazamentos em Sistemas de Distribuição de Água e Gerenciamento de Pressões, com 24 estudos verificados cada, e Otimização por Algoritmos ou Sistemas Computacionais, com 21 artigos. Por outro lado, as vertentes que foram menos exploradas são: Modelos de Calibração para Otimização de Redes, com 8 ocorrências, Reabilitação da Rede, com 6 estudos verificados, Relação do Material da Tubulação na ocorrência de vazamentos, com 2 artigos e Foco na Economia de Água e Sustentabilidade com apenas 1 artigo.

TABELA 3 – Relação das Vertentes identificadas em função das palavras-chave após a leitura dos resumos dos artigos

Palavras-Chave	Vertente Identificada
Pressure AND "Water distribution systems"	• Relação Pressão-Vazamento • Otimização da Localização e Número de Válvulas Redutoras de Pressão (VRP) • Gerenciamento de Pressões • Otimização por algoritmos ou sistemas computacionais
"Real losses" AND "Water distribution systems"	• Controle de Perdas Reais • Foco na Economia de Água e Sustentabilidade • Detecção de perdas reais • Otimização por algoritmos ou sistemas computacionais
Leakage AND "Water distribution systems"	• Relação do material da tubulação na ocorrência de vazamentos • Reabilitação da Rede • Avaliação de Vazamentos • Modelos de Calibração para otimização de redes • Otimização por algoritmos ou sistemas computacionais

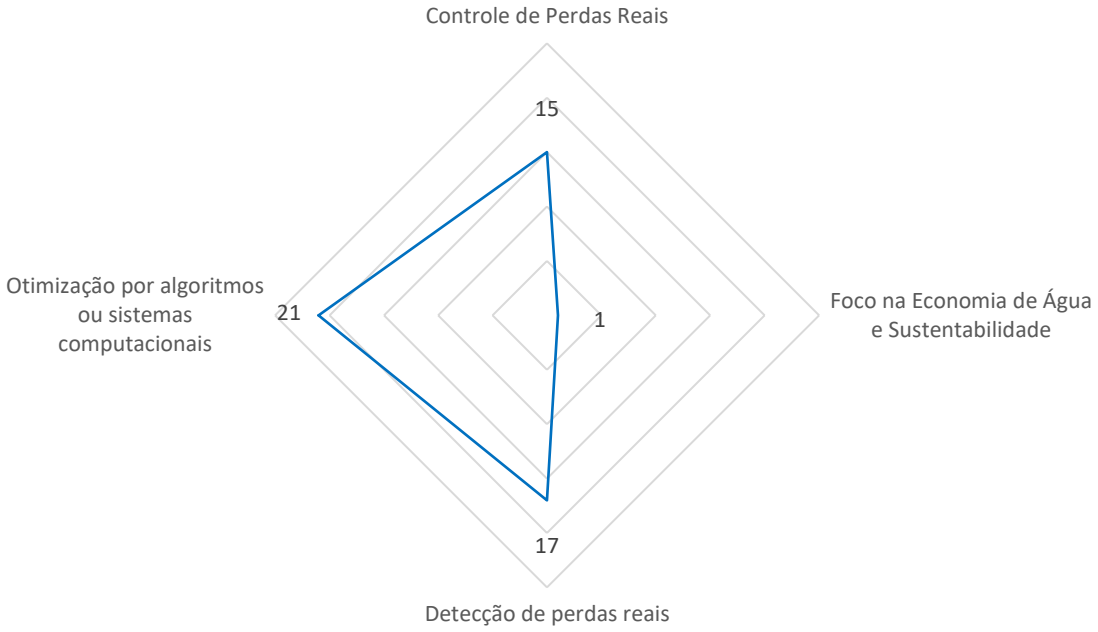
Fonte: Autoria Própria.

FIGURA 3 – Número de publicações em função das vertentes identificadas nas palavras-chave: Pressure AND "Water distribution systems".



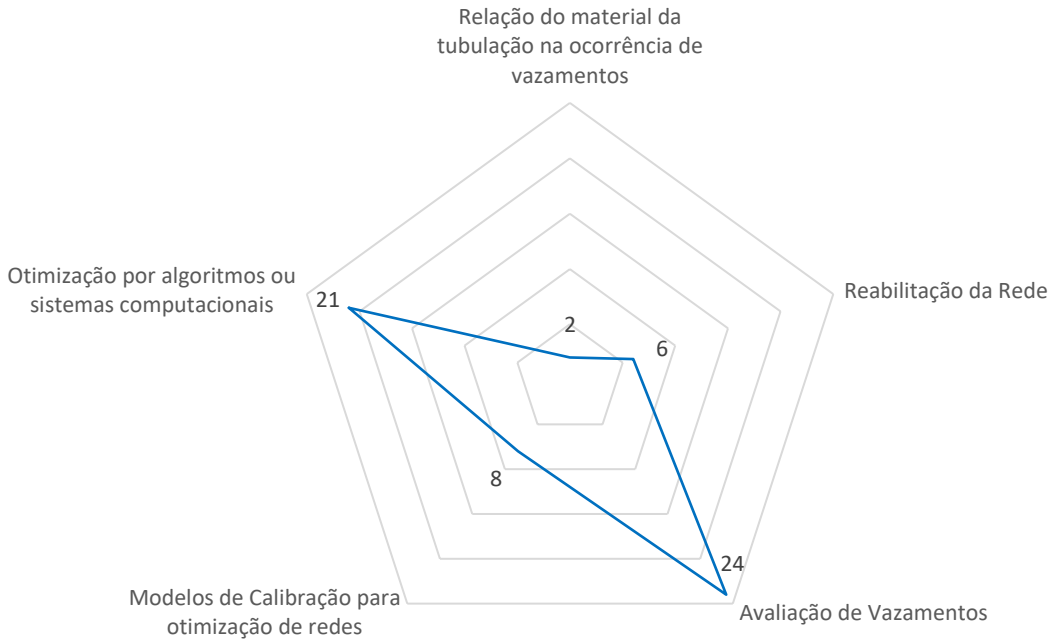
Fonte: Autoria Própria.

FIGURA 4 – Número de publicações em função das vertentes identificadas nas palavras-chave: "Real losses" AND "Water distribution systems".



Fonte: Autoria Própria.

FIGURA 5 – Número de publicações em função das vertentes identificadas nas palavras-chave: Leakage AND "Water distribution systems".



Fonte: Autoria Própria.

Devido à simplicidade da aplicação do uso de VRP nas redes para o controle das pressões, geralmente a aplicação desse método é feito de forma empírica, sem uma avaliação aprofundada (SAMIR et.al (2017). Essa foi uma lacuna observada por vários autores que gerou grande interesse em estudos envolvendo técnicas de otimização nos sistemas para avaliação desse .

A utilização de VRP no controle dos vazamentos segue como o principal meio para controle das perdas nas redes. A novidade dos últimos estudos é a utilização de simuladores virtuais juntamente com algoritmos computacionais para a otimização da redução desses vazamentos e na determinação de sua localização.

5 CONCLUSÕES

Através do uso do Mapping Study na realização da revisão bibliográfica, foi possível alcançar resultados suficientes e amplos dentro do tema proposto. Dentro da metodologia aplicada, identificou-se o histórico de pesquisas e os periódicos relativos ao tema.

As pesquisas que relacionam o uso de VRP junto ao controle e avaliação dos vazamentos e o gerenciamento das pressões são as mais volumosas dentro do levantamento. No campo interdisciplinar, as pesquisas com mais destaques envolvem a otimização de redes por algoritmos e sistemas computacionais. Estudos relativos à relação do material das tubulações com a ocorrência de vazamentos, o Foco na Economia de Água e Sustentabilidade e os Modelos de Calibração para otimização de redes são as vertentes menos exploradas. Conforme já avaliado, essas pesquisas que envolvem controle de perdas reais ganharam importância devido eventos atípicos de grandes secas que geraram escassez de água nas grandes metrópoles nos últimos anos.

REFERÊNCIAS

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – Perdas em sistemas de abastecimento de água: diagnóstico, potencial de ganhos com sua redução e propostas de medidas para o efetivo combate, São Paulo, 2013.

BAILEY, J.; BUDGEN, D.; TURNER, M; KITCHENHAM, B; BRERETON, P.; LINKMON, S. Evidence relating to Object Oriented software design: A survey. First International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement. Computer Society, 2007.

BOANO, F; SCIBETTA, M; RIDOLFI, L; GIUSTOLISI, O. Water distribution system modeling and optimization: a case study. Procedia Engineering. V.119. p. 719-724. 2015.

BONFIM, W. B.; BALDIN, V.; PEREIRA, R. R.; PAULA, H. M. Lama residual de usinas de concreto: características e aplicações na confecção de blocos. REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 13, n. 2, p. 32 - 43, 2017.

DARVINI, G; SOLDINI, L. Pressure control for WDS management. A case study. Procedia Engineering. V.119. p. 984-993. 2015.

FERNANDES, F. G; FERNANDES, G. R; PAULA, H. M. Mapeamento Sistemático de Referências da Análise de placas compostas por materiais heterogênos através de uma

abordagem em multiescala. REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 14, n. 2, p. 176 - 188, 2018.

NICOLINI, M; ZOVATTO, L. Optimal Location and Control of Pressure Reducing Valves in Water Networks. Journal of Water Resources Planning and Management. V.135. p. 178-187. 2009.

PAULA, H. M. D.; ILHA, M. S. D. O. Uso da Moringa oleifera no tratamento de águas residuárias de usinas de concreto: mapeamento sistemático. REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 11, n. 1, p. 50 - 60, 2016.

PECCI, F; ABRAHAM, E; STOIANOV, I. Mathematical programming methods for pressure management in water distribution systems. Procedia Engineering. V.119. p. 937-946. 2015..

RODRIGUES, K. C.; MESQUITA, H. C.; EDUARDO, R. C.; PAULA, H. M. Mapeamento sistemático de referências do uso do BIM na compatibilização de projetos na construção civil. REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 13, n. 1, p. 219 - 239, 2017.

SAMIR, N; KANSOH, R.; ELBARKI, W; FLEIFLE, A. Pressure control for minimizing leakage in water distribution systems. Alexandria Engineering Journal, v. 56, p. 601 - 612, 2017.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2016. Brasília, 2016.

WHO – World Health Organization, Leakage Management and Control – A Best Practice Manual, WHO, Geneva, 2001.

XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

AVALIAÇÃO DO TAMANHO DAS SÉRIES HISTÓRICAS PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

EVALUATION OF THE LENGTH OF THE RAINFALL TIME SERIES FOR RAINWATER HARVESTING: A BIBLIOGRAPHIC REVIEW

SILVA, Bruna Fioramonte[1]; CAMPOS, Marcus André Siqueira[2];

[1] PPG-GECON/EECA/UFG, brunafioramonte@hotmail.com
[2] PPG-GECON/EECA/UFG, marcus_campos@ufg.br

RESUMO

Os sistemas prediais de aproveitamento de água pluvial (SPAAPs) estão sendo cada vez mais utilizados como fonte alternativa a água potável. A série histórica de dados pluviométricos é um dos dados de entrada para o dimensionamento do reservatório de água pluvial, no entanto, muitas são as localidades que não possuem extensos dados de forma a garantir adequada estimativa da oferta. Assim, o objetivo deste estudo é expor como os estudos sobre a análise do tamanho da série histórica de dados pluviométricos foram conduzidos, por meio de revisão bibliográfica da literatura, identificando tendências de estudos futuros devido a lacunas do conhecimento. Foi realizada uma busca de artigos publicados na base de dados Scopus e, por meio de critérios de inclusão pré-definidos, foram selecionados 4 artigos aderentes. Foi observado que o tema começou a ser estudado recentemente e que seu estudo se concentra em apenas dois países. Com as análises realizadas, são fornecidas recomendações para trabalhos futuros e uma visão geral da literatura.

Palavras-chave: Séries pluviométricas, Aproveitamento de água pluvial, sistemas prediais.

ABSTRACT

Rainwater harvesting (RWH) systems are increasingly being used as an alternative source of potable water. The rainfall time series is one of the data inputs for the design of the reservoir, however, there are not many locations in order to guarantee an adequate estimate of the supply. Thus, the objective of this study is to show how the studies on the analysis of the size of the historical series of pluviometric data were conducted, through bibliographical review of the literature, identifying tendencies of future studies due to knowledge gaps. A search of articles published in the Scopus database was realized and, by pre-defined inclusion criteria, 4 relevant articles were selected. It was observed that the subject began to be studied recently and that its study concentrates in only two countries. With the analyzes carried out, recommendations are provided for future studies and an overview of the literature.

Keywords: *Rainfall time series, Rainwater harvesting, Length of the rainfall time series, plumbing systems.*

1 INTRODUÇÃO

Os setores de fornecimento de suprimentos básicos, como por exemplo o de abastecimento de água potável, não conseguem acompanhar o aumento populacional acelerado, principalmente dos grandes centros urbanos. A escassez tem aumentado cada vez mais e os eventos de falta de água tem sido recorrentes; a exemplo disso, pode-se citar a crise ocorrida na cidade de São Paulo, Brasil, em 2015 e o "Dia Zero" na cidade do Cabo na África do Sul em 2018 (KELMAN; PINZAN, 2015).

O aumento da demanda por água e a oferta não correspondente tem motivado pesquisas voltadas a utilização de fontes que juntamente com a rede de abastecimento pública possa suprir a demanda e até mesmo diminuir o consumo de água potável para fins com qualidade diferente da necessária ou consumo humano (GERALDI; GHISI, 2010).

A utilização da água de chuva como alternativa à água potável é uma iniciativa que, juntamente com outras soluções que visem a conservação de água pode ser uma opção para a redução do consumo de água potável e atendimento da demanda (CAMPOS; ILHA, 2010).

Os dados pluviométricos, que são parte dos dados de entrada para o dimensionamento do reservatório de água pluvial, podem ser obtidos por meio de diversas bases de dados. No Brasil pode-se utilizar o Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMET) e o Sistema de Monitoramento Agrometeorológico – Agritempo, contudo essas e outras bases disponíveis muitas vezes não possuem extensas séries históricas de dados pluviométricos que auxiliam na caracterização mais abrangente do perfil de chuva do local considerado e maior confiabilidade nas simulações para determinação do SPAAP (INMET, 2019).

A possibilidade de utilização de uma série histórica de dados pluviométricos curta, mas que possibilite adequada caracterização do perfil temporal da região, possibilitaria um dimensionamento mais sensível do reservatório de água pluvial. A importância da adequada caracterização da curva de precipitação é necessária pois está diretamente relacionada com a oferta.

Estudos relatados na literatura utilizaram diversos tamanhos de séries históricas para o dimensionamento do reservatório de água pluvial, muitos vezes dependente da disponibilidade dos dados. Analisar a influência do comprimento da série no processo de concepção do SPAAP se torna importante de forma a fundamentar o dimensionamento.

Diante disso, este trabalho tem como objetivo a realização de uma revisão bibliográfica para verificar a influência do tamanho das séries históricas de dados pluviométricos em sistemas de aproveitamento de água pluvial.

2 MÉTODO

Nas etapas iniciais de revisão do tema considerado foi observada falta de estudos específicos que determinassem o tamanho ótimo das séries históricas de dados pluviométricos para o dimensionamento do reservatório de água pluvial, dificultando uma revisão sistemática da literatura que fosse definitiva.

Foi realizado um levantamento dos estudos a respeito da influência dos tamanhos das séries históricas de dados pluviométricos com o propósito de obter uma melhor compreensão de como essas análises foram conduzidas. Foram seguidas as etapas consideradas por Amos et al. (2018) e Pacheco e Campos (2016).

Inicialmente foram pensadas algumas questões que pudessem auxiliar durante a busca pelos artigos publicados. Assim, tentando responder alguns pontos a seguinte pergunta foi realizada:

• Quais pesquisas consideraram o tamanho da série histórica para o dimensionamento do reservatório do SPAAP?

As buscas foram realizadas, para este trabalho, apenas na base de dados Scopus, considerando apenas artigos de periódicos. A *string* de pesquisa adotada foi (rainfall AND time AND series) e (tank OR reservoir) podendo ser encontradas em títulos, resumos e palavras-chaves dos estudos existentes na base de dados.

Não se estabeleceu restrições quanto a área do conhecimento e ao ano de publicação. De forma a analisar se existiam artigos com o tema procurado em estudos de outras áreas e poder perceber a evolução temporal das pesquisas desenvolvidas.

De posse de todos os artigos encontrados, a primeira análise foi realizada pelos títulos dos artigos. Foram excluídos todos que não abordavam sobre reservatório de água pluvial e série histórica.

Com os artigos selecionados pela análise dos títulos, os resumos foram lidos e feita a segunda seleção, excluindo daqueles que não consideravam análise do tamanho da série histórica para o dimensionamento do SPAAP.

A terceira análise e exclusão foi por meio da leitura do texto completo. Os artigos que não estavam em língua inglesa foram descartados. Aqueles que não foi possível ter acesso ao texto completo, por estarem em periódicos não assinados pela Universidade, também foram excluídos.

Depois de selecionados todos os artigos que fariam parte do grupo aderente, foram extraídos os dados considerados relevantes para a análise: ano da publicação, palavras-chave utilizadas, países onde ocorreram as pesquisas, tamanhos das séries históricas utilizadas e as considerações sobre a influência do tamanho da série.

Os dados coletados foram avaliados e resumidos, fornecendo um panorama atual do tema abordado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram encontrados, com os critério pré-estabelecidos, 407 publicações na base de dados Scopus. Desse total, 4 publicações fizeram parte do grupo aderente como pode ser observado na Tabela 1.

TABELA 1 – Critérios e resultados das seleções realizadas.

Artigos selecionados	+407
Lendo os títulos	-398
Lendo os resumos	-3
Outras línguas	-1
Acesso bloqueado	-1
Artigos aderentes	+4

Fonte: Os autores.

