ISBN: 978-65-996726-1-3

http://udesc.br/cct/sispred2023

@sistemas.prediais

YouTube

Book of Papers

SISPRED 2023

XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS

BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE

CENTRO DE CIENCIAS TECNOLOGICAS
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA

19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023
JOINVILLE - SC

ORGANIZAÇÃO:

UDESC
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA

PPGEC • UDESC
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

UFCAT
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO

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

APOIO:

EECA
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

UFG
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

antac

CREA-SC
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Santa Catarina

PPGGECON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOTECNIA, ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

docol

ANAIS DO
Proceedings of
SISPRED 2023

XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS

BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE

19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023
JOINVILLE - SC

HOSTER

Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina

ORGANIZAÇÃO

Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina
Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Catalão
Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás

ORGANIZADORES / EDITORES

Profa. Dra. Andreza Kalbusch (CCT-UDESC)
Prof. Dr. Heber Matins de Paula (FENG-UFCAT)
Prof. Dr. Ricardo Prado Abreu Reis (EECA-UFG)

COMITÊ CIENTÍFICO / EDITORES CIENTÍFICOS

Profa. Dra. Andreza Kalbusch (CCT-UDESC)
Prof. Dr. Armando Traini Ferreira (DCC-IFSP)
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana (FAU-UnB)
Prof. Dr. Douglas Barreto (DECiv-UFSCar)
Profa. Dra. Eliane Aparecida Justino (FENG-UFCAT)
Profa. Dra. Elisa Henning (CCT-UDESC)
Prof. Dr. Heber Matins de Paula (FENG-UFCAT)
Profa. Dra. Lúcia Helena de Oliveira (EP-USP)
Prof. Dr. Marcus André Siqueira Campos (EECA-UFG)
Prof. Dr. Orestes Marracini Gonçalves (EP-USP)
Prof. Dr. Ricardo Prado Abreu Reis (EECA-UFG)
Profa. Dra. Solange da Silva Nunes Boni (CCEC-UFMA)

COMITÊ ORGANIZADOR

Profa. Dra. Andreza Kalbusch (CCT-UDESC)
Prof. Dr. Heber Matins de Paula (FENG-UFCAT)
Prof. Dr. Ricardo Prado Abreu Reis (EECA-UFG)

COMITÊ ORGANIZADOR LOCAL

Profa. Dra. Andreza Kalbusch (CCT-UDESC)
Profa. Dra. Elisa Henning (CCT-UDESC)
Profa. MSc. Patricia Becker (CCT-UDESC)
Profa. MSc. Tânia Mara Sebben Oneda (CCT-UDESC)
Prof. MSc. Diego Antônio Custódio (CCT-UDESC)

COMITÊ ORGANIZADOR APOIO LOCAL - DISCENTES

Eng. Fabiana Weimann Araujo (PPGEC–UDESC)
Eng. Gabriela Haag Coelho (PPGEC–UDESC)
Arq. Kamilla Ravizza (PPGEC–UDESC)
Eng. Leonardo do Nascimento Melo (PPGEC–UDESC)
Eng. Pâmella Alzerina Rosa Mattos (PPGEC–UDESC)

ANAIS DO
Proceedings of
SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS

BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE

19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023
JOINVILLE - SC

ISBN: 978-65-996726-1-3

EDITORA / PUBLISHER:
Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina (CCT-UDESC)

ENDEREÇO / ADDRESS:
Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)
Centro de Ciências Tecnológicas (CCT)
Rua Paulo Malschitzki, 200, Zona Industrial Norte
CEP: 89.219-710 - Joinville - SC - Brasil

EDITORES / EDITORS:
Profa. Dra. Andreza Kalbusch (CCT-UDESC)
Prof. Dr. Heber Martins de Paula (FENG-UFCAT)
Prof. Dr. Ricardo Prado Abreu Reis (EECA-UFG)

EDITORES CIENTÍFICOS / SCIENTIFIC EDITORS:
Profa. Dra. Andreza Kalbusch (CCT-UDESC)
Prof. Dr. Armando Traini Ferreira (DCC-IFSP)
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana (FAU-UnB)
Prof. Dr. Douglas Barreto (DECiv-UFSCar)
Profa. Dra. Eliane Aparecida Justino (FENG-UFCAT)
Profa. Dra. Elisa Henning (CCT-UDESC)
Prof. Dr. Heber Matins de Paula (FENG-UFCAT)
Profa. Dra. Lúcia Helena de Oliveira (EP-USP)
Prof. Dr. Marcus André Siqueira Campos (EECA-UFG)
Prof. Dr. Orestes Marracini Gonçalves (EP-USP)
Prof. Dr. Ricardo Prado Abreu Reis (EECA-UFG)
Profa. Dra. Solange da Silva Nunes Boni (CCEC-UFMA)

DATA DE PUBLICAÇÃO / PUBLICATION DATE:
19 DE OUTUBRO DE 2023

SUMÁRIO

PAINEL 1 - PROCESSOS DE CONCEPÇÃO E BOA PRÁTICAS NOS SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS E SANITÁRIOS

SISPRED 2726 **MUDANÇAS PRÁTICAS PARA O RECEBIMENTO DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS DE EDIFÍCIOS** 1-7
Chenia Rocha Figueiredo
Mariana Silva Couto Cavalcanti
Debora Santos Aires Quintanilha

SISPRED 2992 **APLICAÇÃO DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA COMO ESTRATÉGIA DE OTIMIZAÇÃO DE CRONOGRAMA PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS** 8-18
Gudson Berg Costa Bezerra
André Luis Ferreira Frazão
Letícia Iohanna Coelho Lima
Miguel Munemori Junior

SISPRED 2987 **BIM NO ENSINO DE CONCEPÇÃO DOS SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS E SANITÁRIOS** 19-27
Emerson Moreira Souza
Reymard Savio Sampaio de Melo

SISPRED 2990 **MUDANÇA DE PARADIGMAS NA REPRESENTAÇÃO DO PROJETO COM A ADOÇÃO DO BIM NO DESENVOLVIMENTO DE SPHS** 28-35
Solange Lisegle Schulz Staut
Carlos Alexandre Bacci
Waldir Vilalva Dezan

PAINEL 2 - MONITORAMENTO DE CONSUMO DE ÁGUA E USO DE FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA

SISPRED 2962 **MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA EM MORADIA UNIVERSITÁRIA: ESTUDO DE CASO NA UFCAT EM CATALÃO-GO** 36-44
Rodrigo Emanuel Rodrigues da Silva
Heber Martins de Paula

SISPRED 2944 **INDIVIDUALIZAÇÃO DE HIDRÔMETROS NO MODELO CONVENCIONAL EM SISTEMAS PREDIAIS VERTICAIS APROVADOS PELA COMPANHIA DE SANEAMENTO DO DISTRITO FEDERAL** 45-54
Robson Costa
Lilia Rodrigues Lucas
Josué Bezerra Galvão
Silas Mendes Silva
Ângelo Lima Lepesqueur Adjuto

SISPRED 2955 **APLICAÇÃO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS FLEXÍVEIS PARA O ATENDIMENTO DE HOSPITAIS DE CAMPANHA DO EXÉRCITO BRASILEIRO** 55-63
Hugo Oliveira da Silva
Daniel Setrak Sowmy

SISPRED 2936 **CARACTERIZAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM ORGANIZAÇÕES MILITARES COMO FERRAMENTA DE SUPORTE AO USO DE FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA** 64-71
Larissa Barroso dos Santos
Daniel Setrak Sowmy

PAINEL 3 - ANÁLISE DE PERFIS DE CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL

SISPRED 2974 **CONSUMO DE ÁGUA EM UNIDADES DE EDUCAÇÃO PARA A PESSOA COM DEFICIÊNCIA** 72-81
Pâmella Alzerina Rosa Mattos
Andreza Kalbusch
Elisa Henning

SISPRED 2957 **ANÁLISE DO CONSUMO DE ÁGUA EM AGÊNCIAS BANCÁRIAS UTILIZANDO GRÁFICOS DE CONTROLE: EVIDÊNCIAS DE UMA AGÊNCIA BANCÁRIA EM JOINVILLE** 82-90
Lucas Lepinski Golin Freitas
Andreza Kalbusch
Elisa Henning
Marcio Ferreira de Lima

SISPRED 2960 **VERIFICAÇÃO DO PERFIL DE CONSUMO DE ÁGUA NO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS** 91-98
Luiz Carlos Martins Junior
Marcelus Isaac Lemos Gomes
Dariane Gomes Rocha
Ricardo Prado Abreu Reis

SISPRED 2977 **ANÁLISE DO CONSUMO MÉDIO PER CAPITA DE ÁGUA EM ESCOLAS MUNICIPAIS DE JOINVILLE/SC: UMA INVESTIGAÇÃO QUALIQUANTITATIVA** 99-109
Alice dos Santos Medeiros
Francine Rafaela Brietzig
Patrícia Strapason Coletti
Robison Negri

SISPRED 2981 **CONSUMO DE ÁGUA EM CANTEIROS DE OBRAS: UMA REVISÃO DA LITERATURA** 110-117
Kamilla Ravizza
Barbara Christina Mergener
Andreza Kalbusch
Elisa Henning

PAINEL 4 - DESEMPENHO ACÚSTICO E DOS MATERIAIS HIDRÁULICOS-SANITÁRIOS

SISPRED 2983 **ANÁLISE DA PEGADA DE CARBONO NO TRANSPORTE DE TUBULAÇÕES DE PVC NO ESTADO DE GOIÁS** 118-126
Rigley César Matias Gonçalves
Heber Martins de Paula

SISPRED 2982 **ASPECTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS DE DIFERENTES TIPOS DE MATERIAIS NOS SISTEAS PREDIAIS HIDRÁULICOS: ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PEX E PVC** 127-135
Mariana Silva Anselmo
Tania Mara Sebben Oneda

SISPRED 2975 **DECAIMENTO DE TEMPERATURA EM TUBOS DE PPR EMBUTIDOS EM ALVENARIA DE TIJOLOS CERÂMICOS** 136-143
Takashi Uehara
Armando Traini Ferreira

SISPRED 2972 **DESEMPENHO ACÚSTICO DE SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS: REVISÃO DE LITERATURA** 144-151
Dariane Gomes Rocha
Cibele de Moura Guimarães
Laís Ywashima
Ricardo Prado Abreu Reis

SISPRED 2968 **ANÁLISE DA OPERAÇÃO DO ALARME SONORO DE INCÊNDIO EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS** 152-159
Dariane Gomes Rocha
Gabriel Rodrigues de Oliveira Abreu
Laura Fernanda Santos
Ricardo Prado Abreu Reis

PAINEL 5 - USO DE FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA E GESTÃO DE ÁGUA PLUVIAL

SISPRED 2980 **ANÁLISE DA ECONOMIA DE ÁGUA COM O APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL E REÚSO DE ÁGUAS CINZAS EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR** 160-166
Andrieli Thais Stoeberl
Tânia Mara Sebben Oneda

SISPRED 2984 **POTENCIAL DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA E DO REÚSO DE ÁGUA CINZA EM EDIFICAÇÕES DE ESCRITÓRIOS EM BRASÍLIA-DF** 167-176
Daniel Richard Sant'Ana
Miguel Leo Salomon de Almeida Pereira
Livia Ferreira Santana

SISPRED 2971 **INFLUÊNCIA DE SISTEMAS PREDIAIS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA NO AMORTECIMENTO DO ESCOAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PROVENIENTE DE ÁREAS EDIFICADAS** 177-185
Thiago Rodrigues Carvalho
Victor de Castro Mundim
Lucas Salomão Rael de Morais
Heber Martins de Paula
Ricardo Prado Abreu Reis

SISPRED 2945 **ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS (SAAP) E A INFLUÊNCIA NO IPTU-VERDE EM UM EMPREENDIMENTO DO PROGRAMA DE HABITAÇÃO POPULAR DA CAIXA ECONÔMICA FEDERAL NA CIDADE DE LIMEIRA/SP** 186-194
Douglas Barreto
Daniel Henrique da Silva Souza

SISPRED 2952 **ANÁLISE DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS A PARTIR DA MEDIÇÃO DOS USOS FINAIS DA ÁGUA EM UMA RESIDÊNCIA** 195-201
Tânia Mara Sebben Oneda
Enedir Ghisi

PAINEL 6 - CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS-SANITÁRIOS

SISPRED 2949 **ANÁLISE DE DESCONECTORES EM RALOS LINEARES: UM COMPARATIVO ENTRE PRÁTICAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS** 202-209
João Marcos Bosi Mendonça de Moura
Igor Piske

SISPRED 2965 **SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA EM FLORIANÓPOLIS POR MEIO DE POLÍTICAS DE CONSCIENTIZAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL** 210-219
Diego Antônio Custódio
Thayane Lodete Bilésimo
Enedir Ghisi
Maurício Uriona Maldonado

SISPRED 2967 **AVALIAÇÃO DA INEXISTÊNCIA DE SISTEMA PREDIAL DE ÁGUAS PLUVIAIS EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL DA CIDADE DE SÃO JOSÉ DE RIBAMAR – MA: ESTUDO DE CASO PARA VIABILIDADE ECONÔMICA** 220-230
Janiel Garcia Corrêa
Thalisson Mendes Ribeiro
Solange da Silva Nunes Boni

SISPRED 2961 **COMPARAÇÃO DE DIFERENTES PARÂMETROS DE PROJETO APLICADOS AO DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES DO SISTEMA PREDIAL DE ESGOTO SANITÁRIO** 231-236
Bárbara Gomes Martins
Cibele de Moura Guimarães
Bruna Fioramonte
Ricardo Prado Abreu Reis

SISPRED 2963 **ESTUDO COMPARATIVO ENTRE SUFICIÊNCIA DE VENTILAÇÃO PRIMÁRIA OU NECESSIDADE DE VENTILAÇÃO SECUNDÁRIA** 237-242
Cibele de Moura Guimarães
Bárbara Gomes Martins
Bruna Fioramonte
Ricardo Prado Abreu Reis

PAINEL 7 - PATOLOGIAS NOS SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS E SANITÁRIOS E GESTÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

SISPRED 2959 **ESTUDO DE CASO – DESCONFORTO DO USUÁRIO RELACIONADO À BAIXA PRESSÃO DE ÁGUA DISPONÍVEL NO PONTO DE CONSUMO** 243-251
Leonardo de Lima Duarte
Emanuel Peçanha
Giovanni P. Rossenttini Costa
Lucas Vinicius Ávila
Pedro A. Vieira de Azevedo
Paulo Gilvane da Silva
Rian Cardozo
Diego Antonio Custódio

SISPRED 2978 **ESTUDO DA INCIDÊNCIA DE FALHAS DE SISTEMAS PREDIAIS HIDROSANITÁRIOS (SPHS) EM MORADIAS SOCIAIS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO: MELHORIAS SANITÁRIAS DOMICILIARES EM TERRITÓRIOS POPULARES** 252-261
Agatha Correia de Rezende Gomes
Vinicius Masquetti da Conceição

SISPRED 2973 **NÃO CONFORMIDADES NOS SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICO E SANITÁRIO DE UMA INSTITUIÇÃO PÚBLICA DE ENSINO** 262-269
Larissa Felix de Jesus Cunha
Bruna Fioramonte
Ricardo Prado Abreu Reis

SISPRED 2897 **ESTUDO DAS CONTRIBUIÇÕES PLUVIAIS PARASITÁRIAS NA SUB-BACIA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO 4-A1 DO MUNICÍPIO DE JOINVILLE – SC** 270-288
Vinicius Gon
Michela Steluti Poleti Faria

SISPRED 2964 **ANÁLISE DO POTENCIAL DE DISPERSÃO DE SARS-COV-2 POR MEIO DE AEROSSÓIS DE BACIAS SANITÁRIAS** 289-296
Ludmila Souza Vieira
Lucia Helena de Oliveira
Fernando Akira Kurokawa

SISPRED 4588 **CONTROLE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM LOTEAMENTO URBANO POR EMIO DE POÇOS DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL** 297-304
Tales Dias Aguiar
Ricardo Prado Abreu Reis

PAINEL 1

Processos de Concepção e Boa Práticas nos Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários

BOOK OF PAPERS
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS [SISPRED 2023]

Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina (CCT-UDESC)
● 2023

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

MUDANÇAS PRÁTICAS PARA O RECEBIMENTO DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS DE EDIFÍCIOS

Practical changes for receiving hydraulic installations in buildings

Chenia Rocha Figueiredo [1]; Mariana Silva Couto Cavalcanti [2]; Débora Santos Aires Quintanilha [3]

Recebido em 25 de abril de 2023, aprovado em 05 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

RESUMO: A qualidade deve ser incorporada no processo construtivo visando a integração do Sistema de Gestão da Qualidade e o planejamento estratégico da empresa. O serviço de sistemas prediais hidrossanitários mostrou-se responsável pelo maior número de solicitações de assistência técnica dentre 8 empreendimentos avaliados em uma empresa construtora no Distrito Federal. Este estudo apresenta as mudanças práticas adotada para detectar falhas de maneira precoce no recebimento de sistemas prediais hidráulicas através da realização do ensaio não destrutivo de estanqueidade, utilizado para checar se há ou não, a existência de vazamento na tubulação. Os resultados mostraram que houve a detecção prévia de vazamento em 7 das 32 unidades do edifício avaliado, permitindo a correção antecipada da falha e a redução para menos de 5% do número de chamados das obras mais recentes após a adoção deste ensaio.

Palavras-chave:

Mudança prática

Teste estanqueidade

Sistemas prediais

ABSTRACT: Quality must be incorporated into the construction process with a view to integrating the Quality Management System and the company's strategic planning. The plumbing building systems service was responsible for the highest number of requests for technical assistance among 8 projects evaluated in a construction company in the Federal District. This study presents the practical changes adopted to detect failures early in the receipt of hydraulic building systems by performing the non-destructive tightness test, used to check whether or not there is a leak in the pipe. The results showed that there was a prior detection of leakage in 7 of the 32 units of the evaluated building, allowing the early correction of the failure and the reduction to less than 5% of the number of calls for the most recent works after the adoption of this test.

Keywords:

Practical change

Tightness test

Plumbing building systems

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **FIGUEIREDO, Chenia Rocha**: Engenheira Civil, Doutorado em Estruturas e Construção Civil, Docente na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, chenia@unb.br

[2] **CAVALCANTI, Mariana Silva Couto**: Arquiteta e Urbanista, Mestranda pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, maricoutoc@gmail.com

[3] **QUINTANILHA, Débora Santos Aires**: Arquiteta e Urbanista, Mestranda pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, deboraaires@live.com

1 INTRODUÇÃO

A construção civil brasileira é marcada por dificuldades nos processos construtivos e na adequação às normas vigentes e, segundo Gonsalez (2017), guarda traços artesanais de produção, resistência à modernização e a atualização dos processos, o que torna propício a criação de ações de melhoria do setor.

A maneira mais adotada pelas empresas para guiar a implantação de um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) e evidenciar externamente estas ações é através da certificação. A implantação de um SGQ contribui para o crescimento da maturidade da cadeia produtiva e acredita-se que este movimento contribui para o aumento na organização interna da empresa com maior definição de responsabilidade, otimize o fluxo de informações, melhore a qualidade dos materiais adquiridos, reduza o descarte de materiais e o retrabalho, e aumente a qualidade do produto final (Vivancos e Cardoso, 2000; Andery e Lana, 2002; Bicalho, 2009).

A qualidade está incorporada nos processos, havendo uma integração do SGQ e o planejamento estratégico da empresa. O SGQ eficiente pode ser uma ferramenta importante que consegue o controle dos processos para garantir a diminuição de custos e, consequentemente, aumento da competitividade e produtividade da empresa (Mendes et al., 2006).

Todavia ter um SGQ eficiente não significa que a empresa esteja protegida da ocorrência de falhas construtivas ou solicitações de reparos após a entrega do produto ao cliente. Por isso há necessidade da empresa ter um departamento pós-obra para corrigir essas falhas, identificar as causas, retroalimentar o SGQ, promover ações preventivas e contribuir para o gerenciamento de risco abordado pela NBR ISO 9001 que trata dos SGQ (ABNT, 2015).

2 METODOLOGIA

Foram coletados dados da análise quantitativa dos registros por categoriais de serviços e a análise dos riscos por meio da técnica FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis,* que traduzido significa Análise de Modos de Falha e seus Efeitos, conforme proposto por Cupertino e Brandstetter (2015). Avaliou-se oito empreendimentos e as planilhas coletadas possuem as ordens de serviço referentes aos anos de 2015 a 2017.

Os empreendimentos avaliados foram construídos no Distrito Federal, entregues entre 2011 a 2015, sendo as construções avaliadas descritas por: salas comerciais a partir de 24 m²; edifício residencial composto por apartamentos com 1 ou 2 suítes com áreas privativas de 36 a 148 m²; empreendimento institucional com 75 unidades de 30 a 60 m²; torre residencial com apartamentos de um quarto com áreas privativas de 30 a 71 m² e 100 lojas com áreas entre 30 a 80 m² em torno de uma praça central; duas torres residenciais de 24 andares cada com apartamentos de um ou dois quartos com áreas privativas de 38 a 75 m²; lojas e salas comerciais com áreas privativas de 21 a 346 m²; lojas e apartamentos de 1 quarto com áreas privativas de 24 a 85 m²; e apartamentos de 1 quarto com áreas privativas de 36 a 43 m².

A aplicação do FMEA foi elaborada considerando 11 categorias de serviços de assistência técnica, sendo desenvolvida uma tabela baseada na metodologia proposta por Miguéis (2010) e por Cupertino e Brandstetter (2015), com adaptações, para se analisar as manifestações de assistência técnica solicitadas.

As solicitações foram analisadas em relação ao grau de severidade, ao custo e à complexidade de intervenção nas suas correções. Cabe ressaltar que a severidade, o custo e a complexidade

da intervenção são parâmetros que poderiam ser analisados distintamente, produzindo indicadores para a gestão futura das assistências técnicas. Por outro lado, sendo esses parâmetros analisados em conjunto, por meio do FMEA, gerando então o indicador do grau de prioridade de risco, possibilitam ter uma visão geral da ocorrência em relação ao risco da manifestação patológica e da prioridade no atendimento da mesma e na retroalimentação de suas informações para o sistema produtivo, visando à não ocorrência futura com as mesmas características.

A coleta de informações do SGQ considera as características das obras, a estrutura organizacional da empresa, o número de funcionários, os serviços terceirizados, os equipamentos disponíveis na obra, o controle de estoque dos materiais, a organização de projetos, como algumas das medidas para aprimorar a qualidade geral das obras.

Assim, o presente estudo apresenta a mudança prática adotada em um empreendimento para detectar falhas de maneira precoce no recebimento do serviço de sistemas prediais hidráulicos. Foi adotado como metodologia a realização do ensaio não destrutivo de estanqueidade.

O ensaio de estanqueidade é uma técnica de inspeção não destrutiva que permite não só localizar o vazamento de um fluído, seja ele líquido ou gasoso, como também medir a quantidade de material vazando.

O teste de estanqueidade foi o método utilizado para verificar os vazamentos nos dutos de água que conduziam o produto injetado. Aplicou-se o método em um edifício em construção para verificar se o sistema de sistemas prediais hidráulicos estava sem vazamentos, se possui a resistência à pressão para a qual foi projetado e se os componentes foram acoplados, soldados ou colados de forma adequada.

O estudo foi realizado em um empreendimento residencial no bairro Park Sul, em Brasília, composto por 9 pavimentos, com unidades de 2 quartos e áreas de 61 a 101 m^2.

Segundo Yin (2015), o estudo de caso pode ser entendido como uma forma empírica de investigar um fenômeno de forma profunda utilizando o contexto real através de um trabalho de campo. Pesquisa de estudo de caso são desejáveis para entender fenômenos do mundo real, assumindo-se que tal entendimento pode ser influenciado por condições contextuais.

3 RESULTADOS

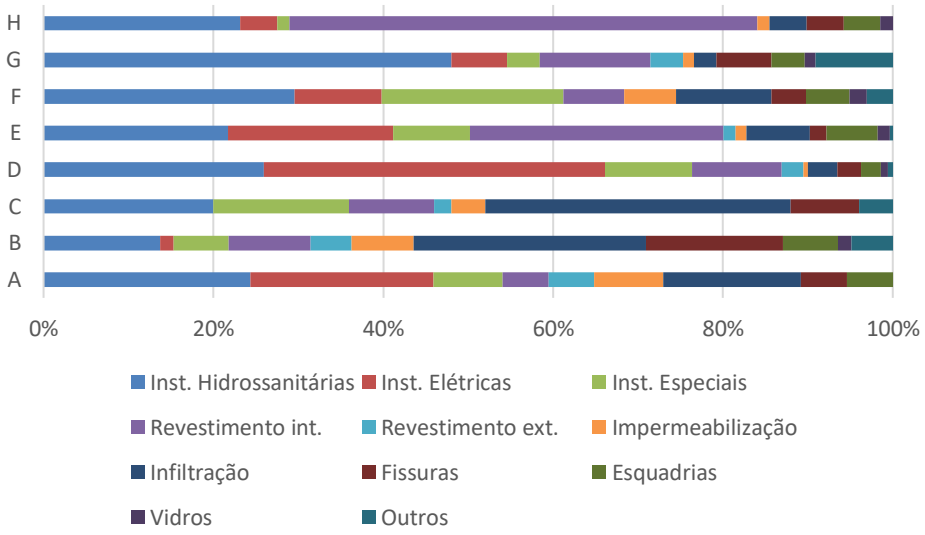
A análise das manifestações de assistência técnica solicitadas no setor de assistência técnica de oito empreendimentos da empresa avaliada, utilizando a técnica FMEA, ocorreu segundo 11 categorias de serviços. As solicitações foram analisadas em relação ao grau de severidade, ao custo e à complexidade de intervenção nas suas correções.

A partir das planilhas adquiridas no departamento de engenharia foi realizado um levantamento dos serviços solicitados para reparos. A aplicação da análise foi feita considerando os seguintes serviços de assistência técnica: instalações hidrossanitárias, instalações elétricas, instalações especiais, revestimento interno, revestimento externo, impermeabilização, infiltração, fissuras, esquadrias, vidros e outros.

Em relação à origem das manifestações patológicas das assistências técnicas, a Figura 1 apresenta, por empreendimento (de A até H), o percentual de serviços que apresentaram

chamados de assistência técnica. Pode-se observar que o serviço denominado instalações hidrossanitárias foi o que apresentou maior percentual de chamados em 6 empreendimentos avaliados e corresponde ao maior número, acumulado, de chamados dos oito empreendimentos.

Figura 1 – Solicitações de assistência técnica nos empreendimentos (A até H) avaliados segundo o tipo de serviço de assistência técnica.



As falhas no serviço de sistemas prediais hidrossanitários pode ser atribuída à execução, como sifões mal instalados, ralos sem tampa, tubos que desconectaram após o uso, excesso ou falta de material vedante ou o excesso de torque, que pode gerar uma trinca em alguma conexão. O problema pode ocorrer ainda por furos na instalação de acessórios, por exemplo. Um bom projeto, o uso de produtos em conformidade e o treinamento contínuo da mão de obra são essenciais.

Além disso, para a melhoria contínua do serviço de sistemas prediais hidrossanitários, a empresa implantou uma medida prática, que consiste na realização do ensaio não destrutivo de estanqueidade em 100% dos tubos instalados na fase construtiva, visando checar se há ou não, a existência de vazamento na tubulação.

No presente estudo é apresentado o ensaio realizado em um empreendimento residencial de 9 pavimentos na cidade de Brasília. O teste de estanqueidade foi realizado através da pressurização da tubulação com um fluído, onde o técnico analisou se, durante o período de tempo definido, ocorreu algum vazamento. O manômetro, equipamento utilizado para medir a pressão, também permite verificar se há algum vazamento. Como as tubulações são geralmente ocultas, embutidas nas alvenarias ou forros, esse tipo de inspeção pode ser muito importante para garantir a qualidade do serviço.

O método de ensaio foi realizado com a passagem de líquido pressurizado com o objetivo de detectar defeitos passantes em juntas, tubos ou conexões. O teste foi realizado em toda a tubulação hidráulica do edifício, da entrada até os sub-ramais das unidades. O equipamento utilizado foi da marca Rothenberger e consiste em uma bomba de teste hidrostático com manômetro (Figura 2).

Figura 2 – Teste da tubulação hidráulica.



Fonte: As autoras.

O teste consistiu em pressurizar a rede com água em todas as unidades estando com as saídas vedadas. Injeta-se água na tubulação até a pressão de 2 bar, obtida no manômetro e durante o período de uma hora é monitorado o manômetro. A pressão inserida deve permanecer estável durante esse período. Detectado alguma alteração no manômetro a equipe de teste verifica onde está ocorrendo o vazamento, anota o local da falha e abre a solicitação de reparo.

O ensaio de estanqueidade foi realizado em todas as 32 unidades privativas do empreendimento, sendo detectado vazamentos em 7 delas (Tabela 1). Os vazamentos ocorreram em descontinuidades presentes em juntas soldadas ou coladas, rosqueadas, encaixadas ou seladas por pressão, bem como em flanges, tampas, válvulas, selos de vedação ou conexões.

Tabela 1 – Teste de estanqueidade da tubulação hidráulica por unidade.

Item	Apto	Data	Horário		Pressão (bar)	Estanque		Problema detectado
			início	fim		SIM	NÃO	
1	201	07/02/2023	09:00	10:00	2	x		
2	202	07/02/2023	10:20	11:20	2	x		
3	203	07/02/2023	13:30	14:30	2	x		
4	204	08/02/2023	09:00	10:00	2	x		
5	301	09/02/2023	13:30	14:30	2	x		
6	302	09/02/2023	10:10	11:10	2		x	Tubo rachado
7	303	10/02/2023	07:30	08:30	2	x		
8	304	10/02/2023	09:00	10:00	2	x		
9	401	23/02/2023	07:30	08:30	2		x	Tê trincado
10	402	23/02/2023	09:00	10:00	2	x		
11	403	23/02/2023	10:10	11:10	2	x		
12	404	23/02/2023	13:30	14:30	2		x	Tubo trincado
13	501	27/02/2023	07:30	08:30	2	x		
14	502	27/02/2023	09:00	10:00	2	x		
15	503	27/02/2023	13:00	14:00	2	x		
16	504	27/02/2023	14:30	15:30	2	x		
17	601	28/02/2023	07:30	08:30	2	x		

Continua...

Tabela 1 – Teste de estanqueidade da tubulação hidráulica por unidade (Continuação).

Item	Apto	Data	Horário		Pressão (bar)	Estanque		Problema detectado
			início	fim		SIM	NÃO	
18	602	28/02/2023	09:00	10:00	2	x		
19	603	28/02/2023	13:00	14:00	2	x		
20	604	28/02/2023	14:30	15:30	2	x		
21	701	03/03/2023	07:30	08:30	2	x		
22	702	03/03/2023	09:00	10:00	2	x		
23	703	03/03/2023	13:00	14:00	2		x	Tubo rachado
24	704	03/03/2023	14:30	15:30	2	x		
25	801	07/03/2023	07:30	08:30	2		x	Joelho rachado
26	802	07/03/2023	09:00	10:00	2		x	Joelho rachado
27	803	07/03/2023	13:15	14:15	2	x		
28	804	07/03/2023	14:30	15:30	2	x		
29	901	17/04/2023	08:00	09:00	2	x		
30	902	17/04/2023	10:00	11:00	2	x		
31	903	17/04/2023	13:30	14:30	2	x		
32	904	17/04/2023	15:00	16:00	2		x	Tê rachado

Fonte: As autoras.

O teste faz parte do sistema de gestão da qualidade, onde se confere a conformidade com o projeto, as normas e os procedimentos de execução, sendo fundamental para o bom desempenho dos sistemas prediais. Os vazamentos ocorreram em um número expressivo de unidades.

Detectada a falha, houve a correção do serviço e todo o processo do SGQ é retroalimentado para a melhoria contínua do serviço. A retroalimentação do sistema levou a empresa a traçar metas para o processo de produção, buscando através de modelos de gestão da qualidade objetivos claros como a redução do retrabalho em serviços monitorados.

As principais mudanças ou adequações nos processos internos da empresa foram: criação de rotinas para melhoria da qualidade na obra; ampliação do número de auditorias; utilização de consultoria personalizada para controlar processos; realização de treinamentos contínuos; e implementação de análise das não-conformidades.