Foram quantificadas as palavras-chave de forma a visualizar quais foram as mais consideradas pelos autores dos artigos aderentes. A relação pode ser observada na Tabela 2.

TABELA 2 – Frequência de utilização de palavras-chave nos artigos aderentes.

Palavra-chave	Quantidade
Potable water savings	3
Rainfall time series	3
Computer simulation	2
Rainwater tank sizing	2
Artigos aderentes	1
Rainwater	1
Rainwater harvesting	1
Rainwater harvesting system	1
Rainwater harvesting system (RWH)	1
Tank sizing	1
Time series	1
Urban water management	1
Water demand	1

Fonte: Os autores.

As publicações a respeito da influência do tamanho da série histórica de dados pluviométricos começou a ser realizada recentemente e teve um aumento de produção científica nos últimos 2 anos. Esse aumento de publicações provavelmente ocorreu devido à falta de séries históricas de dados pluviométricos extensas em diversas cidades. O Brasil foi o país com maior número de publicações seguido da Colômbia. Com relação ao Brasil, foi observado que as produções ocorreram por meio da mesma afiliação institucional (Tabela 3).

TABELA 3 – Distribuição das publicações por ano e localidade.

Ano	País	Afiliação Institucional
2012	Brasil	Universidade Federal de Santa Catarina
2017	Brasil	Universidade Federal de Santa Catarina
2017	Colômbia	Universidad de Caldas
2018	Brasil	Universidade Federal de Santa Catarina

Fonte: Os autores.

Os resultados encontrados nestas pesquisas foram analisadas. Em Ghisi et al. (2012) foram analisados séries históricas de 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20 e 30 anos de dados pluviométricos da cidade de Santa Bárbara do Oeste, estado de São Paulo, Brasil. As simulações foram realizadas por meio do software Netuno. Os autores verificaram que os tamanhos de 1 a 13 anos foram considerados adequados, contudo o tamanho da série histórica de dados pluviométricos depende da demanda de água de chuva. Em caso de baixa demanda, séries de um a dois anos fornecem resultados semelhantes aos de séries de longo prazo. Quanto maior a demanda e menor a série histórica, maior a dispersão encontrada das capacidades ideais dos reservatórios em relação às séries de longo prazo.

Já Geraldi e Ghisi (2017) avaliaram a possibilidade de utilização de séries históricas curtas de dados pluviométricos. Para isso, os autores utilizaram dados diários de precipitação da cidade de Berlim na Alemanha. Foram simulados os comprimentos de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20 e 30 anos e os resultados encontrados foram comparados com a série de referência de 30 anos. A ferramenta utilizada para as simulações foi novamente o software Netuno. Para que os tamanhos das séries históricas fossem considerados satisfatórios os resultados encontrados deveriam ser 95% equivalentes aos resultados da série de referência.

Os autores verificaram que a série histórica de dez anos foi a que mais se aproximou da série de referência de 30 anos, para uma maior capacidade de captação de água e potencial ideal de economia atendida.

Galarza-Molina e Torres (2017) propuseram um método simplificado para o dimensionamento de reservatório de água pluvial e utilizaram três tamanhos de séries históricas, 76 anos, últimos 10 e 5 anos. Houveram variações nos resultados encontrados e não puderam concluir a influência do tamanho da série histórica, tendo como hipótese das variações uma possível influência da alteração das precipitações ao longo do tempo. Os autores pretendem analisar, em estudos posteriores, as possíveis causas das variações dos resultados encontrados considerando possível mudança climática.

Geraldi e Ghisi (2018) avaliaram a possibilidade de utilização de séries históricas curtas. Eles utilizaram dados diários de treze cidades: Alexandria, no Egito; Barcelona, na Espanha; Berlim, na Alemanha; Dar-El-Beida, na Argélia; Darwin, na Austrália; Encarnación, no Paraguai; Moscou, na Rússia; Nova Iorque, nos Estados Unidos; Paris, na França; Quebec, no Canadá; Santarém e Santo Amaro, no Brasil; e Shanwei, na China. Os comprimentos e software utilizado foram os mesmos de Geraldi e Ghisi (2017). Os comprimentos foram considerados semelhantes, quando pelo menos 90% dos resultados

encontrados para uma série história de curto prazo fossem equivalentes aos da séria de 30 anos.

Os autores concluíram em seu estudo que a série histórica de 9 anos foi a que forneceu mais resultados equivalentes aos obtidos com a série de referência de 30 anos para os casos estudados. Com os resultados encontrados, percebeu-se que várias séries de curto prazo podem garantir alguns resultados semelhantes aos da série de referência. Os autores concluíram também que a demanda de água pluvial não teve nenhuma influência considerável quando utilizados tamanhos diferentes de séries históricas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados encontrados mostram a recente busca por parte da comunidade científica de se estudar a influência do tamanho da série histórica de dados pluviométricos no dimensionamento do SPAAP. Os resultados encontrados pelos autores se restringem aos locais estudados, devendo analisar o regime pluviométrico de cada região que se intencione projetar um SPAAP.

De acordo com os dados obtidos das análises, a possibilidade de utilização de séries históricas de dados pluviométricos mais curtas propiciaria, nos casos dos locais que possuem recente monitoramento pluviométrico, realizar o dimensionamento do SPAAP. Contudo, mostra-se necessária a avaliação do tamanho da série histórica de modo a garantir adequado dimensionamento.

Observa-se que há uma lacuna de conhecimento sobre este assunto, tornando necessário um número maior de pesquisas que visem analisar a influência do tamanho da série histórica, em especial no Brasil, com diferentes regimes pluviométricos para cada uma das regiões do país.

REFERÊNCIAS

AMOS, C. C.; RAHMAN, A.; KARIM, F.; GATHENYA, J. M. **A scoping review of roof harvested rainwater usage in urban agriculture: Australia and Kenya in focus.** Journal of Cleaner Production, v. 202, p. 174-190, 2018. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.08.108

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.

GALARZA-MOLINA, S.; TORRES, A. **Sizing method for stormwater harvesting tanks using daily resolution rainfall and water demand data sets.** Revista Luna Azul, v. 45, p. 107-122, 2017. DOI: 10.17151/luaz.2017.45.7

GHISI, E.; CARDOSO, K. A.; RUPP, R. F. **Short-term versus long-term rainfall time series in the assessment of potable water savings by using rainwater in houses.** Journal of Environmental Management, v. 100, p. 109-119, 2012. DOI: 10.1016/j.jenvman.2011.12.031

GHISI, E.; GERALDI, M. S. **Assessment of the length of rainfall time series for rainwater harvesting in buildings.** Resources, Conservation and Recycling, v. 133, p. 231-241, 2018. DOI: 10.1016/j.resconrec.2018.02.007

GHISI, E.; GERALDI, M. S. **Influence of the length of rainfall time series on rainwater harvesting systems: A case study in Berlin.** Resources, Conservation and Recycling, v. 125, p. 169-180, 2017. DOI: 10.1016/j.resconrec.2017.06.011

GHISI, E.; GERALDI, M. S. **Parameters Influencing the sizing of rainwater tanks for use in houses. Water Resources Management**, v. 24, p. 2381-2403, 2010. DOI: 10.1007/s11269-0099557-4

INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). **Dados históricos.** Disponível em: < http://www.inmet.gov.br/portal/ > Acesso em: 01 de junho de 2019.

KELMAN; PINZAN,2015. **Estratégias e Soluções da SABESP para a região metropolitana de São Paulo.** São Paulo. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/crisehidrica/chess_crise_hidrica.pdf> Acesso em: 01 de junho de 2019.

PACHECO, G. C. R; CAMPOS, M. A. S. **Economic feasibility of rainwater harvesting systems: a systematic literature review.** Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA, v. 66, p. 1-14, 2016. DOI: 10.2166/aqua.2016.048

XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

SISTEMA CONVENCIONAL X SISTEMA SIFÔNICO: UMA ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA NO USO EM SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS

CONVENTIONAL SYSTEM X SIFONIC SYSTEM: A TECHNICAL-ECONOMIC ANALYSIS IN USE IN PREDIAL SYSTEMS OF PLUVIAL

SASSO, Fabiane[1]; SCORTEGAGNA, Vinícius[2]; PAGNUSSAT, Rafaela Vicenzi[3] ; FERNANDES, Vera [4] ; FIORI, Simone[5] ; LOPES, Anelise Sertoli[6]

[1] Universidade de Passo Fundo, Av. Brasil Leste, 285 - São José, Passo Fundo, fabisasso@hotmail.com
[2] Universidade de Passo Fundo, viniciuss@upf.br
[3] Universidade de Passo Fundo, rafaelavicenzi@upf.br
[4]Universidade de Passo Fundo, cartana@upf.br
[5]Universidade de Passo Fundo, sfiori@upf.br
[6]Universidade de Passo Fundo, anelise.sertoli@upf.br

RESUMO

Crescentemente o setor da construção civil demanda soluções eficientes e alinhadas com a inovação. No Brasil, os sistemas prediais de águas seguem os requisitos da NBR 10844/ (ABNT, 1989) onde os sistemas são concebidos como conduto livre. O sistema sifônico surge como alternativa, funcionando como conduto forçado. No presente estudo foram avaliadas duas edificações em uma cidade do norte do Rio Grande do Sul, sendo um galpão industrial com uma grande área de cobertura, e uma edificação hospitalar com um telhado menor. Os sistemas das duas edificações foram dimensionados com os índices pluviométricos de 125 mm/h e 180mm/h e respectivos períodos de retorno de 5 e 25 anos. Analisaram-se ainda as características de ambos quanto ao processo construtivo e funcionamento. As informações adquiridas das características de cada um possibilitaram comparação técnico-econômica dos custos, vantagens e desvantagens, considerando aplicabilidade em obras industriais e convencionais. Desenvolveu-se o levantamento de materiais e seus custos de implantação para as duas situações em cada uma das edificações. O sistema sifônico se destacou sendo um sistema mais completo, fácil montagem e eliminando grandes quantidades de condutores verticais das fachadas, porém este resultou em um custo de 6 à 8 vezes o custo do sistema convencional.

Palavras-chave: Águas Pluviais, Sistema Convencional, Sistema Sifônico, Comparação, Tecnico-Economicamente.

ABSTRACT

Increasingly, the construction sector demands efficient solutions aligned with innovation. In Brazil, the building water systems follow the requirements of NBR 10844 / (ABNT, 1989) where the systems are designed as a free duct. The syphonic system appears as an alternative, acting as a forced conduit. In the present study, two buildings were evaluated in a city in northern Rio Grande do Sul, an industrial warehouse with a large coverage area, and a hospital building with a smaller roof. The systems of the two buildings were dimensioned with rainfall indices of 125 mm / h and 180 mm / h and respective return periods of 5 and 25 years. We also analyzed the characteristics of both regarding the construction process and operation. The acquired information of the characteristics of each one made possible a technical and economical comparison of the costs, advantages and disadvantages, considering applicability in industrial and conventional works. The survey of materials and their implementation costs for the two situations in each of the buildings was developed. The syphonic system stood out as a more complete system, easy assembly and eliminating large amounts of vertical conductors from the façades, but this resulted in a cost of 6 to 8 times the cost of the conventional system.

Keywords: *Rainwater, Conventional System, Siphonic System, Comparation, Technical-Economically.*

1 INTRODUÇÃO

As edificações são compostas de sistemas que garantem o bom desempenho e conforto aos usuários. Destaca-se o sistema predial de águas pluviais, funcionando no transporte seguro dessas águas.

Os sistemas de coleta e disposição de águas pluviais são calculados em função da probabilidade de ocorrer precipitações extremas, em determinado período médio de vida útil do sistema analisado. Problemas na execução do sistema, como a não realização da declividade nas calhas, influência do traçado e, a não consideração de mudança de direção, gera problemas e possíveis transbordamentos no sistema.

Analisando pavilhões com grandes coberturas, sabe-se da ocorrência dos transbordamentos e vazamentos das calhas. Diante disto, avaliou-se o sistema sifônico, com funcionamento baseado em pressões negativas gerados pelos condutos quando submetidos ao efeito sifão. Ainda pouco difundido e sem normas brasileiras, será estudado com enfoque no dimensionamento e processo construtivo deste. Por isso, foi comparado técnico-economicamente o sistema sifônico e o sistema convencional preconizado pela NBR 10844/ (ABNT, 1989), considerando pontos de aplicação em obras industriais e convencionais, dimensionando calhas e condutores das coberturas, identificando vantagens e desvantagens, além de realizar as devidas comparações entre os sistemas, a fim de levantar quantitativos de custo. Para o sistema sifônico, os dados como dimensionamento e traçado para as edificações serão obtidos junto a empresa fabricante com cálculos através de softwares próprios.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS SEGUNDO DIRETRIZES BRASILEIRAS

A NBR 10844/ (ABNT, 1989) exige critérios para instalações de drenagem de água pluvial, garantindo níveis adequados de funcionalidade. A área de contribuição deve ser calculada acrescentando resultantes inclinadas da cobertura e paredes que interceptam a água da chuva, drenadas pela cobertura.

Seguindo essa norma, deve-se fixar valores adequados para a duração de precipitação e período de retorno, a fim de determinar a intensidade pluviométrica para projetos. Para tal, tomou-se como base dados pluviométricos locais. A duração de precipitação é fixada em t=5min. Já o período de retorno deve ser fixado, seguindo as características da área a ser drenada, obedecendo os critérios a seguir, para as situações utilizadas:

T= 5 anos, para coberturas e/ou terraços;

T= 25 anos, para coberturas e áreas onde o empoçamento ou extravasamento não possa ser tolerado.

2.2 SISTEMA SIFÔNICO SEGUNDO DIRETRIZES DA EMPRESA EPAMS SAINT GOBAIN

Uma característica do sistema sifônico é o escoamento em seção plena, impedindo a entrada de ar no interior dos tubos, formando pressão negativa e aumentado a velocidade de escoamento resultante da sucção. Isso permite que, para uma mesma vazão comparado ao sistema convencional, os diâmetros sejam menores e sem inclinação. A vazão dentro da tubulação aumenta conforme a altura da lâmina d'água dentro das calhas, consequentemente a velocidade de sucção.

Para Valsir (2017), quando um sistema de drenagem sifônico atinge toda a seção do condutor horizontal, o "efeito sifão" resulta numa força motriz, dada pela altura d'água acumulada dentro da calha, sendo que a falta de ar no sistema permite que ele funcione cheio de água, usando a seção total do tubo, com fluxos mais rápidos comparado ao sistema convencional.
O sistema recolhe águas pluviais através de captadores que impedem a entrada de ar nas canalizações. Para calhas solicita-se a largura de 40 cm de base, para encaixe dos captadores. EPAMS, (2017).
Iniciada a precipitação, a água escoa pelo sistema sifônico, sem pressão, é recolhida pela tubulação, por conduto livre. Após aumento da precipitação, a água atinge a placa anti-vórtice instalada no captador, impedindo a entrada de ar e o sistema iniciar a operação através da sucção.
Para os captadores do sistema sifônico, seguiu-se diretrizes da empresa Epams Saint Gobain, a qual utilizou software próprio, mas se reservou o direito de não disponibilizar a memória de cálculo, fornecendo apenas os resultados.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo analisou o escoamento em condutores de água pluvial de duas edificações com de intensidade pluviométrica de 125 mm/h com período de retorno de 5 anos e 180 mm/h com 25 anos. Pode-se observar no Quadro 01 a caracterização das coberturas das edificações.

QUADRO 01 - Dados de duas coberturas usadas no estudo.

Porte	**Galpão Industrial (Grande)**	**Hospital (Pequeno)**
Área Horizontal (m²)	23.976	715
Inclinação da Cobertura (%)	5	35
Telha	Zipada em telhas galvanizadas, espessura 0,65mm	Telhas Shingle
Altura do Condutor Vertical (m)	12	14,15
Material, espessura calhas	Bobinas base galvanizada pré-pintada 02 faces, 0,65 mm.	Bobinas base galvanizada pré-pintada 02 faces, 0,65 mm.

Fonte: Autores (2019).

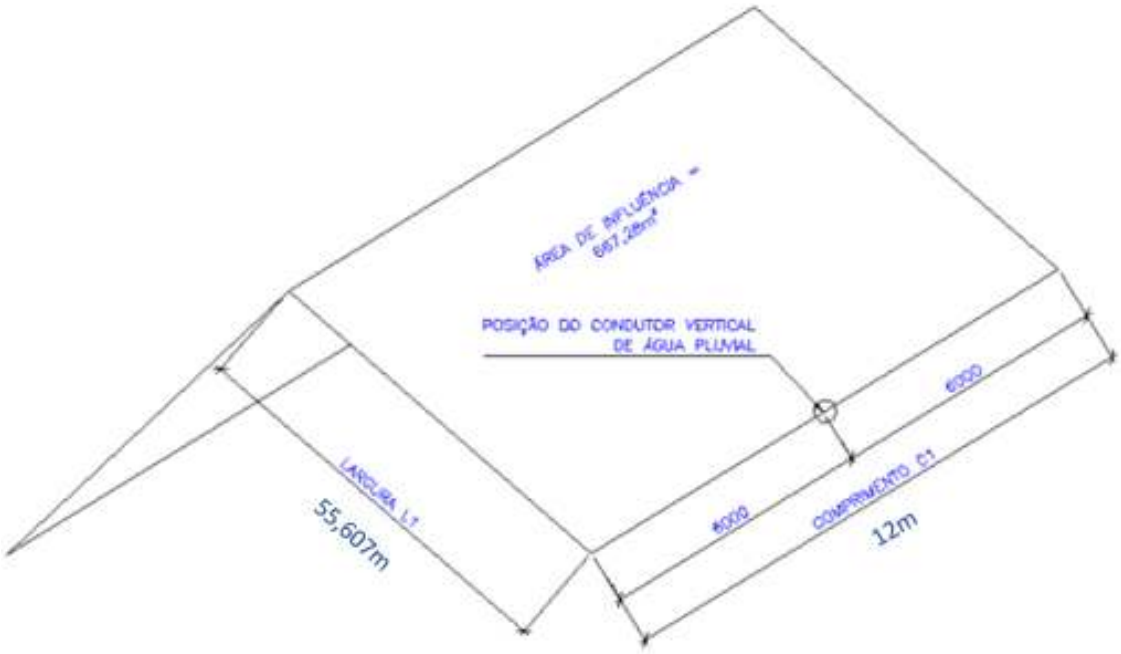
Comparando os registros de precipitações pluviométricas anuais na estação meteorológica de Passo Fundo com a normal climatológica local, a maioria dos 6 anos analisados ficou cerca de 25% acima da média normal.
A empresa Epams Saint Gobain, dimensionou e levantou custos do sistema sifônico, com softwares próprios, possibilitando comparação com o sistema convencional, com dimensionamento, levantamento de materiais empregados e custos de acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989), enfatizando o custo x benefício. Os custos para a orçamentação dos modelos, não contempla mão-de-obra, a qual poderia variar consideravelmente.
Os custos dos condutores verticais em PVC reforçado para o sistema convencional, foram extraídos de tabelas do SINAPI (2017). Os custos do sistema sifônico foram fornecidos pela empresa parceira, sem considerar a mão-de-obra.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 DIMENSIONAMENTO CONVENCIONAL – GALPÃO INDUSTRIAL

As informações para dimensionamentos encontram-se na Figura 01.

FIGURA 01 – Cobertura do galpão industrial



Fonte: Autores (2019).

4.1.1 DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES VERTICAIS E CALHAS

Com intensidade pluviométrica de 125 mm/h, período de retorno de 5 anos e, considerando uma área de contribuição de 667,28 m², obteve-se uma vazão de projeto de 1.390,17 L/min. Assim, por meio da NBR 10844 (ABNT, 1989) o diâmetro do condutor vertical corresponde a 150 mm.

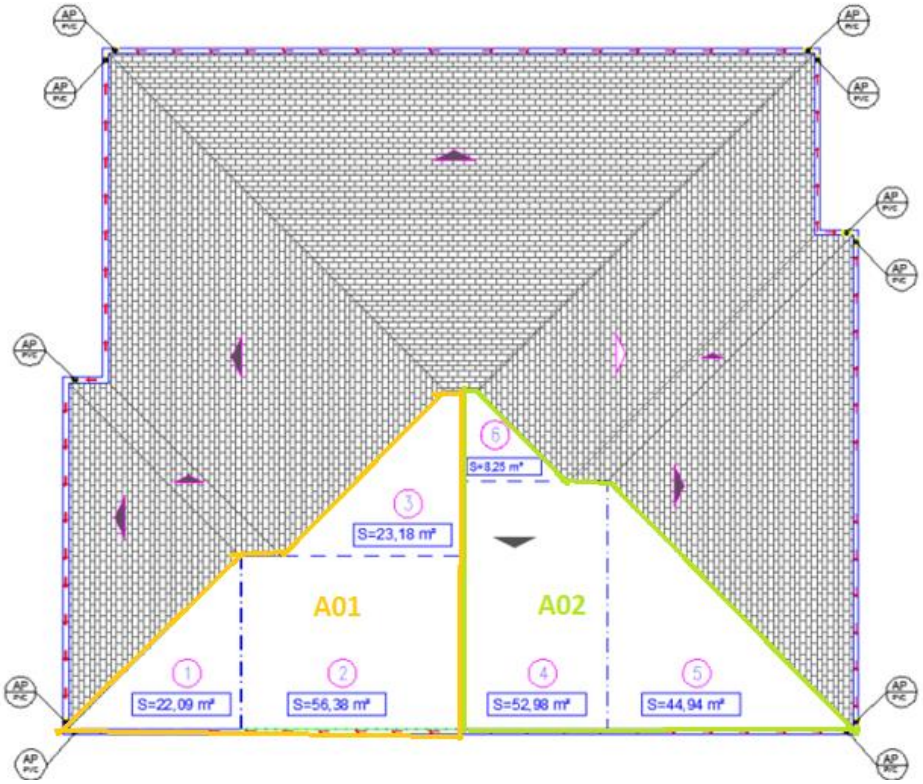
Para determinar a vazão das calhas, adotou-se uma base de 250 mm e altura de 100 mm, suportando uma vazão de 1.403,90 L/min, é maior que a vazão de projeto.

Com intensidade de 180 mm/h, e período de retorno de 25 anos, a vazão de projeto obtida para a mesma cobertura é 2.001,84 L/min. Assim, o diâmetro do condutor vertical é 200 mm. O dimensionamento da seção da calha corresponde a 300 mm de base e 110 mm de altura de lâmina d'água, suportando uma vazão de 2.025,03 L/min.

4.2 DIMENSIONAMENTO CONVENCIONAL – COBERTURA HOSPITALAR

As informações para dimensionamentos encontram-se na Figura 02. Considerando o posicionamento do condutor vertical na extremidade da calha, a área de maior contribuição é A02, com 106,17 m.

FIGURA 02 – Cobertura da edificação hospitalar



Fonte: Autores (2019).

4.2.1 DIMENSIONAMENTO DO CONDUTOR VERTICAL E CALHA

Considerando período de retorno de 5 anos e intensidade pluviométrica de 125 mm/h, o resultado da vazão de projeto é 221,19 L/min. Com área de contribuição de 106,17 m², o diâmetro do condutor vertical corresponde a 75 mm.
Com período de retorno de 25 anos e com intensidade pluviométrica de 180mm/h, a vazão de projeto corresponde a 318,51 L/min, sendo o diâmetro do condutor vertical de 100 mm.
Adotou-se para ambos os cenários convencionais a calha do projeto original, possuindo dimensões de 160 x 80 mm, suportando uma vazão de 577,42 L/min.

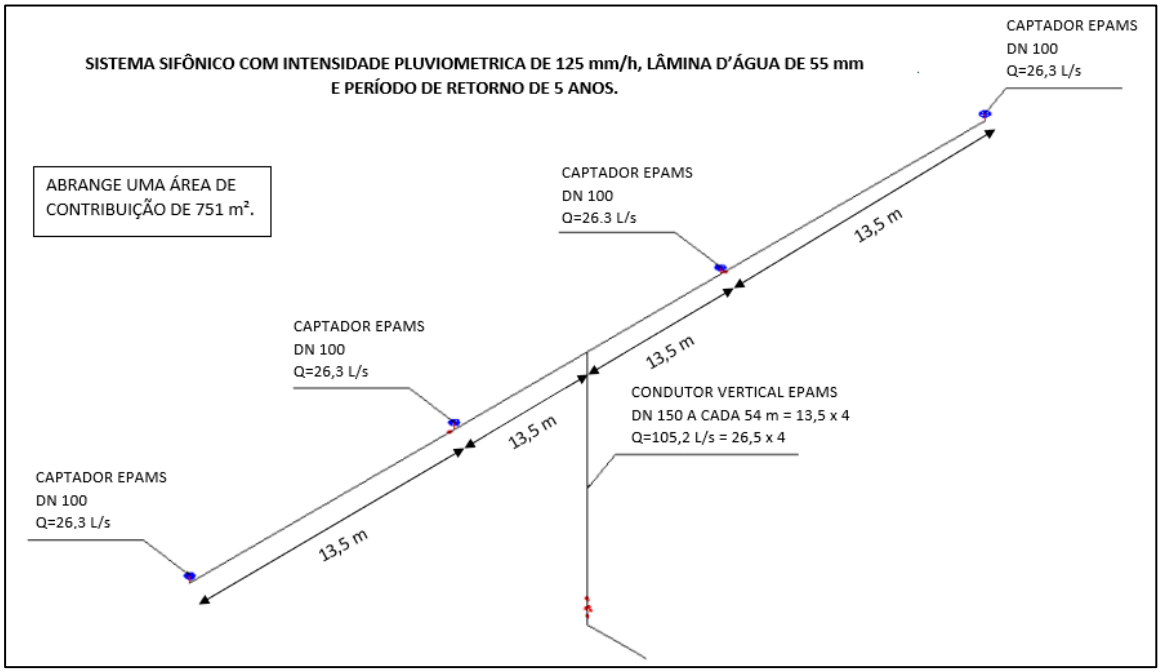
4.3 DIMENSIONAMENTO SINFÔNICO – GALPÃO INDUSTRIAL

O suporte técnico da empresa parceira, repassou apenas os resultados encontrados. Para o cálculo do sistema sifônico, independente do cenário, todas as calhas foram consideradas com dimensões de 400 x 150 mm.
Com as informações necessárias e, a partir da equação do método racional, determinou-se as vazões de projeto para cada captador EPAMS DN100.

4.3.1 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA SIFÔNICO COM DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO E LÂMINA D'ÁGUA

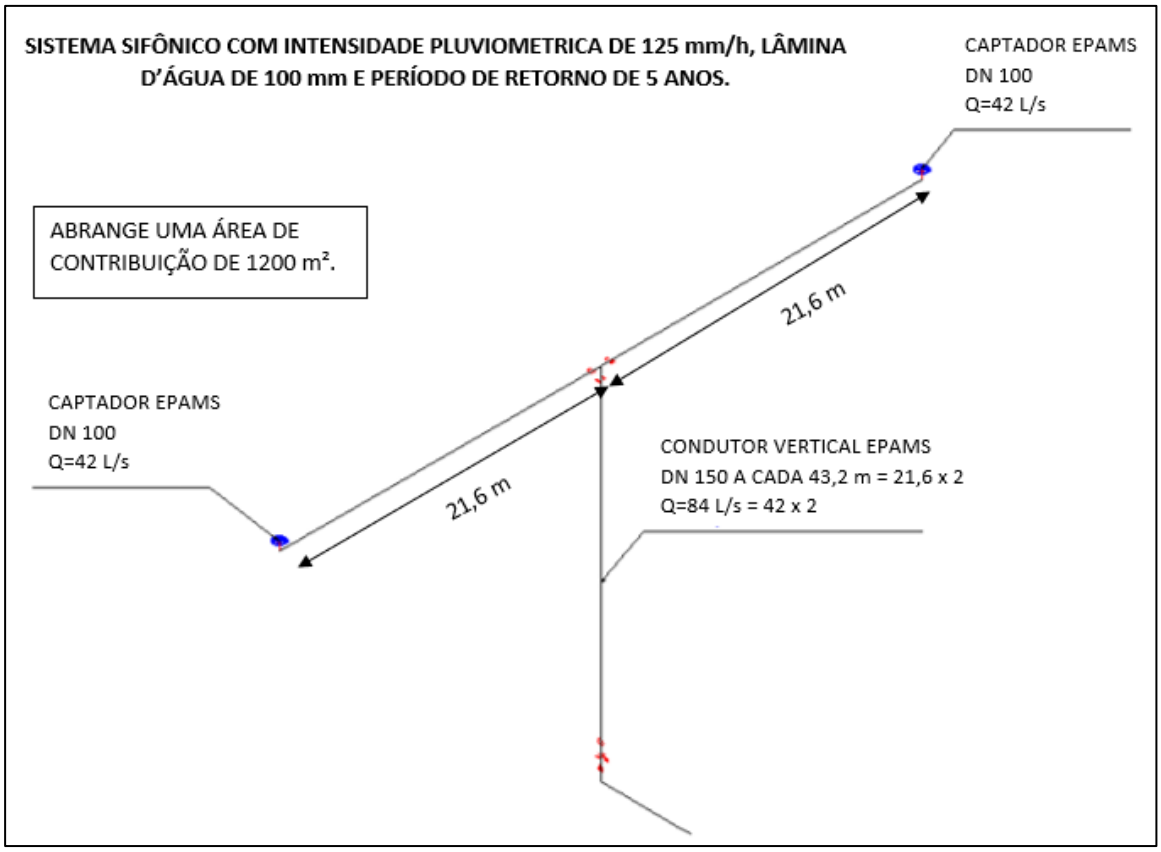
As Figura 03 a 06 ilustram o posicionamento dos captadores na cobertura e as informações referentes a cada cenário.

FIGURA 03 – Captadores para lâmina de 55 mm e 5 anos



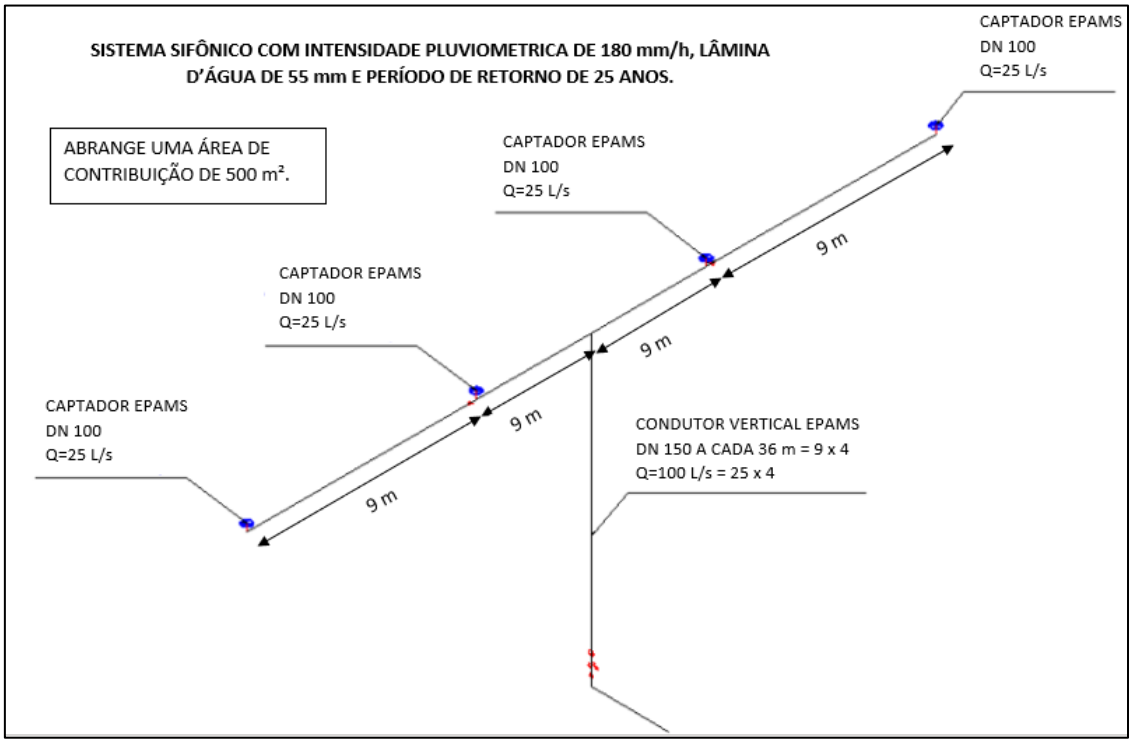
Fonte: Autores (2019).

FIGURA 04 – Captadores para lâmina de 100mm e 5 anos



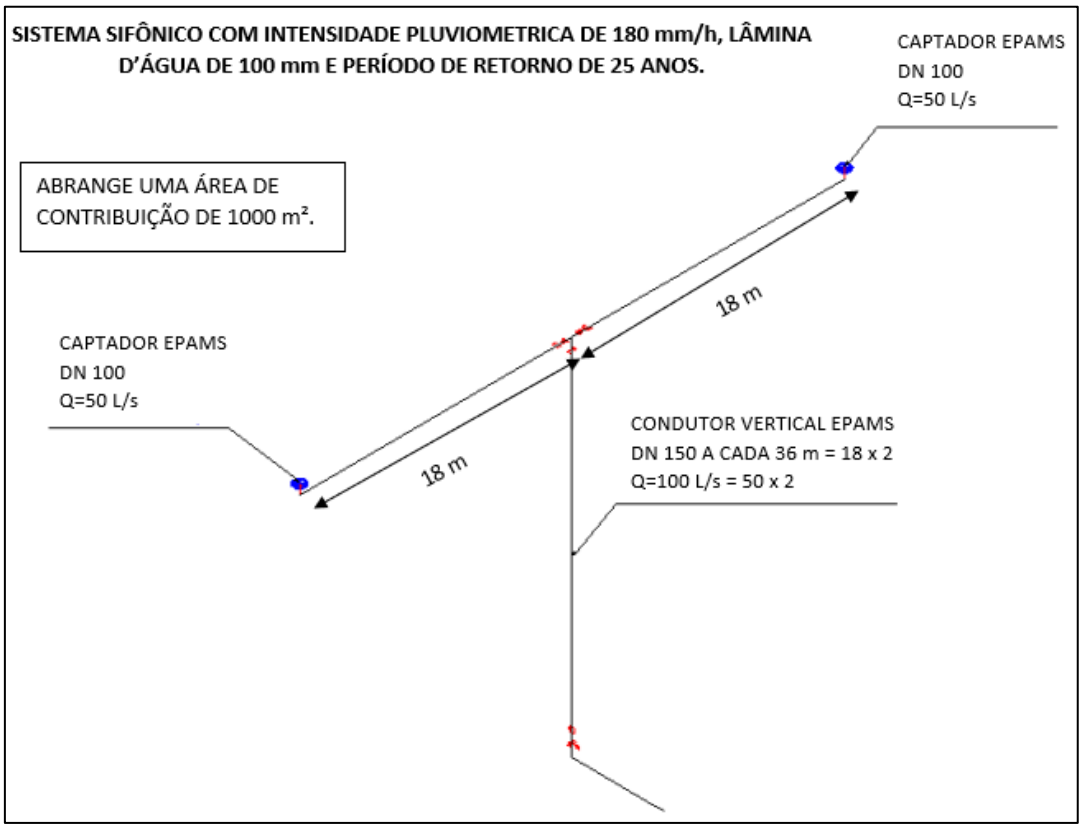
Fonte: Autores (2019).