Dentre as principais medidas adotadas definiu-se a capacitação contínua da equipe técnica e a realização dos serviços de sistemas prediais hidrossanitários apenas pela mão de obra da empresa, garantindo maior controle dos serviços. Reforça ainda, a importância na aquisição de materiais conformes, visita técnica de fornecedores e ampla conferência no recebimento dos serviços conforme padrão de execução definido pela empresa.

A realização do teste de estanqueidade e a adoção de medidas mais eficientes de gestão da qualidade na empresa se mostraram satisfatórios na avaliação pós-obra da empresa pois o número de chamados de assistência técnica referentes ao serviço de sistemas prediais hidrossanitários das obras, observado nos últimos 3 anos em outros novos empreendimentos ficaram abaixo de 5%.

4 CONCLUSÃO

Dados obtidos em oito empreendimentos pela equipe de assistência técnica de uma empresa construtora mostraram que o serviço denominado instalações hidrossanitárias, dentre 11 serviços avaliados, foi o que apresentou o maior percentual de solicitações.

Buscando a melhoria da qualidade do serviço de sistemas prediais foi acompanhado a realização prática do ensaio de estanqueidade para detectar falhas de modo prévio na tubulação. Os resultados mostraram que houve a detecção de maneira precoce de vazamentos em 7 das 32 unidades do edifício de 9 pavimentos avaliado, permitindo a correção da falha antes da liberação para a execução da etapa que sucede o serviço.

Assim, a ferramenta do SGQ é retroalimentada para a melhoria contínua e a empresa traça metas para o processo de produção buscando a redução do retrabalho em serviços monitorados.

Após a adoção dessa nova prática e a adoção de medidas mais assertivas de gestão da qualidade houve uma redução inferior a 5% no número de chamados de assistência técnica pela equipe de pós-obra, confirmando a eficiência da ferramenta de SGQ no planejamento estratégico da empresa.

REFERÊNCIAS

ANDERY, P.R.; LANA, M.P. O controle da qualidade na produção de edifícios – adequação ao PBQP-H. In: **Jornadas Sul Americanas da Engenharia Estrutural**, Universidade de Brasília, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9001**: Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos. Rio de Janeiro., 2015.

BICALHO, F. C. **Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras de pequeno porte.** Dissertação (Mestrado em Construção Civil), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

CUPERTINO, D.; BRANDSTETTER, M. C. G. O. Proposição de ferramenta de gestão pós-obra a partir dos registros de solicitação de assistência. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 243-265, out./dez. 2015.

GONSALEZ, A. Entraves no ciclo de produção brasileiro. **Construção Mercado**, São Paulo, v.70, n. 187, p.11-13, fev. 2017.

MENDES. A. V. T.; PICCHI, F. A.; GRANJA, A. D. Custos x benefícios – a implantação de um sistema de gestão da qualidade é rentável para construtoras? In: **Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído**, Florianópolis, 2006, 9p.

MIGUÉIS, B. M. C. **Aplicação do FMEA a Sistemas de Construção de Viadutos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2010.

VIVANCOS, A. G.; CARDOSO, F. F. Impacts of the implementation of quality management systems in the organizational structure of Brazilian building construction firms. In : CIB Task Group 36 – Quality Assurance International Conference on Implementation of Construction Quality and Related Systems: A Global Update, Lisbon, 2000.

YIN, R.K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2015. 248p.

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

APLICAÇÃO DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA COMO ESTRATÉGIA DE OTIMIZAÇÃO DE CRONOGRAMA PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS

Application of concurrent engineering as a schedule optimization strategy for project development

Gudson Berg Costa Bezerra [1]; André Luis Ferreira Frazão [2]; Letícia Iohanna Coelho Lima[3], Miguel Munemori Junior [4]

Recebido em 14 de junho de 2023, aprovado em 25 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

Palavras-chave:

Engenharia Simultânea,

Gestão de Projetos,

Processos Integrados.

Keywords:

Simultaneous Engineering,

Project Management,

Integrated Processes.

RESUMO: Este artigo tem como objetivo verificar o tempo de redução e qualidade na elaboração dos projetos da infraestrutura física para instalação de tomógrafo, utilizando a metodologia de engenharia simultânea em comparação ao método tradicional. O presente trabalho examina a aplicação dessa metodologia como uma estratégia para otimizar o cronograma de elaboração dos projetos, com ênfase na integração e paralelismo entre sistemas prediais. A metodologia utilizada comparou o tempo de projeto de instalação do Hospital Universitário da Universidade Federal do Maranhão (HU-UFMA) com outras 13 instituições pertencentes ao mesmo órgão. O estudo de caso aborda as adaptações e ajustes da infraestrutura necessários para a instalação de um equipamento de tomografia no referido hospital. Foram apresentadas as vantagens da engenharia simultânea e como ela pode ser implementada para acelerar o processo de desenvolvimento de projetos e aprimorar a qualidade das entregas, com foco na redução de prazos e custos. Após análise, os resultados mostram que a adoção da engenharia simultânea foi fundamental para assegurar o cumprimento do cronograma de execução dos projetos executivos. Essa abordagem estratégica permitiu a integração e colaboração efetiva entre as diferentes disciplinas e equipes envolvidas, resultando em uma execução mais eficiente e sincronizada que as demais instituições do órgão.

ABSTRACT: This paper aims to investigate the time reduction and quality improvements in the development of physical infrastructure projects for tomograph installation, using the concurrent engineering methodology in comparison to the traditional approach. The study examines the application of this methodology as a strategy to optimize the project development schedule, with a particular emphasis on the integration and parallelism among building systems. The methodology employed involved comparing the project duration for the installation of a tomograph at the University Hospital of the Federal University of Maranhão (HU-UFMA) with that of 13 other institutions belonging to the same organization.The case study addresses the necessary adaptations and adjustments in the infrastructure to accommodate the tomograph equipment at the aforementioned hospital. The advantages of concurrent engineering and its potential implementation to expedite the project development process and enhance the quality of deliverables, focusing on time and cost reduction, were presented. Upon analysis, the results demonstrate that the adoption of concurrent engineering was crucial in ensuring the timely execution of the executive projects' schedule. This strategic approach facilitated effective integration and collaboration among different disciplines and teams involved, resulting in a more efficient and synchronized execution compared to the other institutions within the organization.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **BEZERRA, Gudson Berg Costa**: Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Maranhão, gudson.berg@discente.ufma.br.
[2] **FRAZÃO, André Luis Ferreira**: Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Maranhão, andre.frazao@discente.ufma.br.
[3] **LIMA, Letícia Iohanna Coelho**: Graduanda em Bacharelado em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal do Maranhão, leticia.cl@discente.ufma.br.
[4] **MUNEMORI JUNIOR, Miguel**: Engenheiro Civil, Hospital Universitário da Universidade Federal do Maranhão-HU-UFMA, miguel.munemori@huufma.br.

XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS (SISPRED 2023)

1 INTRODUÇÃO

O cronograma é uma ferramenta essencial no gerenciamento de projetos. Cavalcanti E Silveira (2016) destacam que sua importância consiste em uma gestão que permite a visão de todo o projeto através da distribuição das atividades do escopo e suas durações. Além disso, segundo Montedo (2020), o cronograma pode agir de forma antecipada a possíveis imprevistos a fim de atenuar ou até extinguir um problema que afetaria o processo de construção.

Na esfera pública, ainda se mostra um grande desafio na construção civil a elaboração de cronogramas eficientes. Gatti (2014) enfatiza que os órgãos governamentais encontram dificuldades em ajustar as funções de gerenciamento para projetos complexos e principalmente na adequação entre planejado e executado.

Muitas dificuldades enfrentadas pelos gestores de projetos se dão devido a não utilização de uma metodologia adequada de gestão de projetos (KERZNER ,2004). Perotti (2015) mostra que setores mais desenvolvidos, como o automobilístico, há tempos já utilizam ferramentas avançadas de gestão de projetos e produção, entre elas, a engenharia simultânea.

A Engenharia Simultânea segundo Pedrini (2012) tem por objetivo a minimização de prazos, redução de custos, minimização de perdas no processo produtivo, melhoria da qualidade das obras, melhor atendimento às necessidades, requisitos dos clientes e redução do stress entre os setores de projeto e produção.

Nesse contexto, este artigo tem como objetivo apresentar a aplicação da engenharia simultânea no projeto de instalação de um equipamento de tomografia, visando avaliar a otimização do cronograma e a melhoria da qualidade do projeto no Hospital Universitário da Universidade Federal do Maranhão.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

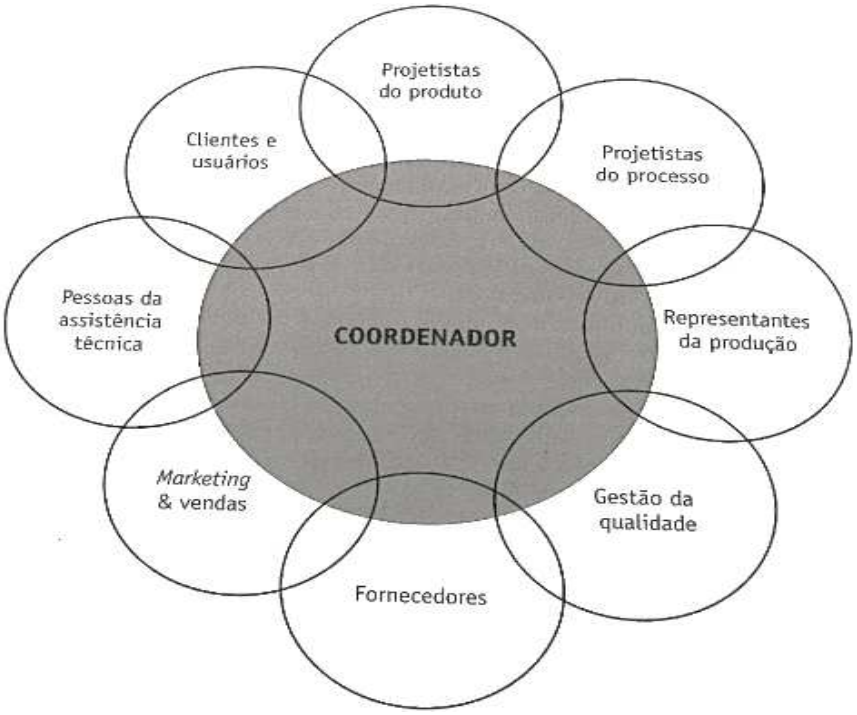
Na área da construção civil, há uma deficiência na compatibilização de projetos e no cumprimento de prazos, o que representa um desafio para todos os envolvidos, tanto na parte técnica quanto operacional do empreendimento. Isso se deve, em parte, à utilização de ferramentas inadequadas para a organização das informações, tendo impacto direto no canteiro de obras e afetando o resultado. Cada obra possui suas particularidades e está sujeita a imprevistos relacionados ao seu processo de concepção (GUERRIERO *et al*., 2010).

Em vista disso, percebeu-se a importância da busca por uma produção mais eficiente. Desse modo, surgiu, na segunda metade dos anos 80, o conceito de engenharia simultânea, inicialmente introduzido pelo *Institute for Defense Analyses* (IDA). Essa abordagem, também chamada de engenharia paralela ou engenharia concorrente, propõe uma visão sistêmica no desenvolvimento de produtos, abrangendo desde a concepção até a execução e a manutenção subsequente da obra (FABRICIO, 2002).

A falta de ferramentas tecnológicas de gestão que possam melhorar a integração dos agentes envolvidos no processo é responsável por muitos dos atrasos. Além disso, a ausência de um detalhamento adequado do projeto e de adaptações à realidade local (canteiro de obra), resulta em uma concepção lenta da construção, baixa produtividade dos envolvidos e um produto de qualidade regular. Isso, por sua vez, leva a desperdícios e prejuízos de tempo, materiais e financeiros (CORNICK, 1991).

A Figura 1 ilustra o processo de concepção da estrutura organizacional, baseado na abordagem da Engenharia Simultânea. Essa metodologia exige uma interação intensa entre os departamentos e especialistas, onde ao centro tem-se a figura do coordenador o responsável pela integração dos diferentes grupos multidisciplinares. O objetivo é garantir uma comunicação eficiente das informações relevantes entre todos os participantes do projeto (FABRÍCIO e MELHADO, 2004).

Figura 1 - Representação de equipe multidisciplinar

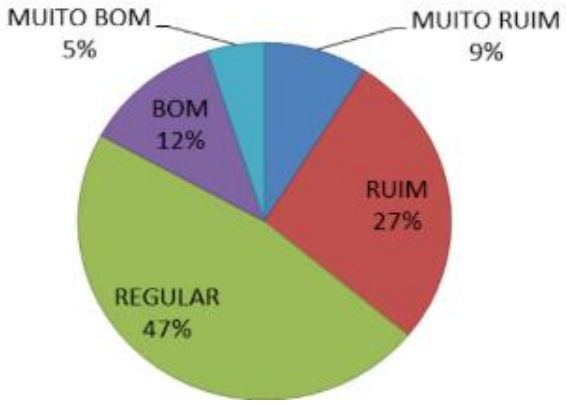


Fonte: Adaptado de Weck et al. (1991) apud Takahashi (1996)

Philippsen Junior (2011) aborda uma pesquisa qualitativa sobre o nível de interação entre as equipes de uma obra, resultando nos seguintes dados:

- Qual o nível de interação observado entre as diferentes especialidades da equipe de projetistas - arquitetura, engenharias civil, elétrica e mecânica (Figura 2)?

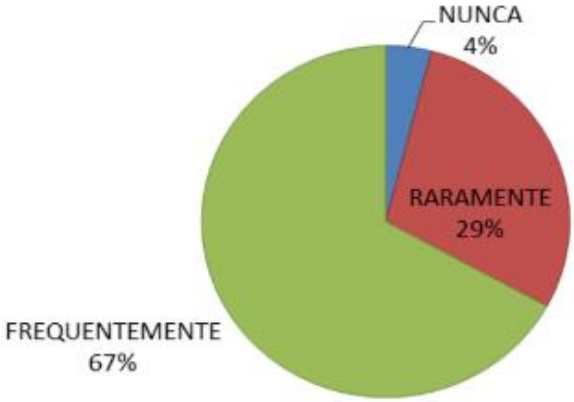
Figura 2 - Interação entre equipes dentro de um projeto



Fonte: Philippsen Junior (2011)

- Com que frequência o setor técnico necessita efetuar a devolução dos projetos para revisão dos projetistas em função de projetos com informações pendentes/ausentes, tais como orientação solar, cargas térmicas, diagrama unifilar, ou incompatibilidade entre projeto, orçamento e caderno de encargos, por exemplo (Figura 3).

Figura 3 - Frequência na devolução de projetos



Fonte: Philippsen Junior (2011)

Philippsen Junior (2011) destaca aspectos relevantes, tais como o aprimoramento da dinâmica na troca de informações entre equipes multidisciplinares e a redução da taxa de devolução de projetos devido a erros e problemas de comunicação. Esses aspectos serão abordados no capítulo de Resultados e Discussões, e referenciados em consonância com os resultados obtidos no referido artigo.

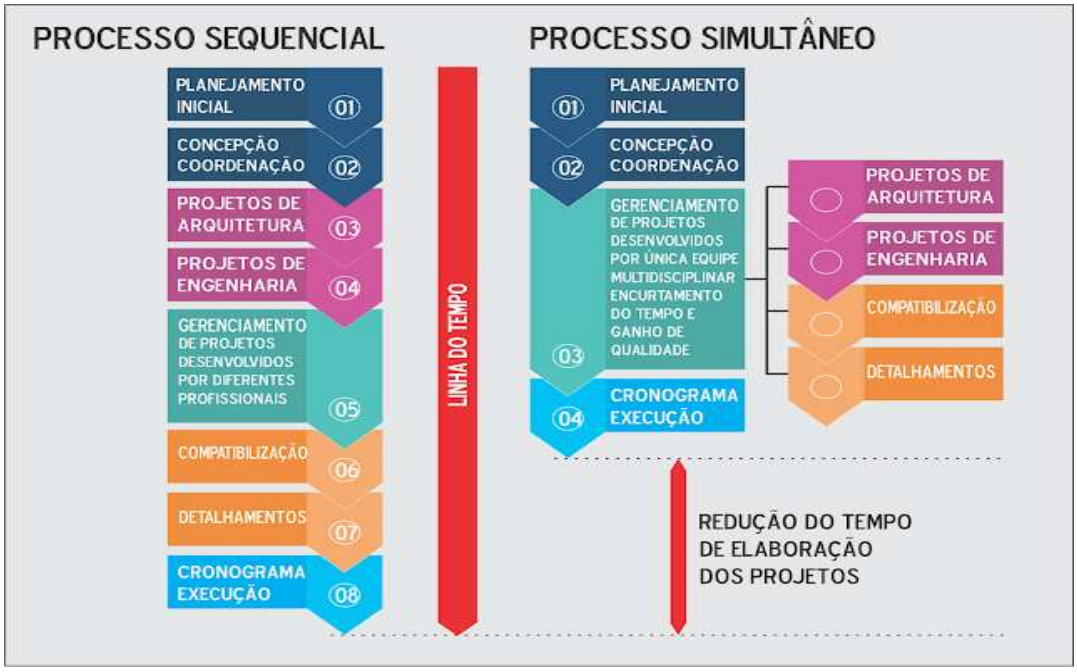
3 METÓDO DE ANÁLISE E VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO

A metodologia adotada neste estudo aplicou o conceito de engenharia simultânea no projeto de instalação de tomógrafo do Hospital Universitário da Universidade Federal do Maranhão (HU-UFMA), que será desenvolvido por uma empresa contratada através de licitação pública. Foi avaliado o cronograma proposto pela empresa para a execução das seguintes etapas do projeto: levantamento preliminar, anteprojeto e projeto executivo.

A avaliação do desempenho da equipe multidisciplinar tanto da HU-UFMA quanto da empresa contratada durante a fase de elaboração dos projetos executivos consistiu no atendimento ao cronograma proposto pela contratada.

Além disso, se comparou a eficiência com outras 13 unidades que estão dentro do programa de implementação do tomógrafo da rede EBSERH. O método levou em consideração o processo simultâneo, como descrito na Figura 4.

Figura 4 - Etapa Processo Sequencial x Simultâneo



Fonte: Adaptado de Weck et al. (1991) apud Takahashi (1996)

No levantamento preliminar, foram consideradas atividades como requisitos do projeto, análise do local, estimativa de custos e demandas dos setores assistenciais, envolvendo servidores do HU-UFMA, EBSERH, contratada e estagiários. A equipe multidisciplinar, sob a supervisão de um coordenador, levantou questionamentos durante a elaboração do anteprojeto para mitigar possíveis adversidades durante a execução da implantação do tomógrafo. O objetivo era garantir a comunicação fluida entre os setores e diminuir características impactadas por variações.

Tanto no projeto executivo quanto no anteprojeto, como ferramenta que promove a otimização dos processos, foi utilizado QR Code para as atualizações da revisão do projeto e para o levantamento de questionamentos que são essenciais para evitar transtornos e falhas de comunicação como é possível ver na Figura 5.

Figura 5 - Controle do projeto de Tomografia

Fonte: Autoria própria (2023)

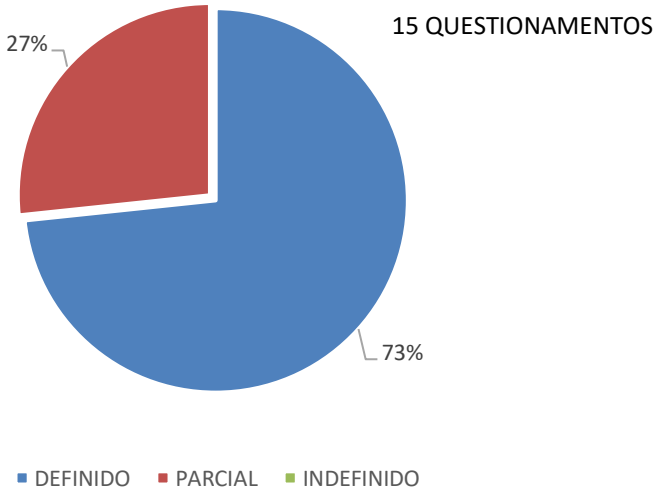
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo avaliou a qualidade dos projetos executivos com base em análises recentes sobre gestão de projetos. A baixa qualidade dos projetos licitados é identificada como um fator que contribui para atrasos durante a execução das obras e um distanciamento entre as diferentes especialidades desde o planejamento até a execução. A pesquisa qualitativa analisa a interação das equipes envolvidas na obra, fornecendo dados relevantes para a avaliação.

Em geral, durante a execução de obras, é comum que os membros da equipe técnica não tenham acesso às versões mais atualizadas do projeto no momento adequado, o que acarreta diretamente na qualidade final do empreendimento. Essa abordagem envolve a disponibilização de um código QR Code como um meio efetivo de controle da versão mais recente de cada fase em andamento e/ou concluída do projeto.

Foram levantados 15 questionamentos pela equipe multidisciplinar do Hospital Universitário que abrangem aspectos arquitetônicos, hidrossanitários e elétricos no levantamento preliminar. Para avanço da segunda etapa foram resolvidos parcialmente os itens conforme Figura 6.

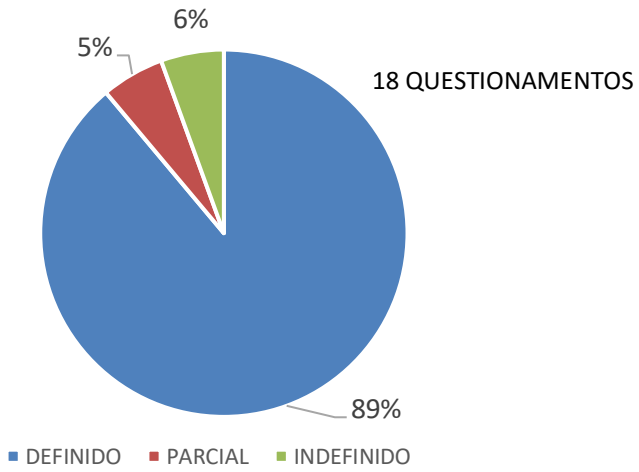
Figura 6 - Levantamento Preliminar



Fonte: Autoria Própria (2023)

Durante a segunda fase (Figura 7), correspondente ao anteprojeto, foram levantados com mais detalhes 18 questionamentos sobre a implantação do tomógrafo que podem ser vistos no QR Code. Nessa etapa, 16 desses questionamentos foram definidos, representando 89% do total. Houve 1 item parcialmente definido (5%) e 1 item indefinido (6%).

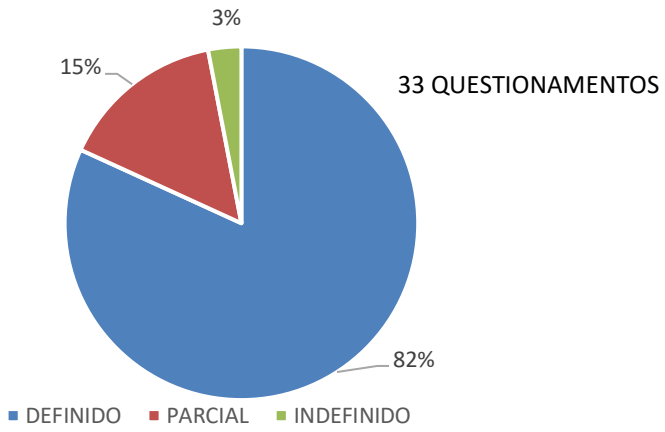
Figura 7 - Anteprojeto



Fonte: Autoria Própria (2023)

O projeto executivo consolidado reflete as discussões realizadas nas fases iniciais, com uma redução no percentual de itens definidos devido a questionamentos parcialmente resolvidos. As etapas preliminar e anteprojeto abordaram itens distintos conforme o cronograma estabelecido. Na Figura 8, dos 33 questionamentos, 82% dos itens foram definidos, aproximadamente 15% permanecem parcialmente resolvidos e apenas 3% não foram atendidos.

Figura 8 - Projeto Executivo

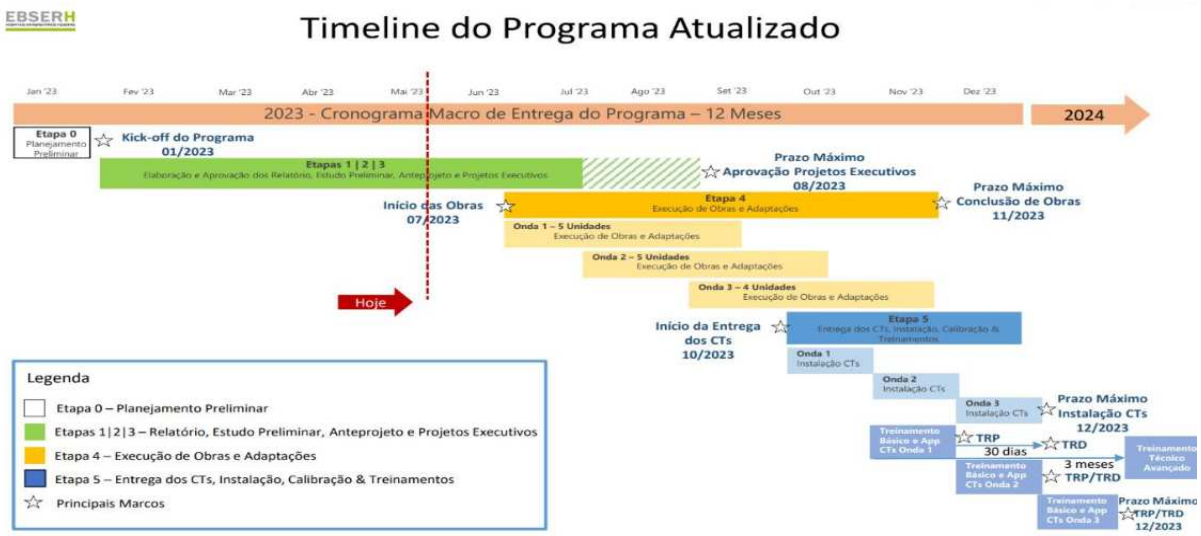


Fonte: Autoria Própria (2023)

Um investimento de recursos e análises nas fases iniciais do projeto pode reduzir os prazos e custos gerais da implementação da obra, devido à antecipação de interferências e soluções antecipadas de obstáculos. Isso leva a melhorias significativas em termos de custo, velocidade e qualidade do empreendimento.

A Figura 9 representa o progresso em relação ao cronograma de implementação do tomógrafo estabelecido pela empresa contratada. De acordo com esse cronograma, a entrega final dos projetos executivos está prevista para julho de 2023. No entanto, até 15/05/2023, as etapas 1, 2 e 3 já foram concluídas.

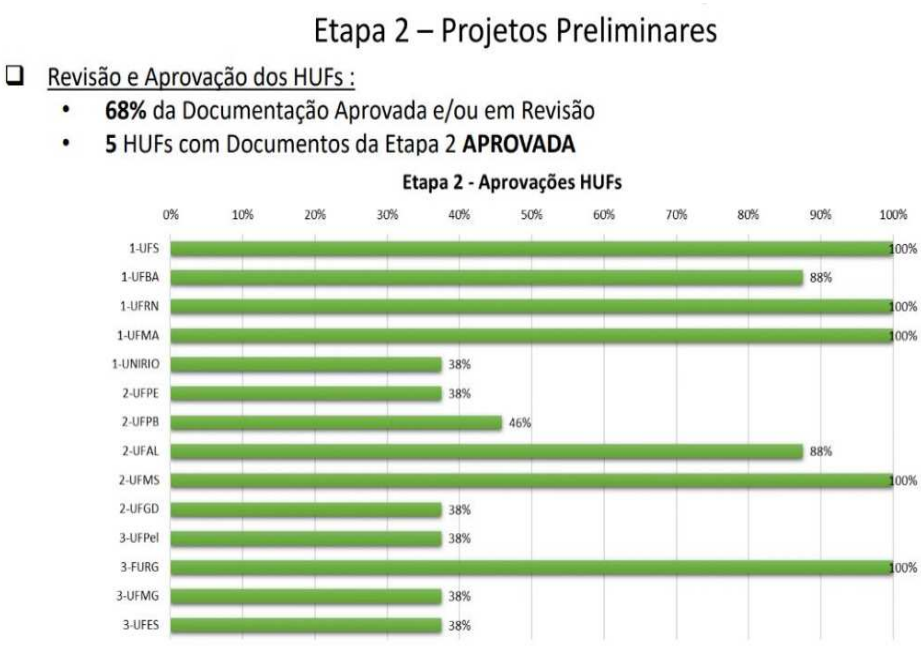
Figura 9 – Cronograma EBSERH/Contratada



Fonte: EBSERH (2023)

A Figura 10 mostra o percentual de aprovação dos projetos preliminares em 13 unidades onde a implementação do tomógrafo está em andamento. Nota-se que o HU-UFMA está entre as cinco unidades que alcançaram 100% de aprovação e/ou revisão dos seus projetos preliminares. Esse resultado indica o êxito do processo de revisão e validação dos projetos preliminares no HU-UFMA, demonstrando um alto nível de conformidade e qualidade.

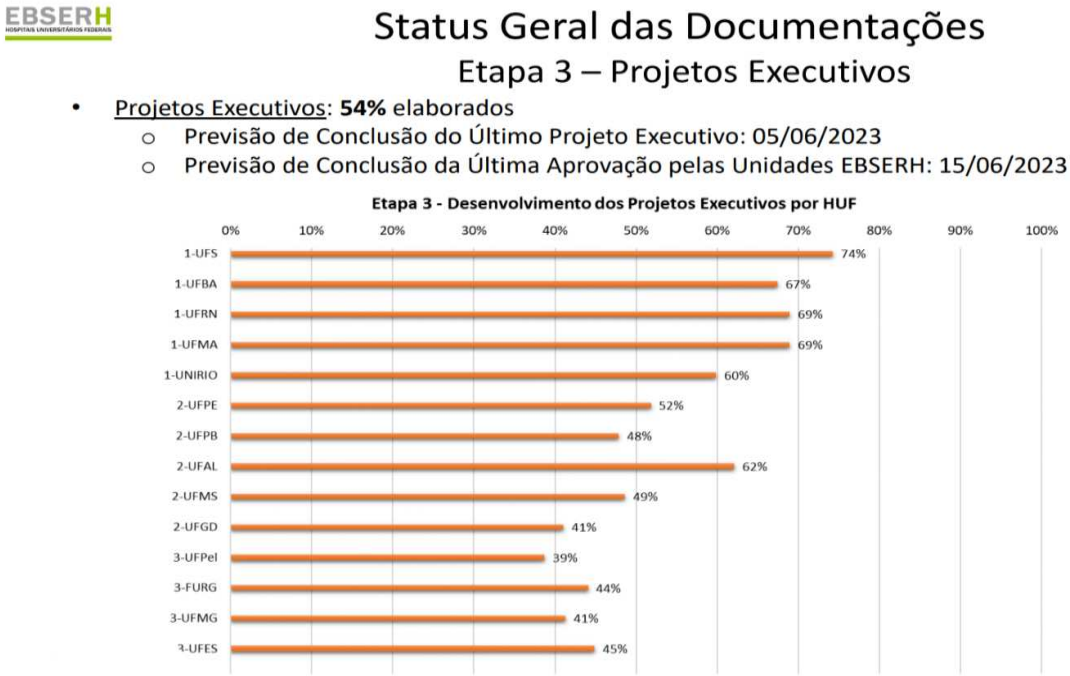
Figura 10 - Percentual de aprovação projetos preliminares das unidades HU



Fonte: EBSERH (2023)

O projeto executivo do tomógrafo no HU-UFMA está 69% concluído na etapa 3 (Figura 11). A engenharia simultânea permitiu um alinhamento eficiente dos planos de execução, detalhamento tecnológico e recursos de produção, resultando em redução de custos relacionados a retrabalhos, execução e desperdícios. Constata-se que o percentual de avanço de elaboração dos projetos executivos pelo HU-UFMA foi 15% superior que a média das instituições envolvidas no programa.