FIGURA 05 – Captadores para lâmina de 55mm e 25 anos



Fonte: Autores (2019).

FIGURA 06 – Captadores para lâmina de 100mm e 25 anos

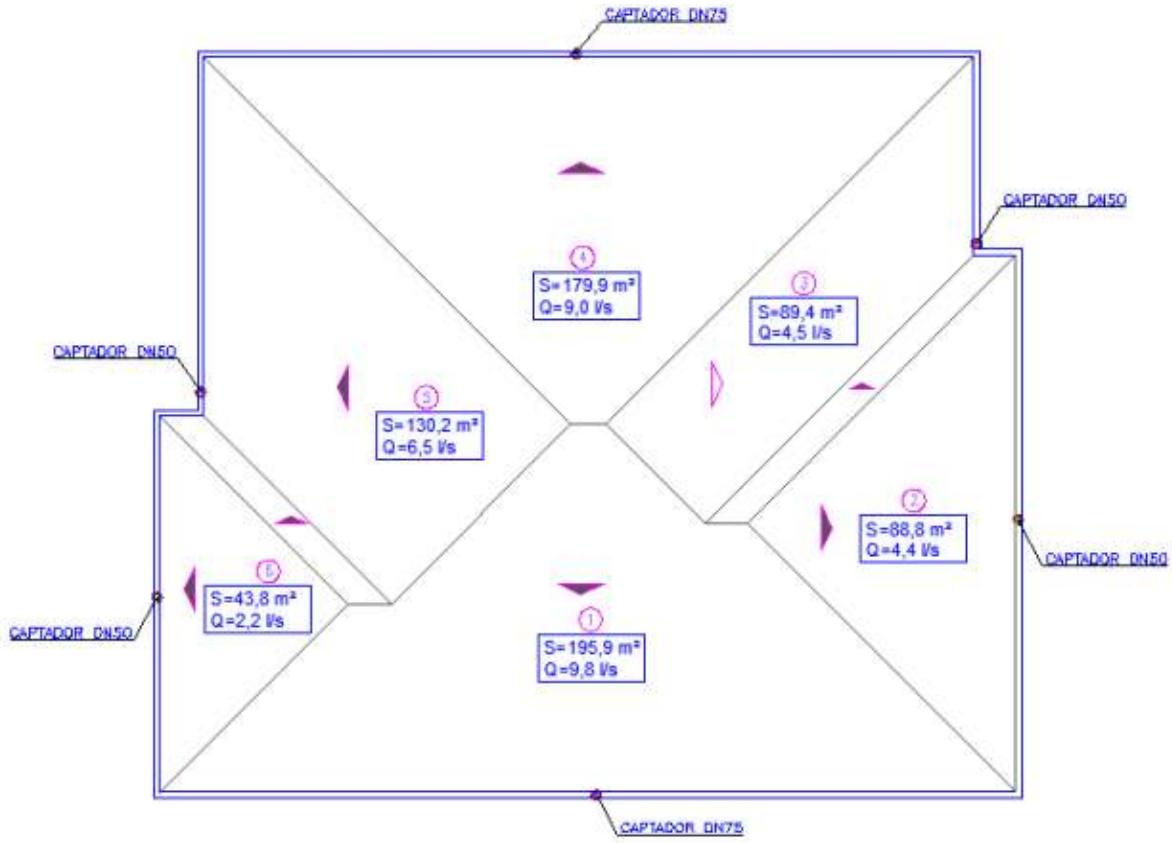


Fonte: Autores (2019).

4.4 DIMENSIONAMENTO SIFÔNICO – COBERTURA HOSPITALAR

A empresa parceira repassou estudos do dimensionamento com período de retorno de 25 anos e lâmina d'água de 55 mm, única situação atendente da vazão mínima para funcionamento do sistema. As calhas possuem dimensões de 400 x 150 mm. Nas demais possibilidades os condutores não funcionaram adequadamente devido as pequenas dimensões da cobertura, impossibilitando obter altura mínima da lâmina d'água dentro da calha, necessitando vazão mínima de 2 L/s para inicial o escoamento sifônico.
Na Figura 07 estão informadas a área de influência (S) de cada cobertura, além do diâmetro e vazão recolhida de cada captador.

FIGURA 07 – Captadores para a cobertura hospitalar



Fonte: Autores (2019).

4.5 ANÁLISE ECONÔMICA

4.5.1 SISTEMA CONVENCIONAL E SISTEMA SIFÔNICO

Com todos os dimensionamentos, peças, materiais e custos individuais elaborou-se um comparativo de custos para o sistema convencional e sifônico, respectivamente apresentados nos Quadro 03 e 04.

QUADRO 03 – Custos dos conjuntos dos sistemas convencionais

Parâmetros	GALPÃO INDUSTRIAL		COBERTURA HOSPITALAR	
	125 mm/h	180 mm/h	125 mm/h	180 mm/h
Calhas	R$ 9.293,34	R$ 10.377,57	R$ 1.829,06	R$ 1.829,06
Condutores verticais	R$ 19.215,84	R$ 27.435,72	R$ 1.670,76	R$ 2.808,00
TOTAL	R$ 28.509,18	R$ 37.813,29	R$ 3.499,82	R$ 4.637,06

Fonte: Autores (2019).

QUADRO 04 – Custos dos conjuntos dos sistemas sinfônicos

Parâmetros	GALPÃO INDUSTRIAL				COBERTURA HOSPITALAR
	125 mm/h		180 mm/h		180 mm/h
Lâmina (mm)	55	100	55	100	55
Calhas	R$ 13.165,53	R$ 13.165,53	R$ 13.165,53	R$ 13.165,53	R$ 3.379,78
Comprimento das calhas (m)	432				110,9
Condutores verticais	R$ 232.498,08	R$ 212.409,80	R$ 293.938,92	R$ 205.642,76	R$ 25.347,90
TOTAL	R$ 245.663,61	R$ 225.575,33	R$ 307.104,45	R$ 218.808,29	R$ 28.727,68

Fonte: Autores (2019).

O sistema sifônico, tem maior lâmina d'água dentro da calha, quanto maior a altura, maior a vazão transportada pelo tubo, maior a pressão de sucção gerada, garantindo a eficiência do conjunto. Os valores obtidos na lâmina de 100 mm acima do captador são menores comparando com 55 mm.

5 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Avaliando dois tipologias de sistemas prediais de águas pluviais (convencional e sifônico) para quatro cenários de estudo, verificou-se que o sistema convencional tem vantagens de baixo custo das peças e drenagem de qualquer vazão, até atingir a capacidade máxima. Por outro lado, o sistema sifônico têm vantagens de flexibilidade de traçado, diminuição das caixas de passagem/caixas de inspeção, possibilita grandes espaçamentos entre condutores verticais, redução dos diâmetros nominais e da declividade podendo esta ser nula, coleta rápida e rapidez na montagem.

Quanto maior a área drenada e a altura dos condutores verticais, maior deve ser a resistência do material, no caso da EPAMS utiliza-se ferro fundido, conectados por juntas próprias. A execução pode ser feita rapidamente, diferente do convencional precisando de juntas coladas ou elásticas.

Também diminui a quantidade de condutores verticais das fachadas com calhas externas, melhorando o visual. Já o convencional possui mais condutores verticais com descidas, normalmente junto aos pilares e grandes diâmetros nominais.

Os captadores do sistema sifônico, possuem vazão mínima para iniciarem o funcionamento de 2,0 L/s, antes disso funcionam de forma convencional. No caso do estudo realizado, a cobertura hospitalar possui pequena área de coleta, não atingindo a vazão mínima de sifônagem, funcionando, assim como conduto livre.

Em contrapartida, o sistema sifônico possui bom aproveitamento em coberturas com dimensões e traçados grandes.
Quanto ao custo, o sistema sifônico apresentou maiores valores comparado ao convencional com tubulações de PVC. Para a menor cobertura, a aplicação do sistema resultou em um custo de material 6 vezes mais elevado. No galpão industrial, obteve-se um custo entre 6 a 8 vezes maior que o sistema convencional.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR10844:** Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

SAINT GOBAIN, EPEMS, sistema anti-vórtice de captação e drenagem de águas pluviais. Disponível em: https://www.sgpam.com.br/artigos/epams-sistema-antivortice-de-captacao-e-drenagem-de-aguas-pluviais. Acesso em: 15 jun. 2019

SINAPI. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poderpublico/sinapi/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 16 jun 2019.

ULMETA. Tetometal Construções Ltda. Disponível em: http://www.sulmeta.com.br/. Acesso em: 15 jun. 2019

VALSIR. Grupo empresarial Valsir, Disponível em: http://www.valsir.it/en/panoramicaraiplus/prodotti/raiplus/panoramica-rainplus. Acesso em: 17 jun.2019

XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

CONCEPÇÃO DA INFRAESTRUTURA SANITÁRIA URBANA BASEADA NOS SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS SANITÁRIOS

DESIGN OF URBAN SANITARY INFRASTRUCTURE BASED ON HYDRAULIC BUILDING SYSTEMS

SANTOS, Daniel Costa dos

Universidade Federal do Paraná, Centro Politécnico, Curitiba, dcsantos.dhs@ufpr.br

RESUMO

No intuito de contribuir para a universalização dos serviços de saneamento no Brasil, objetiva este trabalho discutir sobre a possibilidade de incrementar o desempenho da infraestrutura sanitária quando concebida a partir de intervenções de sustentabilidade hídrica nos sistemas prediais hidráulicos sanitários. Neste sentido, o método de investigação constou do desenvolvimento de um estudo de caso que enfocou o planejamento da infraestrutura sanitária para uma determinada área urbana de um município brasileiro. Os resultados da investigação indicaram que ao associar medidas de sustentabilidade hídrica nas edificações ao planejamento da infraestrutura sanitária, indicadores de desempenho desta foram melhorados. Todavia, algumas sinergias negativas podem ocorrer, fato que pode reduzir o desempenho da infraestrutura sanitária.

Palavras-chave: Infraestrutura sanitária; sistemas prediais; sustentabilidade hídrica.

ABSTRACT

In order to contribute to the universalization of sanitation services in Brazil, the aim of this work is to discuss the possibility of increasing the performance of sanitary infrastructure when conceived from water sustainability interventions in hydraulic building systems. In this sense, the research method consisted of the development of a case study that focused on the planning of sanitary infrastructure for an urban area of a Brazilian municipality. The results of the research indicated that by associating measures of water sustainability in the buildings to the planning of the sanitary infrastructure, its performance indicators were improved. However, some negative synergies may occur, which may reduce the performance of sanitary infrastructure.

Keywords: sanitary infrastructure; building systems; water sustainability

1 INTRODUÇÃO

A busca da universalização dos serviços de infraestrutura sanitária no Brasil tem sido uma aspiração para alguns entes civis e públicos, em especial nas décadas recentes. Diante desta realidade de dificuldades de universalização destes serviços, em parte resultante de olhares desconexos entre os diversos agentes responsáveis em questão, cumpre destacar duas hipóteses para a construção de uma estratégia de abordagem que possa erigir contribuições para solucionar, ainda que parcialmente, tal problema.

A primeira hipótese é que a concepção da infraestrutura sanitária como um sistema poderia prospectar e explorar interdependências e sinergias entre os subsistemas no sentido de a mesma tenha a sua capacidade ampliada para o atendimento da população. E a segunda hipótese é que o conjunto dos sistemas prediais hidráulicos sanitários configure o ponto referencial mais estratégico para engendrar a teia de relações sistêmicas necessária.

Isto posto, objetiva este trabalho apresentar simulações matemáticas, por meio de um estudo de caso hipotético, que demonstrem o quanto o desempenho da infraestrutura sanitária pode ser alterada quando concebida sistemicamente a partir de intervenções nos sistemas prediais hidráulicos sanitários, quando comparada com a situação em que a mesma é concebida sem considerar tais intervenções.

2 FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

Buscar o uso sustentável da água em seu ciclo urbano requer uma abordagem sistêmica sobre o mesmo. Várias são as variáveis envolvidas assim como inúmeras são as relações que podem se estabelecer entre as mesmas, configurando-se desta forma um cenário complexo que impõe a consideração de diversas abordagens. Uma abordagem que se destaca dentre estas é a gestão integrada das águas urbanas que, em realidade, entende o ciclo do uso da água no meio urbano como um sistema complexo, além dos enfoques "*bluegreen*"(LAWSON,2014), *"sensitive urban design"*(ROGERS, HAMMER, 2019*)*, "*resilient urban water systems*" (VAIRAVAMOORTHY, MATTHEWS, BROWN, 2019), dentre outros.

Enfim, diante desta constelação de enfoques teóricos e de decorrentes oportunidades de atuação, entende-se que os sistemas prediais hidráulicos sanitários compõem um privilegiado ponto de partida para lidar com a complexidade emergente do ciclo da água no meio urbano, pois tais sistemas conectam os sistemas de abastecimento de água aos sistemas de esgotamento e drenagem, conexões estas que alteram as características qualiquantitativas da água em seu uso, assim como constam do principal elo de interação com o usuário final (SANTOS, 2016).

3 MÉTODO

O método em questão constou do desenvolvimento de um estudo de caso com o propósito de comparar os desempenhos previstos à infraestrutura sanitária quando planejadas sem a inclusão das medidas de sustentabilidade hídrica nas edificações e com a inclusão das mesmas. Para tanto, incialmente está apresentada a área urbana estudada.

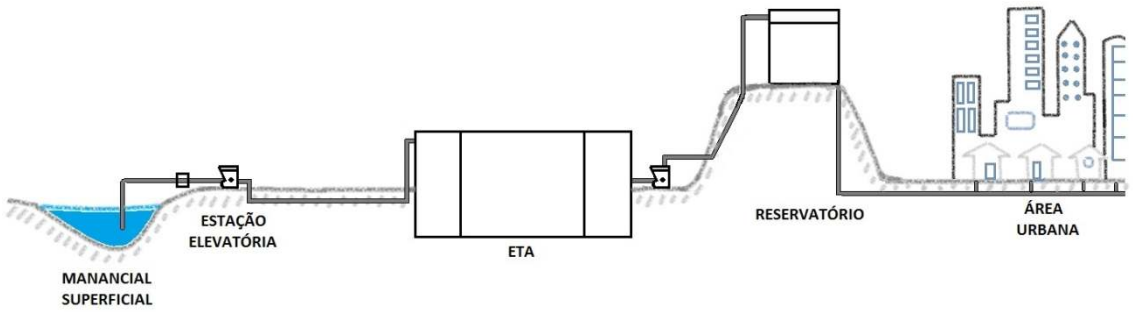
3.1 Descrição da área urbana

Este estudo de caso foi desenvolvido para uma determinada zona urbana de um município brasileiro cuja a população atual é de 4.457 habitantes, sendo que a respectiva taxa geométrica

de crescimento populacional (**λg)** tem sido na ordem de 2,0% nas últimas duas décadas. Desta forma, assumindo um alcance de projeto de 15 anos a partir de 2018, a população em 2033 é estimada em 5.999 habitantes.

Quanto à infraestrutura, a configuração do sistema de abastecimento de água (SAA) está apresentada na Figura 01, estando a estação de tratamento de água representada pela sigla ETA.

FIGURA 01: ***Concepção de um Sistema de Abastecimento de Água***



Fonte: Santos (2016)

As características deste sistema são as seguintes:

$P_{SAA/2033}$ = 5.999 habitantes; q_e = 362,57 l/hab.dia; Ird = 40,00 %; q_t = 483, 43 l/hab.dia;

K_1 = 1,2; Q_p = 50,34 l/s;

sendo,

$P_{SAA/2033}$: população a ser atendida pelo SAA em 2033;
q_e: consumo efetivo per capita diário de água;
I_{rd}: índice de perdas de água na rede de distribuição;
q_t: consumo total per capita diário em 2018, cuja a expressão é a seguinte:

$$q_t = q_e / (1 - I_{rd}) \quad (1)$$

K_1: coeficiente do dia de maior consumo;
Q_p: vazão produzida de água potável (entre a ETA e o reservatório de distribuição), dada pela seguinte expressão:

$$Q_p = (P_{SAA/2033} \cdot K_1 \cdot q_t) / 86400 \quad (2)$$

Com relação ao esgotamento sanitário deste espaço urbano, observa-se que não há um sistema de esgotamento sanitário (SES) coletivo. Não obstante, o sistema de drenagem urbano (SDU) existente apresenta uma série de problemas, causando desde alagamentos em função de obstruções nas tubulações até a poluição difusa sobre os rios.

3.2 Planejamento da infraestrutura sanitária

Conforme anteriormente explanado, para a concepção da infraestrutura sanitária para o espaço urbano em questão foi elaborado um planejamento com base no estabelecimento de metas que almejem aumentar as coberturas populacionais do SAA e SES, contribuir para a recuperação dos rios pela redução da DBO do esgoto bruto e reduzir a frequência de alagamentos pela observação da vazão máxima crítica da drenagem urbana. Os respectivos indicadores que matematicamente expressam estas metas são os seguintes:

$$\Delta P_{Mi/SAA/2033} = P_{Mi/SAA/2033} - P_{SAA/2033} \quad (3)$$

$$\Delta P_{Mi/SES/2033} = P_{Mi/SES/2033} - P_{SES/2033} \quad (4)$$

$$DBO_e = C_{DBOe} / Q_e \quad (5)$$

$$Q_c = C \,.\, I \,.\, A_d \quad (6)$$

sendo,
$\Delta P_{Mi/SAA/2033}$: acréscimo populacional atendido pelo SAA em 2033 dado pela medida i;
$\Delta P_{Mi/SES/2033}$: acréscimo populacional atendido pelo SES em 2033 dado pela medida i;
$P_{Mi/SAA/2033}$: população atendida pelo SAA em 2033 dado pela medida i;
$P_{Mi/SES/2033}$: população atendida pelo SES em 2033 dado pela medida i;
DBO_e: demanda bioquímica de oxigênio do esgoto bruto;
C_{DBOe}: carga de DBO_e;
Q_e: vazão de esgoto bruto;
A_d: área de drenagem da zona urbana;
I: precipitação pluviométrica intensa (duração de 05 minutos e período de retorno de 05 anos);
C: coeficiente de escoamento superficial;
Q_c: vazão crítica de drenagem que estabelece a capacidade máxima do emissário que evita alagamentos;

Observar que a C_{DBOe} é dada pela seguinte expressão:

$$C_{DBOe} = C_{DBOu} \,.\, P_{SES/2033}, \quad (7)$$

sendo,
C_{DBOu}: carga de DBO unitária por habitante por dia;

Desta forma, para alcançar a meta em 2033, o planejamento sistêmico seguiu duas abordagens. Na primeira, o planejamento da infraestrutura sanitária não foi sistêmico uma vez que desconsiderou possíveis medidas de sustentabilidade hídrica nas edificações. Na segunda, em caminho oposto, tal planejamento foi sistêmico pois incluiu a previsão de algumas medidas sustentáveis nas edificações no decorrer do período do alcance.

1ª Planejamento não sistêmico da infraestrutura sanitária

Para este cenário concebeu-se as seguintes medidas:

Medida 01: Redução do Ird para 25,00 %;

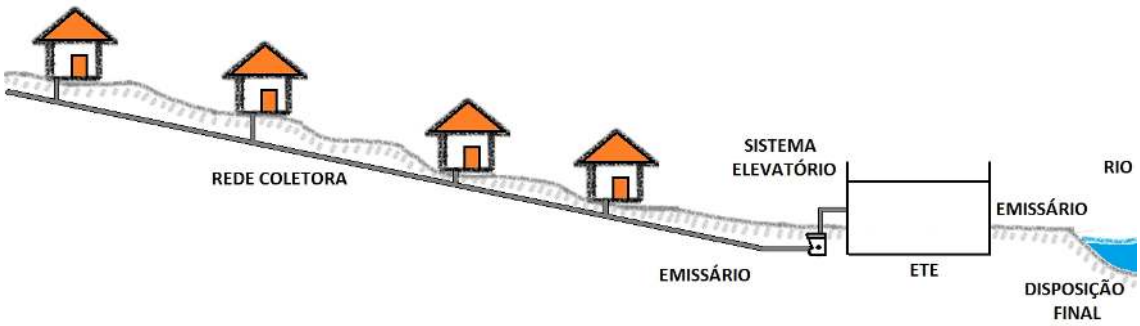
Medida 02: Implantação de um SES centralizado composto por rede coletora pública, estação de tratamento de esgoto (ETE) e disposição final devidamente outorgada, em corpo hídrico, conforme Figura 02. As variáveis de projeto são:

q_c = 336,86 l/hab.dia; CR = 93 %; Q_e = 23,39 l/s;

sendo,
q_c: contribuição per capita diária de esgoto sanitário;
CR: coeficiente de retorno, o qual é a razão entre q_c e q_e;
Q_e: vazão de esgoto bruto gerado pela população ao final do alcance, expressa pela equação,

$$Q_e = (P_{2033} \cdot q_c) / 86400 \quad (8)$$

FIGURA 02: Perfil de uma rede coletora de esgoto



Fonte: Santos (2016)

Medida 03: Atualização do SDU convencional existente pela adequação das sarjetas, das bocas de lobo e das galerias, e pela implantação de 01 emissário, este dimensionado a partir da vazão crítica de drenagem. As variáveis de projeto, além da capacidade máxima para o emissário estimada pela Equação de Manning, são as seguintes:

A_d = 40,24 ha; I = 120,00 mm/h ; C = 62,65 %; η = 0,013; Q_c = 8,40 m^3/s;

D = 1500 mm; y/D = 95,00 %;

sendo,
η : coeficiente de Manning para tubulações em concreto;
D: diâmetro do emissário;
y/D: razão entre a lâmina crítica de escoamento (y que correspondente à Qc) e o D.

2ª Planejamento sistêmico da infraestrutura sanitária

Concernente ao planejamento da infraestrutura sanitária que considere as medidas de sustentabilidade hídrica nas edificações admitiu-se que estas são predominantemente residenciais unifamiliares. Os sistemas prediais hidráulicos sanitários foram projetados e executados atendendo as normas vigentes. Portanto, atendendo as mesmas condicionantes já apresentadas para as medidas 1, 2, e 3, para 2033 foram elencadas as seguintes medidas no âmbito das edificações:

Medida 4: Sensibilização do público no sentido de procurar reduzir o q_e para 335,14 l/hab. dia ao longo do alcance do projeto;

Medida 5: Coletar e tratar a água cinza oriunda da máquina de lavar roupa para utilizá-la na lavagem de pisos. Por esta espera-se reduzir o q_e para 354,00 l/hab.dia;

Medida 6: Uso de água da chuva para a irrigação no intuito de reduzir o q_e para 345,43 l/hab.dia.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das estimativas das variáveis de projeto presentes nas equações anteriores estão apresentados no Quadro 01 para as medidas simuladas.

QUADRO 01: Estimativas das variáveis de projeto

Medidas	Variáveis				
	qe	Ird	qt	qc	CR
M1	362,57	25	483,43	336,86	93
M2	362,57	40	604,29	336,86	93
M3	362,57	40	604,29	336,86	93
M4	335,14	40	558,87	315,86	94
M5	354,00	40	590,00	328,29	93
M6	345,43	40	575,71	319,71	93

Com os resultados do Quadro 01 foi possível estimar os indicadores para as medidas tanto isoladas quanto agrupadas, conforme Quadro 02.

QUADRO 2: Resultados dos indicadores para as medidas

	Medidas	Indicadores			
		$\Delta P_{Mi/SAA/2033}$ (habitantes)	$\Delta P_{Mi/SES/2033}$ (habitantes)	DBO (mg/l)	y/D (adimensional).
Planejamento não sistêmico	M1	1500	-	-	-
	M2	-	5999	261,45	-
	M3	-	-	-	1,0
Planejamento sistêmico	M1+M4	2113	-	-	-
	M1+M5	1671	-	-	-
	M1+M6	1872	-	-	-
	M2+M4	-	6397	261,21	-
	M2+M5	-	6155	263,47	-
	M2+M6	-	6320	275,46	-
	M3+M4	-	-	-	-
	M3+M5	-	-	-	-
	M3+M6		-	-	0,69

- sem dependência entre a medida e o indicador

Conforme o Quadro 02, observa-se que os incrementos populacionais são maiores quando as medidas M1 e M2 são concebidas em associação com as medidas M4, M5 e M6. A DBO_e, por sua vez, praticamente não varia quando à concepção da M2 são incluídas as medidas M4, M5 e M6. No entanto, quando a M3 é associada à utilização da água da chuva nas edificações (M6) obtém-se significativa redução da relação y/D, decorrência esta imporantíssima no sentido de manter o emissário de 1500 mm sob reduzido risco de alagamento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, a inclusão da sensibilização do usuário, o uso de água cinza e o aproveitamento de água da chuva no planejamento dos SAA e SES redundou, simultaneamente, no aumento da capacidade destes em termo de número de pessoas atendidas. Outro ponto é que, dependendo do tipo de água cinza utilizada, a DBO_e pode aumentar, condição esta que poderia incrementar a eficiência do sistema de tratamento de esgoto proposto, o qual anaeróbio. No entanto, devem ser avaliadas as reduções de vazões de esgoto oriundas das edificações em função das vazões mínimas necessárias para garantir a autolimpeza dos coletores das redes de esgotamento. Já o uso da água da chuva pode contribuir para reduzir os diâmetros dos emissários. No entanto, há de se atentar ao fato que quando a mesma é usada para a descarga das bacias sanitárias, o fluxo hidrológico local pode ser alterado.

REFERÊNCIAS

LAWSON, E. et al.; Delivering and evaluating the multiple flood risk benefits in blue-green cities: An interdisciplinary approach. **Flood recovery, innovation and response**, 2014; v. 184; 113–124.

ROGERS, B., HAMMER, K., Realising the vision of a water sensitive city. **The Source**, 2019; 24-27.

SANTOS, D.C.; Saneamento para Gestão Integrada das Águas Urbanas. Elsevier, Rio de Janeiro, 2016.

VAIRAVAMOORTHY,K.; MATTHEWS,N.;BROWN,P.; Building resilient urban water systems for an uncertain future. **The Source**, 2019; 20-23.



XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SISTEMA SIFÔNICO E CONVENCIONAL DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL

COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN SIPHONIC AND CONVENTIONAL ROOF DRAINAGE SYSTEM

FREITAS, Thiago De Oliveira Veloso[1]; REIS, Ricardo Prado Abreu[2]

[1] Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás, thiagoovfreitas@gmail.com
[2] Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás, ricardo_reis@ufg.br

RESUMO

A busca por processos mais eficazes, baratos e menos danosos ao meio ambiente é algo que vem se tornando cada vez mais comum na atualidade. O presente artigo tem como objetivo comparar dois métodos distintos de concepção de sistemas de captação de água pluvial em coberturas de edificações: Método Convencional, estipulado pela NBR 10844 (ABNT, 1989), onde o escoamento em tubulações ocorre seguindo os princípios de condutos livres; e o Método Sifônico, regulado pela BS 8490 (BSI, 2007), onde o escoamento segue os princípios de condutos forçados, afim de avaliar suas principais diferenças metodológicas e o potencial de viabilidade econômica quanto ao emprego de cada uma das técnicas. Para a obtenção dos resultados, foram comparados os projetos de sistemas de drenagem de água pluvial para 10 galpões industriais com diferentes áreas de cobertura para as duas metodologias em estudo. Foi comparada a viabilidade econômica de um sistema em relação ao outro, levantando-se o custo de materiais e mão de obra de cada galpão a fim de obter uma relação gráfica entre os custos e áreas de cobertura dos dois sistemas. Para a realização do estudo, considerou-se para a composição dos materiais dos sistemas prediais de águas pluviais marcas disponíveis no mercado nacional. Com o estudo realizado, pôde-se observar que, para uma área de cobertura superior a 2935,57 m² o Sistema Sifônico apresentou-se mais viável economicamente que o sistema convencional.

Palavras-chave: Sistemas Prediais de Águas Pluviais, sistema sifônico, escoamento de água pluvial, microdrenagem, orçamentação.

ABSTRACT

The search for more effective, cheaper and more eco-friendly processes is an issue that is becoming more common nowadays. This study has the goal of comparing two roof drainage system methods: Conventional Method, regulated by the NBR 10844 (ABNT, 1989), where the flow in vertical and horizontal pipes goes partially full; and Siphonic Method, regulated by the BS 8490 (BSI, 2007), where the flow goes on a full bore state, aiming to evaluate their main methodological differences and similarities, performing a financial analysis for both methods. To obtain the desired results, 10 industrial storage units had their roof drainage system designed with different roof areas between them. The financial viability between the methods was calculated by estimating materials and labor costs for the scenarios, obtaining a graphic relation between cost and roof area. It was considered brands available in the national market for both roof drainage systems. After performing the calculations and comparing the values between the designs, it was noted that for a roof area greater than 2935,57 m², the Siphonic System is more financially viable compared to the Conventional System.

Keywords: Roof Drainage System, Siphonic System, Rainwater Flow, Drainage, Costs.

1 INTRODUÇÃO

O sistema de captação de água pluvial mais utilizado em edificações brasileiras é o sistema convencional, com escoamento por gravidade, seguindo os princípios de condutos livres (SC), regulado pela NBR 10844 (ABNT, 1989), onde a água captada nas áreas impermeabilizadas das edificações (coberturas e pavimentos) é levada até o destino final, seja ele sistemas de infiltração ou redes urbanas de drenagem (CONTI, 1993). Em oposição ao SC, no final da década de 60, Olavi Ebeling, um engenheiro finlandês, desenvolveu o primeiro sistema de drenagem sifônica, Siphonic Drainage System (SDS), com o intuito de apresentar uma inovação técnica à solução de recolhimento de água pluvial, onde o escoamento por gravidade se torne menos favorável, seja ele por gasto excessivo de materiais, limitações arquitetônicas, entre outros (MAY e ESCARAMEIA, 1996). O SDS funciona baseado no impedimento da entrada de ar nas tubulações quando estas atingem sua vazão e pressão de projeto. Com a ausência do ar, os condutos passam a funcionar com o escoamento a seção plena, ocasionando a formação de pressões negativas de sucção que contribuem para uma maior velocidade de escoamento e, consequentemente, maior volume de água drenado, diminuindo consideravelmente a necessidade de condutos com grandes diâmetros e de material (tubos e conexões) utilizados (SAINT-GOBAIN, 2010).

Verificando que o SDS apresenta uma série de vantagens ao SC e que ainda é pouco utilizado para edificações no Brasil, devido principalmente à falta de conhecimento acerca dos benefícios que tal sistema possa gerar, justifica-se o desenvolvimento desta pesquisa para uma melhor consolidação do conhecimento a respeito do SDS.

2 SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUAS PLUVAIS

2.1 Sistemas de captação de água pluvial convencionais (SC)

Segundo Gonçalves e Oliveira (1998), os Sistemas Prediais de Águas Pluviais (SPAP) compõem um subsistema de edifícios com a finalidade básica de garantir a captação das águas pluviais que precipitam sobre os mesmos em coberturas, paredes inclinadas e verticais, terraços, sacadas, varandas, marquises, rampas e pequenas áreas pavimentadas, conduzindo, armazenando e destinando ao local adequado, buscando interferir o mínimo possível com o ciclo hidrológico do ambiente.

No SC o escoamento da água pluvial pode ocorrer através de calhas ou ralos posicionados em lajes, condutores verticais e condutores horizontais. Os critérios de concepção destes componentes são descritos na norma NBR 10844 (ABNT, 1989)

O escoamento nos condutores horizontais ocorre sob efeito da pressão atmosférica. A NBR 10844 (ABNT, 1989) afirma que o dimensionamento de condutores horizontais de seção circular deve ser feito para escoamento com lâmina d'água de altura igual a 2/3 do diâmetro interno do tubo, resultando em uma tabela que relaciona a declividade, diâmetro e vazão máxima suportada pelo condutor.

2.2 Sistema sifônico de captação de água pluvial (SDS)

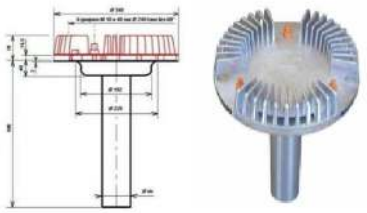
O sistema de drenagem sifônico (SDS) drena a água de áreas impermeabilizadas por meio de captadores de águas pluviais, funcionando de maneira similar aos ralos, instalados em lajes e calhas. Entretanto, tais captadores impedem a entrada de ar quando a intensidade pluviométrica gera um valor de vazão compatível com a vazão de projeto, conseguindo drenar uma quantidade de água associada à velocidade máxima permitida na tubulação (MAY, 1982).

2.2.1 Componentes do SDS

Segundo Pereira (2012), o SDS é composto, basicamente, por três grupos de elementos: captadores, condutores verticais e condutores horizontais.

Os captadores do SDS são os responsáveis por drenar a água de coberturas. Podem ser instalados em lajes maciças, lajes nervuradas, calhas, entre outros. São compostos por uma grelha anti-vórtice, responsável por impedir a entrada de ar nas tubulações (SAINT GOBAIN, 2010). Os ralos sifônicos devem ser fabricados de acordo com as normas internacionais BS EN 1253-1:2015 – *Gullies for buildings* (BSI, 2015) e ASME A112.6.9 – *Siphonic Roof Drains* (ASME, 2005), sendo a BS490 (BSI, 2007) a norma regulamentadora do SDS. Possuem, além da grelha anti-vórtice, uma grelha externa que impede a entrada de sólidos nas tubulações, como folhas, insetos, etc. A Figura 1 mostra um esquema de captadores do sistema *EPAMS* da Saint-Gobain (2010).

FIGURA 1 – Ralos *EPAMS*



Fonte: SAINT-GOBAIN (2010)

A vazão máxima de escoamento, máxima área de cobertura drenada e peso em kg por captador, para uma intensidade pluviométrica de 180 mm/h, de acordo com dados da Saint-Gobain (2010), se dá conforme a Tabela 1, assumindo um tempo de concentração de 5 minutos e período de retorno de 5 anos.

TABELA 1 – Vazão máxima, área drenada e massa de captadores do SDS

Captadores	Q	S	Massa
	L/s	m²	Kg
50	8	160	6,20
75	23	460	6,50
100	26	520	7,20
125	26	520	9,10

Fonte: SAINT-GOBAIN (2010). Adaptado pelo autor.

No escoamento em tubulações verticais e horizontais, as paredes das tubulações tendem a deformar assimetricamente no sentido do centro da tubulação, já que tal pressão gera um efeito de sucção, que pode causar falhas com gradientes de pressão menores do que as falhas geradas por pressões positivas (MAY e ESCARAMEIA, 1996). Fabricantes do SDS optam por diferentes materiais, sendo os mais comuns o Polietileno de Alta Densidade (PEAD) e o Ferro Fundido (FF).