Figura 11 - Percentual de aprovação dos projetos executivos das unidades HU



Fonte: EBSERH (2023)

A adoção do QR CODE permite proporcionar soluções integradas para as interferências identificadas entre os projetos hidrossanitários, estruturais, elétricos e arquitetônicos. Como podemos ver na figura 5, os questionamentos levantados foram essenciais para a verificação das falhas presentes nos projetos, que durante a execução da obra poderiam se tornar um transtorno. Portanto, para o projeto hidrossanitário, foram identificados os possíveis conflitos e a otimização da distribuição dos sistemas de água, esgoto e drenagem. Além disso, no projeto elétrico se evitou interferências com outros elementos da edificação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto de implementação do tomógrafo no HU-UFMA progrediu conforme planejado, com eficácia na etapa de levantamento preliminar e identificação de alterações essenciais durante a visita técnica. A abordagem de engenharia simultânea envolvendo equipes e especialidades tem melhorado a qualidade e eficiência do processo. O anteprojeto resultou na definição da maioria das questões levantadas, demonstrando planejamento sólido e evitando atrasos.A aplicação da engenharia simultânea no projeto do tomógrafo do HU-UFMA, com coordenação centralizada pela equipe técnica, permitiu uma distribuição eficiente de informações, resultando em projetos mais robustos e produtivos. O investimento adequado nas fases iniciais do projeto fornece melhor controle de custos,

velocidade e qualidade. A implementação da engenharia simultânea possibilitou o cumprimento do cronograma de execução dos projetos executivos, resolvendo questões cruciais para o desenvolvimento e qualidade do projeto. Essa abordagem pode servir como exemplo para projetos de obras públicas, evitando baixa qualidade nos projetos licitados e garantindo o sucesso das implantações.

REFERÊNCIAS

CAVALCANTI, Francisco Rodrigo P., e SILVEIRA, Jarbas A. N. **Fundamentos de Gestão de Projeto: gestão de riscos**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2016. Disponível em: . Acesso em: 08 mai. 2023.

CAVALERA, J. HUMAN and psycological aspects of the implementation of quality control in construction. Management, Quality and Economics in Building. Editado por Artur Bezelga and Peter Bradon. E & FN Spon, Chapman & Hall. Londres, 1991, p. 484-494

CORNICK, T. Quality Management for Building Design. Butterworth Architecture Management Gides, 1991

FABRÍCIO, Márcio Minto. **Projeto simultâneo na construção de edifício**s. Tese (Doutorado em Engenharia). Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FABRÍCIO, Márcio Minto; MELHADO, Siivio. **PROJETO SIMULTÂNEO E A QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS,** Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228611542_Projeto_simultaneo_e_a_qualidade_na_construcao_de_edificios/link/00b49527792e9efe42000000/download. Acesso em: 09 maio 2023.

GATTI, U.C.; MIGLIACCIO, G.C.; LAIRD. **Design Management in Design-Build Megaprojects: SR 99 Bored Tunnel Case Study. Practice Periodical on Structural Design and Construction**., v. 19(1), p. 148-158, 2014

GUERRIERO, Anee. HALIN, Gilles. KUBICKI, Sylvain. **INTEGRANDO OS CONCEITOS DE CONFIANÇA EM UM DASHBOARD DESTINADO AO COORDENADOR DE OBRAS** . CIB W78 2008 - Melhorando o gerenciamento de projetos de construção por meio da adoção de TI (ISSN: 2706-6568), BRITISH STANDARD INSTITUTION. BS 8525-1: Greywater systems. London, 2010.

KERZNER, Harold. ***Advanced Project Management: Best Practices on Implementation***. New Jersey. John Wiley & Sons, 2004

MONTEDO, Caroline Vieira. **A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DE PROJETO E SUA REFLEXIBILIDADE NO TEMPO DA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2023. 13 f. Monografia (Especialização) - Curso de Arquitetura e

Brasil. Ministério da Educação. Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares – EBSERH.

OLIVEIRA, L.H.; MARQUES, I.G. **Padronização de terminologia e de conceitos de sistemas prediais de água não potável**. CBCS, São Paulo, 2014.

PEDRINI, Manuela Kautscher. **Engenharia simultânea: planejamento e controle integrado do processo de produção/projeto na construção civil.** 2012. 233 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória - Es, 2012.

PHILIPPSEN JUNIOR, Luiz Adalberto *et al*. **Avaliação da gestão e coordenação de projetos – aspecto qualidade – de obras públicas vinculadas à Lei n.º 8.666/93**. In: 2°. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO X WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2., 2011, Rio de Janeiro. 2º. Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído**.** Rio de Janeiro: Sbpq, 2011. p. 518-527.

PEROTTI, Leandro. **ENGENHARIA SIMULTÂNEA: adaptação da metodologia para a indústria de pré-fabricados de concreto**. 2015. 47 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2015.

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

BIM NO ENSINO DE CONCEPÇÃO DOS SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS E SANITÁRIOS

BIM in the teaching of the concept of plumbing systems

Emerson Moreira Souza [1]; Reymard Savio Sampaio de Melo [2]

Recebido em 11 de junho de 2023, aprovado em 25 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

Palavras-chave:

BIM
Educação
Sistemas prediais hidráulicos e sanitários

Keywords:

BIM
Education
Plumbing systems

RESUMO: Este artigo apresenta a intervenção na disciplina Instalações Hidráulicas e Sanitárias Prediais do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal da Bahia. Esta disciplina foi selecionada a partir da análise da matriz curricular, sendo uma das 11 disciplinas identificadas com interface clara com BIM. O método de pesquisa foi a pesquisa-ação. A intervenção foi planejada pelos autores que criaram objetos de aprendizagem. Este estudo contribui por apresentar uma aplicação prática de ensino de BIM relacionado com os sistemas prediais hidráulicos e sanitários.

ABSTRACT: This article presents the intervention in the plumbing systems course of the Civil Engineering program at The Federal University of Bahia. This course was selected based on the analysis of the curriculum, being one of the 11 courses identified with a straightforward interface with BIM. The research method was action research. The intervention was planned by the authors who created learning objects. This study presents a practical application of BIM teaching related to plumbing systems.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **SOUZA, Emerson Moreira**: Universidade Federal da Bahia, emerson.moreira@ufba.br.

[2] **MELO, Reymard Savio Sampaio de**: Universidade Federal da Bahia, reymard.savio@ufba.br.

1 INTRODUÇÃO

Building Information Modeling (BIM) é um conjunto de políticas, processos e tecnologias que, combinados, geram uma metodologia para gerenciar o processo de projetar uma edificação ou instalação e ensaiar seu desempenho, gerenciar as suas informações e dados, utilizando plataformas digitais (baseadas em objetos virtuais), através de todo seu ciclo de vida (CBIC, 2016).

Os integrantes do setor da construção civil brasileira, seguindo as tendências internacionais, vêm ao longo dos últimos anos propondo a utilização da metodologia BIM como uma das estratégias para melhoria da produtividade e qualidade dos serviços prestados. Em 2018 por meio do Decreto Nº 14.473, foi instituído o Comitê Estratégico de Implementação do BIM, passo importante para a implantação da plataforma de forma abrangente no Brasil (BRASIL, 2018); visto que o governo tem a capacidade de propagar padrões em larga escala. Em 2020, através do Decreto Nº 10.306, foi estabelecida a utilização do BIM na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, outro passo importante para a disseminação da metodologia BIM (BRASIL, 2020). Além disso, estão sendo elaboradas normas técnicas pela ABNT para padronização do desenvolvimento de projetos em BIM.

Objetivando disseminação e adoção do BIM em Instituições de Ensino Superior, o edital No 3/2019 do Ministério da Economia instituiu as Células BIM que são coordenadas pelo GT TIC da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. No final de 2021 foi iniciado o Projeto de Pesquisa Célula BIM na Universidade Federal da Bahia (UFBA) que abrange os cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil, sendo composto por 19 pesquisadores, entre docentes e discentes da instituição e convidados externos (CHECCUCCI e MELO, 2022).

Este estudo, alinhado com a Célula BIM na UFBA, tem como objetivo apresentar os resultados da intervenção para adoção do BIM na disciplina de Instalações Hidráulicas e Sanitárias Prediais do curso de Engenharia Civil da UFBA, uma das disciplinas apontadas como tendo uma interface clara com o paradigma BIM dentro da grade curricular do curso.

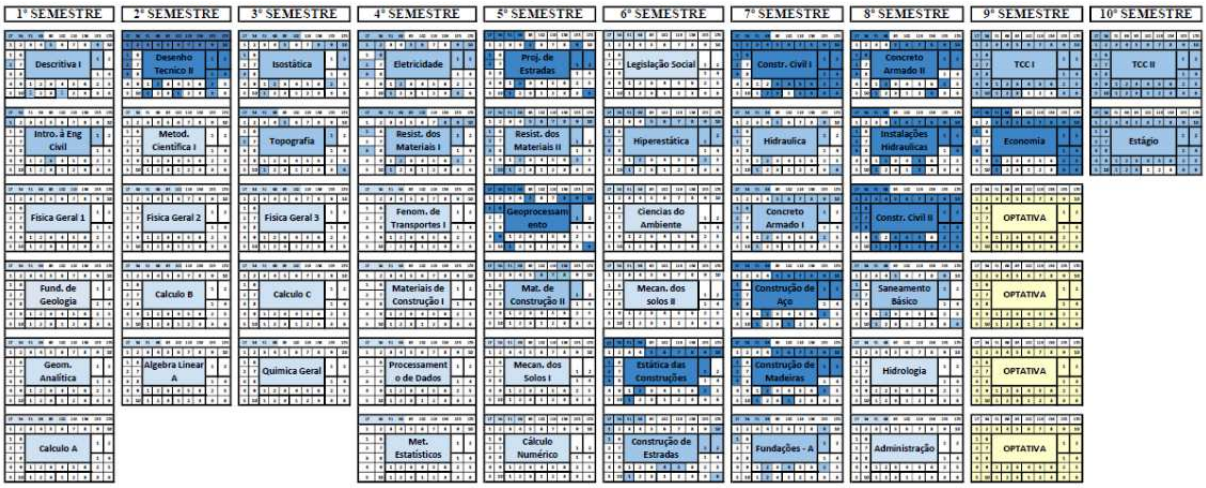
2 MÉTODO

O método adotado neste trabalho é o de pesquisa-ação que, de acordo com COUGHLAN, P.; COGHLAN, D. (2002) é um ciclo de três etapas: (1) pré-etapa com objetivo de entender o propósito e contexto; (2) reunir informações, produzir feedbacks, analisar dados, planejar, implementar e avaliar a ação; e (3) meta-etapa, realização do monitoramento da ação. Este artigo apresenta os resultados da etapa (2), somente ao finalizar a intervenção será possível realizar a etapa de monitoramento.

2.1 Planejamento

Para a seleção do componente curricular Instalações Hidráulicas e Sanitárias Prediais foi utilizado como base o estudo de Conceição *et al.* (2022) no qual foi conduzido o diagnóstico da matriz curricular do curso de Engenharia Civil da UFBA (Figura 1) e a identificação de componentes com interface clara com o BIM.

Figura 1 – Diagnóstico da matriz curricular do curso de Engenharia Civil da UFBA



Fonte: Conceição *et al.* (2022)

A disciplina foi selecionada por apresentar interface clara com o BIM e contar com a disponibilidade e interesse dos dois docentes responsáveis na intervenção. A intervenção contou com um time formado pelos dois docentes responsáveis da disciplina, um discente de graduação e o vice coordenador da célula BIM UFBA. Foram realizadas reuniões com os dois docentes responsáveis da disciplina com o objetivo de apresentar as expectativas e estratégias para intervenção na disciplina, bem como definir o exercício a ser utilizado, as formas de avaliação, disponibilidade de aulas para a intervenção, divulgação entre os discentes, dentre outras. Além disso, definiu-se também qual seria o período do semestre mais adequado para intervenção levando em consideração o conteúdo programático e como seria possível realizar a intervenção. A partir disso, foram analisados quais conceitos e competências BIM de nível básico (SUCCAR; SHER e WILLIAMS, 2013) poderiam ser desenvolvidos no curso, relacionados com os conteúdos da disciplina.

2.2 Amostra

Essa pesquisa foi consubstanciada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Escola de Enfermagem da UFBA. CAAE: 60007122.8.0000.5531, e nº do parecer: 5.530.033. Os dados foram coletados durante o semestre letivo da UFBA em 2023.1 no período entre 27/03/2023 e 09/06/2023. A população-alvo foi constituída pelos discentes matriculados nas duas turmas da disciplina no semestre letivo 2023.1. A técnica para obtenção da amostra foi por conveniência, tendo como critérios de inclusão idade superior a 18 anos, estar matriculado na disciplina e aceitação livre e espontânea dos sujeitos. Foram excluídos da pesquisa todos os discentes que desistiram da disciplina antes da sua finalização.

2.3 Instrumento

O Quadro 1 aponta os quatro instrumentos utilizados para avaliar a intervenção BIM na disciplina. O desenvolvimento dos questionários contou com apoio de consultoria estatística.

Quadro 1 – Instrumentos de coleta de dados

Instrumentos	Descrição
Questionário discente 1	Diagnóstico dos conhecimentos, habilidades e atitudes que o discente possui, relacionados ao BIM, no início da disciplina.
Questionário discente 2	Avaliar as vantagens e desvantagens da adoção do BIM na disciplina, dificuldades percebidas, possíveis melhorias a serem realizadas em outras edições da disciplina e percepção de desenvolvimento de suas competências relacionadas ao BIM.
Questionário docente 1	Identificar, no início da disciplina, as principais dificuldades que ela apresenta ao estudante, em termos de conteúdos, competências e habilidades necessárias; identificar conhecimentos prévios dos docentes relacionados ao BIM.
Questionário docente 2	Identificar, ao final do experimento, a percepção do docente em relação às vantagens e desvantagens da adoção do BIM na disciplina, ganhos percebidos nos discentes e propostas de melhorias para ampliar a adoção da modelagem em outras versões da disciplina.

Fonte: Projeto Célula BIM

3 RESULTADOS

3.1 Planejamento da ação

As competências BIM abordadas na intervenção foram:

1. conhecimentos básicos dos conceitos BIM;
2. concepção estrutural por meio de manipulação de modelos BIM;
3. visualização de modelo;
4. modelagem BIM com uso de biblioteca disponível em software.

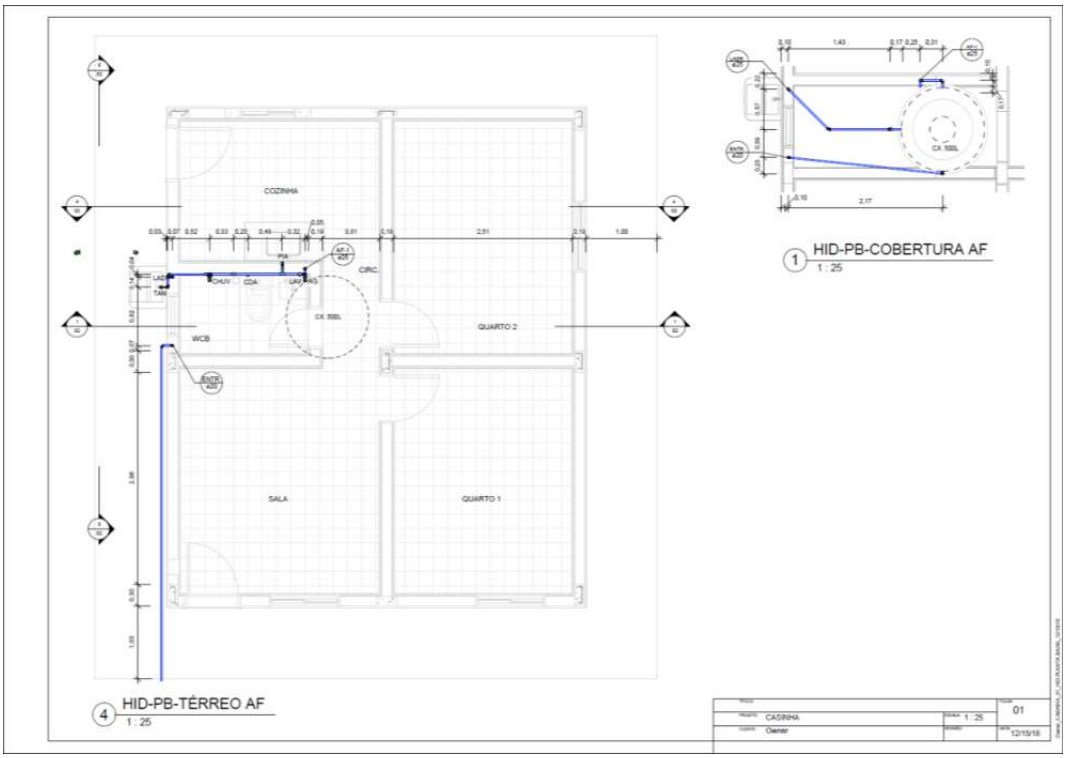
A primeira aula teve caráter teórico, para que o conhecimento adquirido seja revertido em prática de projeto. O foco da intervenção é introduzir Fundamentos BIM, abordando as competências listadas acima e destacando suas vantagens para o projeto de instalações, como: a interoperabilidade, a parametrização, a colaboração e os bancos de dados (bibliotecas BIM e seus fabricantes).

Os discentes tiveram acesso a vídeo-tutoriais elaborados pelo primeiro autor do artigo. Para esta intervenção, foi proposto o uso do *software Autodesk Revit®* pelo fato da IES possuir licenças educacionais.

3.2 Objeto de aprendizagem

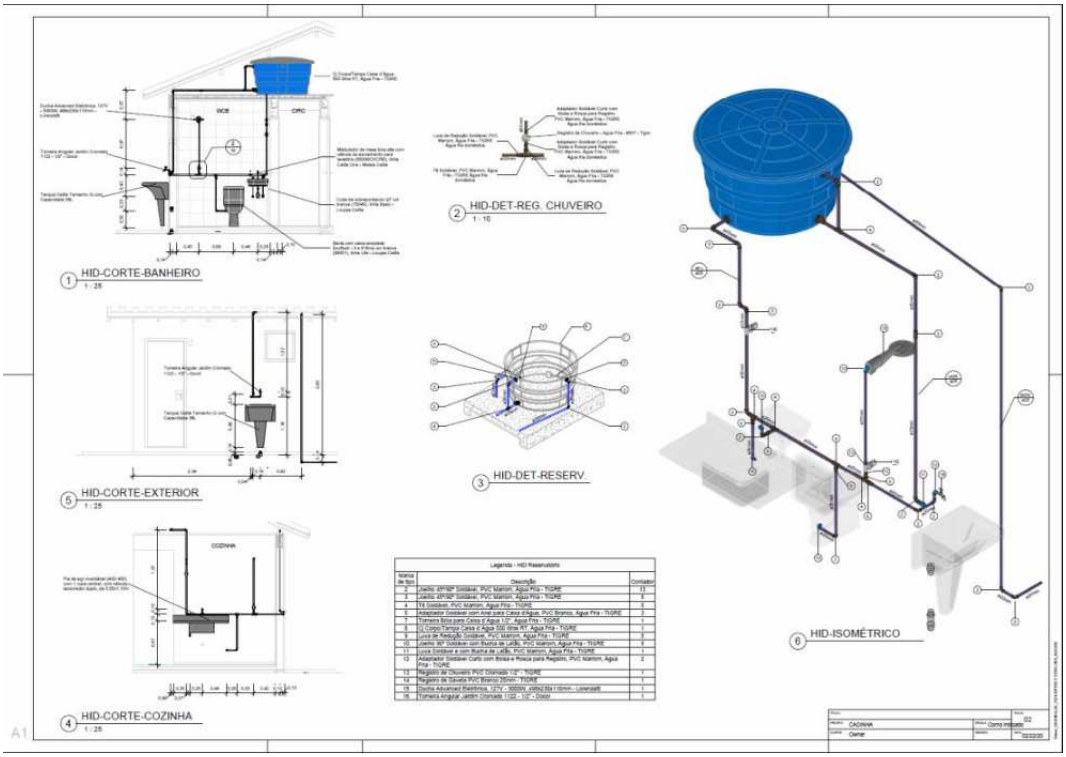
A intervenção aconteceu associada à atividade avaliativa da disciplina. A avaliação consiste em realizar a modelagem BIM dos sistemas de água e esgoto de um banheiro a partir de projetos CAD 2D tradicional (Figuras 2, 3 e 4).

Figura 2 – Planta baixa hidráulica



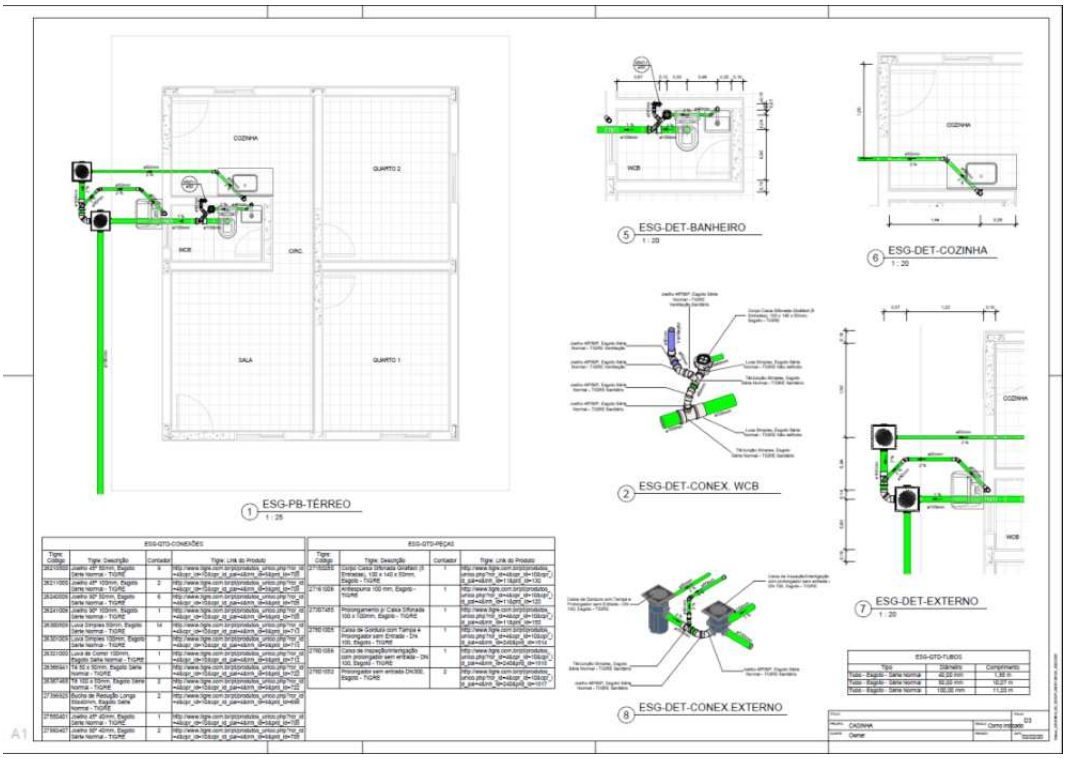
Fonte: Autores

Figura 3 – Planta baixa hidráulica



Fonte: Autores

Figura 3 – Planta baixa esgoto



Fonte: Autores

3.3 Conhecimento prévio e expectativas dos discentes antes da intervenção BIM

Verificou-se que 50% dos docentes afirmaram não ter conhecimento conceitual e aplicado sobre BIM e os 50% afirmaram ter conhecimentos básicos sobre o assunto. Além disso, 50% dos docentes afirmaram que já havia inserido o tema de BIM nas aulas em semestres anteriores através de apoio de um especialista e a maior dificuldade de implementação é a reduzida carga horária da disciplina.

Apesar da disciplina ser do colegiado de Engenharia Civil, ela também recebe os discentes do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, dentre os discentes participantes da pesquisa 70,6% são do curso de Engenharia Civil e 29,4% do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, tendo ingressado na graduação entre os anos de 2015 e 2019. Quando questionados sobre o contato com o BIM 41,2% responderam não ter contato anterior, 17,6% responderam que acreditam que já tiveram contato anterior e 41,2% responderam que já tiveram contato anterior. Foi verificado também que a maioria das associações relacionadas ao BIM está ligada com um conjunto de *softwares*/ ferramentas computacionais no entendimento dos discentes, como pode ser visto no gráfico da Figura 5.

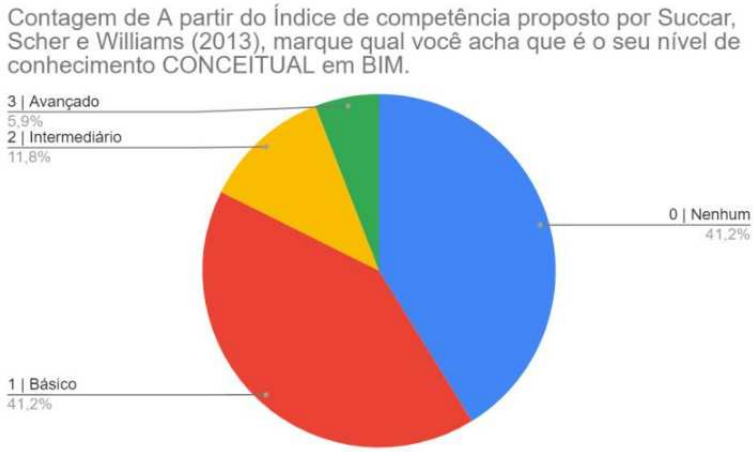
Figura 5 – O que é BIM para você?



Fonte: Autores

Além do que é BIM foi questionado aos discentes qual era o nível de conhecimento conceitual e aplicado sobre BIM, com as respostas obtidas podemos concluir que a maioria entende o conceito de BIM (Figura 6), porém não têm muita experiência com a aplicação dos conhecimentos (Figura 7).

Figura 6 – Nível de conhecimento conceitual



Fonte: Autores

Figura 7 – Nível de conhecimento aplicado



Fonte: Autores

3.4 Resultados obtidos após intervenção BIM

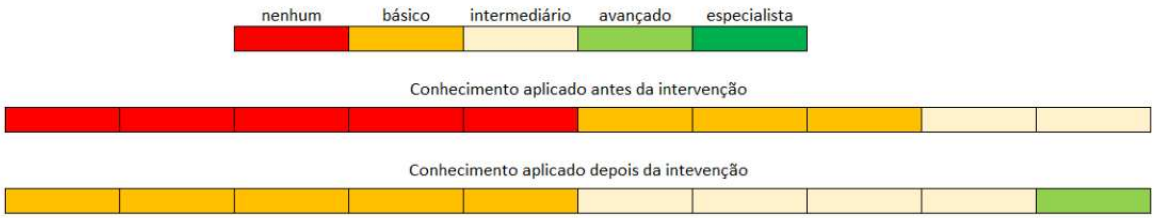
Após intervenção foram enviados novos formulários para os alunos com os quais verificou-se que da totalidade dos participantes nenhuma afirmou não ter conhecimento algum sobre BIM, tendo um avanço significativo nos que afirmaram ter um conhecimento intermediário.

Figura 8 – Nível de conhecimento conceitual antes e depois da intervenção



Fonte: Os autores

Figura 9 – Nível de conhecimento aplicado depois da intervenção



Fonte: Os autores

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo tem mostrado a importância da intervenção para propagação do conhecimento relacionado ao BIM dentro das disciplinas oferecidas pela universidade, visto que os docentes e discentes ainda não tem um contato tão efetivo com a metodologia BIM que está cada vez mais se tornando uma realidade para a prática profissional dos engenheiros no Brasil.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos estudantes que aceitaram participar de forma livre e esclarecida contribuindo para o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Decreto n. 9.377, de 17 de maio de 2018. Institui a Estratégia de Disseminação do Building Information Modelling. Diário Oficial da União, Brasília, Edição 95, Seção 1, p. 3, mai. 2018. Atos do Poder Executivo. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/Decreto/D9377.htm . Acesso em: 25 jul. 2023.

BRASIL. Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020. Estabelece a utilização do Building Information Modelling - BIM ou Modelagem da Informação da Construção na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10306.htm . Acesso em: 25 jul. 2023.

CAMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Fundamentos BIM – Parte 1: implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras**. Brasília: CBIC, 2016. p.22

CHECCUCCI, E. de S..; MELO, R. S. S. de. Célula BIM na UFBA: diagnóstico e planejamento da ação. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE O ENSINO DE BIM, 4., 2022. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1–1. DOI: 10.46421/enebim.v4i00.1943 Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/enebim/article/view/194 Acesso em: 25 jul. 2023.

CONCEIÇÃO, J. L.; MELO, R. S. S. de; BOMFIM, C. A. A.; CHECCUCCI, E. de S. Planejamento de intervenção para adoção do BIM no ensino de Construção de Aço. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1–12. DOI: 10.46421/entac.v19i1.1964. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/1964 Acesso em: 31 mar. 2023.

COUGHLAN, P.; COGHLAN, D. **Action research for operations management**. International Journal of Operations & Production Management, v. 22, n. 2, p. 220-240. 2002.

SUCCAR, B.; SHER, W.; WILLIAMS, A. An integrated approach to BIM competency assessment, acquisition and application. **Automation in Construction**. v. 35, p. 174-189, 2013 DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.05.016

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

MUDANÇA DE PARADIGMAS NA REPRESENTAÇÃO DO PROJETO COM A ADOÇÃO DO BIM NO DESENVOLVIMENTO DE SPHS

Change of Paradigms in Project Representation with the Adoption of BIM in Plumbing Systems Development

Solange Liseglê Schulz Staut [1]; Carlos Alexandre Bacci [2]; Waldir Vilalva Dezan [3]

Recebido em 12 de junho de 2023, aprovado em 25 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

RESUMO: A implantação de uma nova metodologia de trabalho em um escritório de projetos de arquitetura e engenharia passa por diversos estágios e encontra resistências que devem ser superadas para garantir o aprendizado e o ganho com o novo processo. A Coordenadoria de Projetos, escritório da FECFAU/UNICAMP, atenta às novas tecnologias e sistemas computacionais para o desenvolvimento de projetos, implementou o BIM na disciplina de SPHS; com o intuito de agilizar e melhorar a precisão dos projetos hidrossanitários que desenvolve, mudando paradigmas projetuais na facilitação da interpretação do projeto para o executor na obra e na compatibilização. Esse artigo busca mostrar um caso prático de desenvolvimento de projeto em BIM, apresentando a contextualização da implantação com o material desenvolvido pelo escritório no projeto de reforma de um conjunto de sanitários e as lições aprendidas neste processo. Buscou-se entender de que forma a adoção do BIM altera a produção do escritório e quais os benefícios alcançados junto aos agentes envolvidos.

Palavras-chave:
Sistemas prediais hidráulicos sanitários
Representação gráfica
Documentação
BIM

Keywords:
Plumbing system
Documentation
Graphical representation
BIM

ABSTRACT: The implementation of a new work methodology in an architecture and engineering design office goes through several stages and meets resistance that must be overcome to ensure learning and gaining with the new process. The Architecture and Engineering Design Office (CPROJ) at FECFAU/UNICAMP, attentive to new technologies and computational systems for project development, implemented BIM in the Plumbing System discipline; with the aim of speeding up and improving the precision of the plumbing projects developed by the office, changing design paradigms in facilitating the interpretation of the design for the constructor and the compatibility. This article seeks to show a practical case of project development in BIM, presenting the context of the implementation with the material developed by the office in a renovation project of a set of toilets and the lessons learned in the process. The purpose was to understand how the adoption of BIM changes office productivity and what benefits are achieved with the agents involved.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **STAUT, Solange Liseglê Schulz**: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas (FECFFAU – UNICAMP), lisegle@unicamp.br.
[2] **BACCI, Carlos Alexandre**: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas (FECFFAU – UNICAMP), bacci@unicamp.br.
[3] **DEZAN, Waldir Vilalva**: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas (FECFFAU – UNICAMP), waldir.v.dezan@gmail.com.

1 INTRODUÇÃO

A importância dos Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários (SPHS) na Construção Civil relaciona-se não apenas com as necessidades de higiene e saúde, mas também com as noções de conforto impostas por um dinâmico comportamento social (SANTOS, 2000). Inicialmente, os requisitos de desempenho estavam relacionados ao dimensionamento e aos métodos construtivos, mas essas informações evoluíram desdobrando-se em requisitos de qualidade, conforto, rastreabilidade, segurança e desempenho, entre outros.