3 MÉTODO

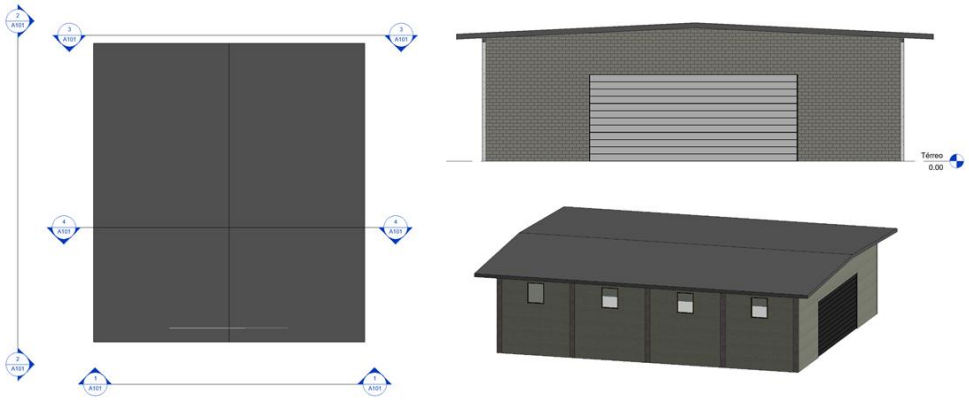
Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram realizados os seguintes procedimentos:

- Definição dos cenários de estudo, com as dimensões das áreas contribuição a serem estudadas;
- Dimensionamento segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989) e lançamento em desenho digital por meio do software Autodesk Revit 2019 para a obtenção da lista de materiais empregada no sistema projetado;
- Dimensionamento do SDS, utilizando o software PredialSoft da Saint-Gobain como ferramenta de dimensionamento e lançamento em desenho digital por meio do software Autodesk Revit 2019 para a obtenção da lista de materiais empregada no sistema projetado;
- Definição das composições de materiais e serviços dos sistemas projetados seguindo as diretrizes da TCPO 13 (PINI, 2013) e da SINAPI (2017);
- Orçamento das composições utilizando-se dados de fornecedores locais para o levantamento de preço unitário de cada material;
- Obtenção da relação gráfica Área *vs* Custo para 3 amostras de cada sistema projetado (SDS versus SC).
- Obtenção da interseção gráfica para os cenários, a fim de obter a área de cobertura que torne o SDS mais viável economicamente.

3.1 Cenários de estudo

O objeto de estudo deste trabalho, utilizado para o lançamento do projeto de SPAP, consiste em um galpão industrial fictício. As dimensões das áreas de contribuição variaram em três valores distintos: 400 m², 2000 m² e 4000 m². Possui 15 m de pé direito livre, estrutura da cobertura metálica treliçada, cobertura feita com telhas de fibrocimento em duas águas e paredes em blocos cerâmicos. A Figura 2 mostra o objeto de estudo em planta, vista e isometria.

FIGURA 2 - Objeto de estudo



Fonte: Autor

3.2 Cálculo das vazões de projeto

A vazão de projeto foi calculada por meio da equação de chuva de Goiânia-GO, definida por COSTA et al. (2001). Assim, para uma chuva de projeto de 5 anos e tempo de retorno de 5 min, considerou-se uma intensidade pluviométrica de 178 mm/h. O coeficiente de escoamento superficial adotado foi igual a 1 – superfície totalmente impermeabilizada. As áreas de contribuição foram calculadas assumindo os valores de comprimento e largura da Tabela 2.

Tabela 2 – Dimensões das coberturas

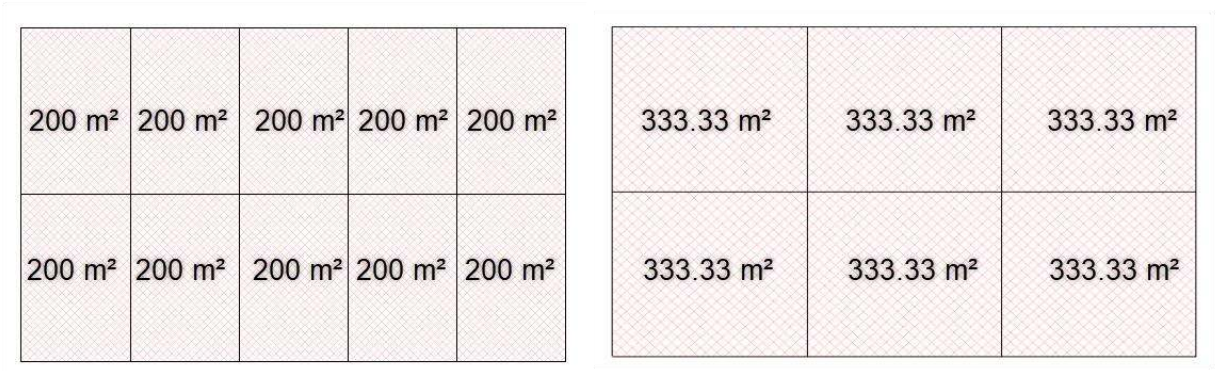
Cenário	Área	Comprimento	Largura
1	400	15,68	25,33
2	2000	35,06	57,05
3	4000	49,58	80,1

Fonte: Autor

3.3 Zoneamento das áreas de cobertura

Uma vez obtido o valor da vazão de contribuição total para cada cenário, foi realizado o zoneamento das coberturas para o SC e o SDS. Para o SDS, determinou-se a quantidade de captadores necessários para drenar a contribuição total, restringindo-se aos modelos de 50 mm e 75 mm, e realizou-se o espaçamento de tais captadores de modo que todos recebam a mesma contribuição e que a distância máxima entre eles seja de 10 m (SAINT-GOBAIN, 2010). Para o SC, zoneou-se a cobertura de acordo com a vazão máxima que cada condutor horizontal (150 mm a 0,5%) suporta. A Figura 3 exemplifica, para a área de cobertura de 2000 m², a divisão das contribuições para cada sistema, sendo o SC na esquerda e o SDS na direita.

Figura 3 – Zoneamento das áreas de cobertura



Fonte: Autor

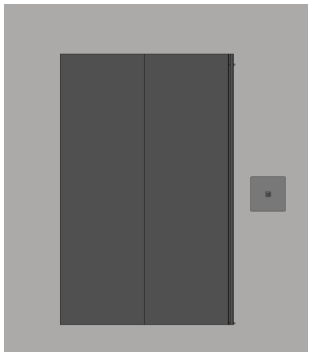
3.4 Determinação das calhas

Para o dimensionamento das calhas no SC, considerou-se uma inclinação de 0,5%, material aço galvanizado e critérios de dimensionamento conforme NBR 10844 (ABNT, 1989). Já para o SDS, adotou-se que as calhas não possuem inclinação e que a sua largura mínima era de 35 cm, visto que é um comprimento exequível e usual para a instalação dos captadores *EPAMS*, que possuem 30 cm de diâmetro.

3.5 Determinação dos condutores verticais e horizontais

O dimensionamento dos condutores verticais, para o sistema convencional, foi feito de acordo com a metodologia empregada pela NBR 10844 (ABNT, 1989), utilizando série PVC Reforçada para os condutores verticais e série PVC normal para os horizontais, assumindo uma inclinação de 0,5%. Toda a água captada foi drenada para um reservatório de águas pluviais localizada na fachada sul da edificação, conforme a Figura 4, através da instalação de caixas de passagem de concreto e tampa de ferro fundido próximas às prumadas.

Figura 4 – Destinação final da água captada



Fonte: Autor

Para o dimensionamento da rede do SDS, utilizou-se o software PredialSoft da Saint-Gobain para o dimensionamento dos diâmetros e perdas de carga.

Na passagem do fluxo vertical para horizontal (zona de descarga), considerou-se caixas de passagem de concreto com tampa em ferro de modo que a velocidade máxima do escoamento na zona de descarga não ultrapasse 2,5 m/s.

3.6 Definição das composições de insumo e mão de obra

Por meio da definição arquitetônica das edificações em estudo e da listagem de materiais, utilizou-se a Tabela de Composições de Preços para Orçamento – TCPO-13 (PINI, 2013) e do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2017) para a definição das composições a serem comparadas para cada cenário de estudo. O gasto com mão de obra foi calculado assumindo encargos sociais de 100%.

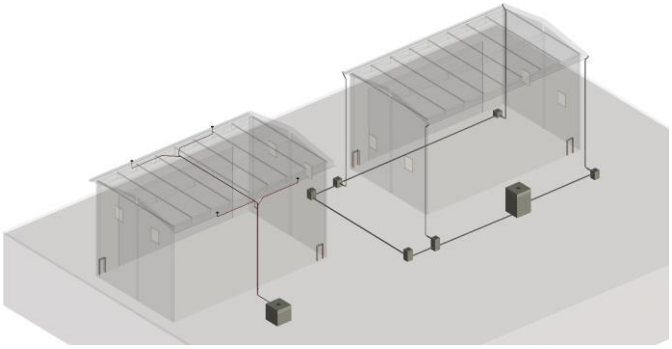
Foram levantados custos de materiais, assumindo uma perda de 10% para as tubulações de PVC, conforme a TCPO 13 (PINI, 2013) e de 3% para os tubos de Ferro Fundido (SINAPI, 2017). Para as caixas de passagem de concreto, considerou-se o concreto preparado em obra, com betoneira e aditivo impermeabilizante, utilizando Cimento Portland CPII E-32 e pedras britadas do tipo 1 e 2, além de área tipo média. O custo de escavação considerado foi de R$45,00 por m³ (corte e reaterro), sendo este um valor médio compatível com o mercado.

Assumiu-se que o grupo de trabalhadores responsáveis por executar o objeto de estudo possuem experiência na área de instalações para o SC, mas não possuem na área do SDS. Logo, foi incorporado um treinamento no valor de R$400,00, no período de 2 semanas, bem como um custo de manutenção anual de 5% do valor da execução, por ano, para cada projeto. Tais valores foram obtidos por empresas que já executaram o sistema no mercado.

4 RESULTADOS

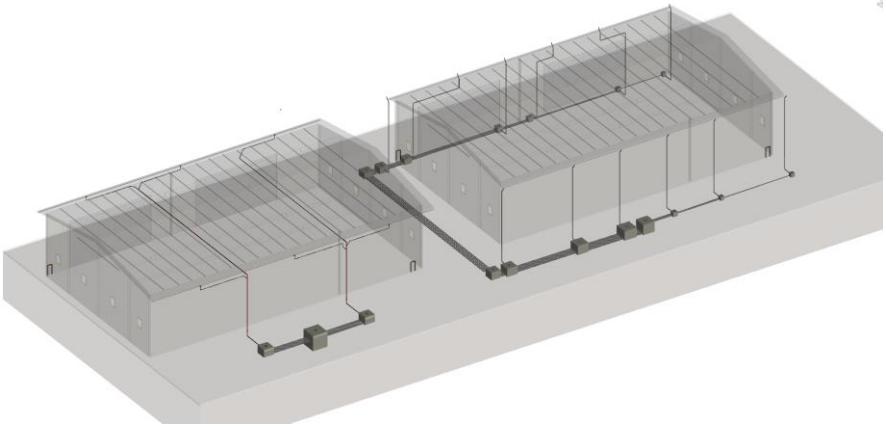
As Figuras 5, 6 e 7 apresentam a concepção dos projetos de captação de água pluvial para o objeto de estudo deste trabalho, para os cenários 1, 2 e 3 (400 m², 2.000 m², 4.000 m²). A Tabela 5 mostra alguns parâmetros comparativos para os 3 cenários.

FIGURA 5 – Concepção para o Cenário 1



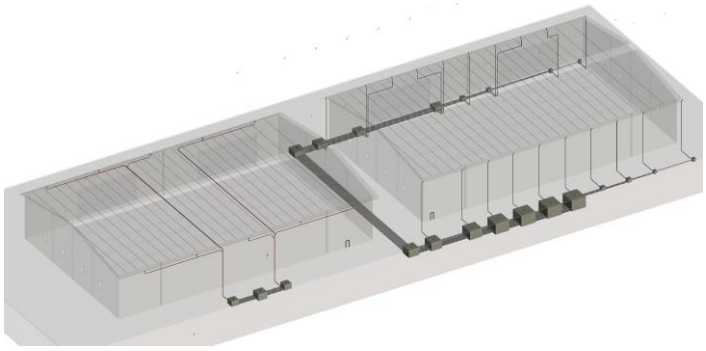
Fonte: Autor

FIGURA 6 – Concepção para o cenário 2



Fonte: Autor

FIGURA 7 – Concepção para o cenário 3



Fonte: Autor

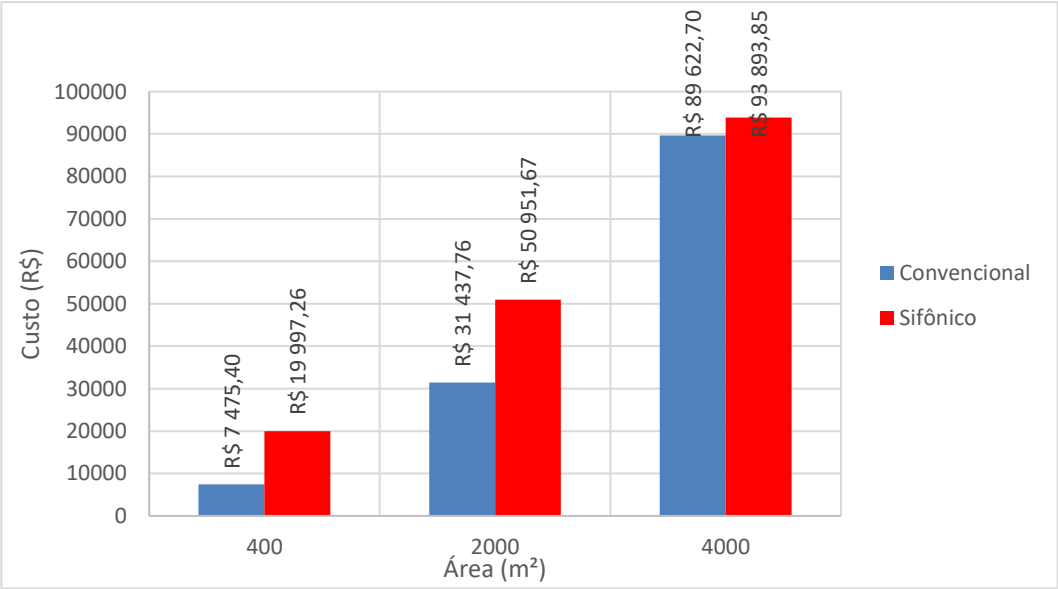
TABELA 5 – Parâmetros comparativos entre os cenários estudados

	Cenário	Área (m²)	Qtd. De Prumadas	Diâmetro (mm)	Vazão por prumada (L/min)	Tubos (m)
Convencional	1	400	4	100	296,67	136,58
	2	2000	10	150	593,33	714,91
	3	4000	20	150	593,33	1730,13
Sifônico	Cenário	Área (m²)	Qtd. De Prumadas	Diâmetro (mm)	Vazão por prumada (L/min)	Tubos (m)
	1	400	1	75	1186,67	83,38
	2	2000	1	150	5933,33	157,94
	3	4000	2	150	5933,33	280,18

Fonte: Autor

A Figura 8 mostra um gráfico comparando os custos de materiais para os dois sistemas em estudo. É possível observar que o gasto com materiais é maior no SDS, para todos os cenários de estudo. Tal fato se dá devido aos materiais envolvidos no SDS serem mais caros e, mesmo com a quantidade de tubos e conexões serem significativamente inferiores com relação ao SC, ainda possui um valor total superior.

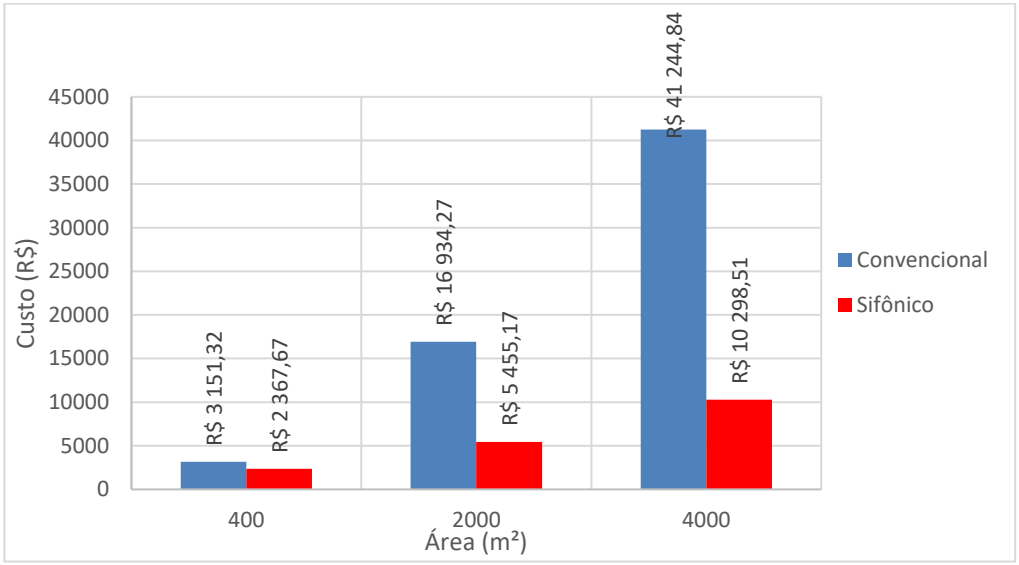
FIGURA 8 – Custo de materiais para os dois sistemas



Fonte: Autor

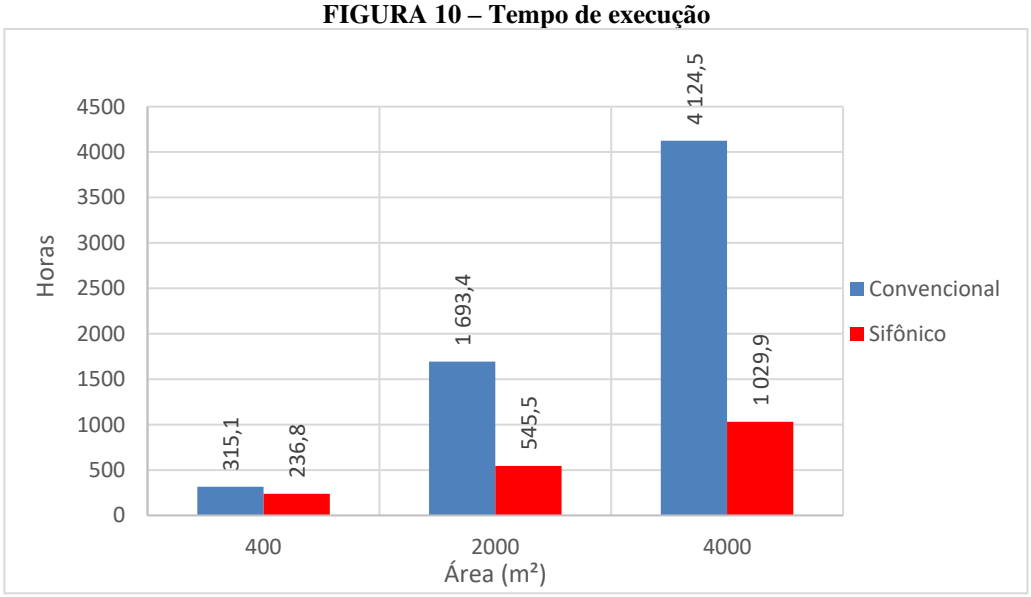
Em relação ao custo de mão de obra, percebe-se que, para todos os cenários em estudo, o SC se mostrou mais caro. Isso se dá pelo fato de que o custo de mão de obra está envolvido com a produtividade de trabalhadores (encanadores e ajudantes de encanador, neste caso). Mesmo possuindo uma execução um pouco mais demorada, o SDS ainda se torna mais barato que o SC por uma menor quantidade de horas ser demandada para a execução do projeto, o que diminui o custo associado aos trabalhadores (Figura 9). Percebe-se, também, conforme o gráfico na Figura 10, que o tempo de execução do SDS apresentou-se menor comparado ao SC.