O Modelo de Informação da Construção (*Building Information Modeling* - BIM) garante esses benefícios. Ao usar BIM o escritório agrega valor ao projeto, uma vez que informações e tomadas de decisões definidas durante o desenvolvimento do projeto não se perdem nas etapas de construção e de manutenção do edifício.

De acordo com Costa, Staut e Ilha, (2014), verificou-se um crescente uso de BIM nos projetos de arquitetura e de estruturas no Brasil. Contudo, isso não aconteceu para os projetos de Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários (SPHS). Conforme Dariva e Araujo (2019) a aplicação BIM em projetos hidrossanitários ainda não é explorada de forma eficaz no Brasil.

Este artigo enquadra-se na apresentação de um caso prático de reforma de um grupo de sanitários, projeto desenvolvido pela Coordenadoria de Projetos (CPROJ), pertence à Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FECFAU) da UNICAMP que elabora projetos para Unidades e Órgãos da Universidade, coopera com atividades de graduação e pesquisa e sistematiza conhecimentos e práticas de projeto através do seu Laboratório de Práticas Projetuais (LabPraxis).

O presente estudo parte da hipótese de que o uso de modelos BIM auxilia na compreensão dos conteúdos contemplados nos projetos de SPHS, facilitando o acesso às informações inerentes ao ambiente com suas instalações pré-existentes com a intenção do projetista em oferecer soluções específicas à cada situação encontrada para a proposta de reforma.

O projeto apresentado inclui, além do desenvolvimento em 3D que auxilia tanto na geração da documentação quanto na compreensão do projeto com a visualização das interferências físicas e compatibilização com outras disciplinas, mas também inclui a possibilidade da extração dos quantitativos para orçamento e o uso do BIM em todo o ciclo de vida do empreendimento.

2 FUNDAMENTAÇÃO

O controle de um empreendimento tem grande complexidade e interação entre os diversos sistemas prediais envolvidos como: hidráulica, termodinâmica, eletricidade, telecomunicações e eletrônica.

Os subsistemas dos SPHS podem contemplar os suprimentos de água fria e quente, a captação e transporte de águas pluviais, a coleta e transporte de esgoto sanitário. E os aparelhos sanitários são compostos de inúmeros itens, o que dificulta a adequada especificação na fase de projeto (COSTA e ILHA, 2017). Para que os SPHS tenham o desempenho previsto, os executores precisam receber projetos mais detalhados, intenção proposta clara e com informação precisa.

EASTIMAN et al. 2014 chama a atenção para as muitas funções que o BIM incorpora, ao modelar a geometria exata do edifício e os dados relevantes e necessários de suporte para a realização da construção. Para Ruschel et al (2013), BIM atua como um ambiente de suporte, integrado e colaborativo, com um modelo virtual e preciso da edificação de forma digital. Sendo uma importante ferramenta de integração de processos com aumento de colaboração e de comunicação entre seus agentes (CAMPBELL, 2007; SACKS e PIKAS, 2013).

O desenvolvimento tecnológico e a crescente exigência dos clientes finais tornam a etapa de projeto dos edifícios uma fase cada vez mais importante, já que é nela que se tomam as decisões que trazem maior repercussão nos custos, velocidade e qualidade dos empreendimentos (COSTA, 2015). Quando os projetos são feitos por representações gráficas simplificadas, o gerente e a equipe de obra muitas vezes não percebem as interferências entre os sistemas, ou a informação encontrada não é clara o suficiente para a correta execução.

O uso de BIM pelos projetistas de SPHS favorece a análise do conjunto de operações e ações que podem ser esperadas no edifício real. Dentre os benefícios destaca-se: a facilidade de detecção de interferências entre os sistemas do edifício, controle de modificações de projeto, precisão na quantificação de materiais e componentes com consequente precisão na orçamentação e o maior envolvimento dos profissionais com o empreendimento como um todo, entre outros (SHARAG-ELDIN e NAWARI, 2010; PALOMERA-ARIAS, 2015; GROSE, 2016).

3 MÉTODO

Para o desenvolvimento dessa pesquisa foi considerada a metodologia Design Science Research (DSR), definida como a geração de conhecimento aplicado e útil para a solução de problemas, melhoria de sistemas já existentes e desenvolvimento de artefatos (LACERDA et al., 2013). Tratando-se de uma abordagem de pesquisa utilizada para diminuir o distanciamento entre a teoria e a prática (LUKKA, 2003; COLE et al., 2005). Permitindo soluções satisfatórias aos problemas práticos com o propósito de produzir preceitos que ainda não existem, isto é, mudar regulamentos organizacionais e situações existentes para alcançar melhores resultados.

A identificação do problema a ser pesquisado originou a questão de pesquisa formulada. Para tanto, quatro situações/fatos foram determinantes, dificuldades:

- De visualização das soluções de SPHS a partir do desenho 2D em CAD;
- No entendimento dos caminhos e das interferências entre os SPHS;
- De completa compreensão da solução, considerando os nós, desvios e entroncamentos;
- De precisão na quantificação do material a ser usado na construção.

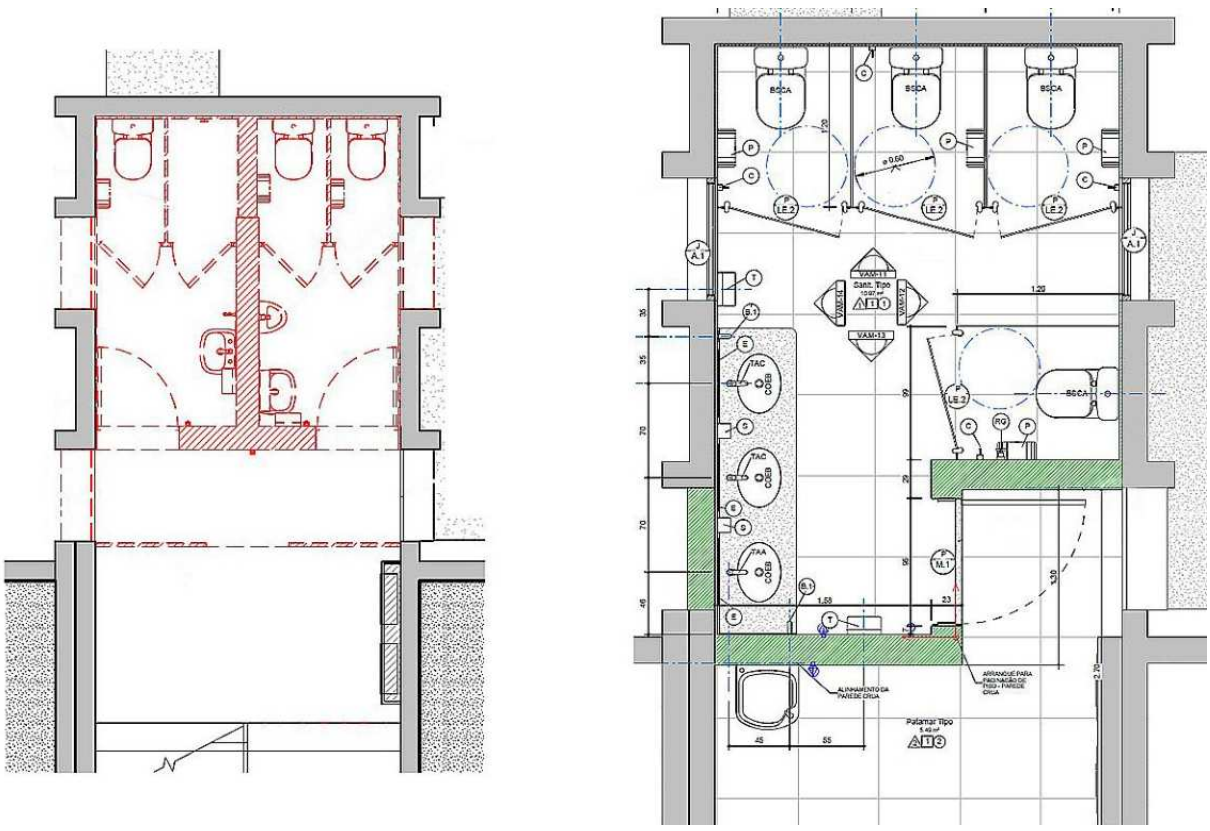
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Universidade Estadual de Campinas - Unicamp, através da Diretoria Executiva de Desenvolvimento Integrado – DEPI, com a organização do LabPraxis/CPROJ iniciou em 2020 um trabalho de preparo da UNICAMP em adequação às novas leis, bem como dotar o seu quadro técnico de conhecimentos sobre o BIM, as ferramentas de software e as metodologias necessárias. Foi desenvolvido, junto à Reitoria, um Projeto de Gestão de

Empreendimentos para Implementação de BIM (Projeto Estratégico Planes - “Implementação de BIM” – 2019/2020) com o objetivo de organizar e padronizar a aplicação de BIM para Projetos, Obras e Manutenções. Como resultado, foi criada uma série de quatro Manuais com orientações e normas para a execução ou compra de projetos de edificações com a metodologia BIM na Universidade.

Um dos projetos desenvolvidos a partir deste material foi o PROJETO DE REFORMA DOS SANITÁRIOS DA SEC (Secretaria de Comunicação da UNICAMP), contemplando a reforma de áreas existentes com 4 sanitários que se apresentavam bastante deteriorados pelo uso e tempo de vida, transformando as áreas em dois sanitários maiores, sendo um para cada sexo por andar (Figura 1).

Figura 1 - Planta do existente a demolir e planta com a reforma proposta



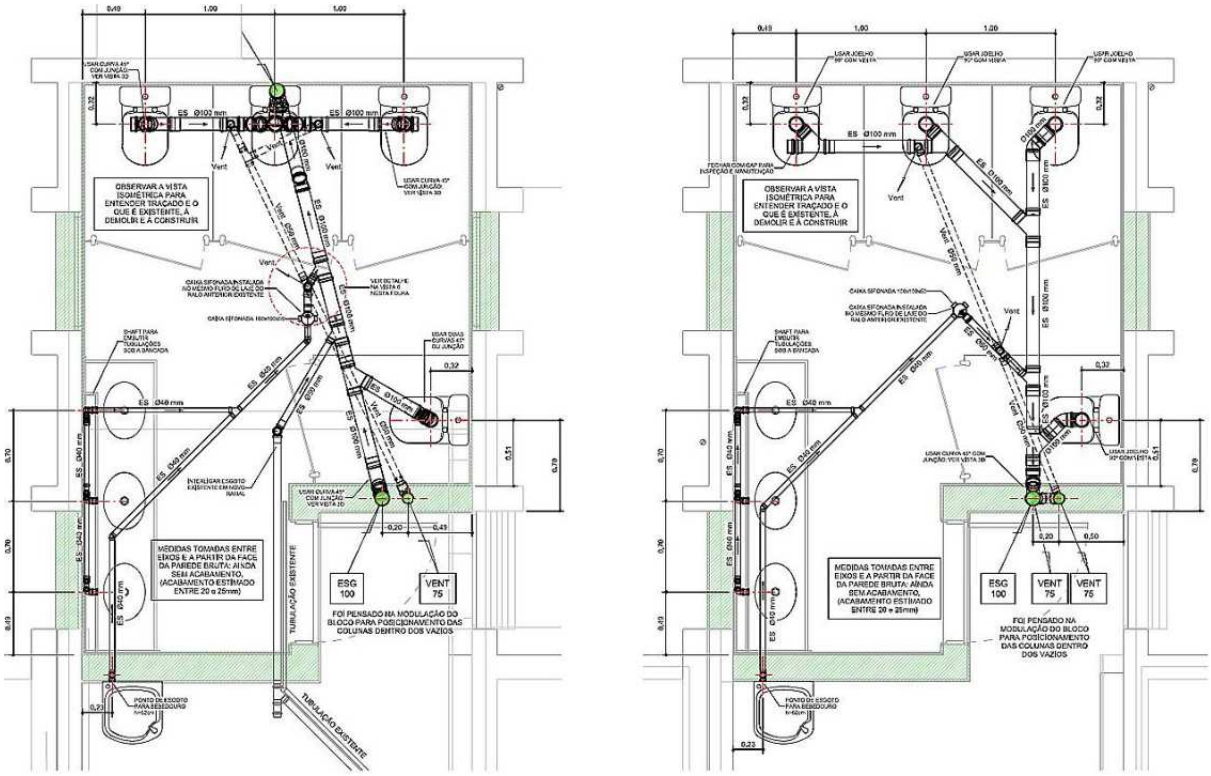
Fonte: Os autores

Tradicionalmente o desenvolvimento se daria por representações em 2D de plantas e cortes para as soluções de esgoto além de isométricos para as soluções de água fria.

Embora plantas arquitetônicas idênticas, devido às estruturas existentes as soluções de esgoto e água fria tiveram que ser distintas para cada piso (Figura 2). Uma parede hidráulica para as colunas de distribuição foi criada e o afastamento do esgoto se deu pelo caminho existente no subsolo que conduz o volume à caixa de distribuição externa existente.

As paredes em alvenaria estrutural também geraram necessidade de distribuir a água fria por debaixo do piso o que também gerou conflito com o esgoto. O nó criado com o menor percurso pareceu ser desafiante para a clara compreensão dos caminhos no canteiro.

Figura 2 - Planta para execução do esgoto dos dois pisos: embora plantas arquitetônicas idênticas, as soluções de SPHS precisaram ser diferentes.

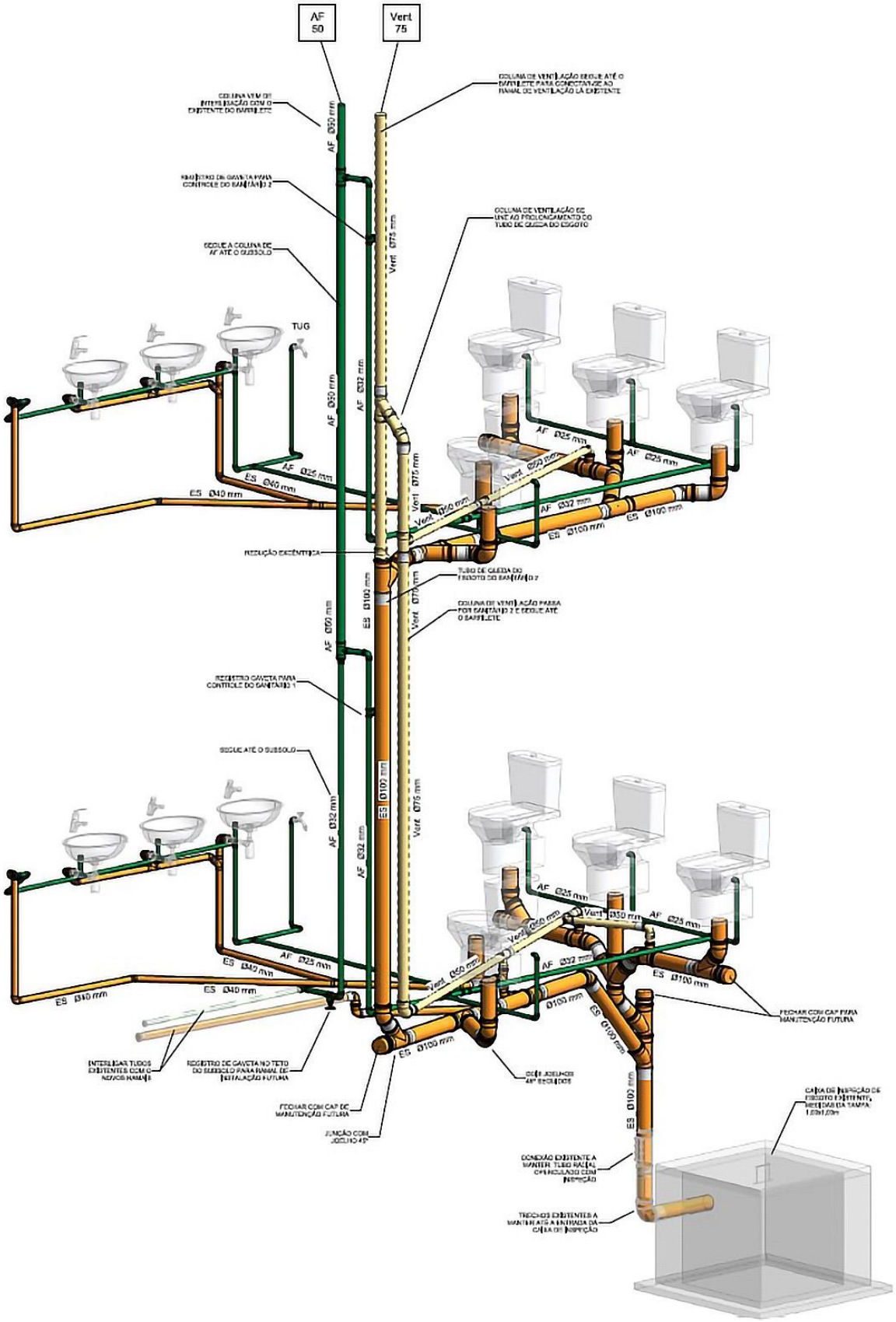


Fonte: Os autores

A solução empregada tanto para a distribuição vertical quanto para a horizontal de cada piso foi a criação de diferentes vistas em 3D contendo todos os sistemas com cores que claramente os distinguissem (Figura 3); vista da distribuição vertical dos sistemas dentro da parede hidráulica, 3D para a solução do barrilete entre outras. Todas as vistas foram geradas a partir do modelo, o que garantiu que qualquer alteração futura repercutisse imediatamente nas vistas mantendo-as atualizadas.

Os projetistas envolvidos garantiram a compatibilidade entre as disciplinas de maneira a colaborar com a coordenação e a documentação entregue, complementadas com memoriais descritivos e planilhas quantitativas. Todas as informações foram extraídas do modelo.
O projeto atende ao Modelo Virtual – ND 400 – PROJETO EXECUTIVO de detalhamento a ser compartilhado com as diversas disciplinas e de onde se extrai todo o quantitativo a partir do modelo em BIM, conforme MANUAL 03 - ESCOPO FORNECIMENTO PROJETOS (2020),

Figura 3 - Um dos pontos de vista gerados com os diversos sistemas coexistindo.



Fonte: Os autores

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.

O processo foi considerado positivo e animador com melhora em diferentes aspectos quando comparados com o desenvolvimento de projetos anteriores à adoção das Normativas e Manuais BIM na UNICAMP.

Durante o desenvolvimento dos projetos dos SPHS e por conseguinte na contratação da empresa a executar a obra, a modelagem auxiliou: na visualização prévia das interferências com a nítida percepção dos reais caminhos possíveis; na geração da documentação a ser entregue com fidelidade entre as várias vistas geradas; e na facilidade de leitura e compreensão da intenção e do propósito projetual, não restando dúvidas para o executor em campo. A solução ainda gerou um *template* para uso com os empreendimentos futuros.

Destacam-se também a redução de desperdícios pela detecção antecipada das interferências não restando surpresas na obra, a precisão na quantificação dos componentes e o maior envolvimento dos profissionais com o empreendimento como um todo. O uso do modelo entrega a certeza de que a solução apresentada é a adequada ao escopo pois a concepção é virtualmente testada antes de ir a campo.

Todos os técnicos envolvidos concordaram que a implantação de BIM no desenvolvimento dos projetos foi de grande importância para compreender e se aproximar da realidade de funcionamento e manutenção da edificação, entregando inclusive material que poderá ser utilizado ao longo de toda vida útil do prédio.

Como reflexão sobre os objetivos deste trabalho, surgiram sugestões para estudos posteriores, destacando o uso do protótipo do edifício em 3D para simular e planejar as etapas da construção e rastreabilidade das informações durante todo o ciclo de vida do edifício.

AGRADECIMENTOS

À Escola de Educação Corporativa da Unicamp (EDUCORP/UNICAMP), pelo apoio recebido.

REFERÊNCIAS

CAMPBELL, D. A. Building information modeling: the Web3D application for AEC. In Proceedings of the Twelfth international Conference on 3D Web Technology (Perugia, Italy, April 15 - 18, 2007). Web3D '07. ACM, New York, NY, 173-176. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/proceedings/10.1145/1229390> Data de acesso: 15 de julho de 2023.

COLE, R.; Purao, S.; ROSSI, M.; SEIN, M. K. Being Proactive: Where Action Research meets Design Research. In: International Conference on Information Systems, 26., Las Vegas. 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/221599527_Being_Proactive_Where_Action_Research_Meets_Design_Research>. Data de acesso: 15 de julho de 2023.

COSTA, C.; STAUT, S. L. S; ILHA, M. S. O. Projeto de sistemas prediais hidráulicos sanitários com BIM: mapeamento da literatura. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2014. v. 1. p. 2760-2769.

COSTA, C . Incorporação de parâmetros de desempenho em componentes BIM para sistemas prediais hidráulicos e sanitários. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

COSTA C. H. de A., ILHA M. S. de O., Componentes BIM de sistemas prediais hidráulicos e sanitários baseados em critérios de desempenho. Ambient. constr. vol.17 no.2 Porto Alegre abr./jun. 2017 Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000200151>. Data de acesso: 15 de julho de 2023.

DARIVA, M. A.; ARAUJO, A. L. Concepção de projetos hidrossanitários com tecnologia BIM: estudo comparativo ao método conduzido em plataforma CAD. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2., 2019, Campinas. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: <>https://www.antaceventos.net.br/index.php/sbtic/sbtic2019/paper/view/131>. Data de acesso: 15 de julho de 2023.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. Manual de BIM Um guia de Modelagem da Informação da Constrição para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores. Bookman, Porto Alegre: 2014. 483 p.

GROSE, M., BIM adoption in the MEP world, MDP Engineering Group, Engineering News-Record, v 275, n 39, United States, 2016.

LACERDA, D. P. et al. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. Gestão da Produção, São Carlos, v. 20, n. 4, p. 741-761, 2013.

LUKKA, K. The constructive research approach. In OJALA, L.; HILMOLA, O-P. (eds.) Case study research in logistics. Publications of the Turku School of Economics and Business Administration, Series B1: 2003, p.83-101.

Manual 03 - Escopo Fornecimento Projetos, In: NORMATIVAS BIM UNICAMP - MANUAIS BIM UNICAMP-BIM MANDATE UNICAMP, Implementação de BIM. UNICAMP, Campinas 2020. Disponível em:https://www.depi.unicamp.br/implementacao-de-bim-building-information-modeling-na-unicamp/. Data de acesso: 03 de fevereiro de 2023.

PALOMERA-ARIAS, R. RUI LIU. BIM laboratory exercises for a MEP systems course in a construction science and management program Journal of Information Technology in Construction (ITcon) V 21, Issue 13, Pages 188-203, 2016.

RUSCHEL, R. C; ANDRADE, M. L. V. X; MORAES, M.; O ensino de BIM no Brasil: onde estamos? Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 151-165, abr./jun. 2013.

SHARAG-ELDIN, A., NAWARI, N.O., BIM in AEC education (2010) 2010 Structures Congress Joint with the North American Steel Construction Conference in Orlando, pp. 1676-1688. , Florida, May 12-15, 2010.

SACKS, R.; PIKAS, E. Building Information Modeling education for construction engineering and management. I: industry requirements, state of the art, and gap analysis. Journal of construction engeneering and management. ASCE, v. 139, n. 11, p. 1-11, 2013.

SANTOS, Daniel C. Avaliação do desempenho dos sistemas prediais de esgotos sanitários em diferentes níveis de ventilação. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2000, Salvador. v.2 p.893-899.

PAINEL 2

Monitoramento de Consumo de Água e Uso de Fontes Alternativas de Energia

BOOK OF PAPERS
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS [SISPRED 2023]

Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina (CCT-UDESC)
● 2023

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA EM MORADIA UNIVERSITÁRIA: ESTUDO DE CASO NA UFCAT EM CATALÃO-GO

Monitoring of water consumption in a university residence: case study at UFCAT in Catalão-GO.

Rodrigo Emanuel Rodrigues da Silva [1]; Heber Martins de Paula [2]

Recebido em 09 de junho de 2023, aprovado em 07 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

Palavras-chave:
Consumo de água
Residência estudantil
Uso racional
Catalão - GO

Keywords:
Water consumption
Student residences
Rational use
Catalão - GO

RESUMO: Na construção civil, a incorporação de princípios sustentáveis em edifícios residenciais tem se mostrado uma estratégia eficaz para reduzir o impacto ambiental e promover um desenvolvimento mais equilibrado. Assim, justifica-se a importância de pesquisas que contribuam com a gestão e economia de recursos dos condomínios. O objetivo deste artigo é investigar o padrão de consumo, averiguando as oportunidades para melhorar a gestão do consumo de água em uma Moradia Universitária na cidade de Catalão. A metodologia empregou um estudo de campo, com coleta e análise de dados dos hidrômetros para água fria e quente de cada apartamento, durante um período de seis meses, e o registros da variação do número de moradores no mesmo período. Foram detectadas variações consideráveis de consumo *per capita* de água entre apartamentos, e variações ao longo do tempo, que podem ser relacionadas à variação da população, e fatores como os períodos de recesso acadêmico, e ainda a vazamentos localizados. O indicador de consumo, aqui descrito como consumo *per capita*, variou entre 69 e 100 L/hab.dia, menor que a média nacional, em todos os meses, exceto abril/2022, quando devido a um vazamento localizado, esse valor chegou a 275 L/hab.dia.

ABSTRACT: In the construction industry, the incorporation of sustainable principles in residential buildings has proven to be an effective strategy for reducing environmental impact and promoting more balanced development. Therefore, the importance of research that contributes to the management and resource efficiency of condominiums is justified. The objective of this article is to investigate the consumption pattern and explore opportunities for improving water consumption management in a University Residence in the city of Catalão. The methodology involved a field study, with data collection and analysis from the water meters for hot and cold water in each apartment over a period of six months, as well as records of the variation in the number of residents during the same period. Considerable variations in *per capita* water consumption were detected among apartments, as well as variations over time, which can be attributed to population fluctuations and factors such as academic recess periods and localized leaks. The consumption indicator, described here as per capita consumption, ranged from 69 to 100 L/person/day, lower than the national average, in all months except April 2022 when, due to a localized leak, this value reached 275 L/person/day.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **SILVA, Rodrigo Emanuel Rodrigues da**: Engenheiro civil, Mestrando, Universidade Federal de Catalão Engenheiro civil/UFCAT, rodrigo@ufcat.edu.br.

[2] **PAULA, Heber Martins de**: Universidade Federal de Catalão, Engenheiro civil, Doutor, Professor/UFCAT, heberdepaula@ufcat.edu.br.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com dados da Associação Brasileira das Empresas de Saneamento (ABES, 2018), o Brasil é um dos países que mais consomem água no mundo, e cerca de 40% da água tratada é desperdiçada, em grande parte devido a hábitos de consumo inadequados e também a perdas no sistema de abastecimento. Instituições de ensino superior são responsáveis por um grande consumo de água nos seus Campi, e em muitas universidades federais, as residências estudantis são responsáveis por uma parcela significativa desse consumo.

Para reduzir os desperdícios e contribuir para a sustentabilidade e eficiência no uso dos recursos, neste caso a água, são necessárias medidas mitigadoras dos impactos ambientais gerados como, por exemplo, na construção, ampliação e operação de empreendimentos (edifícios), trazendo, desde sua concepção, soluções que minimizem os desperdícios.

As instituições de ensino superior têm um papel importante para ajudar neste desenvolvimento, além disso são consideradas grandes consumidoras de água. Por exemplo, em muitas universidades federais, existem as moradias estudantis, que são responsáveis por uma parcela significativa do consumo de água.

A Universidade de São Paulo (USP), juntamente com a SABESP, criou o programa de uso racional de água (PURA/USP), obteve entre 1998 e 2003 uma redução de 36% no consumo de água no Campus da Cidade de São Paulo. Uma das ferramentas adotadas para alcançar essa redução foi o monitoramento dos consumos das edificações, identificando padrões e oportunidades de economia de água (SILVA, 2004).

Nesse contexto, Moradia Universitária do Cerrado (MUC) foi concebida com medidas de eficiência energética e de consumo de recursos desde a fase de projeto. Uma dessas medidas refere-se aos sistemas prediais de água fria e quente, que contam com medidores individuais para cada apartamento, além da existência de sistema de aquecimento de água através de placas solares interligadas ao boiler, visando reduzir o consumo de energia. Segundo Gonçalves (2005) a medição individualizada em condomínios, possibilita redução de até 25% no consumo de água, devendo os poderes constituídos ampliarem essa prática, com incentivos à sua implementação em todas as edificações.

O monitoramento implantado para o consumo de água pretende, também, servir de base para uma futura elaboração de plano permanente de uso racional da água na universidade o qual poderá, segundo Silva (2004), ter como impactos a redução do consumo, mudanças na rotina de manutenção predial e de projetos, e ainda provocar mudanças comportamentais nos usuários.

Vale salientar que, a execução teve início em 2018 antes de entrar em vigor a NBR 5626/2020, porém, os conceitos aplicados determinaram que o projeto das instalações permitisse o monitoramento e controle do consumo, conforme a norma exige. O dimensionamento considera, além da demanda e satisfação dos usuários, as características técnicas e funcionais dos componentes.

2 OBJETIVO

Este artigo teve como objetivo investigar o padrão de consumo de água e averiguar as oportunidades para a melhoria na gestão do consumo de água em uma Moradia Universitária na cidade de Catalão.

3 METODOLOGIA

Foi desenvolvido estudo de campo durante um período de seis meses, entre dezembro de 2022 e maio de 2023, nas dependências da MUC/UFCAT, onde foram coletados dados do consumo mensal (m³/mês) de água fria e água quente dos apartamentos, o número de moradores por apartamento.

3.1 CARACTERÍSTICAS DO EDIFÍCIO EM ESTUDO

Segundo o relatório de Gestão (UFCAT, 2022), o objetivo da MUC (Figura 1) é atender a demanda por moradia de universitários provenientes de outras cidades. A obra, possui área total de 2.492,26 m², com 23 apartamentos distribuídos em quatro pavimentos. O térreo possui cinco apartamentos, com capacidade para cinco pessoas cada. Os demais apartamentos contam com capacidade para seis pessoas cada. Sua ocupação ocorreu em julho de 2022.

Figura 1 – Moradia Universitária do Cerrado (UFCAT)



Fonte: CCS-UFCAT (2020)

O projeto hidrossanitário contempla um reservatório inferior e reservatório superior de água fria potável, com capacidade para 20.720 litros. Na instalação de água quente, há um boiler com capacidade para 5.000 litros, e um sistema de aquecimento com 100 placas solares, com recirculação de água. O sistema possui um termostato que, nos dias com pouca luz solar, ativa o sistema complementar, composto por uma resistência alimentada por energia da rede elétrica do prédio.

O edifício conta com sistema de medição individualizada – SMI do consumo de água fria (AF), água quente (AQ), gás e energia elétrica para cada apartamento, controlado por um sistema de monitoramento por pulso digital (Figura 2). Esta medida, além de possibilitar o acompanhamento da evolução do consumo predial, incentiva o uso racional e facilita a identificação e localização de possíveis vazamentos. Os hidrômetros possuem uma vazão nominal (Qn) de 2,5 m³/h, vazão mínima (Qmín) de 50 l/h, e pressão nominal (Pn) de 1 MPa.

Figura 2 – Sistema de Medição Individualizada (SMI): hidrômetros de AF e AQ, e painel.



Durante o período de estudo, o sistema de monitoramento remoto ainda não estava em funcionamento, o que dificultou a identificação de alguns problemas no sistema de água fria e quente.

A partir dos dados da população fixa do edifício e das leituras dos hidrômetros, é possível calcular o indicador de consumo de água. Segundo Oliveira (1999), o período de atividades utilizado no cálculo depende da tipologia do edifício. Para edifícios residenciais, o período considerado deve ser o número total de dias do mês em questão, pois estes estão em atividade permanente (ao contrário de prédios comerciais, por exemplo, que podem ter interrupção de atividades nos finais de semana). Assim, o indicador de consumo (IC) é obtido pela Equação 1.