FIGURA 9 – Custo da mão de obra para os dois sistemas



Fonte: Autor

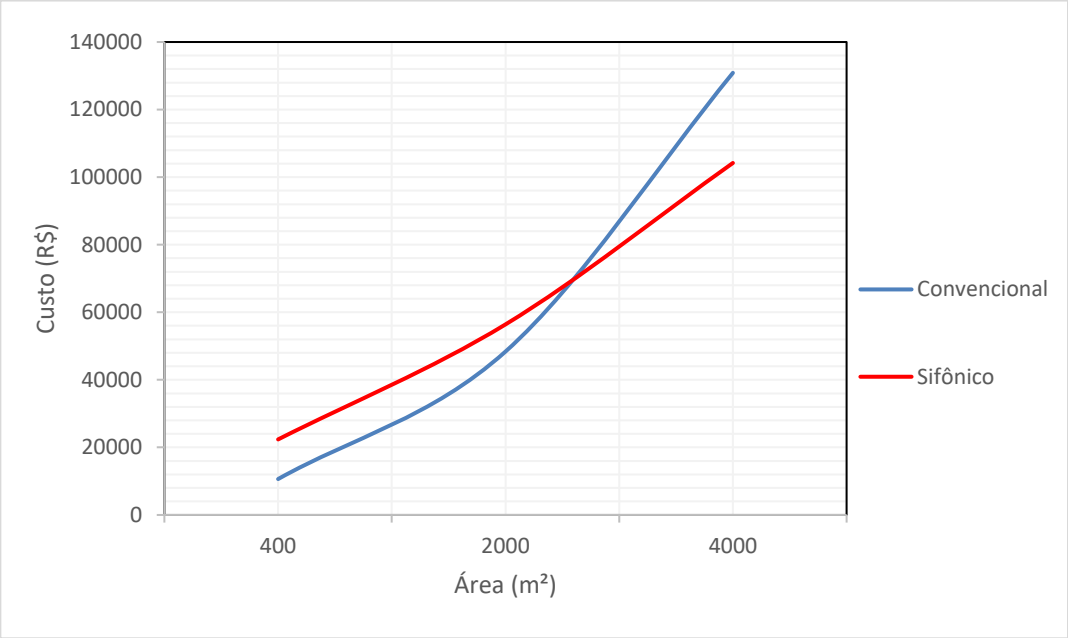
FIGURA 10 – Tempo de execução



Fonte: Autor

A junção dos valores de material e mão de obra permite gerar o gráfico da Figura 11, onde o Custo Total da execução dos projetos é mostrado. Observando a interseção entre os dois gráficos, pode-se afirmar que, para o objeto de estudo, o SDS se torna mais viável do que o SC a partir de aproximadamente 2936 m² de área de cobertura.

FIGURA 11 – Relação gráfica do custo total versus a área de cobertura



Fonte: Autor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a realização dos estudos comparativos entre o SC e o SDS, foi possível perceber uma série de vantagens de um sistema em relação ao outro. Entretanto é importante destacar que as limitações impostas pelos cenários estudados neste trabalho podem comprometer a generalização dos resultados, principalmente no que tange à altura da edificação, disposição dos elementos arquitetônicos, destinação final da água captada pela cobertura, localização geográfica, etc. Algumas vantagens no SDS são perceptíveis de maneira um pouco mais independente do tipo de edificação, como a diminuição do volume de corte e aterro para a instalação das redes enterradas, melhoras na disposição arquitetônica, já que as tubulações podem funcionar sem inclinação, o que possibilita um design mais enxuto, simplificação na desenvolvimento do projeto, melhoria na velocidade da drenagem e escoamento, entre outros.

Para o caso específico deste trabalho, onde a edificação é um galpão, com apenas um pavimento, o sistema sifônico apresentou-se mais viável economicamente, além de sua realização ocorrer em um intervalo de tempo menor. Ressalta-se que os custos poderiam ter tido uma variação diferente caso tivessem sido utilizadas outras concepções na distribuição das redes, tais como condutores enterrados com uma inclinação maior e que, por isso, conseguiriam drenar um valor maior de área de cobertura, mas em contrapartida teriam um valor de escavação superior ao obtido pelo trabalho.

Assim, cabe a realização de outros estudos com o intuito de analisar mais profundamente a viabilidade econômica do SDS para outros tipos de edificações, com outras alturas e variáveis de intensidade pluviométrica e área de cobertura, mas já pode ser notado que o sistema tem uma boa fundamentação e deve ser estudado mais a fundo por projetistas

brasileiros a fim ser aplicado com maior frequência e de se obter melhores resultados em seus processos construtivos.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. **Siphonic Roof Drains**. ASME A112.6.9, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalações prediais de águas pluviais**. *NBR 10844,* Rio de Janeiro, 1989.

BRITISH STANDARD INSTITUTION**. Guide to Siphonic Roof Drainage Systems**. BS 8490, 2007.

BRITISH STANDARD INSTITUTION. **Gullies for buildings**. BS EN 1253-1:2015.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION. **Étude des conditions d'écoulement dans les colonnes. Pr partie: colonnes rectilignes alimentées par leur sommet: relation entre le débit d'eau et la charge sur la colonne**. Bruxelles. 1972.

COSTA, A. **Relação Intensidade/duração/período de retorno de chuva em Goiás**. *First International Symposium on tropical Savannas*. Brasília: EMPRAPA – CPAC. 1996.

GONÇALVES, O.; OLIVEIRA, L. **Sistemas Prediais de Águas Pluviais**. Texto técnico. 1998, 118f. Departamento de Engenharia de construção Civil – Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1998.

MAY, R.W.P *et al*, **Design of gutters and gutters outlets: theory and experiment**. Hydraulic Research Station. Wallingford, 1982.

MAY, R.W.P.; ESCARAMEIA, M. **Performance of Siphonic Drainage Systems for Roof Gutters.** Report SR 463. September, 1996.

PEREIRA, J.P. **Sistemas prediais não tradicionais de drenagem de águas residuais pluviais.** Sistemas sifônicos ou em pressão. 2012. 96f. Dissertação de mestrado – Universidade do Porto, Porto, 2012.

SAINT-GOBAIN. EPAMS – **Solução em drenagem pluvial pressurizada**. 2010 Haute-Marne, França.

SAINT-GOBAIN. **Technical Assesment 14+5/09-1338**. Syphonic Rainwater Drainage System. 2010. Haute-Marne, França.

SINAPI, **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Versão 002. 2017.

TCPO, **Tabela de Composição de preço para Orçamento**. São Paulo, PINI, 2013.



XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

ANÁLISE HIERÁRQUICA PARA APERFEIÇOAMENTO DE UMA FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DE PROJETOS HIDRÁULICOS E SANITÁRIOS PREDIAIS

HIERARCHICAL ANALYSIS FOR IMPROVING A PLUMBING DESIGN EVALUATION TOOL

PAIXÃO, Thyago Cesar Rodrigues[1]; REIS, Ricardo Prado Abreu[2]

[1] Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás, thiagoovfreitas@gmail.com
[2] Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás, ricardo_reis@ufg.br

RESUMO

Nas edificações, a incidência das patologias nos Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários (SPHS), ainda é grande. Paixão, Silva e Reis (2016) propuseram uma ferramenta de avaliação qualitativa dos projetos desses sistemas, abrangendo os sistemas de água fria, água quente, esgoto sanitário e águas pluviais, e que se propõe a auxiliar na identificação das não conformidades nesses projetos. No entanto, a ferramenta proposta por Paixão, Silva e Reis (2016) possui a limitação de não considerar a gravidade das não conformidades e nem a sua repetitividade no projeto. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi aprimorar a ferramenta, de modo que esses dois pontos pudessem ser considerados, por meio da hierarquização das não conformidades, atribuindo pesos a elas, e da reestruturação da ferramenta proposta. Além disso, itens de não conformidade referentes à sustentabilidade ambiental aplicada a projetos foram acrescentados à ferramenta, refletindo em um novo grupo de não conformidades: sustentabilidade. Assim, obteve-se como resultado, através da aplicação do método de análise hierárquica (AHP) a profissionais projetistas e executores desses sistemas, pesos relativos atribuídos por classe de profissional, além de uma ferramenta aprimorada e ajustada quanto à sua estrutura, fazendo com que passe a auxiliar na priorização das ações a serem tomadas para corrigir as não conformidades identificadas.

Palavras-chave: Construção Civil. Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários. Patologia das Construções. Qualidade de Projeto. Método de Análise Hierárquica.

ABSTRACT

The pathologies incidence in Buildings Plumbing Systems is still high. Paixão, Silva e Reis (2016) proposed a qualitative assessment tool for these systems project design, covering: cold water, hot water, sewage and stormwater drainage systems, which aims to assist in nonconformities identification in these projects. However, the tool proposed by Paixão, Silva e Reis (2016) has the limitation of not considering the severity of nonconformities or their repetitiveness in the project. Given this, the aim of this research was to improve this tool, considering the improvement of these two points, through the hierarchy and weighting of nonconformities, in addition to the restructuring of the proposed tool. In addition, nonconformity items related to environmental sustainability applied to projects were added to the tool, reflecting in a new group of nonconformities: sustainability. Through the application of the Hierarchical Analysis Method to plumbing designers and buildings executors, it was possible to define relative weights attributed by professional class. This allowed an adjustment in the structure of the plumbing design evaluation tool allowing its improvement, enabling it to assist in priority actions to correct identified nonconformities.

Keywords: *Plumbing Systems, Construction Pathology, Project Desingn Quality, Hierarchical Analysis Method.*

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, no Brasil, aumentou-se no setor da construção civil a preocupação em relação à qualidade nos processos de concepção e execução de obras. Aliando as inovações tecnológicas na indústria da construção à crescente exigência de qualidade dos clientes, amparados legalmente pelo Código de Defesa do Consumidor, e à necessidade de redução de desperdícios, as empresas construtoras vêm tentando se manterem competitivas no mercado. Assim, o estudo das falhas construtivas na engenharia começou a ser tratado de forma mais sistematizada, visando possibilitar uma retroalimentação dos processos com a finalidade de melhorar a qualidade no ambiente construtivo. Apesar disso, nas edificações, a frequência de incidência e as causas das patologias nos Sistemas considerados "complementares", dentre eles os Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários (SPHS), ainda é grande e têm sido pouco pesquisadas (PAIXÃO; SILVA e REIS, 2016).

As principais ocorrências patológicas em edificações estão relacionadas aos sistemas prediais hidráulicos e sanitários. Muitas dessas patologias acontecem repetitivamente nos edifícios, revelando falhas sistemáticas. Daí a importância do estudo dessas patologias, visando possibilitar uma atuação preventiva e melhoria da qualidade, especialmente na fase de projeto. Ressalta-se ainda que intervenções nessa fase normalmente são de baixo custo se comparadas às fases posteriores (CARVALHO JUNIOR, 2013; GNIPPER, 2010; PAIXÃO; SILVA e REIS, 2016; SILVA, 2008).

Paixão, Silva e Reis (2016) propuseram uma ferramenta de avaliação qualitativa de projetos hidráulicos e sanitários de edificações, em forma de lista de verificações (*check-list*), no qual as principais patologias que incidem sobre esses sistemas foram relacionadas a não conformidades de boas práticas de projeto ou normativas. Tal ferramenta abrange os sistemas de água fria, água quente, esgoto sanitário e águas pluviais, e se propõe a auxiliar na identificação das não conformidades recorrentes nos projetos desses sistemas.

A ferramenta proposta pode ser aplicada em qualquer fase da vida útil da edificação, tanto para prevenir manifestações patológicas futuras, quanto para auxiliar na compreensão de manifestações patológicas já instaladas (PAIXÃO; SILVA e REIS, 2016).

No entanto, a ferramenta proposta por Paixão, Silva e Reis (2016) não leva em consideração a gravidade das não conformidades, nem mesmo a quantidade observada (repetitividade). Desta forma, o objetivo deste trabalho é incorporar a gravidade e a repetitividade das não conformidades dos projetos dos Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários na ferramenta proposta por Paixão, Silva e Reis (2016), por meio da hierarquização destas não conformidades pela aplicação do Método de Análise Hierárquica (AHP).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Patologias nos sistemas prediais hidráulicos e sanitários

Os processos patológicos nos Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários podem ter origem em qualquer umas das fases da vida útil da edificação. Carvalho Junior (2013) cita que as principais causas de patologias em sistemas prediais hidráulicos e sanitários de origem endógena, ou seja, originadas por fatores inerentes à própria edificação, são: falhas de projeto (40%), falhas de execução (28%), qualidade dos materiais (18%), uso das instalações (10%), e diversos (4%). As patologias decorrentes do projeto, conforme exposto, são as que tem maior representatividade nos SPHS.

2.2 Sustentabilidade ambiental em projetos de sistemas prediais hidráulicos e sanitários

A sustentabilidade ambiental, principalmente em relação à água, é um assunto mundialmente discutido. Uma das soluções para os conflitos relacionados ao uso da água, é a gestão dos recursos hídricos. Dentre as ações para a gestão dos recursos hídricos, segundo Sautchuck et al. (2005), estão a diminuição da geração de efluentes, gestão da demanda, redução de perdas e práticas conservacionistas. Além disso, o reuso das águas servidas do sistema predial de esgoto sanitário é uma forma de economizar água potável, conservando assim os recursos hídricos disponíveis.

Os projetos hidráulicos e sanitários prediais sustentáveis não estão ligados apenas à gestão de recursos hídricos. Os sistemas e elementos prediais que contribuem com a drenagem urbana, por meio de aproveitamento das águas pluviais ou de elementos de drenagem na fonte, e a preocupação com a eficiência energética nas instalações prediais, principalmente em relação ao sistema predial de água quente, também se incluem nessa esfera.

Desta forma, os projetistas de sistemas prediais hidráulicos e sanitários estão cada vez mais buscando a inclusão de itens de sustentabilidade ambiental em seus projetos, quando apresentam viabilidade técnica e econômica.

2.3 Método de análise hierárquica

O método de análise hierárquica AHP (em inglês - Analytic Hierarchy Process), tem como objetivo principal, estimar a prioridade de cada alternativa dentro de um conjunto de alternativas (PASSOS, 2010).

O AHP transforma uma difícil decisão em algumas decisões mais simples. Tendo-se o objetivo geral, os critérios a serem considerados e as alternativas, os tomadores da decisão fazem as comparações entre os elementos, determinado a prioridade de um elemento sobre o outro. Os resultados obtidos por essas comparações, geram as matrizes de comparação ou matrizes de julgamento, como mostra a matriz da Figura 1 (WOLFF, 2008).

FIGURA 1 – Matriz-exemplo de comparação

$$\begin{array}{c} C \\ A_1 \\ A_2 \\ \\ A_n \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} A_1 & A_2 & & A_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & x & \cdots & y \\ 1/x & 1 & \cdots & z \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/y & 1/z & \cdots & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

Fonte: Wolff (2008).

Para preencher essa matriz geralmente é utilizada uma escala conhecida como Escala Fundamental de Saaty, com valores de 1 a 9, em que 1 indica que a prioridade entre os dois itens avaliados é igual, e 9 indica que a prioridade de um item é extremamente maior que a prioridade do outro.

Para uma matriz de comparação ser absolutamente consistente, esta matriz deve satisfazer as Equações 1 e 2 (WOLFF, 2008).

$$a_{ji} = {}^{1}/_{a_{ij}} \qquad \text{(Eq. 1)}$$

$$a_{ij} * a_{jk} = a_{ik} \quad \text{(Eq. 2)}$$

Após a realização de todas as comparações paritárias e o preenchimento das matrizes de comparação, deve-se trabalhar essas matrizes para se obter o resultado final. No AHP, ao final da aplicação do método, cada alternativa receberá uma pontuação, um peso relativo, obtendo-se assim a prioridade de cada uma.

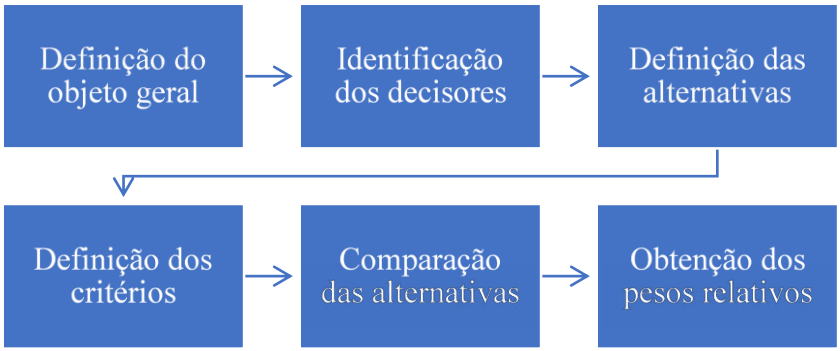
Mesmo não existindo limitação para a quantidade de alternativas, quando há grande número de comparações exigidas é normal que haja desatenção por parte dos tomadores da decisão no momento das comparações, acarretando julgamentos equivocados (GOMES, 2009).

Leal (2008, apud WOLF, 2008) propõe uma simplificação do modelo AHP, admitindo consistência absoluta, aproximando-se numericamente das prioridades alcançadas pelos métodos tradicionais. A maior vantagem dessa simplificação é a grande redução do número de comparações, de n*(n-1)/2 para n-1.

3 MÉTODO

Para se aprimorar a ferramenta de análise de projetos dos Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários proposta por Paixão, Silva e Reis (2016) fez-se uso do Método de Análise Hierárquica (AHP). Para tal, foi seguida a sequência do AHP apresentada na Figura 2, adaptada da proposta de Vieira (2006, apud GOMES, 2009).

FIGURA 2 – Sequência de aplicação do AHP neste trabalho.



Fonte: Adaptado de Vieira (2006, apud Gomes, 2009).

O primeiro passo foi a definição do objeto geral, ou seja, a decisão que se pretende tomar. No caso foi hierarquizar (determinando pesos) as não conformidades de projeto dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários abordados na pesquisa. A cada sistema foi aplicado o AHP, individualmente.

A identificação dos decisores se deu pela busca de profissionais projetistas e executores de sistemas prediais hidráulicos e sanitários que possuíssem experiência e conhecimento específico.

A definição das alternativas se deu pela revisão, complementação e atualização dos itens de não conformidades apresentados por Paixão, Silva e Reis (2016).

Há um único critério de hierarquização das alternativas: a relevância e potencialidade patológica da não conformidade, ou seja, a gravidade técnica e econômica da manifestação patológica que pode ser gerada pela não conformidade.

Para a comparação das alternativas, foi aplicada a simplificação do modelo AHP proposta por Leal (2008, apud WOLF, 2008), devido ao elevado número de comparações que seriam

exigidas pelo método tradicional. Foi usada ainda uma versão adaptada da Escala Fundamental de Saaty, com valores variando de 1 até 7.

Os tomadores da decisão (projetistas e executores) fizeram a comparação das alternativas. Assim, foi montada a matriz de comparações paritárias. De posse dessas matrizes foi obtido o peso relativo de cada uma das alternativas (não conformidades).

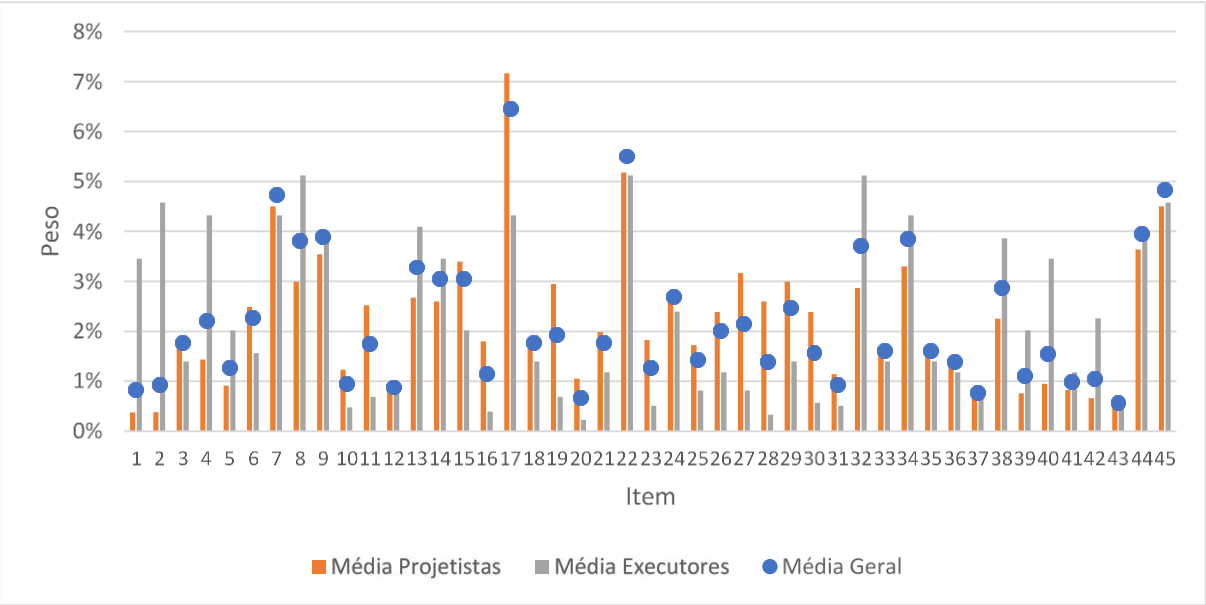
Os check-lists elaborados por Paixão, Silva e Reis (2016) foram revisados e atualizados, sendo criado um novo subgrupo, "sustentabilidade", referente a elementos de sustentabilidade ambiental abordados nos SPHS, e ainda uma nova coluna na estrutura dos check-lists, para incluir o levantamento da quantidade de vezes que o item se mostrou presente no projeto analisado. Esse último dado é utilizado para adequar os pesos dos itens no momento da aplicação da ferramenta. Deste modo, a consideração da repetitividade ajusta os pesos das não conformidades para o projeto analisado.

4 RESULTADOS

Os resultados dos julgamentos dos profissionais envolvidos na pesquisa se mostraram bastante dispersos, explicitando a existência de diferentes pontos de vista entre eles. A despeito do indicado por Saaty e Vargas (2003, apud WOLFF, 2008), preferiu-se manter a teoria de Rabbani e Rabbani (1996, apud WOLFF, 2008) que concluem que a média geométrica é a única média que funciona adequadamente no método AHP para representar o julgamento médio.

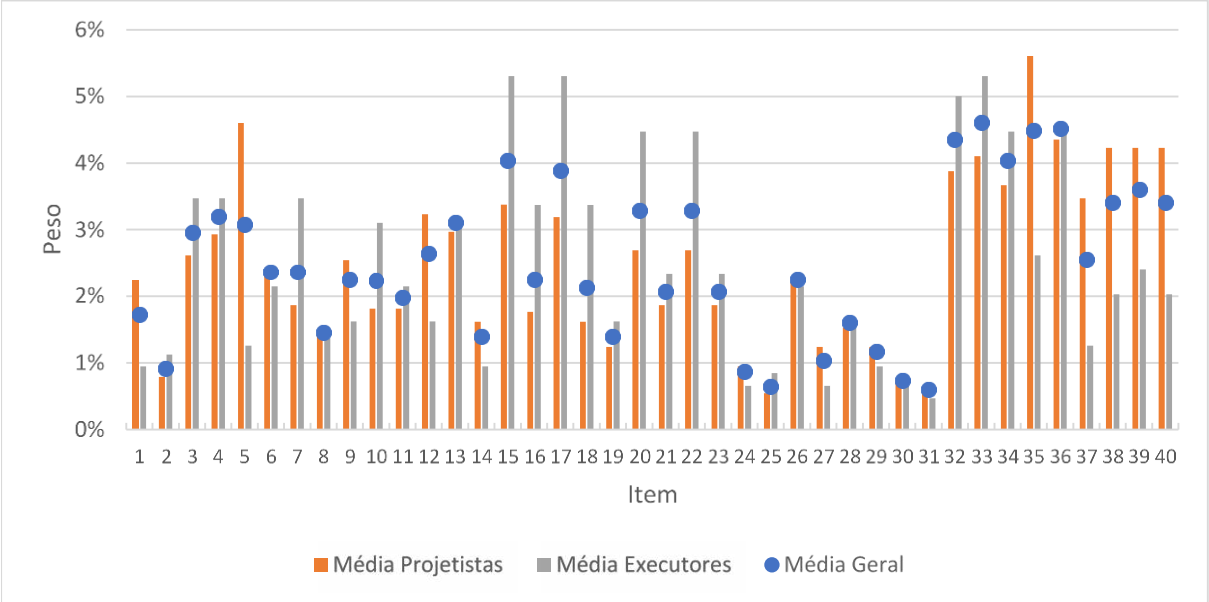
A seguir são apresentadas as médias geométricas dos resultados dos julgamentos para cada sistema (Figuras 3 a 6). São apresentadas a média dos seis projetistas, a média dos três executores e a média geral dos nove profissionais.

FIGURA 3 – Hierarquização para o Sistema Predial de Água Fria.



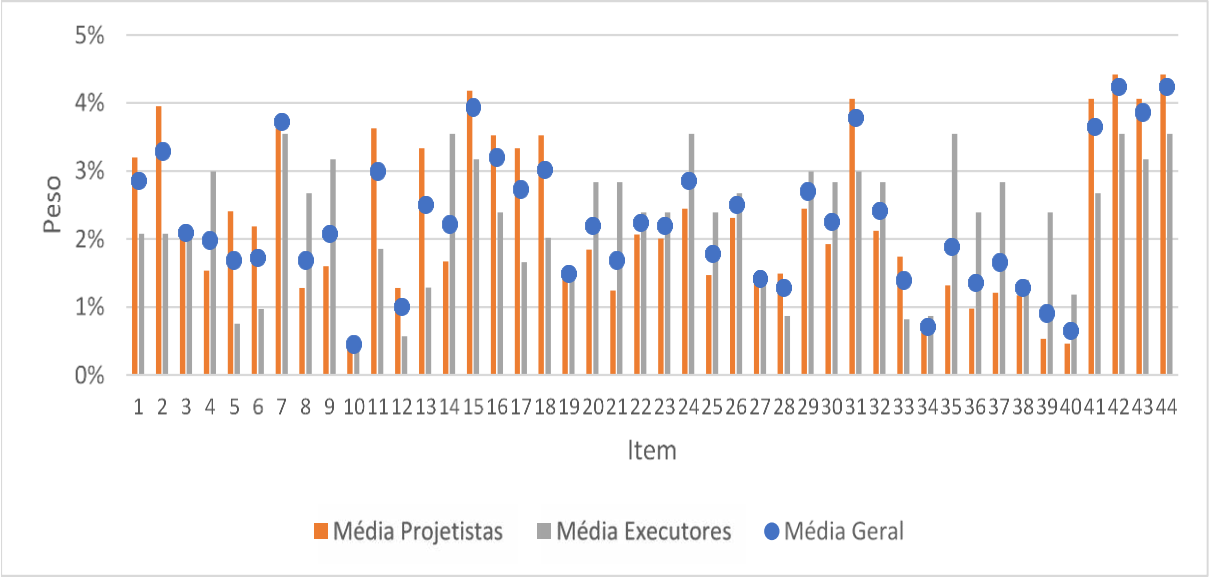
Fonte: Os autores.

FIGURA 4 – Hierarquização para o Sistema Predial de Água Quente.



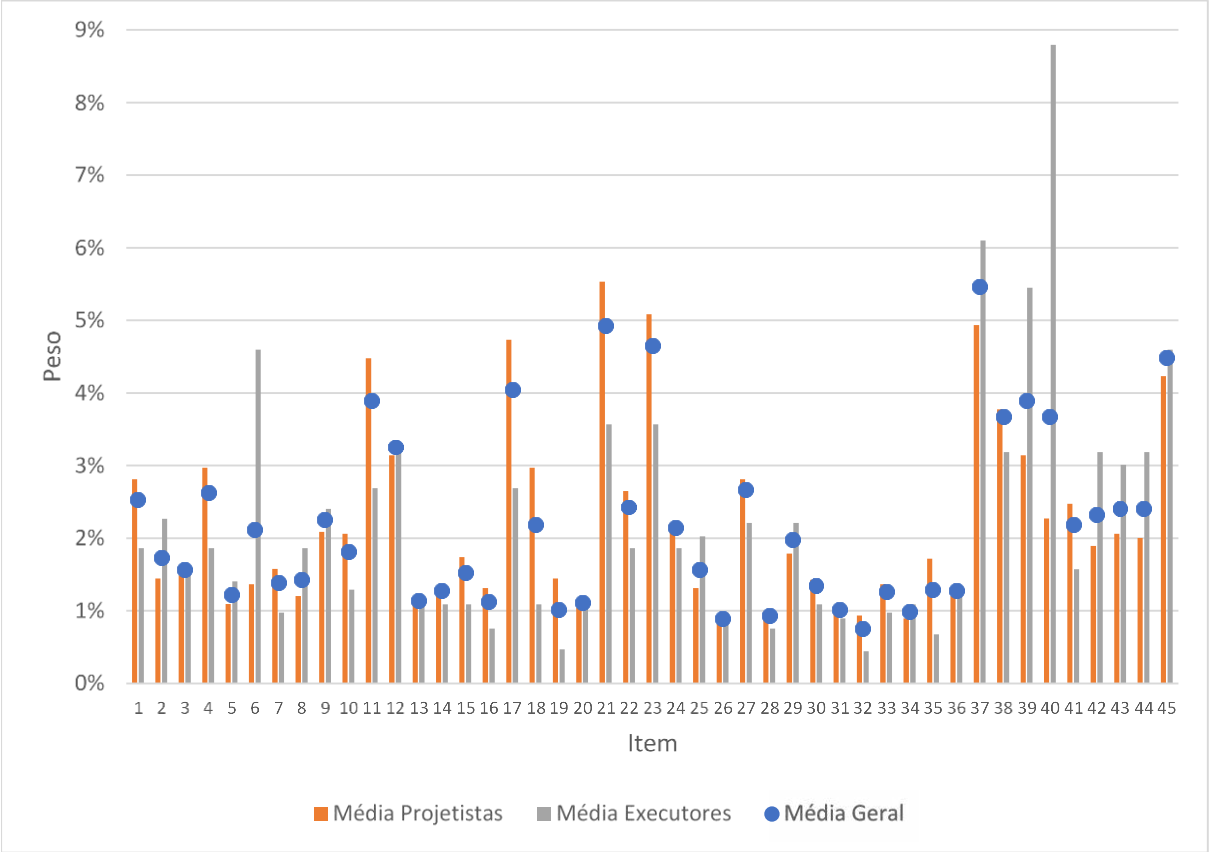
Fonte: Os autores.

FIGURA 5 – Hierarquização para o Sistema Predial de Esgoto Sanitário.



Fonte: Os autores.

FIGURA 6 – Hierarquização para o Sistema Predial de Águas Pluviais.



Fonte: Os autores.

5 CONCLUSÕES

Solucionado os dois problemas apresentados pela ferramenta proposta por Paixão, Silva e Reis (2016) obteve-se uma ferramenta aprimorada, capaz de identificar as principais não conformidades nos projetos hidráulicos e sanitários de edificações de diferentes finalidades. Ainda itens que envolvem projetos que buscam a sustentabilidade ambiental foram inseridos na ferramenta.

Ao se aperfeiçoar a ferramenta e através da aplicação do método de análise hierárquica (AHP) por diversos profissionais envolvidos tanto na elaboração de projetos quanto na execução de sistemas prediais hidráulicos e sanitários, foi possível hierarquizar as não conformidades levantadas que atingem os projetos hidráulicos e sanitários de acordo com seu grau de importância.

Deste modo, a ferramenta passou então a fornecer informações capazes de nortear a priorização das ações a serem tomadas para corrigir as não conformidades identificadas nos projetos ou prevenir que essas não conformidades se tornem patologias manifestas.

A aplicação do AHP a diferentes profissionais evidenciou a grande variação de opiniões entre os mesmos, não apenas entre as diferentes classes (projetistas e executores), mas também entre profissionais de uma mesma classe. Isso evidencia a subjetividade da interpretação de relevância dada a cada não conformidade, envolvendo muito as experiencias vividas por cada profissional.

Quando não for possível ou viável a correção de todas as não conformidades identificadas, o profissional responsável pelas correções deve aplicar o AHP de modo a obter pesos para os itens identificados e assim determinar quais seriam os itens mais relevantes e assim determinar as ações prioritárias a serem tomadas. Pode-se ainda optar por não aplicar novamente o AHP e adotar os valores de pesos relativos apresentados nesta pesquisa, que reflete uma opinião média de diversos profissionais.

REFERÊNCIAS

CARVALHO JÚNIOR, R.; **Patologias em Sistemas Prediais Hidráulicos-Sanitários**. São Paulo: 1 ed. Editora Blucher, 2013. 216 p.

GNIPPER, S. F. **Diretrizes para formulação de método hierarquizado para investigação de patologias em sistemas prediais hidráulicos e sanitários**. 2010. 307p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2010.

GOMES, K. G. A. **Um método multicritério para localização de unidades celulares de intendência da FAB**. 2009. 150p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, 2009.

PAIXÃO, T. C. R; SILVA, M. H. A; REIS, R. P. A. **Proposição de ferramenta de avaliação qualitativa de projetos hidráulicos e sanitários prediais**. XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, ENTAC. São Paulo, São Paulo, 2016.

PASSOS, A. C. **Definição de um índice de qualidade para distribuidoras de energia elétrica utilizando o apoio multicritério à decisão e análise de séries temporais**. 2010. 101p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, 2010.

SAUTCHUCK Carla; et al. **Conservação e reúso da água em edificações**. FIESP – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. São Paulo, 2005. 152 p.

SILVA, C. F. C.; SOUSA, R. V. R.; MONTEIRO, E. C. B. **Análise das patologias de uma edificação da cidade do Recife – Estudo de caso**. XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, ENTAC. Fortaleza, Ceará, 2008.

WOLFF, C. S. **O método AHP – revisão conceitual e proposta de simplificação**. 2008. 138p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, 2008.