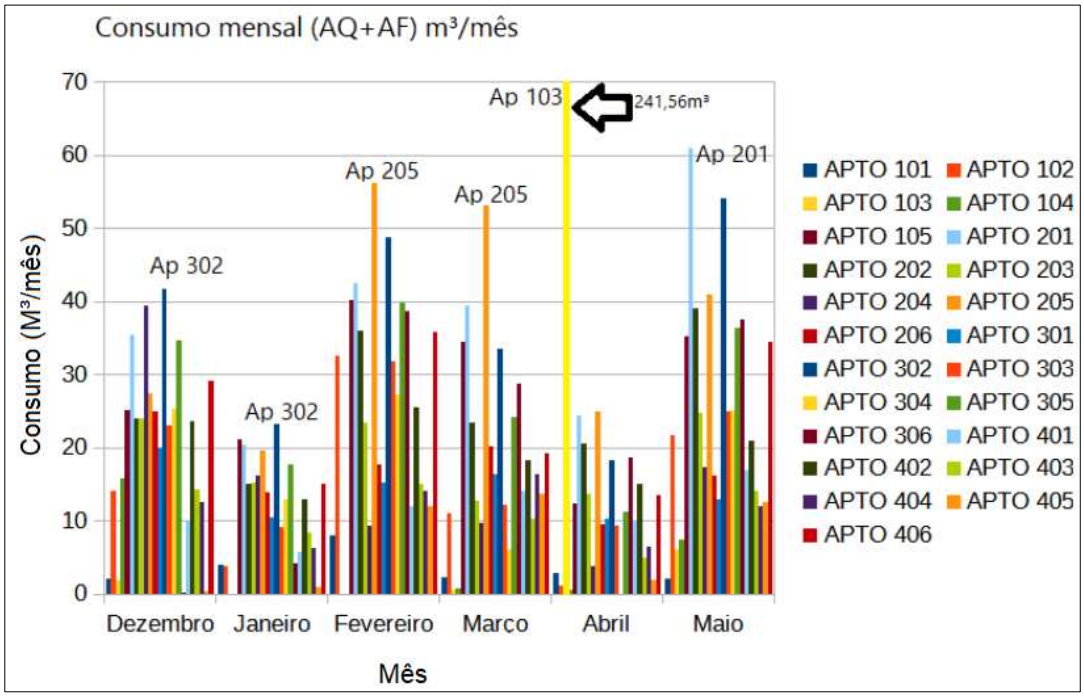
$$I_c = \frac{Consumo\ de\ água\ no\ período}{N°\ de\ agentes\ consumidores\ \ x\ \ período\ de\ atividades} \qquad \text{(Eq. 1)}$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 MONITORAMENTO E ANÁLISE DO PERFIL DE CONSUMO

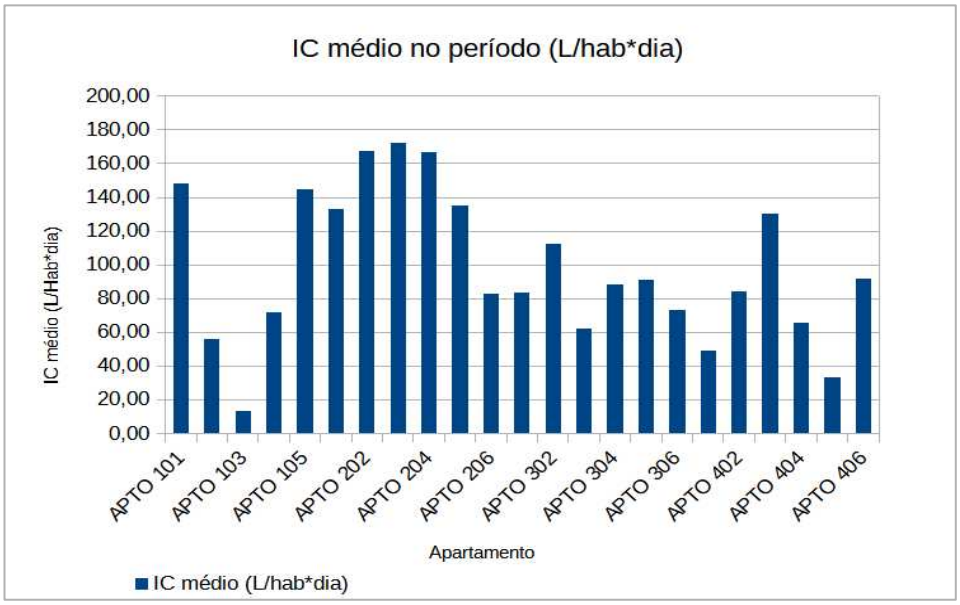
Com consumo mensal total de água por apartamento (Figura 3), obtido a partir da leitura dos hidrômetros, obteve-se o IC médio dos apartamentos no período, exibido no gráfico da Figura 4.

Figura 3 – Consumo por unidade residencial (m³/mês)



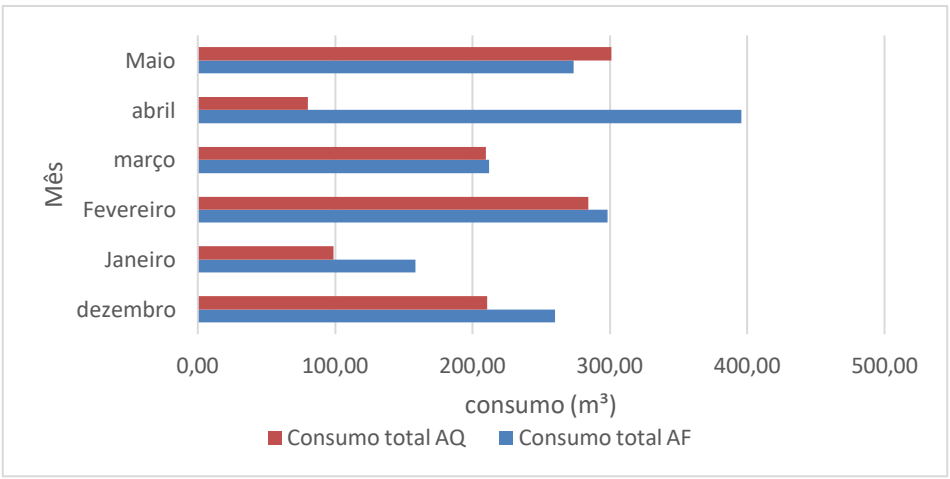
Nota-se que o consumo mensal variou muito entre os apartamentos, e, também, de um mês a outro, para cada apartamento. Os apartamentos com maiores consumos de água foram o 205, 302 e 201 (todos com seis ocupantes), cujas maiores médias mensais ficaram entre 40 e 60 m³/mês, porém o IC destes ficou entre 112 e 133 L/hab.dia, não estando entre os maiores observados. Os maiores IC foram registrados nos apartamentos 202, 203 e 204, todos acima de 160 L/hab.dia. Cabe destacar o apartamento 103, cujo consumo total se mostrou baixo na maioria dos meses, exceto em abril, quando a leitura registrou um consumo de 241,56 m³, sendo maior que o consumo de todos os outros apartamentos juntos naquele mês. Por este valor ter ficado muito acima dos demais, então optou-se por apenas indicar seu valor no gráfico. Apesar disso, o IC médio do apartamento durante o período estudado foi baixo, graças ao baixo consumo nos demais meses – Foi relatado que neste apartamento há alunos que pós-graduação, que viajam bastante, não permanecendo durante toda a semana no prédio. Cumpre destacar que, o IC apenas no mês de Abril foi de 5359 L/hab.dia, valor muito acima do normal. Foi identificado que a origem do consumo excessivo em abril proveio de um vazamento no apartamento 103. Como o vazamento ocorreu durante um período de recesso, o mesmo demorou a ser percebido e contido.

Figura 4 – IC por apartamento (L/hab.dia) entre dezembro/2022 e maio/2023.



Com os dados coletados, avaliou-se a variação do consumo total do edifício ao longo período (Figura 5). Os meses de menor consumo coincidiram com aqueles em que houve recesso no calendário acadêmico, em janeiro houve dez dias de recesso, e no mês de abril houve quinze dias. Nesses períodos a grande maioria dos moradores viaja. Quanto ao mês de abril, o consumo de água quente diminuiu consideravelmente, porém a água fria obteve o maior valor observado durante o período (395 m³), novamente devido ao vazamento ocorrido no apartamento 103, que sozinho foi responsável por cerca de 241 m³ desse total.

Figura 5 – Consumo mensal total de água do edifício no período estudado.



A ocupação no período estudado foi variável, muitas unidades apresentavam ocupação inferior à capacidade máxima, conforme apresentado no Quadro 1. Com os dados do número de moradores, observou-se que os apartamentos 201, 205 e 302, que apresentaram os maiores consumos mensais, foram ocupados por seis moradores, o que justifica o maior consumo perante os demais.

Quadro 1 – Número médio de ocupantes em cada apartamento no período.

Apartamento	Número de ocupantes	Apartamento	Número de ocupantes
101	1	302	6
102	4	303	6
103	3	304	4
104	1	305	6
105	4	306	6
201	6	401	6
202	3	402	5
203	2	403	2
204	2	404	4
205	6	405	5
206	4	406	5
301	4	**TOTAL**	**95**

Pelo Quadro 2, nota-se uma diminuição no número de moradores durante o período estudado, influindo diretamente no consumo absoluto. Esse número deverá aumentar até o mês de agosto com a convocação de novos moradores com a seleção prevista para o mês de junho/2023.

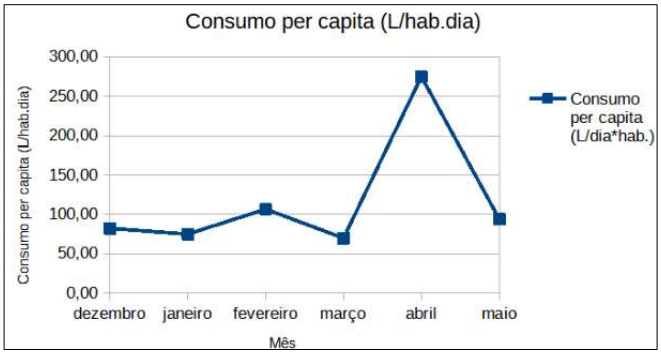
Quadro 2 – População do edifício durante o período de estudo.

Mês	Nº de moradores
Dezembro/2022	102
Janeiro/2023	101
Fevereiro/2023	100
Março/2023	98
Abril/2023	96
Maio/2023	94

4.2 INDICADOR DE CONSUMO

Utilizando os dados de medições, e excluindo no cálculo os dias de recesso (10 dias em janeiro e 15 dias em abril), obteve-se o índice de consumo para a população da edificação no período estudado, representado no gráfico da Figura 6. Nota-se que o consumo foi próximo a 100 litros por dia por habitante em dezembro, fevereiro e maio, ficando abaixo da média de nacional de 150,7 L/hab./dia (SNIS, 2022). Os meses de janeiro e março apresentaram um menor consumo *per capita* (69 e 74 L/hab.dia, respectivamente), e no mês de abril o valor foi de 275 L/hab.dia, devido principalmente ao vazamento, já mencionado.

Figura 6 – Indicador de consumo de água (AF+AQ) do edifício.



Os usuários do sistema, em sua maioria, são alunos de graduação que realizam algumas de suas atividades na própria universidade como, por exemplo, as refeições. Este fator colabora para diminuir o consumo geral no edifício.

4.3 SUGESTÕES DE MEDIDAS VISANDO A ECONOMIA

A economia pode ser alcançada principalmente em duas frentes: redução das perdas físicas e conscientização dos moradores e usuários. Para a redução de perdas, podem ser adotados o controle da pressão e vazão no sistema (prevenindo vazamentos) e a adequação dos componentes hidráulicos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA, 2014). Outras medidas possíveis são a instalação de equipamentos economizadores, como torneiras com temporizador ou arejador e chuveiros com restritores de vazão. Além disso, é importante que haja campanhas de conscientização entre os moradores. Outra proposta seria a implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva, que pode ser utilizada na limpeza das áreas comuns e outras atividades que não exijam água potável. O monitoramento diário ajudará na identificação de possíveis vazamentos e desperdícios, permitindo uma manutenção eficiente. O monitoramento atualmente é feito de forma manual, verificando-se os hidrômetros uma vez por mês, e deverá mudar para monitoramento contínuo, com a instalação de software para monitoramento remoto em tempo real. Isso permitirá maior rapidez na detecção de vazamentos e do funcionamento inadequado do sistema, assim como incentivará o consumo racional.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dados obtidos, verificou-se que a média de consumo mensal da MUC fica abaixo da média nacional, o que é um fator positivo. Foi verificado também o grande impacto que as perdas por vazamentos podem ter no consumo de água, e o SMI tem papel fundamental na identificação desses vazamentos. A conscientização e adoção de medidas de uso racional e prevenção de perdas por vazamentos são fundamentais para a preservação desse recurso tão importante. As universidades, como locais de formação e disseminação de conhecimento, têm um papel fundamental na promoção da gestão sustentável da água e na formação de cidadãos mais conscientes e responsáveis.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – ABES. **Panorama da Água no Brasil.** Disponível em: http://abes-dn.org.br/wp-content/uploads/2018/04/Panorama-da-Agua-no-Brasil-ABES.pdf. Acesso em: 22 de abril de 2023.

GONÇALVES, O., et al. **Conservação e Reuso de Água em edificações**. São Paulo: MMA/ ANA/ FIESP/ SindusCon-SP, Prol Editora Gráfica, 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Secretaria de Articulação Institucional e Cidadania Ambiental. **Manual Prático para uso e conservação da água em prédios públicos**. Brasília, 2014. 83p

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

SILVA, Gisele Sanches. **Programas permanentes de uso racional da água em campi universitários: o Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos 2021**. Brasília: BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/painel/ab Acesso em 19 mai. 2023.

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

NOTA TÉCNICA

INDIVIDUALIZAÇÃO DE HIDRÔMETROS NO MODELO CONVENCIONAL EM SISTEMAS PREDIAIS VERTICAIS APROVADOS PELA COMPANHIA DE SANEAMENTO DO DISTRITO FEDERAL

Individualization of water meters in the conventional model in vertical building systems approved by the Federal District sanitation company

Robson Costa[1]; Lilia Rodrigues Lucas[2]; Josué Bezerra Galvão[3]; Silas Mendes Silva[4]; Ângelo Lima Lepesqueur Adjuto[5]

Recebido em 30 de abril de 2023, aprovado em 01 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

Palavras-chave:
Individualização de hidrômetros
Sistemas prediais verticais
Legislação

Keywords:
Individualization of water meters
Vertical building systems
Legislation

RESUMO: Este trabalho apresenta a avaliação quantitativa da individualização de hidrômetros no modelo convencional em sistemas prediais verticais aprovados pela Companhia de Saneamento do Distrito Federal. O trabalho foi desenvolvido mediante tratamento e avaliação quantitativa dos dados obtidos por meio do sistema de gestão e controle de processos cadastrados na Companhia de Saneamento do DF. Neste trabalho é possível observar que, no período de 2004 a 2023 (até o mês de maio) foram concluídos 2.301 processos de individualização de hidrômetros. Isso corresponde ao total de 112.131 novas ligações realizadas na Companhia de Saneamento do DF. Desse total de ligações, 90% correspondem a ligação na categoria Residencial e apenas 3% na categoria Comercial. Os procedimentos e critérios adotados pela Companhia de Saneamento do DF para aprovação de sistemas de individualização de hidrômetros em edificações verticais residenciais no modelo convencional corroboram para a implantação de sistema em que seja possível realizar a identificação precisa e/ou de curta duração de causas geradoras de desperdícios de água, tais como vazamento e transbordamento de água. Porém, faz-se necessário que a legislação vigente (Resolução nº 15/2011 da ADASA) seja revisada a fim de que haja novos regulamentos e critérios técnicos que contemplem as novas configurações de sistemas prediais.

ABSTRACT: This article presents the quantitative evaluation of the individualization of water meters in the conventional model in vertical building systems approved by the Sanitation Company of the Federal District. The work was developed through treatment and quantitative evaluation of the data obtained through the management and control system of processes registered in the Sanitation Company of the DF. In the period from 2004 to 2023 (until the month of May) 2,301 processes of individualization of water meters were completed. This corresponds to a total of 112,131 new connections made at Companhia de Saneamento do DF. Of this total of connections (hydrometers), 90% correspond to connections in the Residential category and only 3% in the Commercial category. The procedures and criteria adopted by the Companhia de Saneamento do DF for the approval of water meter individualization systems in vertical residential buildings in the conventional model corroborate the implementation of a system in which it is possible to carry out the precise and/or short-term identification of causes that generate water waste, such as leaking and overflowing water. However, it is necessary that the current legislation (Resolution nº 15/2011 of ADASA) be revised so that there are new regulations and technical criteria that contemplate the new configurations of building systems.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **COSTA, Robson**: Engenheiro Sanitarista e Ambiental, Mestre em Engenharia Civil com ênfase em Recursos Hídricos e Meio Ambiente, Técnico de Sistemas de Saneamento da Companhia de Saneamento Ambiental do DF - CAESB, robsonccosta@caesb.df.gov.br.
[2] **LUCAS, Lilia Rodrigues**: Técnica de Sistemas de Saneamento na Companhia de Saneamento Ambiental do DF - CAESB, lilialucas@caesb.df.gov.br.
[3] **GALVÃO, Josué Bezerra**: Engenheiro Civil, Analista de Sistemas de Saneamento da Companhia de Saneamento Ambiental do DF - CAESB, josuegalvao@caesb.df.gov.br.
[4] **SILVA, Silas Mendes**: Graduando do curso de Engenharia Civil, Técnico de Sistemas de Saneamento da Companhia de Saneamento Ambiental do DF - CAESB, silasmsilva@caesb.df.gov.br,;
[5] **ADJUTO, Ângelo Lima Lepesqueur**: Graduando do curso de Engenharia Civil, Estagiário da Companhia de Saneamento Ambiental do DF - CAESB, angeloadjuto@caesb.df.gov.br.

XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS (SISPRED 2023)

1 INTRODUÇÃO

Há alguns anos, usuários e construtoras de edificações verticais habitacionais vêm solicitando a implantação de sistemas de medição individualizada de água, denominada, também, neste trabalho, de individualização de hidrômetros. A medição individualizada de água representa um grande avanço nas questões condominiais, quer no aspecto econômico, quer no aspecto ambiental. É uma forma inteligente de reduzir o desperdício de água e de fazer a cobrança justa pelo consumo real de cada unidade habitacional em condomínios.

A individualização do consumo de água, ao mesmo tempo em que incentiva um consumo responsável, propicia mais atenção aos aspectos de manutenção das instalações hidráulicas, proporcionando benefícios como maior facilidade na detecção de vazamentos, que se dá por meio da percepção de alterações bruscas no perfil de consumo e, também, no valor cobrado (LIMA *et al*., 2016). O melhor controle de consumo, também, possibilita permitir maior capacidade de manobras de manutenção sem a necessidade de interrupção de grande parte do sistema de distribuição de água.

As edificações verticais residenciais podem apresentar sistemas de abastecimento de água com trechos da rede de distribuição interna enterrados e/ou com dispositivos que não estão em locais visíveis ou de fácil percepção para identificar vazamento ou transbordamento de água. Esses sistemas de abastecimentos internos estão expostos a perdas imperceptíveis e elevadas de água, e tornam-se fontes contribuintes ao desperdício de água diante a ausência de monitoramento e inspeções periódicas das instalações internas por parte das administrações condominiais.

De acordo com disposto na Lei Distrital nº 3.557/2005, com alterações introduzidas pela Lei nº 4.383/2009, é obrigatória a instalação de hidrômetros individualizados para cada unidade habitacional, nas edificações verticais residenciais e de uso misto e nos condomínios residenciais do Distrito Federal. Nos mesmos dispositivos é assegurado aos condomínios o direito de optar pelo modelo de hidrometração normatizado pela concessionária, denominado de modelo convencional, ou por qualquer outro modelo de hidrometração em que o serviço de leitura e rateio da fatura seja feita pelo condomínio (modelo alternativo). A Resolução nº 015/2011 da Agência Reguladora de Águas Energia e Saneamento Básico do DF

(ADASA), dispõe sobre os modelos de hidrometração individualizada (modelo alternativo e convencional).

O que se observa, atualmente, é a ausência de uma regulamentação em nível nacional, referente a individualização de hidrômetros, no cenário do modelo convencional, e, por conseguinte, a aplicação de legislações isoladas quanto a medição individualizada de água por estados e municípios, assim como a busca da definição de melhor metodologia ou procedimento a ser utilizado para aprovação e/ou recebimento desses sistemas de individualização de hidrômetros por parte das concessionárias.

Dessa forma, esse trabalho visa apresentar uma avaliação quantitativa da individualização de hidrômetros no modelo convencional em sistemas prediais verticais aprovados pela Companhia de Saneamento do Distrito Federal, assim como a metodologia aplicada para aprovação desses sistemas no DF.

2 OBJETIVO

Realizar avaliação quantitativa da individualização de hidrômetros no modelo convencional em sistemas prediais verticais aprovados pela Companhia de Saneamento do Distrito Federal e apresentar metodologia aplicada para aprovação desses sistemas no DF.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Legislações e banco de dados

Foram realizadas buscas nas legislações e instrumentos normativos do DF referente a individualização de hidrômetros a fim de obter um panorama histórico e analítico quanto as legislações e normas técnicas existentes vinculadas à individualização de hidrômetros no modelo convencional em sistemas prediais verticais aprovados pela companhia de saneamento do DF.

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos através do banco de dados do sistema da Companhia de Saneamento do Distrito Federal. O sistema funciona como uma ferramenta de gestão e controle dos processos de individualização de hidrômetros que são protocolizados pelo usuário na companhia. Por meio do sistema de gestão e controle dos processos cadastrados é possível verificar quantidade de processos que entraram e foram concluídos, por ano no DF, assim como o quantitativo de ligações realizadas e categorias de consumo (residencial ou comercial) dos sistemas prediais verticais submetidos para aprovação.

3.2 Tratamento e avaliação quantitativa dos dados

O tratamento quantitativo e analítico dos dados foi realizado mediante a utilização da ferramenta *software Microsoft Power BI Reporting Server*. Foram utilizados dados do ano de 2004 a 2023, este último até o mês de maio e realizado análise em consonância com as legislações criadas no DF nesse período.

As variáveis utilizadas para tratamento dos dados obtidos no sistema de gestão e controle de processos de individualização da Companhia de Saneamento do Distrito Federal foram: entrada e saída (conclusão) dos processos por ano e número de ligações efetivadas (por ano e categoria do imóvel).

3.3 Definição dos procedimentos utilizados para aprovação de sistemas prediais verticais no DF

Os procedimentos utilizados pela prestadora de serviço do DF para aprovação dos processos de individualização no modelo convencional foram definidos mediante análise das diretrizes e exigências estabelecidas na Lei Distrital nº 3.557/2005 com alterações 4.383/2009, Resolução da ADASA nº 015/2011 e NBR 5626/2020. Para esta análise foi dado ênfase aos aspectos técnicos (para análise de projetos apresentados pelo usuário e execução de vistorias técnicas) e documentais (para certificação de possíveis irregularidades documentais apresentada pelo usuário).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A normatização da medição individualizada no DF teve seu advento com lei distrital nº 3.557/2005, que tornava obrigatória a instalação de hidrômetros individualizados para cada unidade habitacional, nas edificações verticais residenciais e nas de uso misto e nos condomínios residenciais do DF. Inicialmente essa lei estabelecia que os novos projetos de edificações deveriam prever as instalações hidráulicas individuais e as edificações habitacionais e de uso misto já existentes, teriam o prazo de cinco anos para a instalação individualizada dos hidrômetros, contados da data de sua publicação. Também previa que nos casos em que fosse comprovadamente inviável, do ponto de vista técnico, a instalação de hidrômetro individual, os condomínios poderiam definir modelo de rateio das despesas de água.

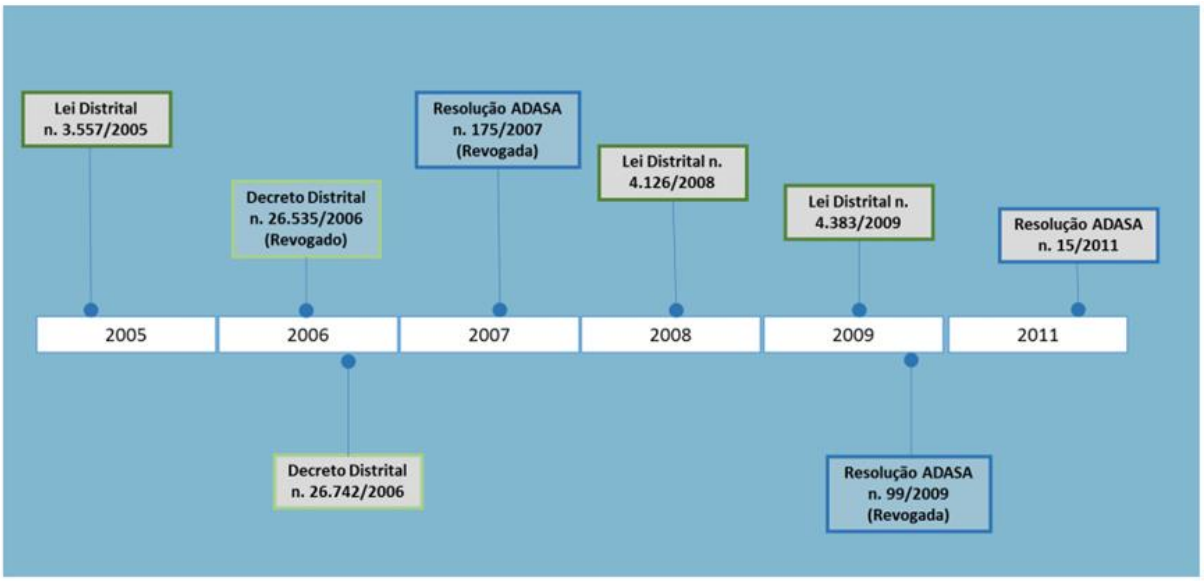
Após a edição dessa lei, foram publicados os decretos 26.535/2006 e 26.742/2006 visando regulamentá-la e a ADASA editou a Resolução nº 175/2007 dando-lhe cumprimento. Inicialmente, a Companhia de Saneamento não dispunha de Nota Técnica e os primeiros parâmetros técnicos foram estabelecidos com base em pesquisa em várias companhias de saneamento do Brasil.

No ano seguinte foi editada a lei 4.126/2008 prevendo que em casos de inviabilidade técnica ou econômica para a implantação da medição individualizada, o condomínio poderia optar por uma forma alternativa de medição, mediante previa aprovação junto à Companhia de Saneamento do Distrito Federal.

Em 2009 a lei distrital nº 3.557 sofreu alteração advinda da publicação da lei 4.383/2009, que estabeleceu o prazo até 19 de janeiro de 2015 para que os edifícios habitacionais procedessem a instalação individualizada dos hidrômetros, retirou da CAESB a responsabilidade de aprovação dos sistemas que optarem por formas alternativas de medição e estabeleceu melhores definições acerca das edificações comprovadamente inviáveis tecnicamente ou economicamente para a instalação de hidrômetro individual. Na sequência desta alteração, a ADASA publicou a Resolução nº 99/2009. Somente em 2010, a CAESB publicou a sua primeira Nota Técnica nº 03/2010 consolidando os parâmetros técnicos que a Companhia já vinha adotando e incorporando as diretrizes das Resoluções ADASA nº 175/2007 e 99/2009.

Atualmente, os procedimentos vigentes para a instalação da medição individualizada estão estabelecidos na Resolução ADASA nº 15/2011 (Figura 1), que prevê que o condomínio ou o empreendedor poderá optar por um dos modelos de hidrometração: alternativo e convencional. Ela também estabelece as responsabilidades da Companhia de Saneamento e do usuário.

Figura 1. Legislações de individualização de hidrômetros aplicadas no DF de 2005 a 2011.



Fonte: ADASA (2016).

Em razão de inúmeros processos administrativos e judiciais impetrados pelos usuários junto à Companhia de Saneamento, em 2017, a ADASA editou a Resolução 10/2017 inserindo um artigo na Resolução 15/2011, a fim de corrigir as falhas identificadas. A Resolução 10/2017 foi revogada pela Resolução nº 12/2019 que altera a Resolução nº 15/2011.

Essas sucessivas alterações da Resolução 15/2011 demonstram que é urgente uma nova edição da Resolução acerca da individualização dos hidrômetros. Ao longo desses 12 anos ocorreram muitas mudanças quanto a concepção dos prédios e/ou condomínios, com a criação e ampliação dos espaços de convivência coletivos e o surgimento de empreendimentos híbridos, compostos por unidade térreas independentes, prédios residenciais e/ou mistos (comerciais/residenciais).

Essas novas configurações de edificações, assim como sistemas de telemetria, não estão contempladas nas legislações vigentes e precisam ser regulamentados.

A Figura 2 apresenta o quantitativo de processos com entrada e saída por ano, de 2004 a 2023. Pode-se observar que no período de 2007 a 2010, a quantidade de processos concluídos (saída) era próxima da quantidade de processos que entraram. Nesse período, não existia norma técnica para definir procedimento de aprovação de processos de individualização. Haviam somente alguns parâmetros técnicos estabelecidos com base em pesquisa em várias companhias de saneamento do Brasil, deixando o processo de aprovação com ausência de muitos critérios técnicos rigorosos e com rápida conclusão/aprovação. A partir do ano de 2011, pode-se observar que houve aumento no número de processos protocolados (entrada), reflexo da pressão exercida pelo prazo (5 anos), já expirado no ano de 2011, estabelecido na lei distrital nº 3.557/2005. Em 2011, também, pode-se observar a redução na quantidade de processos concluídos (saída). Isso ocorreu devido ao surgimento da Resolução nº 15/2011 e aplicação efetiva da Nota Técnica nº 03/2010 da Caesb que tornaram o processo de aprovação rigoroso e mais eficiente.

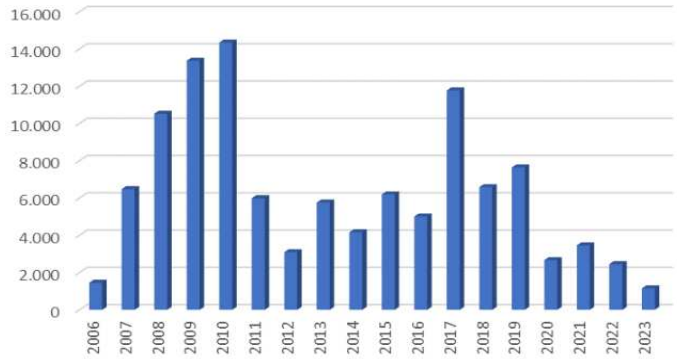
Figura 2. Processos de individualização de hidrômetros (entrada e saída) por ano.



Fonte: Autores (2023).

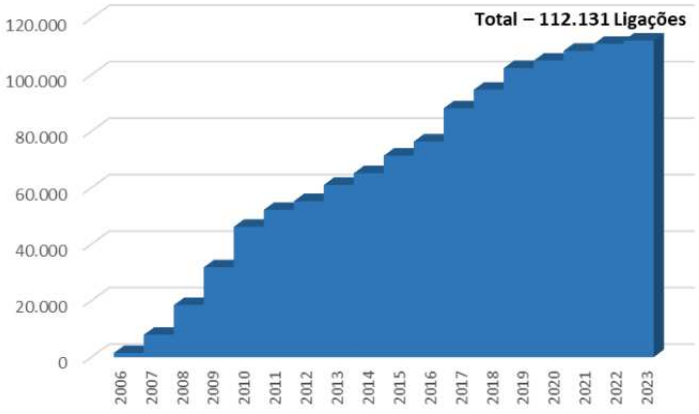
No período de 2004 a 2023 (este até o mês de maio) foram protocolizados (entrada), aproximadamente, 4.460 processos de individualização de hidrômetros. Desse total foram concluídos (saída) 2.301 processos. Isso corresponde ao total de 112.131 novas ligações individualizadas (hidrômetros) realizadas na companhia de saneamento no período citado (Figuras 3 e 4). Desse total de ligações, 90% correspondem a categoria Residencial, 3% Comercial e 7% a outros (residencial, comercial e público), conforme pode ser observado na Figura 5.

Figura 3. Ligações individualizadas por ano.



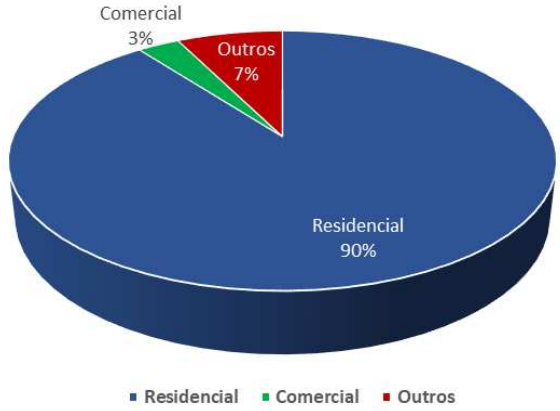
Fonte: Autores (2023).

Figura 4. Crescimento Acumulado das Ligações individualizadas por ano.



Fonte: Autores (2023).

Figura 5. Percentual de ligações por categoria



Fonte: Autores (2023).

Os procedimentos utilizados para aprovação de sistemas prediais verticais no DF pela Caesb são divididos nas seguintes etapas (Figura 6):

Figura 6. Etapas aplicadas para aprovação de sistemas prediais verticais no DF.



Fonte: Autores (2023).

O Quadro 1 apresenta a descrição somente das etapas técnicas.

Quadro 1. Descrição das etapas técnicas.

ETAPAS TÉCNICAS	
ETAPAS	**DESCRIÇÃO**
Análise de Projeto	Fase em que são analisados os projetos hidráulicos de água fria e/ou água quente do condomínio a fim de verificar a conformidade com a legislação vigente no que se refere a condições mínimas de localização, disposição e manutenção dos hidrômetros bem como às interferências na apuração do consumo em decorrência do projeto.
Análise de Documentos	Fase em que são analisadas as documentações exigidas no processo a fim de verificar se atendem as exigências previstas na nota técnica.
Vistoria	Realização de inspeções nas instalações hidráulicas para verificação de conformidade com a Resolução ADASA Nº 15/2011 e a Nota técnica editada pela Caesb, assim como, para coleta das leituras dos hidrômetros (geral e individualizados) a fim de verificar eventuais inconsistências na apuração do consumo.
Teste de Consumo	Cálculo em que é verificado se o volume registrado no hidrômetro geral corresponde à soma dos volumes medidos nos hidrômetros individualizados.
Carta de Aceite	Emitida carta de aceite técnico atestando que o condomínio atende as condições mínimas exigidas para a implantação da hidrometração individualizada no modelo convencional, normatizado pela Caesb.

Fonte: Autores (2023).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os procedimentos e critérios adotados pela Companhia de Saneamento do DF para aprovação de sistemas de individualização de hidrômetros em edificações verticais residenciais no modelo convencional corroboram para a implantação de um sistema em que seja possível realizar a identificação precisa e/ou de curta duração de causas geradoras de desperdícios de água, tais como vazamento e transbordamento de água, haja vista que esse sistema de hidrometração facilita o controle do abastecimento interno na edificação, tornando-se possível identificar trechos ou regiões das instalações internas em que se pode estar ocorrendo desperdício de água.

Porém, faz-se necessário que a legislação vigente (Resolução da ADASA nº 15/2011) seja revisada levando em consideração mudanças quanto a concepção dos prédios e/ou condomínios, surgimento de empreendimentos híbridos, compostos por unidade térreas independentes, prédios residenciais e/ou mistos (comerciais/residenciais) a fim de que haja novos regulamentos que contemplem essas novas configurações de sistemas prediais.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS E SANEAMENTO DO DISTRITO FEDERAL – ADASA. **Hidrometração individualizada em condomínios verticais residenciais e de uso misto do Distrito Federal**. 2016. 17 f. Disponível em: <https://www.adasa.df.gov.br/images/storage/area_de_atuacao/abastecimento_agua_esgotamento_sanitario/fiscalizacao/hidrometracao_individualizada/Rel-SAE-Hidrometracao-1Tri-2016.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2023.

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS E SANEAMENTO DO DISTRITO FEDERAL – ADASA. **Resolução nº 175, de 19 de dezembro de 2007 (Revogado)**. Estabelece os procedimentos para a instalação de hidrômetros individualizados em cada unidade habitacional, nas edificações verticais residenciais e nas de uso misto e nos condomínios residenciais do Distrito Federal. Distrito Federal. Disponível em: https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/56711/adasa_res_175_2007.html. Acesso em: 11 mai. 2023.

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS E SANEAMENTO DO DISTRITO FEDERAL – ADASA. **Resolução nº 99, de 16 de novembro de 2009 (Revogado)**. Altera a Resolução nº 175, de 19 de dezembro de 2007 que estabelece os procedimentos para a instalação de hidrômetros individualizados em cada unidade habitacional, nas edificações verticais residenciais e nas de uso misto e nos condomínios residenciais do Distrito Federal. Distrito Federal. Disponível em: https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/76543/adasa_res_99_2009.html. Acesso em: 11 mai. 2023.

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS E SANEAMENTO DO DISTRITO FEDERAL – ADASA. **Resolução nº 15, de 10 de novembro de 2015**. Estabelece os procedimentos para a instalação de hidrômetros individualizados em condomínios verticais residenciais e de uso misto no Distrito Federal. Revoga as Resoluções nº 175, de 19 de dezembro de 2007, e nº 99, de 16 de novembro de 2009. Distrito Federal. Disponível em: https://www.adasa.df.gov.br/images/storage/legislacao/Res_ADASA/Res_15_compilada.pdf. Acesso em: 11 mai. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626/2020**. Sistemas prediais de água fria e água quente —Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2020. 56p.

DISTRITO FEDERAL. **Decreto nº 26.535, de 17 de Janeiro de 2006 (Revogado)**. Regulamenta a Lei nº 3.557 de 18 de janeiro de 2005, que trata da individualização da medição de consumo de água em unidades habitacionais e dá outras providências. Distrito Federal. Disponível em: https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/48113/Decreto_26535_17_01_2006.html. Acesso em: 11 mai. 2023.

DISTRITO FEDERAL. **Decreto nº 26.742, de 20 de Abril de 2006**. Regulamenta a Lei nº 3.557, de 18 de janeiro de 2005, que dispõe sobre a individualização de instalação de hidrômetros nas edificações verticais residenciais e nas de uso misto e nos condomínios residenciais do Distrito Federal, e dá outras providências. Distrito Federal. Disponível em: https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/52760/Decreto_26742_20_04_2006.pdf. Acesso em: 11 mai. 2023.

DISTRITO FEDERAL. **Lei nº 3.557, de 18 de Janeiro de 2005**. Dispõe sobre a individualização de hidrômetro nas edificações verticais residenciais e nas de uso misto e nos condomínios residenciais do Distrito Federal, e dá outras providências. Distrito Federal. Disponível em: https://www.caesb.df.gov.br/legislacao1/leis/207-lei-3-557-05-individualizacao-de-hidrometro-nas-edificacoes-verticais-residenciais-e-nas-de-uso-misto-e-nos-condominios-residenciais-do-distrito-federal-e-da-outras-providencias.html#:~:text=d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAncias.-

,Lei%203.557%2F05%20%2D%20Individualiza%C3%A7%C3%A3o%20de%20hidr%C3%B4metro%20nas%20edifica%C3%A7%C3%B5es%20verticais%20residenciais,Federal%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAncias. Acesso em: 11 mai. 2023.

DISTRITO FEDERAL. **Lei nº 4.126, de 2 de Maio de 2008**. Altera a Lei nº 3.557, de 18 de janeiro de 2005, que dispõe sobre a individualização de instalação de hidrômetro nas edificações verticais residenciais e nas de uso misto e nos condomínios residenciais do Distrito Federal, e dá outras providências. Distrito Federal. Disponível em: https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/57616/Lei_4126_02_05_2008.html. Acesso em: 11 mai. 2023.

DISTRITO FEDERAL. **Lei nº 4.383, de 28 de Julho de 2009**. Altera a Lei nº 3.557, de 18 de janeiro de 2005, que dispõe sobre a individualização de instalação de hidrômetro nas edificações verticais residenciais e nas de uso misto e nos condomínios residenciais do Distrito Federal e dá outras providências. Disponível em: https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/60994/Lei_4383.html. Acesso em: 11 mai. 2023.

LIMA, B. C; YAMAGUCHI, J. K; KUSSABA, L. L; FERREIRA, A. T. Sistema de medição individualizada de água: estudo de caso de edifício comercial em São Paulo. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**. 2016; 11 (3): 56-66. Disponível em: https://revistas.ufg.br/reec/article/view/37331/pdf. Acesso em: 11 mai. 2023.

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

APLICAÇÃO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS FLEXÍVEIS PARA O ATENDIMENTO DE HOSPITAIS DE CAMPANHA DO EXÉRCITO BRASILEIRO

Application of flexible photovoltaic modules to attend field hospitals of the Brazilian Army

Hugo Oliveira da Silva[1]; Daniel Setrak Sowmy[2]

Recebido em 05 de junho de 2023, aprovado em 24 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

RESUMO: O presente artigo tem por objetivo avaliar a possibilidade de atender a demanda de energia de um hospital de campanha do Exército Brasileiro a partir de um sistema fotovoltaico com módulos flexíveis posicionados na sua cobertura e de estruturas adjacentes. Pacaraima, cidade que abriga uma operação institucional com emprego desses hospitais, foi a área escolhida para realizar as simulações. A edificação foi caracterizada a partir da demanda de energia de três diferentes grupos existentes nesse hospital: equipamentos hospitalares, não-hospitalares e o sistema de climatização. A partir disso, as simulações avaliaram três cenários: a capacidade de geração dos módulos fotovoltaicos flexíveis na cobertura de uma unidade hospitalar, a área necessária para o atendimento de toda a sua demanda e os requisitos necessários para o atendimento parcial dos equipamentos. Foi observado que a cobertura de um hospital de campanha não é capaz de atender integralmente nenhum dos grupos de cargas avaliados. No entanto, ao utilizar a cobertura de edificações adjacentes, verificou-se que qualquer operação da instituição é capaz de atender os equipamentos hospitalares e não-hospitalares. O atendimento completo é condicionado à existência de uma operação que possua, no mínimo, nove edificações similares às do hospital de campanha.

Palavras-chave:

Hospital

Fotovoltaico

Flexível

ABSTRACT: This article aims to assess the possibility of meeting the energy demand of a Brazilian Army field hospital using a photovoltaic system with flexible modules positioned on its roof and adjacent structures. Pacaraima, a city hosting an institutional operation with the deployment of these hospitals, was chosen as the area for conducting simulations. The building was characterized based on the energy demand of three different groups within the hospital: hospital equipment, non-hospital equipment, and the air conditioning system. Based on this, the simulations evaluated three scenarios: the generation capacity of the flexible photovoltaic modules on the roof of a hospital unit, the area required to meet its entire demand, and the requirements for partial equipment coverage. It was observed that the roof of a field hospital is unable to fully meet any of the evaluated load groups. However, when utilizing the roofs of adjacent buildings, it was found that any institutional operation is capable of meeting the energy demands of both hospital and non-hospital equipment. Complete coverage is conditional upon the existence of an operation that has, at least, nine buildings similar to the field hospital.

Keywords:

Hospital

Photovoltaic

Flexible

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **SILVA, Hugo Oliveira da**: Engenheiro Eletricista, Estudante de mestrado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, hugoos@usp.br

[2] **SOWMY, Daniel Setrak**: Engenheiro Civil, Doutor, Professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo / Pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, dss@usp.br

1 INTRODUÇÃO

Conforme pontuado por Ruther (2004), os sistemas fotovoltaicos *off-grid*, aqueles que não estão conectados na rede elétrica, podem ser utilizados para atender localidades remotas e descentralizadas, cuja infraestrutura elétrica presente não esteja preparada para as novas necessidades. Atualmente, a própria pandemia do COVID-19 acirrou a discussão entre ampliar as redes já construídas ou adotar os sistemas off-grid (ALI et al., 2022).

Nesse contexto de atendimentos a localidades remotas, insere-se o Exército Brasileiro, instituição responsável por realizar operações (missões) em todo o território nacional, atuando pontualmente e por tempo limitado (Ministério da Defesa, 2022). Face a transitoriedade de sua atuação, nem sempre será viável construir uma infraestrutura para atender suas demandas no local. Por conta disso, geradores a diesel são utilizados para suprir toda a energia.

Em parte dessas operações são construídos hospitais de campanha, próprios, com unidades padronizadas, responsáveis por fazer o atendimento básico de saúde dos militares e da população no seu entorno.

2 OBJETIVO

O presente artigo tem por objetivo avaliar a viabilidade técnica e operacional de instalar módulos fotovoltaicos flexíveis ao longo da cobertura dos hospitais de campanha do Exército Brasileiro – unidades de atendimento e emergência - para atender sua demanda de energia, construindo um sistema fotovoltaico *off-grid* capaz de atuar de forma isolada, reduzindo a necessidade dos geradores a diesel e permitindo a instalação em localidades com difícil acesso à rede de energia elétrica.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Hospitais de campanha do Exército Brasileiro

Conforme asseverado por Santos (2017), os hospitais de campanha do Exército atendem diversas finalidades, de apoio aos treinamentos até operações complexas e, por conta disso, possuem estrutura flexível, capaz de se adaptar à realidade da atividade. Podem ser compostos por módulos com setores de recepção, enfermarias e emergências, denominados unidades de serviços, como na Figura 1

Figura 1 – Unidade de serviços do hospital de campanha



Fonte: Autor (2023).

Além dessas unidades básicas, caso a complexidade de atividade exija, outros módulos específicos podem ser acoplados às unidades de serviço com intuito de cobrir uma maior gama de procedimentos, como, por exemplo, módulos cirúrgicos, laboratoriais ou unidades de terapia intensiva (DUARTE, 2019). Nesses casos, conforme apresentado na Figura 2**Erro! Fonte de referência não encontrada.**, são anexados contêineres específicos para cada uma dessas aplicações.

Figura 2 - Estrutura de um hospital de campanha modular institucional



Fonte: Autor (2023).

A unidade de serviços do hospital de campanha possui a estrutura de um semicilindro, cujo raio é de três metros e possui oito metros de comprimento (WEATHERHAVEN, 2021).

Os hospitais de campanha, no entanto, nunca são utilizados de forma isolada: ainda que a atividade fim da operação seja de atendimento à saúde, estruturas de apoio similares também são usualmente construídas, como alojamentos e depósitos de suprimentos. Dessa forma, cada missão, mesmo que reduzida, conta com, no mínimo, três barracas de mesma geometria para atender suas necessidades.

3.2 Equipamentos elétricos do hospital de campanha

Os módulos de serviços são estruturados com base nos equipamentos presentes na Tabela 1**Erro! Fonte de referência não encontrada.**, possuindo cinco leitos para atendimento.

Tabela 1 - Equipamentos de um módulo de serviços do hospital de campanha

Equipamento	Quantidade	Potência Total (W)
Monitores multiparamétricos	5	600
Bombas de infusão	2	60
Ventilador mecânico respiratório	2	300
Desfibrilador/cardioversor	1	240
Eletrocardiógrafo	1	264
Luminárias com lâmpadas fluorescentes	12	384
Computadores	2	130
Tomadas de uso geral	5	500
Sistema de Climatização	1	4628

Fonte: Autor (2023).

Subdivide-se esses equipamentos em três grupos: os equipamentos hospitalares, utilizados em procedimentos médicos e de contato direto com o paciente, os equipamentos não hospitalares – aqueles de apoio às atividades internas, que não são aplicados em nenhum tipo de procedimento - e o sistema de climatização. A Figura 3 apresenta os equipamentos previstos em cada um dos grupos.

Figura 3 - Grupos de equipamentos dos hospitais de campanha.



Fonte: Autor (2023).

A partir dos dados apresentados, foi obtida a carga instalada da unidade hospitalar, separada por tipo de equipamento, apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Potência agrupada por grupo de equipamentos.

Grupo de equipamentos	Carga Total (kW)
Equipamentos hospitalares	1,46
Equipamentos não-hospitalares	1,01
Sistema de climatização	4,63
Total	7,11

Fonte: Autor (2023).

4 MÉTODO

Primeiramente, foi escolhida a cidade de Pacaraima para realização das simulações. Localizada no norte do país, a região está próxima à linha do equador e, atualmente, abriga uma operação do Exército Brasileiro responsável por acolher venezuelanos migrantes para o território nacional.

Posteriormente, com base nos dados apresentados, foi estimada a quantidade de horas que cada equipamento permanece ligado para obter a energia consumida pela edificação. Esses elementos foram parâmetros incluídos no *software* PVSyst 7.2 – utilizado para desenvolver as simulações.

Dessa forma, foram realizadas duas simulações com os módulos fotovoltaicos flexíveis posicionados na cobertura do hospital de campanha: a primeira com intuito de verificar quanto cada módulo do hospital de campanha é capaz de gerar e a segunda visando avaliar a viabilidade de atender o hospital de campanha a partir da geração fotovoltaica, utilizando como parâmetro a área de implantação necessária, e soluções alternativas para esse atendimento.

4.1 Parâmetros de simulação

4.1.1 Avaliação da energia demandada

A energia que a unidade hospitalar demanda é função das horas de utilização de cada um de seus equipamentos. Optou-se por apresentar um cenário mais crítico, a partir do qual os equipamentos hospitalares ficariam ligados durante todo o tempo, bem como as luminárias e os computadores (equipamentos não-hospitalares) e o sistema de climatização – quaisquer outros equipamentos e sistemas não foram considerados.

A exceção fica restrita às tomadas de uso geral, cuja estimativa considera a utilização por oito horas diárias, durante o período de expediente administrativo regular, entre às oito e dezesseis horas, momento no qual as unidades hospitalares estão com a maior parte de seus militares de prontidão para os atendimentos.

O Tabela 3 expõe a energia consumida pela unidade segregando cada grupo de equipamentos.

Tabela 3 - Energia consumida diariamente pelo hospital de campanha.

Grupo de equipamentos	Energia consumida (kWh)
Equipamentos hospitalares	35,14
Equipamentos não-hospitalares	16,34
Sistema de climatização	111,07
Total	162,54

Fonte: Autor (2023).

4.1.2 Escolha do módulo fotovoltaico no *software*

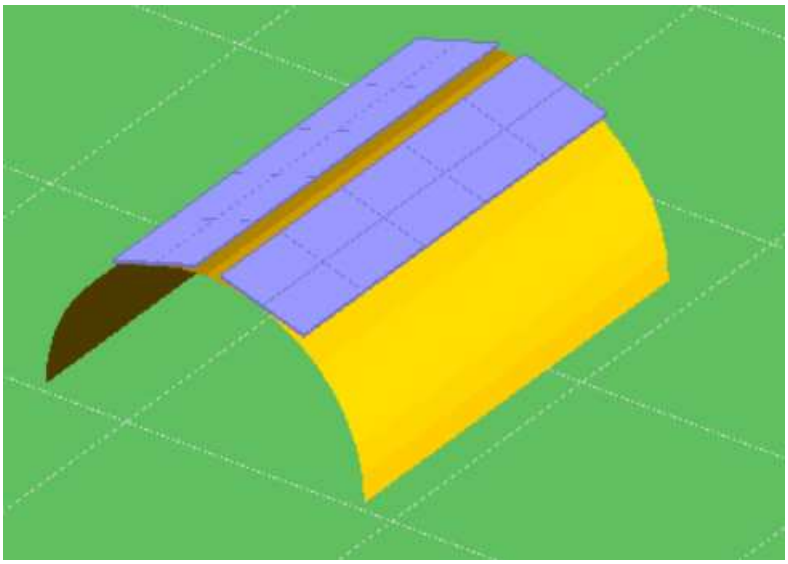
Os módulos fotovoltaicos flexíveis, diferentemente dos convencionais (rígidos), amoldam-se à estrutura da cobertura sobre a qual estão dispostas, ganhando sua conformação. Apesar de existirem comercialmente, o *software* utilizado para simulação não os contempla em sua biblioteca.

Para suprir essa lacuna, buscou-se no banco de dados do PVSyst, um módulo convencional, cuja potência e dimensões fossem compatíveis com as existentes no mercado. Dessa forma, foi escolhido um módulo fotovoltaico com as seguintes características: 175 Wp e a 30V. Suas dimensões são de aproximadamente 1,6m de comprimento e 0,8m de largura, ocupando uma área total de 1,3m². A menor dimensão dos módulos fotovoltaicos flexíveis ajusta-se com maior facilidade à cobertura do hospital, tornando a simulação mais próxima da realidade.

4.1.3 Disposição dos módulos fotovoltaicos na cobertura

Escolhido o módulo fotovoltaico, as simulações foram realizadas com a disposição deles conforme Figura 4.

Figura 4 - Módulos fotovoltaicos flexíveis na cobertura do hospital de campanha.



Fonte: Adaptada PVSyst (2023).

Como Pacaraima está localizada no hemisfério norte, maximizar a geração de energia exige que os módulos estejam orientados para o sul geográfico. No entanto, por ser uma região de baixa latitude, com sol praticamente a pino durante quase todo o ano, a simulação considerou parte deles também orientados para o norte geográfico com intuito de melhor aproveitar a área disponível. Essa configuração permitiu um aproveitamento de um terço da envoltória.

Adicionar outras fileiras com módulos não foi considerado uma vez que isso aumentaria a inclinação dos módulos em relação ao plano horizontal, o que reduz a capacidade de geração.

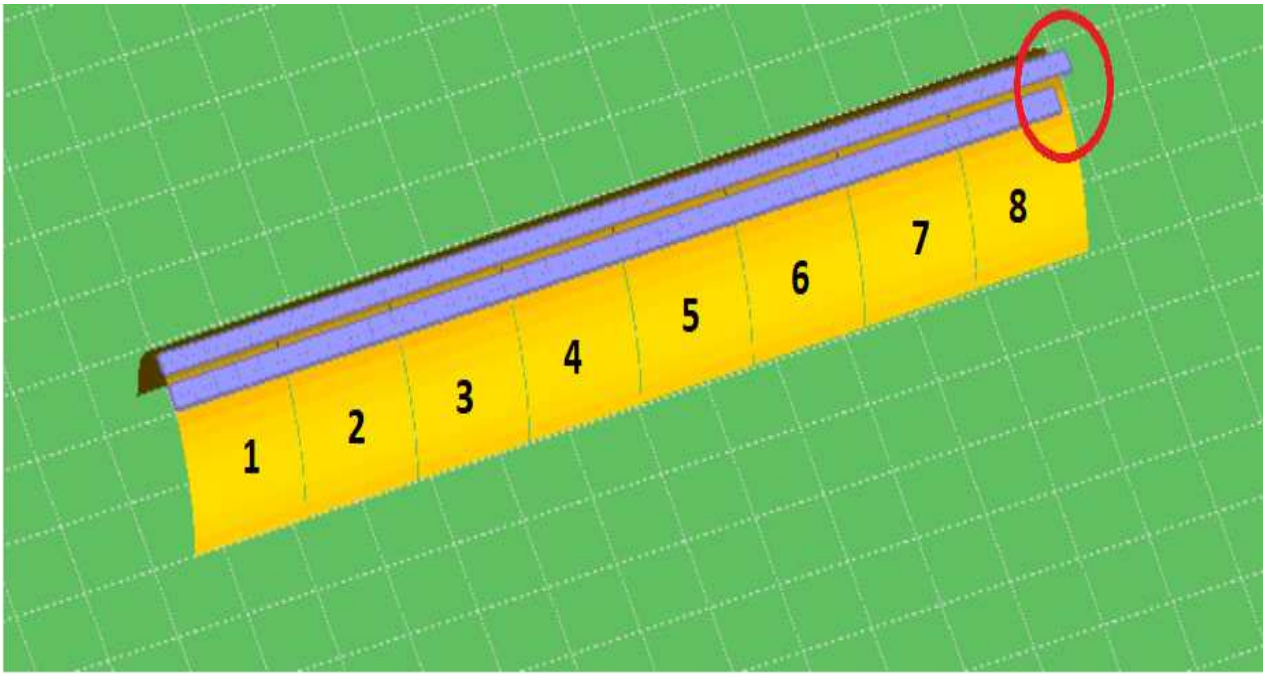
A configuração exposta na Figura 4 permite a utilização de vinte módulos fotovoltaicos, cobrindo uma área de 25,6m².

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A primeira simulação partiu da configuração apresentada na Figura 4, na qual foi verificado que o sistema ocupando a cobertura de uma unidade do hospital de campanha seria capaz de gerar diariamente 14 kWh de energia, respondendo por apenas 9% da energia demandada.

A segunda simulação, no entanto, definiu apenas a geometria dos módulos fotovoltaicos, sem limitar sua área, com intuito de verificar quantos seriam necessários para atender a energia demandada pelo hospital de campanha. O resultado da simulação está apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Simulação 2.



Fonte: Adaptada PVSyst (2023).

Esta simulação demonstrou a necessidade de 166 módulos fotovoltaicos para atender toda a carga instalada do hospital de campanha, ocupando uma área total de 212 m². Para que seja possível acomodar todos os módulos, é necessário que exista uma estrutura posicionada ao lado com, pelo menos, nove barracas similares à do hospital de campanha.

Além disso, a Figura 6 apresenta a influência de cada um dos grupos de equipamentos no dimensionamento total.

Figura 6 - Quantidade de módulos flexíveis necessários para atender cada um dos grupos de equipamentos.



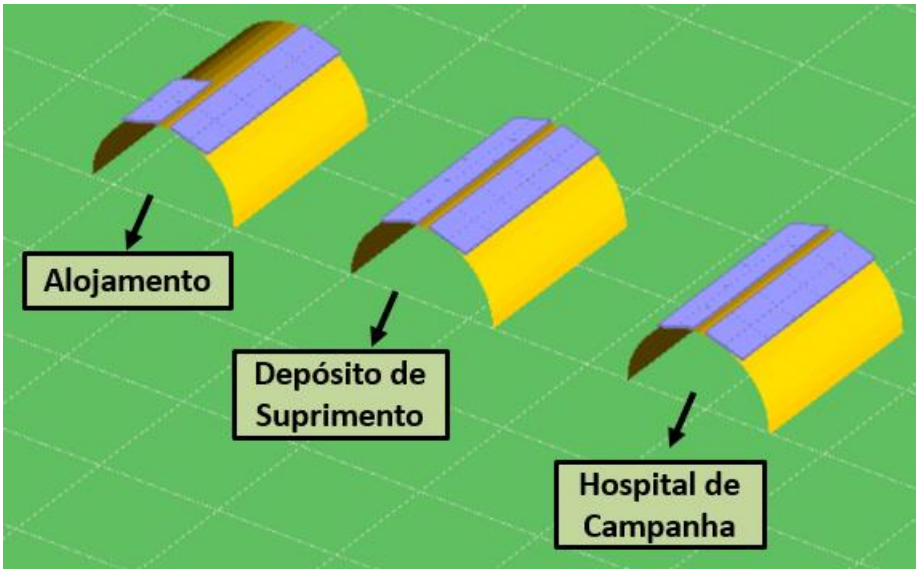
Fonte: Autor (2023).

O sistema de climatização responde pela maior parte do dimensionamento, tanto pelo fato de sua carga ser maior que a soma dos demais equipamentos, quanto por ser necessário ficar ligado durante todo o dia. Além disso, uma vez que esse sistema é essencial para o correto funcionamento da unidade hospitalar, não é possível aplicar nenhum fator de demanda sobre ele.

Em contrapartida, é possível que haja uma redução na quantidade de módulos fotovoltaicos e, consequentemente, da área necessária, a partir de uma melhor estimativa da utilização dos equipamentos hospitalares e não-hospitalares.

Estratégia alternativa é o atendimento parcial das cargas. Uma vez que qualquer operação institucional possui outras barracas e existe um gerador responsável para suprir a sua demanda de energia, pode-se avaliar a possibilidade de deixar o sistema de climatização ser atendido por essa fonte e o sistema fotovoltaico responsável por suprir os equipamentos hospitalares e não-hospitalares. Nesse cenário, são necessários 54 módulos fotovoltaicos, cobrindo uma área de 69,1 m², conforme Figura 7.

Figura 7 - Configuração para atendimento dos equipamentos hospitalares e não-hospitalares.



Fonte: Adaptada PVSyst (2023).

Verifica-se que, nesse cenário, o sistema fotovoltaico posicionado na cobertura das estruturas da menor operação realizada pela instituição - com três barracas - é capaz de atender a demanda interna de um hospital de campanha, sendo o sistema climatização suprido pela fonte de energia que alimenta as demais edificações.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como todas as operações do Exército contam com, no mínimo, três barracas, conclui-se que a área da cobertura disponível nelas tem potencial para suprir a demanda dos equipamentos hospitalares e não-hospitalares. No entanto, ao adicionar o sistema de climatização, a operação deve conter, no mínimo, nove barracas.

Contudo, ressalva-se que uma melhor estimativa das taxas de ocupação desses hospitais, a presença de sistemas de *back-up* ajustados às necessidades da estrutura e a melhoria na eficiência nos módulos fotovoltaicos podem reduzir a área necessária para a implantação do sistema fotovoltaico, tornando-o mais viável.

REFERÊNCIAS

ALI, Tausif et al. Lessons learned from the COVID-19 pandemic in planning the future energy systems of developing countries using an integrated MCDM approach in the off-grid areas of Bangladesh. **Renewable Energy**, [S. l.], v. 189, p. 25-38, 4 mar. 2022.

DUARTE, Mariana de Oliveira Barbosa. **Hospitais de campanha - estrutura e emprego em campanha e em situações de emergência.** Orientador: Gilberto Monteiro Martins Júnior. 2019. 28 f. Trabalho de conclusão de curso (Especialização *lato sensu* em aplicações complementares às ciências militares) - Escola de Saúde do Exército, [S. l.], 2019.

MINISTÉRIO DA DEFESA. **PORTARIA NORMATIVA No 186/MD**, DE 31 DE JANEIRO DE 2014. [S. l.], 3 fev. 2014.

RUTHER, Ricardo. **Edifícios Solares Fotovoltaicos**. [S. l.: s. n.], 2004.

SANTOS, Lara Monalisa Alves dos. Hospital militar de campanha: móvel, modular e autônomo. **Revista Científica Semana Acadêmica**, [s. l.], 7 jun. 2017.

WEATHERHAVEN. **Hospital de Campanha**. 24 maio 2021. Datasheet.

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

CARACTERIZAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM ORGANIZAÇÕES MILITARES COMO FERRAMENTA DE SUPORTE AO USO DE FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA

Characterization of electric energy consumption in military organizations as a support tool for the use of alternative energy sources

Larissa Barroso dos Santos[1]; Daniel Setrak Sowmy[2]

Recebido em 28 de abril de 2023, aprovado em 11 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

Palavras-chave:
Organização militar
Consumo de energia
Energia alternativa

Keywords:
Military organization
Energy consumption
Alternative energy

RESUMO: Este estudo apresenta uma análise do padrão de consumo de energia elétrica de dezesseis organizações militares do Exército Brasileiro localizadas no Estado de São Paulo, sendo o intuito principal desse levantamento auxiliar o processo decisório de implementação de fontes alternativas de energia. Dessa forma, são avaliados os dados de consumo e demanda de energia elétrica dessas organizações no ano de 2019, associados a informações de efetivo de militares, área e tipologia de cada quartel. Os resultados obtidos com auxílio do conhecimento de regressão linear múltipla possibilitam estimar o consumo e a demanda de energia de organizações militares ainda na fase de projeto, antes de sua implementação. Esses dados são relevantes no dimensionamento de sistemas de geração a partir de fontes alternativas de energia.

ABSTRACT: This study presents an analysis of the electric energy consumption pattern of sixteen military organizations of the Brazilian Army located in the State of São Paulo, with the main purpose of this survey being to assist the decision-making process for the implementation of alternative energy sources. In this way, data on electric energy consumption and demand from these organizations in 2019 are evaluated and associated with information on the number of military personnel, area and typology of each barracks. The results obtained with the aid of knowledge of multiple linear regression make it possible to estimate the energy consumption and demand of military organizations still in the design phase, before its implementation. These data are relevant in designing generation systems from alternative energy sources.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **SANTOS, Larissa Barroso dos**: Engenheira eletricista, Estudante de mestrado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, larissabarroso@usp.br.
[2] **SOWMY, Daniel Setrak**: Engenheiro civil, Doutor, Professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, dss@usp.br.

1 INTRODUÇÃO

Apesar das fontes renováveis de energia já possuírem um papel significativo na matriz elétrica brasileira e da adoção de mecanismos para conservação e recuperação de vegetações nativas (ATHAYDE; CABRAL, 2020), são necessárias medidas complementares para combater o impacto das mudanças climáticas. Entre as quais é possível citar a proposta do governo brasileiro em 2016 de expandir a contribuição de fontes renováveis de energia, além das hidroelétricas, para um percentual entre 28% e 33% da matriz elétrica até 2030 (BRASIL, 2016).

Dessa forma, em consonância com o esforço nacional para garantir o fornecimento de energia de maneira sustentável e a preservação ambiental, é de grande relevância avaliar a viabilidade de sistemas de geração distribuída a partir de energias renováveis em instituições públicas, em razão do importante papel do Estado na promoção de tecnologias por meio de investimentos em pesquisas, impulsionando o desenvolvimento de recursos ou serviços, estabelecendo padrões e normatizações, adquirindo produtos e serviços. Essa capacidade do Estado de fomentar e disseminar tecnologias pode dar suporte ao setor industrial para aprimorar os sistemas de aproveitamento de energias renováveis.

Todavia, para garantir os benefícios que a aplicação desses sistemas em órgãos públicos pode proporcionar, é essencial o desenvolvimento do projeto de energia renovável em consonância com os padrões de consumo e de demanda de energia elétrica.

No dimensionamento de sistema de geração de energia a partir de fontes alternativas, a potência instalada da usina é limitada à potência disponibilizada à unidade consumidora pela concessionária (ANEEL, 2021). Portanto, essa restrição precisa ser considerada para avaliar a possibilidade de solicitação de adequações à concessionária ou limitação da potência instalada. Ainda, o conhecimento da energia consumida em uma edificação possibilita adotar a melhor solução de projeto sobre o aspecto da energia a ser compensada pela geração.

No caso de uma organização existente, o consumo e a demanda de energia elétrica estão disponíveis nas faturas mensais. Entretanto, nos projetos de construção de novas edificações, não é possível se valer dessas informações para determinar o padrão de consumo e de demanda, impossibilitando o dimensionamento de um sistema mais adequado.

Considerando essa limitação e como forma de contribuir para futuros estudos, foi realizada uma pesquisa com organizações militares a fim de obter indicadores que possam nortear a estimativa de consumo de energia elétrica em novas instalações.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é caracterizar o consumo de energia elétrica em organizações militares do Exército Brasileiro por meio da análise de dados de 16 quartéis localizados no Estado de São Paulo, possibilitando a estimativa de consumo e demanda de energia para novas organizações.

3 MÉTODO

A pesquisa foi conduzida com base nas informações de organizações militares localizadas no Estado de São Paulo, entre as quais: número de militares, área construída, área do terreno, tipologia e faturas de energia elétrica do ano de 2019.

Com o intuito de caracterizar o consumo de energia elétrica nessas organizações militares, foram avaliados indicadores anuais de consumo e de demanda de energia com base nos dados obtidos. Em seguida, foi desenvolvido um modelo para predição de consumo e demanda de energia elétrica em projetos de novas organizações.

Para a predição, aplicou-se o método de Regressão Linear Múltipla (RLM) apresentado por Montgomery e Ranger (2021) para avaliar as variáveis preditoras mais adequadas para estimativa do consumo de energia anual de novas organizações militares. A partir da ferramenta de análise de dados do software Microsoft Excel, foi desenvolvida a equação 1 a seguir:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \varepsilon \quad \text{(Eq.1)}$$

A equação representa a predição do valor da variável dependente (y) a partir das variáveis preditiva (x_i), enquanto os coeficientes de regressão (β_i) e o erro (ε). Sendo o consumo estimado de energia a variável dependente, enquanto as variáveis preditoras são: Tipo de OM, Número de militares, Área total construída e (Número de militares) $^{-1}$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No total, 16 organizações militares (OM) concordaram em participar do estudo e foram nomeadas como OM1 a OM16. As identificações foram intencionalmente suprimidas para preservar a segurança dessas unidades.

As OM1, OM2, OM3, OM4, OM5 são classificadas unidades não operacionais, nas quais são desempenhadas funções de coordenação e apoio. A OM6 também é uma unidade não operacional, entretanto nesta são desenvolvidas atividades de ensino e capacitação. As demais OMs são Organizações Militares do Corpo de Tropa (OMCT), onde predominam atividades operacionais.

As informações obtidas das unidades militares estão resumidas no Quadro 1.

Quadro 1 - Dados de 2019 das organizações militares

Código da OM	Número de militares	Área construída (m²)	Área do terreno (m²)	Demanda máxima media de energia elétrica (kW)	Consumo total de energia elétrica (kWh)
OM1	139	4884	11156	78	256561
OM2	79	1300	7910	-	78538
OM3	247	14386	120484	171	569953
OM4	407	14039	31243	388	954721
OM5	77	1505	3130	-	46240
OM6	1029	31798	555176	239	1132820
OM7	623	5173	20145	83	232690
OM8	646	10805	1003283	108	293758
OM9	516	12629	2105923	-	234434
OM10	486	17878	2229935	61	196479
OM11	591	13189	159150	117	390237
OM12	485	28942	426695	93	356580
OM13	547	11909	727924	99	282410
OM14	2600	44045	2719934	-	3628024
OM15	600	13598	291669	-	483149
OM16	372	16350	334977	-	219426

Fonte: Autores (2023).

A demanda máxima média de energia elétrica foi obtida a partir da média dos valores máximos de demanda medidos em cada mês nas faturas de energia de 2019 para

consumidores do grupo A. Enquanto o consumo total de energia reflete a soma dos valores faturados no mesmo ano.

4.1 Análise dos dados de consumo e demanda de energia

Com base nessas informações, a primeira análise realizada foi sobre indicadores de consumo de energia, representados no Quadro 2.

Quadro 2 - Indicadores anuais de consumo de energia elétrica das OMs analisadas

Código da OM	Consumo de energia elétrica por militar (kWh/militar/ano)	Consumo de energia elétrica por área construída (kWh/m²/ano)	Consumo de energia elétrica por área do terreno (kWh/m²/ano)
OM1	1846	53	23,0
OM2	994	60	9,9
OM3	2308	40	4,7
OM4	2346	68	30,6
OM5	601	31	14,8
OM6	1101	36	2,0
OM7	373	45	11,6
OM8	455	27	0,3
OM9	454	19	0,1
OM10	404	11	0,1
OM11	660	30	2,5
OM12	735	12	0,8
OM13	516	24	0,4
OM14	1395	82	1,3
OM15	805	36	1,7
OM16	590	13	0,7

Fonte: Autores (2023).

Os dados obtidos foram coerentes com a realidade das OMCT que, em geral, ocupam terrenos extensos, proporcionalmente pouco edificados e não possuem uma quantidade significativa de equipamentos elétricos. Embora, a maior divergência nesse padrão foi identificada na OM14 que, na verdade, é um complexo com diversas unidades militares e onde são exercidas atividades operacionais altamente especializadas e de capacitação, o que justificaria o distanciamento dos indicadores em relação aos das demais.

Enquanto, nas unidades não operacionais, onde são desempenhadas mais atividades administrativas, há um consumo de energia proporcional ao número de militares comparativamente maior com equipamentos e iluminação de escritórios, o que ficou evidente no Quadro 2.

Como forma de validação desses dados, foram comparados os valores obtidos com indicadores de consumo de energia por área construída de edificações não residenciais no Brasil (GERALDI *et al.*, 2022) e organizações do Exército dos Estados Unidos (BOHLE *et al.*, 2017). Para as OMs em análise, os valores médios desse indicador foram de 48 kWh/m²/ano para as OMs não operacionais e de 30 kWh/m²/ano para as OMCTs. Nas edificações não residenciais, os índices variaram entre 38 kWh/m²/ano e 67 kWh/m²/ano (GERALDI *et al.*, 2022). Enquanto, nas organizações militares dos Estados Unidos, as médias verificadas foram de 31,3 kWh/m²/ano e 27,5 kWh/m²/ano para tipologias semelhantes das OMs brasileiras (BOHLE *et al.*, 2017). Dessa forma, é possível constatar a validade dos dados obtidos.

A mesma sistemática de análise de indicadores também foi adotada para a demanda de energia, como detalhado no Quadro 3.

Quadro 3 - Indicadores de demanda de energia

Código da OM	Demanda de energia por militar (W/militar)	Demanda de energia por área construída (W/m²)	Consumo de energia por demanda (kWh/kW)
OM1	564	16	3275
OM3	693	12	3331
OM4	953	28	2462
OM6	232	8	4740
OM7	133	16	2798
OM8	168	10	2714
OM10	126	3	3197
OM11	198	9	3335
OM12	191	3	3853
OM13	180	8	2861

Fonte: Autores (2023).

No Quadro 3, os valores obtidos reforçaram a evidência de que em organizações administrativas há uma demanda superior de energia em virtude da maior carga de equipamentos e iluminação de escritórios funcionando em conjunto e concentrados em uma área construída menor.

Também é interessante apontar que a relação entre o consumo de energia e a demanda máxima média apresentou valores próximos, sendo a mediana calculada de 3.197kWh/kW.

Ainda, ao compilar as porcentagens mensais do consumo de energia durante o período de ponta em relação ao respectivo consumo total do mês no ano de 2019 para consumidores do grupo A, ficou evidente uma considerável uniformidade nessa proporção. Assim, o menor percentual verificado foi de 6%, enquanto o maior foi de 14%, sendo a média geral igual a 10%.

4.2 Modelo de previsão de consumo de energia

Na sequência do estudo, foi aplicado o método de RLM para predizer o consumo de energia elétrica a partir de dados conhecidos da edificação, por meio da Equação 1.

Nesse modelo, para indicar se a OM é do tipo operacional ou não, foi utilizada a variável *dummy* Tipo de OM, tento sido atribuído o valor 0 para OM administrativa e valor 1 para OMCT. Ainda, o uso da variável (Número de militares) $^{-1}$ foi um artifício matemático utilizado para melhor ajuste do modelo, como proposto por Montgomery e Ranger (2021) na construção de modelos, os quais descrevem que a forma funcional de cada variável independente candidata é correta.

A análise dos parâmetros estatísticos também indicou a necessidade de suprimir os dados da OM16 do universo analisado, pois ajustes não foram possíveis para reduzir o valor do resíduo padronizado para essa amostra.

Ainda, a prévia avaliação dos indicadores de consumo teve um importante papel, indicando a possibilidade de realizar o ajuste do enquadramento da OM6, que, apesar de ser designada uma OM não operacional, o seu padrão de consumo e a avaliação das peculiaridades das atividades lá desempenhadas levaram a reclassificação para o valor 1 quanto ao Tipo de OM.

Então, com auxílio do software, foram realizadas diversas simulações até obtenção de um modelo mais adequado aos dados levantados, o que levou a um coeficiente de determinação múltipla ajustado de 0,993, indicando uma forte relação entre as variáveis independentes e dependente (MONTGOMERY; RANGER, 2021).

Dando continuidade ao estudo do modelo, foram realizados o Teste de ANOVA e o Teste T. Em ambos os procedimentos, o valor P foi inferior a 0,05, sugerindo que os coeficientes contribuem significativamente para qualidade do modelo (MONTGOMERY e RANGER, 2021).

A fim de concluir a análise apresentada, no Quadro 4, estão representados os coeficientes da equação gerada na regressão linear.

Quadro 4 - Relatório dos coeficientes do modelo de RLM

Coeficiente da regressão	Valor
Constante	189969,7
Tipo de OM	-822467,4
Número de militares	1450,2
Área total construída	11,1
(Número de militares) $^{-1}$	-20842392,1

Fonte: Autores (2023).

Os valores obtidos para os coeficientes de regressão são coerentes com os dados das organizações analisadas no estudo. O modelo indica que o consumo de energia aumenta com o número de militares e a área total construída, sendo mais influenciado pela primeira variável. Enquanto o valor é reduzido para organização classificada como OMCT, ou seja, variável Tipo de OM igual a 1. E, o termo (Número de militares) $^{-1}$ corrige o valor de consumo de energia para OMs com grande número de militares.

A partir do modelo de RLM é possível calcular o consumo de energia (CE) anual estimado para as organizações em estudo e os respectivos erros associados, os quais estão detalhados a seguir.

Quadro 5 - Comparativo entre valores reais e estimados de CE para o modelo da RLM

OM	CE total anual (kWh)	CE total anual estimado (kWh)	Erro (%)
OM1	256561	295694	15%
OM2	78538	55106	-30%
OM3	569953	623117	9%
OM4	954721	884477	-7%
OM5	46240	47619	3%
OM6	1132820	1191676	5%
OM7	232690	294815	27%
OM8	293758	391736	33%
OM9	234434	215283	-8%
OM10	196479	227418	16%
OM11	390237	335376	-14%
OM12	356580	348416	-2%
OM13	282410	254554	-10%
OM14	3628024	3617818	0%
OM15	483149	353487	-27%

Fonte: Autores (2023).

É possível notar no Quadro 5 uma proximidade aceitável entre os valores estimados e os dados originais, pois o percentual do erro ficou limitado a -30% e 33%.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma das barreiras para desenvolvimento de projetos de aproveitamento de energias alternativas para edificações novas é a inexistência de histórico do padrão de consumo e de demanda de energia elétrica, já que esses parâmetros possuem um importante papel na definição da solução mais adequada e economicamente viável. No âmbito do Exército, esse também representa um desafio para os projetistas e para a implementação de sistemas de energias alternativas.

Então, como contribuição deste trabalho, a análise dos dados das dezesseis organizações militares localizadas no Estado de São Paulo possibilitou verificar padrões de consumo e de demanda de energia de acordo com as atividades desempenhadas, o efetivo de militares e as áreas construída e do terreno.

Além disso, também foi possível desenvolver uma ferramenta para estimativa de consumo anual de energia elétrica de novas organizações militares, o que poderá contribuir não apenas para dimensionamento de sistemas de geração a partir de fontes alternativas de energia, mas também para a aplicação de medidas de eficiência energética mediante a análise dos parâmetros de indicadores.

REFERÊNCIAS

ANEEL. **Resolução Normativa nº 1.000, de 7 de dezembro de 2021**. [*S. l.*]: Agência Nacional de Energia Elétrica, 1 dez. 2021. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.pdf. Acesso em: 28 abr. 2022.

ATHAYDE, L. C. the; CABRAL, M. T. S. **Ministério das Relações Exteriores**. [*S. l.*]: Ministério das Relações Exteriores, 2020. Disponível em: https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Brazil%20First/Explanatory%20Letter_Brazil.pdf. Acesso em: 12 set. 2021.

BOHLE, S. *et al.* **Facility energy performance benchmarking in a data-scarce environment**. [*S. l.*]: Construction Engineering Research Laboratory (U.S.), 29 set. 2017. Disponível em: http://hdl.handle.net/11681/24344. Acesso em: 12 set. 2022.

BRASIL. **Intended Nationally Determined Contribution**. [*S. l.*]: UNFCCC, 2016. Disponível em: https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Brazil%20First/BRAZIL%20iNDC%20english%20FINAL.pdf.

GERALDI, M. S. *et al.* Assessment of the energy consumption in non-residential building sector in Brazil. **Energy and Buildings**, [*S. l.*], v. 273, p. 112371, 15 out. 2022. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778822005424. Acesso em: 12 set. 2022.

MONTGOMERY, D. C.; RANGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros. Tradução e revisão técnica: Veronica Calado, Antonio Henrique Monteiro da Fonseca Thomé da Silva**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021.

PAINEL 3

Análise de Perfis de Consumo de Água Potável

BOOK OF PAPERS
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS [SISPRED 2023]

Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina (CCT-UDESC)
● 2023

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

CONSUMO DE ÁGUA EM UNIDADES DE EDUCAÇÃO PARA A PESSOA COM DEFICIÊNCIA

Water consumption in schools for people with disabilities

Pâmella Alzerina Rosa Mattos [1]; Andreza Kalbusch [2]; Elisa Henning [3]

Recebido em 11 de junho de 2023, aprovado em 25 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

Palavras-chave:
Consumo de água
Pessoa com deficiência
Escolas

Keywords:
Water consumption
Disabled person
Schools

RESUMO: A água é um recurso natural limitado, essencial para a vida e a gestão sustentável dos recursos hídricos requer estimativas sobre os indicadores de consumo. O objetivo deste trabalho é determinar os indicadores de consumo de água *per capita* e por área em unidades da Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE) do estado de Santa Catarina, no Brasil. Duas unidades foram selecionadas para realização da análise dos dados e determinação dos indicadores de consumo. O consumo médio *per capita* variou entre 9,03 e 15,50 litros/aluno/dia. O consumo médio por área variou entre 1,36 e 3,76 litros/m²/dia. O teste de Kruskal-Wallis não apontou presença de sazonalidade para as unidades estudadas. Por meio dos resultados apresentados é possível perceber que o consumo de água da pessoa com deficiência no ambiente escolar está próximo dos resultados encontrados por outros autores em escolas estaduais e municipais. Os resultados deste estudo podem servir de estímulo para novas pesquisas relacionadas ao consumo de água e a pessoa com deficiência no Brasil.

ABSTRACT: Water is a limited and essential natural resource and the sustainable management of water resources requires estimates of water consumption. The objective of this research work is to determine per capita and per area water consumption indicators in units of Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE) in the state of Santa Catarina, Brazil. Two units were selected for data analysis and determination of consumption indicators. Average per capita water consumption ranged from 9.03 to 15.50 liters/student/day. The average consumption per area ranged from 1.36 to 3.76 liters/m²/day. The results of the Kruskal-Wallis test did not indicate the presence of seasonality in the time series. The results showed that the water consumption of people with disabilities in school buildings is close to the results found by other authors in state and municipal schools. The results of this study may encourage the development of new research related to water consumption and people with disabilities in Brazil.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **MATTOS, Pâmella Alzerina Rosa**: Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Joinville, Brasil. pamella.mattos@edu.udesc.br.
[2] **KALBUSCH, Andreza**: Doutora em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Joinville, Brasil. andreza.kalbusch@udesc.br.
[3] **HENNING, Elisa**: Doutora em Engenharia de Produção, Departamento de Matemática, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Joinville, Brasil. elisa.henning@udesc.br.

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2022) a água é um recurso natural limitado e essencial para a vida e, de acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU, 2022), com o acelerado crescimento populacional, há um crescente aumento no consumo de água. Por isso, crises no abastecimento estão cada vez mais frequentes (ANA, 2022). No Brasil, a gestão da água é normatizada pela Política Nacional de Recursos Hídricos que possui como um dos objetivos "assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos" (BRASIL, 1997). A gestão sustentável da água requer estimativas baseadas em evidências precisas sobre o consumo *per capita* (HUSSIEN; MEMON; SAVIC, 2016).

De acordo com *o Institute for Health Metrics and Evaluation* (IHME, 2019) existem, no mundo, mais de 2,5 bilhões de pessoas com algum tipo de deficiência física ou intelectual. Todo indivíduo consome água, seja porque a água compreende 50% a 70% do seu peso corporal e precisa ser consumida na ingestão diária (WENHOLD; FABER, 2019), seja no consumo nas atividades de vida diária como no uso do banheiro (GREIMAN *et al.*, 2022). A pessoa com deficiência também consome água em ambientes públicos, como, por exemplo, nas escolas. Conforme Haas et al. (2016) o número de alunos com deficiência nas escolas aumentou nos últimos anos.

Em um estudo em 26 escolas na cidade de Joinville, o indicador de consumo máximo encontrado foi de 18,6 litros por aluno por dia e o consumo médio foi de 8,83 litros por aluno por dia (SCHULTT; KALBUSCH; HENNING, 2021). Em uma pesquisa realizada na cidade de Florianópolis, em Santa Catarina, em que foram analisadas duas escolas, uma atendida pela rede municipal de ensino e outra pela rede estadual, o consumo médio encontrado foi de 25,3 e 28,8 litros por aluno por dia, respectivamente (FASOLA, 2011). Outro estudo realizado na mesma cidade com 62 escolas, mostrou uma variação no indicador de consumo de 0,81 a 35,42 litros por aluno por dia, obtendo um consumo médio de 8,80 litros por aluno por dia (ANTUNES; GHISI, 2019). É importante ressaltar que estes valores possivelmente englobam tanto a pessoa com deficiência quanto os demais alunos que frequentam o ambiente escolar.

As pessoas com deficiência contam com o atendimento na área de educação, saúde e assistência social das APAEs (Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais), organizações não governamentais e sem fins lucrativos distribuídas por todo território nacional, de acordo com a Federação Nacional das APAEs (FNA, 2023). A APAE teve início em 1954 no Rio de Janeiro e desde então tem se destacado na promoção da atenção integral à pessoa com deficiência (FNA, 2023). Neste contexto, o objetivo desta pesquisa é determinar os indicadores de consumo de água *per capita* e por área em unidades da Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE) do estado de Santa Catarina, no Brasil. No presente artigo duas unidades foram selecionadas para realização das análises.

2 MÉTODO

Nesta seção são descritos os procedimentos metodológicos para o desenvolvimento deste trabalho. A primeira fase envolve a coleta de dados nas unidades da APAE e nas concessionárias de abastecimento de água. Após a coleta de dados, é realizada a análise dos dados para determinar os indicadores de consumo de água em unidades da APAE do estado de Santa Catarina, conforme apresentado a seguir.

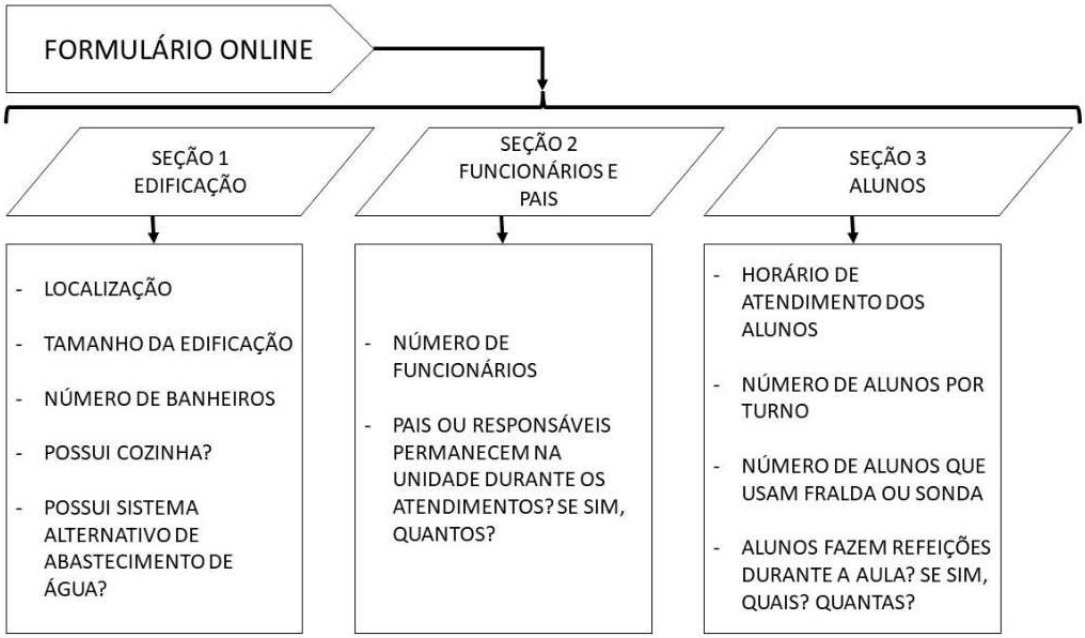
2.1 Objeto de estudo

A coleta de dados foi realizada na Associação dos Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE). Conforme a Federação Nacional das APAEs (2023), a APAE é uma organização cujo objetivo é promover a atenção integral à pessoa com deficiência prestando atendimento educacional e clínico desde a primeira infância até a terceira idade.

2.2 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada em 2 unidades da APAE localizadas em duas cidades do estado de Santa Catarina, Brasil. As informações sobre as características da edificação e dos alunos atendidos pela associação foram coletadas por meio de formulário eletrônico (Figura 1) disponibilizado na plataforma *Microsoft Forms* para os responsáveis de cada instituição.

Figura 1 – Esquema de perguntas contidas no formulário online



Fonte: As autoras (2023)

O consumo de água de cada unidade é registrado mensalmente pela concessionária do município em que está instalada. Os dados de consumo foram coletados diretamente com as concessionárias de abastecimento de água das cidades com anuência da Federação das APAEs do Estado de Santa Catarina para o período de março de 2021 a março de 2023 (24 meses). O número de consumidores considerado neste estudo é o número de alunos matriculados no período letivo atual. O número de dias de consumo foi calculado com base nos dias úteis contidos no calendário nacional juntamente com os feriados municipais nos anos de 2021 a 2023. Foram desconsiderados os meses apontados no questionário como períodos de férias.

2.3 Análise dos dados

O indicador de consumo de água *per capita* e por área foram estimados usando as Equações 1 e 2.

$$C_{PC} = \frac{C_M}{N\ x\ D} \quad \text{(Eq. 1)}$$

Sendo:

C_{PC}, o indicador de consumo *per capita* (em litros por aluno por dia);

C_M, o consumo mensal de água (em litros);

N, o número total de alunos;

D, o número de dias letivos.

$$C_{PA} = \frac{C_M}{A\ x\ D} \quad \text{(Eq. 2)}$$

Sendo:

C_{PA}, o indicador de consumo por área (em litros por metro quadrado por dia);

C_M, o consumo mensal de água (em litros);

A, a área total construída da edificação (em metros quadrados);

D, o número de dias letivos.

Para verificar a existência de sazonalidade foi aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis que está baseado na estatística da Equação 3 (KRUSKAL e WALLIS, 1952).

$$W = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{j=1}^{k} \frac{S_j^2}{n_j} - 3(n+1) \quad \text{(Eq. 3)}$$

Sendo:

n, o número de observações;

S_j, a soma dos ranks das observações da amostra;

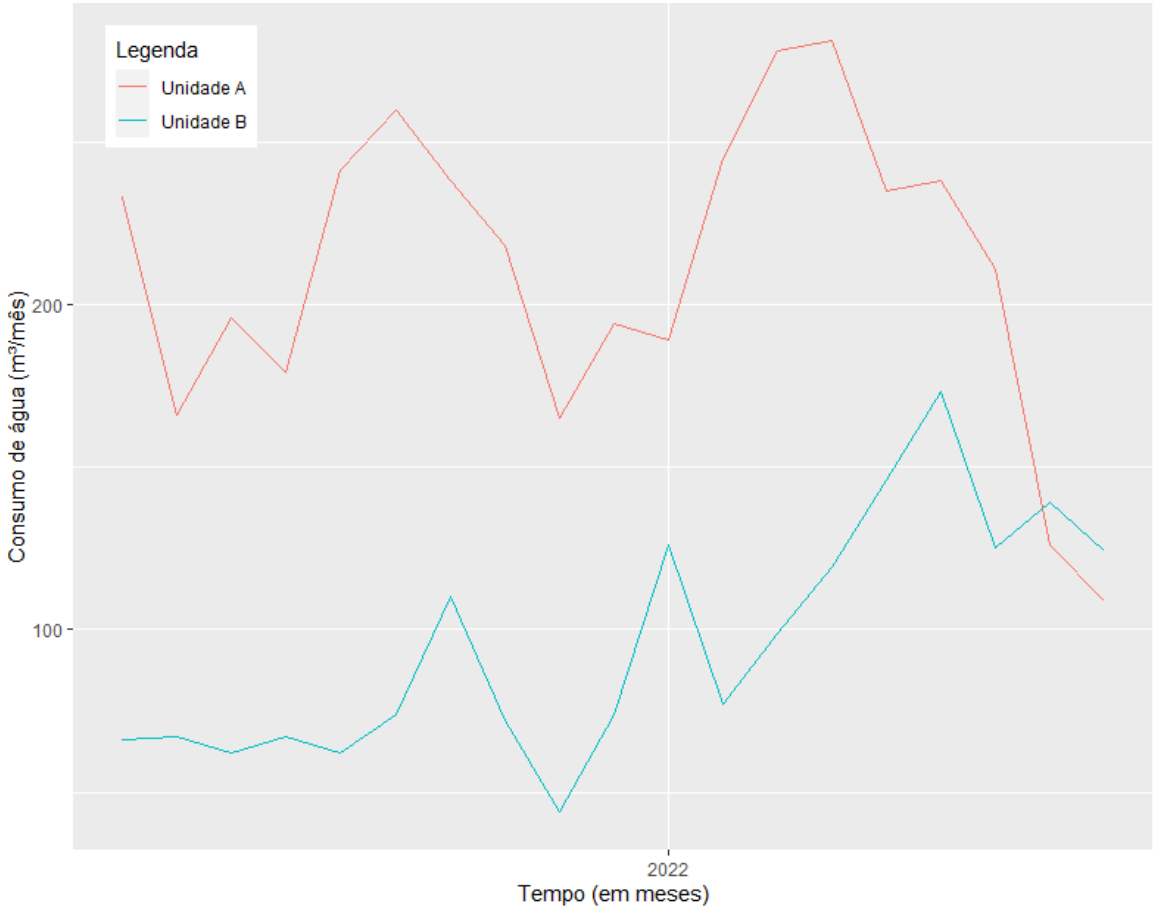
W, o resultado do teste Kruskal-Wallis.

As séries de consumo de água foram investigadas a partir da análise exploratória de dados e da análise de séries temporais. O software R (R CORE TEAM, 2023) foi aplicado na análise dos dados. Foram calculadas estatísticas descritivas e procurou-se identificar a existência de padrões, como a sazonalidade usando o pacote Seastest (OLLECH, 2021). O nível de significância adotado foi de 5%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O consumo de água mensal nos meses letivos de cada unidade da APAE ao longo do tempo é apresentado na Figura 2. A Tabela 1 mostra a caracterização das unidades a partir da resposta ao questionário e a Tabela 2 apresenta a análise descritiva do consumo de água mensal *per capita* (em litros por aluno por dia) das APAEs em Santa Catarina, a Figura 3 apresenta o consumo de água mensal *per capita* ao longo do tempo e a Figura 4 ilustra a variação do consumo *per capita* de água nos meses do ano das duas unidades da APAE em gráfico do tipo *boxplot*.

Figura 2 – Gráfico da série temporal do consumo de água mensal nas unidades das APAEs



Fonte: As autoras (2023)

Tabela 1 – Caracterização das unidades da APAE

Unidade	Número de Alunos	Área construída (m²)	Idade da edificação (anos)
A	680	2.800,55	58
B	540	3.596,88	53
Unidade	**Bacias sanitárias**	**Sistema alternativo de abastecimento**	**Número de funcionários**
A	20	Sim	150
B	31	Não	99

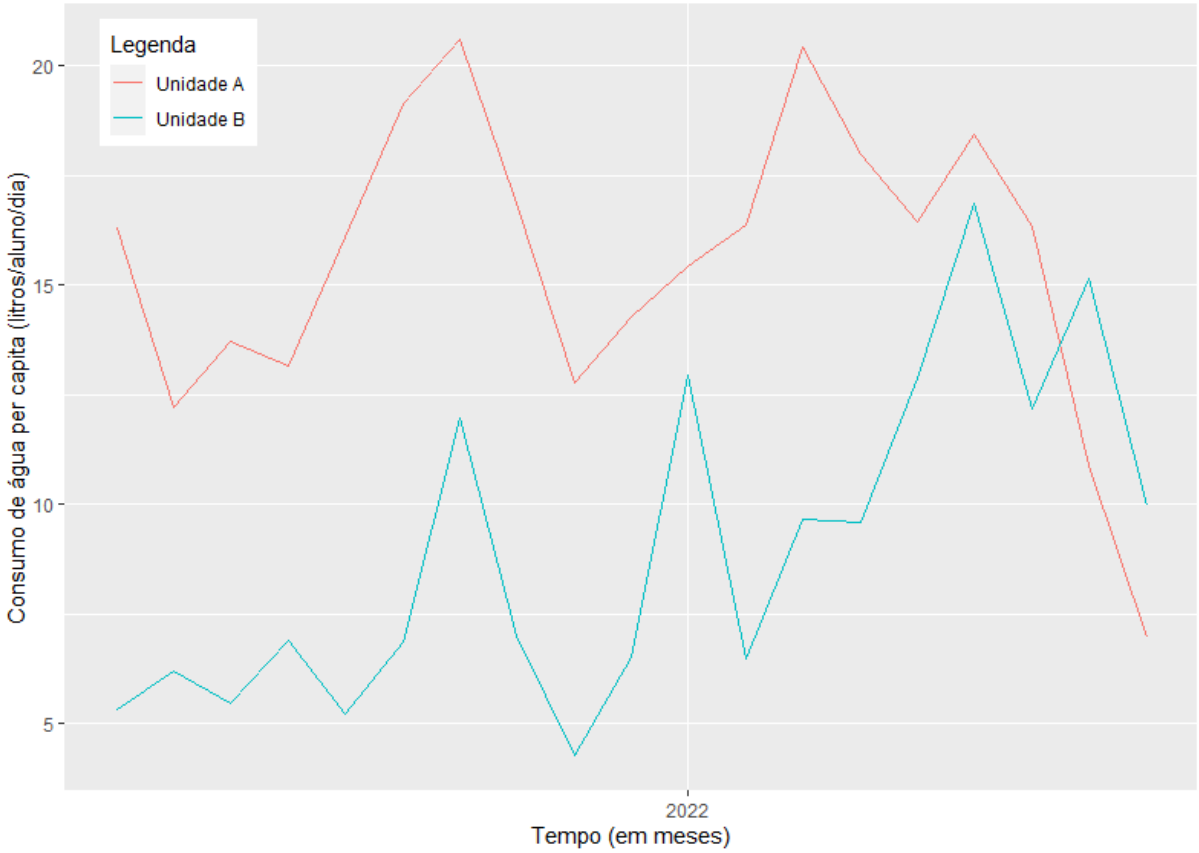
Fonte: As autoras (2023)

Tabela 2 – Análise descritiva do consumo de água *per capita* nas APAEs (litros/aluno/dia)

Unidade	Mínimo	1º quartil	Mediana	Média	3º quartil	Máximo
A	6,96	13,44	16,32	15,50	17,42	20,58
B	4,29	6,34	7,02	9,03	12,08	16,86

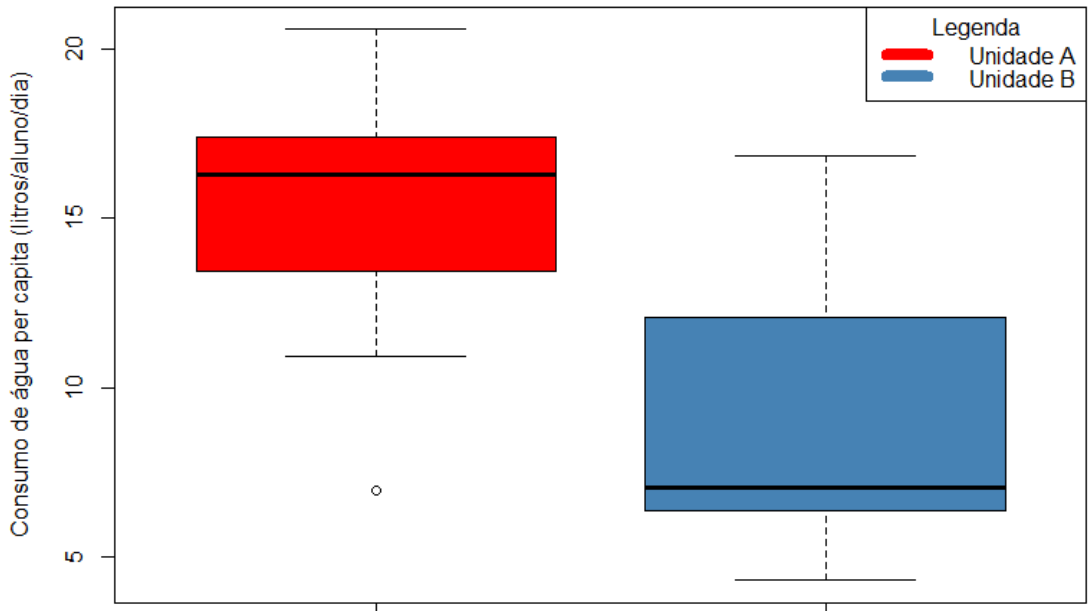
Fonte: As autoras (2023)

Figura 3 – Gráfico da série temporal do consumo de água *per capita* nas unidades da APAE



Fonte: As autoras (2023)

Figura 4 – *Boxplot* do consumo de água por aluno por dia em cada unidade da APAE



Fonte: As autoras (2023)

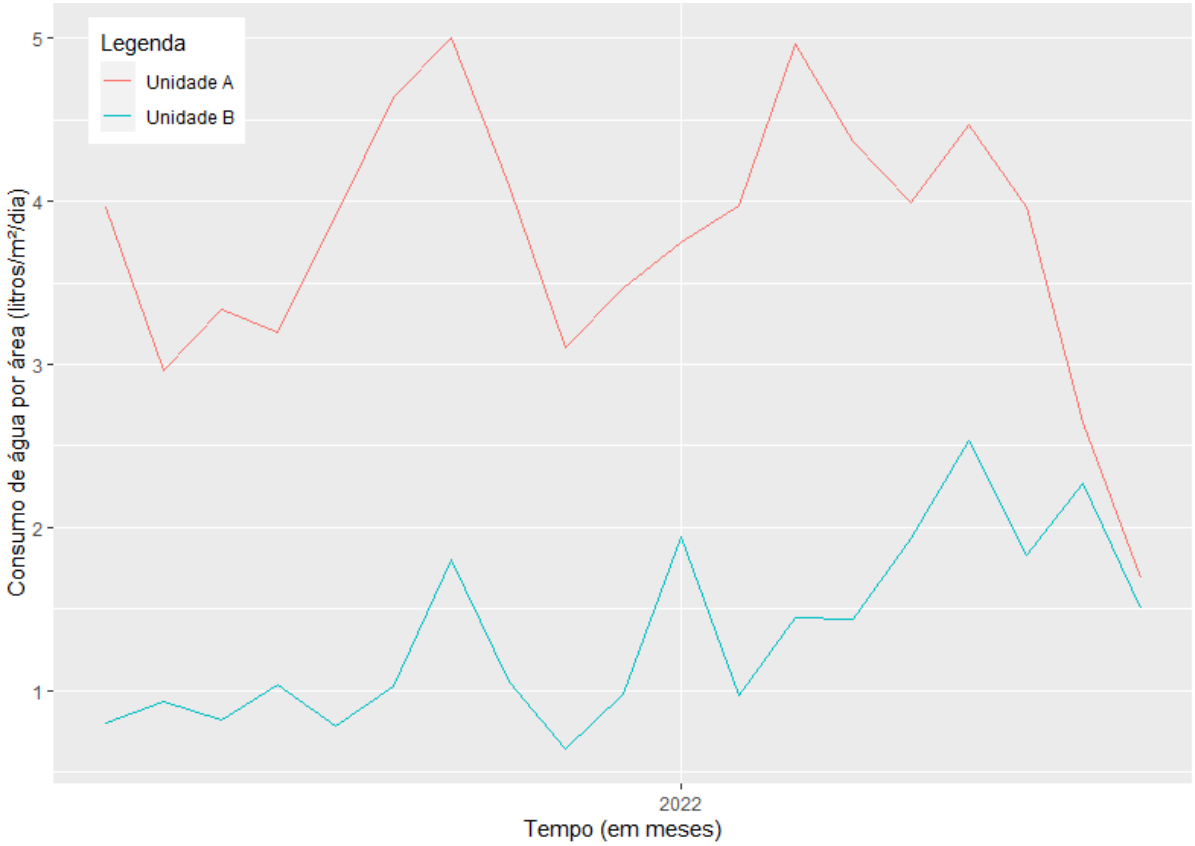
O consumo médio de água *per capita* na unidade A é de 15,5 litros/aluno/dia e na unidade B, 9,03 litros/aluno/dia. A média da unidade B ficou próxima dos valores encontrados por Schultt, Kalbusch e Henning (2021) e Antunes e Ghisi (2019). Os desvios padrão das unidades A e B são respectivamente, 3,38 e 3,70. Nas Figuras 3 e 4 verifica-se que a unidade A apresenta diminuição de consumo de água nos quatro últimos meses. Nos dois meses finais, os valores de consumo da unidade A são os menores de todo o período e inferiores aos valores de consumo (em litros/aluno/dia) da Unidade B. Verificou-se que em outubro de 2022, a unidade A concluiu a construção de um novo bloco de salas, o qual foi inaugurado nesse mesmo mês. Adicionalmente, no mesmo ano, registrou-se o esvaziamento completo do reservatório, o que representou o pico máximo de consumo no gráfico. O consumo de água por metro quadrado nas unidades da APAE avaliadas pode ser visualizado na Tabela 3. A Figura 5 apresenta o consumo de água por área ao longo do tempo e a Figura 6 apresenta os gráficos de *boxplot* do consumo de água por área nas unidades da APAE avaliadas neste estudo.

Tabela 3 – Análise descritiva do consumo de água por área nas APAEs (litros/m²/dia)

Unidade	Mínimo	1º quartil	Mediana	Média	3º quartil	Máximo
A	1,69	3,26	3,96	3,76	4,23	5,00
B	0,64	0,96	1,05	1,36	1,81	2,53

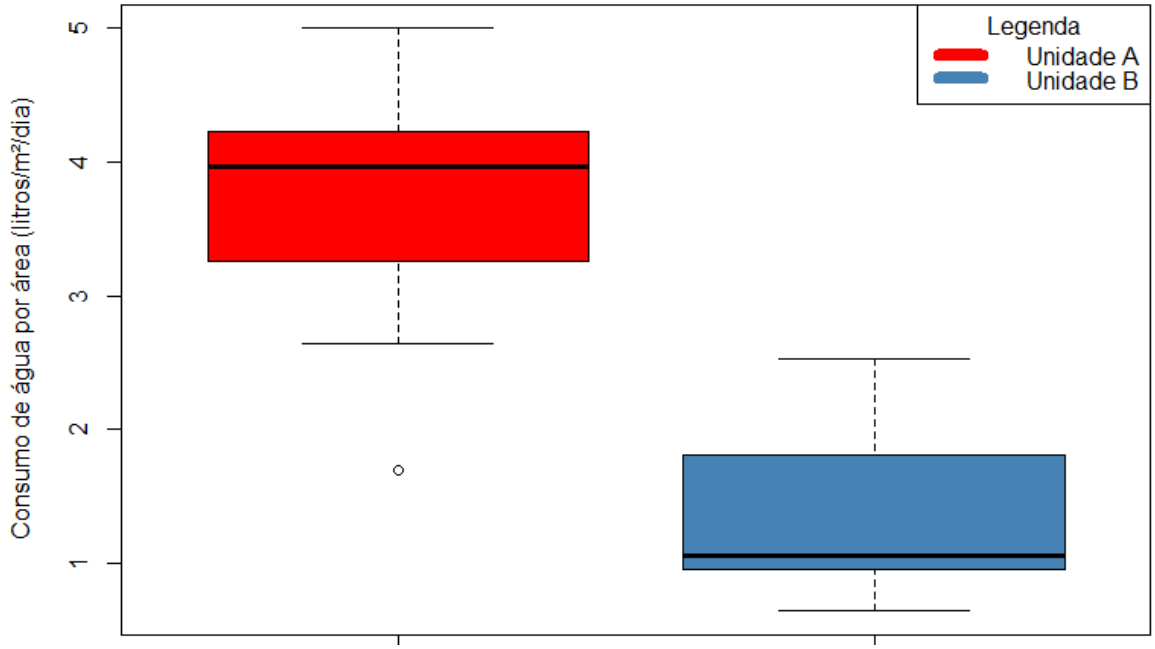
Fonte: As autoras (2023)

Figura 5 – Gráfico da série temporal do consumo de água por área nas unidades da APAE



Fonte: As autoras (2023)

Figura 6 – *Boxplot* do consumo de água por área em cada unidade da APAE



Fonte: As autoras (2023)

A unidade B possui menos alunos que a unidade A, porém, possui área construída maior do que a da unidade A, o que explica a diferença no indicador de consumo por área. A unidade A possui sistema alternativo e menor número de equipamentos hidrossanitários e assim era esperado que tivesse consumo menor que a unidade B, o que não ocorreu. Durante o período analisado, a unidade A passou por obras e precisou realizar o esvaziamento total do reservatório para fins de manutenção, o que justifica os valores encontrados. Verificou-se a sazonalidade no consumo ao longo do tempo considerando os 24 meses de dados disponíveis. Utilizando o teste de Kruskal-Wallis, os dados de consumo de água nas unidades A (p-valor = 0,088) e B (p-valor = 0,222) não apontam presença de sazonalidade.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de encontrar o indicador de consumo de água nas unidades da APAE em Santa Catarina. Duas unidades foram selecionadas para a realização das análises. Os dados coletados com as unidades da APAE e com as concessionárias de abastecimento de água foram utilizados para alcançar o objetivo proposto. Análises descritivas foram realizadas para determinar a distribuição dos dados e identificar o consumo médio nas unidades da APAE.

O consumo médio *per capita* variou entre 9,03 e 15,50 litros/aluno/dia. O consumo médio por área variou entre 1,36 e 3,76 litros/m²/dia. O teste de Kruskal-Wallis não aponta presença de sazonalidade para as unidades estudadas. A análise dos indicadores de consumo para a pessoa com deficiência é um tema pouco explorado, o que denota uma oportunidade para estudos futuros. Embora este trabalho apresente o consumo de duas unidades da APAE, ele pode ser replicado e a amostra, ampliada. Os resultados deste estudo servem de estímulo para novas pesquisas relacionadas ao consumo de água e a pessoa com deficiência.

Por meio dos resultados apresentados é possível perceber que o consumo de água da pessoa com deficiência no ambiente escolar está próximo dos resultados encontrados por outros autores em escolas estaduais e municipais. Neste estudo verifica-se uma diferença entre os consumos *per capita* e por área das unidades A e B. Durante o período analisado, a unidade A passou por obras e precisou realizar o esvaziamento total do reservatório para fins de manutenção. Na continuidade da pesquisa pretende-se explorar outros fatores, como a presença de aparelhos economizadores e frequência dos alunos. Além disso, é importante avaliar o efeito da instalação do sistema alternativo ao longo do tempo. Uma limitação da presente pesquisa é que não se teve acesso a dados de consumo diário, apenas a dados de consumo mensais das unidades da APAE. Da mesma forma, se teve acesso apenas ao número de alunos matriculados e não aos que frequentavam diariamente as unidades da APAE analisadas. Como os dados foram obtidos por meio de questionário, não foi possível realizar visitas técnicas por se tratar de unidades da APAE em diferentes cidades. Esta é outra limitação desta pesquisa e, ao mesmo tempo, uma oportunidade para trabalhos futuros.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à Federação das APAEs do Estado de Santa Catarina pelo apoio recebido e às concessionárias municipais pela disponibilização dos dados de consumo de água. As autoras agradecem o apoio recebido do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico [423090/2021-6] e da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina—FAPESC [2021TR837].

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021**: relatório pleno. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - Brasília: ANA, 2022. 105 p. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura_2021_pdf_final_revdirec.pdf. Acesso em: 15 maio 2023.

ANTUNES, Lucas Niehuns; GHISI, Enedir. Water and energy consumption in schools: case studies in brazil. **Environment, Development and Sustainability**, [S.L.], v. 22, n. 5, p. 4225-4249, 23 maio 2019. Springer Science and Business Media LLC. http://dx.doi.org/10.1007/s10668-019-00380-x

BRASIL. Constituição (1977). Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos.** Brasília, DF, Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 15 maio 2023.

FASOLA, Gabriel Balparda; GHISI, Enedir; MARINOSKI, Ana Kelly; BORINELLI, Jaffer Bressan. Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 4, n. 11, p. 65-78, dez. 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ac/a/yHNngyMMYvDtF6QQ6tJKNQd/?format=pdf. Acesso em: 15 maio 2023.

FEDERAÇÃO NACIONAL DAS APAES – FNA (Brasil). **Quem somos.** Disponível em: https://apaebrasil.org.br/conteudo/quem-somos. Acesso em: 06 jun. 2023.

GREIMAN, Lillie et al. A usable home: a qualitative investigation of the relationship between home usability and community participation for people with disabilities. **Disability and Health Journal**, v. 15, n. 1, p. 1-7, jan. 2022. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.dhjo.2021.101211.

HAAS, Clarissa; PANTALEÃO, Edson; ORLANDO, Rosimeire Maria; BAPTISTA, Claudio Roberto. Rodas de pesquisa e formação em educação especial: as trajetórias de estudantes com deficiência. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 97, n. 247, p. 570-582, dez. 2016. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s2176-6681/278333701.

HYNDMAN, R (2021). **_fpp3: Data for "Forecasting: Principles and Practice" (3rd Edition)**. R package version 0.4.0. Disponível em: https://CRAN.R-project.org/package=fpp3

HUSSIEN, Wa'el A.; MEMON, Fayyaz A.; SAVIC, Dragan A.. Assessing and Modelling the Influence of Household Characteristics on Per Capita Water Consumption. **Water Resources Management**, v. 30, n. 9, p. 2931-2955, 26 abr. 2016. Springer Science and Business Media LLC. http://dx.doi.org/10.1007/s11269-016-1314-x.

INSTITUTE FOR HEALTH METRICS AND EVALUATION - IHME (United States of America). Results from the 2019 Global Burden of Disease (GBD) study. Disponível em: https://vizhub.healthdata.org/gbd-results/. Acesso em: 28 out. 2022.

KRUSKAL, W. H., WALLIS, W. A. Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis. **Journal of the American Statistical Association**, 47(260), 583–621, 1952. https://doi.org/10.2307/2280779

OLLECH D (2021). **_Seastests: Seasonality Tests_**. R package version 0.15.4. Disponível em: https://CRAN.R-project.org/package=seastests

R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/. 2023.

SCHULTT, Jéssica D. C.; KALBUSCH, Andreza; HENNING, Elisa. Factors influencing water consumption in public schools in Southern Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, v. 24, n. 1, p. 1411-1427, 3 maio 2021. Springer Science and Business Media LLC. http://dx.doi.org/10.1007/s10668-021-01473-2.

UNITED NATIONS (United States Of America) - UN. Department Of Economic And Social Affairs (Desa). **The Sustainable Development Goals Report**. New York: Department Of Economic And Social Affairs (Desa), 2022. Disponível em: https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2022.pdf. Acesso em: 15 maio 2023

VEIGA, Fabiano da; KALBUSCH, Andreza; HENNING, Elisa. Drivers of urban water consumption in Brazil: a countrywide, cross-sectional study. **Urban Water Journal**, [S.L.], p. 1-9, 28 fev. 2022. Informa UK Limited. http://dx.doi.org/10.1080/1573062x.2022.2041049.

WENHOLD, Friede; FABER, Mieke. Water in nutritional health of individuals and households: an overview. **Water SA**, South Africa, v. 35, n. 1, p. 61-71, 1 jan. 2019

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

ANÁLISE DO CONSUMO DE ÁGUA EM AGÊNCIAS BANCÁRIAS UTILIZANDO GRÁFICOS DE CONTROLE: EVIDÊNCIAS DE UMA AGÊNCIA BANCÁRIA EM JOINVILLE

Bank branch water consumption analysis using control charts: a case study in Joinville

Lucas Lepinski Golin Freitas [1]; Andreza Kalbusch [2]; Elisa Henning [3]; Marcio Ferreira de Lima [4]

Recebido em 07 de junho de 2023, aprovado em 20 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

Palavras-chave:
Gráficos de Controle
Consumo de água
Sustentabilidade
Edificações públicas
Monitoramento Estatístico

Keywords:
Control charts
Water consumption
Sustainability
Public buildings
Statistical monitoring

RESUMO: O monitoramento remoto do consumo de água em edificações, com frequência diária e horária, apresenta-se como um possível método para implementar medidas rápidas e eficazes para reduzir o desperdício de água. O objetivo deste trabalho foi analisar o desempenho de dois tipos de gráficos de controle estatístico de processos no monitoramento de consumo de água em uma agência bancária localizada na cidade de Joinville, Brasil. Os gráficos de controle foram utilizados para identificar eventos atípicos que ocorreram durante o período de coleta de dados, de 31/10/2018 até 03/11/2019. Os gráficos de controle estatístico de Shewhart e EWMA foram selecionados para análise neste estudo. A média de consumo diário encontrada foi de 4,51 m³/dia. Ambos os modelos de gráfico apresentaram resultados satisfatórios quanto à detecção de vazamentos e consumo excessivo de água, assim como a detecção de eventos atípicos ocorridos durante o período analisado. Complementarmente, o gráfico EWMA apresentou melhor desempenho para a detecção de pequenas variações de consumo.

ABSTRACT: Remotely monitoring water consumption in buildings, by daily and hourly intervals, is presented as a possible fast and reliable method for implementing procedures to reduce the amount of wasted water. The objective of this study was to analyse the performance of two distinct statistical control charts when used to monitor the water consumption in a bank agency located in the city of Joinville, Brazil. The control charts were used in order to identify special events that occurred during the data gathering period, ranging from 10/31/2018 to 11/03/2019. The statistical control charts selected for this study were the Shewhart and EWMA charts. The average daily water consumption found was 4.51 m³/day. Both types of charts presented satisfactory results in detecting leakages and excessive water consumption, as well as the detection of unusual events that occurred during the analysed period. Complementarily, the EWMA chart performed better in the detection of small water volume shifts.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **FREITAS, Lucas Lepinski Golin**: Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville – Santa Catarina, lgolin4@gmail.com.

[2] **KALBUSCH, Andreza**: Doutora em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Joinville-SC, Brasil. andreza.kalbusch@udesc.br.

[3] **HENNING, Elisa**: Doutora em Engenharia de Produção, Departamento de Matemática, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Joinville-SC, Brasil. elisa.henning@udesc.br.

[4] **LIMA, Marcio Ferreira de**: Engenheiro de Produção. Mestre em Meio Ambiente Urbano e Industrial (Engenharia Química - UFPR) - Caixa Econômica Federal, marcio.f.lima@caixa.gov.br.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das sociedades atuais é fortemente pautado na interdependência entre as ambições sociais e a disponibilidade e qualidade dos recursos naturais, como a água (COSGROVE; LOUCKS, 2015). Entretanto, nas últimas décadas, o aumento percentual do uso da água em escala global superou os percentuais de crescimento populacional, levando diversas regiões do mundo a situações de estresse hídrico (COSGROVE e LOUCKS, 2015). O planejamento e implementação de estratégias de gestão da demanda de água é importante para garantir o abastecimento de água de maneira econômica e confiável (COMINOLA *et al*., 2015). Neste sentido, monitorar o consumo de água é essencial para uma adequada gestão do uso da água pois permite o conhecimento detalhado dos padrões de consumo (COMINOLA *et al*., 2015).

Britton *et al*. (2008) mencionam que a utilização de sistemas de monitoramento remoto do consumo de água gera benefícios como decréscimo do uso de água, otimização do processo de bombeamento de água e aumento no tempo de vida da infraestrutura. Kim *et al*. (2008) mencionam a importância de novas tecnologias e métodos no processo de monitoramento de recursos hídricos com intuito de reduzir perdas ocasionadas por desperdício e/ou vazamentos.

Os Gráficos de Controle Estatístico (GCE) são ferramentas utilizadas para controle estatístico, com origem no setor produtivo, mas vêm ampliando suas aplicações nas últimas décadas em diferentes setores da sociedade (SHAMSUZZAMAN *et al*., 2016). Vasconcellos *et al*. (2020) aplicaram gráficos de controle para monitorar a vazão de água em usinas de pequeno porte no país. Wan *et al*. (2022) propuseram um sistema de detecção de vazamento on-line baseado no uso de gráficos de controle adaptados. Freitas *et al*. (2019) utilizaram gráficos de controle para monitorar o consumo de água em bacias sanitárias antes e após a troca dos acabamentos de válvulas de descarga por modelos de duplo acionamento em um edifício de um campus universitário. Assim, os GCE apresentam-se como uma alternativa para o monitoramento do consumo de água. O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a utilização de Gráficos de Controle Estatístico para monitoramento de consumo de água em agências bancárias, a partir da análise de um estudo de caso.

2 GRÁFICOS DE CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS

A área de controle de qualidade estatístico pode ser definida de forma ampla por métodos estatísticos e de engenharia utilizados em medições, monitoramento, controle e melhoria de qualidade (MONTGOMERY e RUNGER, 2003).

Um gráfico de controle pode ser definido por pontos que representam uma estatística de medições de amostras obtidas em um determinado processo ao longo do tempo (MONTGOMERY, 2012). Utilizando-se da média, é determinada uma Linha Central (LC), que representa o valor médio dos dados coletados correspondentes a um estágio do processo que está sob controle. Um processo é definido como sob controle quando todos os pontos amostrais coletados apresentam valores satisfatórios e/ou esperados dentro do contexto do processo. Por esta razão Limites de Controle são utilizados para determinar se pontos amostrais coletados posteriormente estão de acordo com os parâmetros esperados (MONTGOMERY, 2012).

Limites de controle são duas linhas horizontais de referência denominadas de 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. Os gráficos de controle são normalmente segmentados em duas seções: Fase 1, que representa os dados sob controle estatístico e que são utilizados para calcular os limites de controle, e Fase 2, que representa os dados em que se deseja exercer controle estatístico, ou seja, a fase de monitoramento do processo (MONTGOMERY e RUNGER, 2003).

Os gráficos de controle de Shewhart, propostos em 1931, são amplamente utilizados para o controle de processos em diversos setores da indústria, e podem ser operados com amostras agrupadas ou observações individuais (QIU, 2014). Os limites de controle LCS, CL e LCI para o gráfico de Shewhart são expressos, respectivamente, pelas Equações 1, 2 e 3 (MONTGOMERY e RUNGER, 2003).

$$LCS = \bar{X} + 3 * \hat{\sigma} \quad \text{(Eq. 1)}$$

$$CL = \bar{X} \quad \text{(Eq. 2)}$$

$$LCI = \bar{X} - 3 * \hat{\sigma} \quad \text{(Eq. 3)}$$

Sendo $\bar{X}$ a média amostral e $\hat{\sigma}$ o desvio padrão das observações originais, definido pela Equação 4 (MONTGOMERY; RUNGER, 2003).

$$\hat{\sigma} = \frac{\overline{MR}}{d_2} \quad \text{(Eq. 4)}$$

Sendo $\overline{MR}$ o intervalo móvel de duas observações consecutivas, de acordo com a Equação 5 (MONTGOMERY; RUNGER, 2003), e d_2 representa a média de distribuição do intervalo relativo do processo, que para um gráfico de observações individuais, possui valor de 1,128.

$$\overline{MR} = |X_i - X_{i-1}| \quad \text{(Eq. 5)}$$

Uma desvantagem do gráfico Shewhart é sua baixa sensibilidade para detectar pequenas variações no processo. Uma razão é que o gráfico de Shewhart utiliza somente a informação do último ponto computado, e ignora a informação contida na sequência de pontos (MONTGOMERY; RUNGER, 2003). Uma alternativa ao gráfico de Shewhart é o gráfico de Média Móvel com Ponderação Exponencial (EWMA) (ROBERTS, 2000). O EWMA é construído baseando-se em uma média ponderada de todas as observações disponíveis até um determinado instante, atribuindo pesos para as informações. Assumindo as observações originais como $X_1, X_2, \ldots X_i$, e $Z_1, Z_2, \ldots Z_i$ como as observações com seus pesos respectivos atribuídos, o gráfico EWMA é definido pela Equação 6 (MONTGOMERY e RUNGER, 2003).

$$Z_i = \lambda * X_i + (1 - \lambda) * Z_{i-1} \quad \text{(Eq. 6)}$$

Sendo X_i o valor mais recente observado, λ o parâmetro de peso ($\lambda \in (0,1]$), e o valor inicial é o próprio valor nominal ($Z_1 = X_1$). Da Equação 6, é possível inferir a Equação 7 (MONTGOMERY, 2012).

$$Z_i = \lambda * \sum_{j=1}^{i} (1 - \lambda)^{i-j} * X_j + (1 - \lambda)^i * \bar{X} \quad \text{(Eq. 7)}$$

O peso λ é expresso pela Equação 8 (MONTGOMERY, 2012).

$$1 = \lambda * \sum_{j=1}^{i} (1 - \lambda)^{i-j} * X_j + (1 - \lambda)^i \quad \text{(Eq. 8)}$$

Z_i é a média ponderada de $\bar{X}$ e de todas as observações coletadas até o ponto i, e que o peso $\lambda * (1 - \lambda)^{i-j}$ obtido da observação i decai exponecialmente quando i se distancia de j. Também pode ser observado que quando se opta por um λ maior, um peso maior será

atribuído à observação atual X_i e um peso menor será atribuído às observações anteriores. O oposto ocorre quanto menor for o valor de λ. No caso particular $\lambda = 1$ observamos que $Z_i = X_i$, e o gráfico EWMA se torna um gráfico de Shewhart (QIU, 2014).

Assumindo que as observações X_i são variáveis independentes e com variância σ^2, então a variância de Z_i é dada pela Equação 9 (QIU, 2014).

$$\sigma_{Zi}^2 = \sigma^2 * \left(\frac{\lambda}{2-\lambda}\right) * (1 - (1-\lambda)^{2i}) \quad \text{(Eq. 9)}$$

A linha central (CL) corresponde à média das observações, e o cálculo dos limites de controle UCL e LCL, respectivamente, é apresentado nas Equações 10 e 11 (QIU, 2014).

$$UCL = \mu_0 + L * \sigma * \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2-\lambda}\right)(1 - (1-\lambda)^{2i})} \quad \text{(Eq. 10)}$$

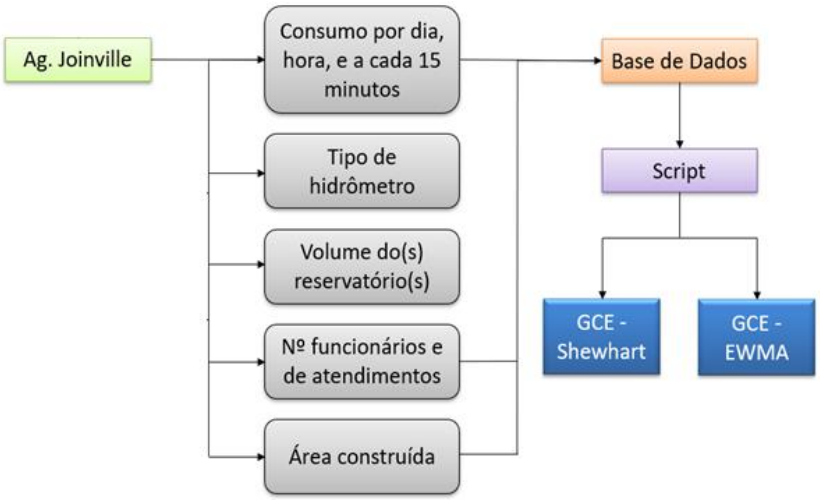
$$LCL = \mu_0 - L * \sigma * \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2-\lambda}\right)(1 - (1-\lambda)^{2i})} \quad \text{(Eq. 11)}$$

L corresponde à extensão dos limites de controle sendo um valor frequentemente utilizado para L é 3 (MONGOMERY; RUNGER, 2003). Pequenos valores para λ são bons para detectar pequenas variações no processo, enquanto que valores maiores para λ apresentam um melhor desempenho para detectar grandes variações (QIU, 2014). O valor de λ adotado neste estudo foi de 0,2.

3 METODOLOGIA

Para a elaboração dos gráficos de controle foi realizada a coleta de dados de consumo de água da agência utilizando um sistema de telemetria. O sistema realiza leituras de consumo de água a cada 15 minutos, 24 horas por dia. Os dados foram obtidos em três formatos: consumo por dia, por hora e a cada 15 minutos. Complementarmente foram obtidas informações referentes ao tipo de hidrômetro, quantidade e volume dos reservatórios, número de funcionários, número de atendimentos diários e área construída da agência bancária. Para complementar as informações obtidas e averiguar características que pudessem influenciar o consumo de água, foi realizada uma vistoria na agência bancária. O Fluxograma presente na Figura 1 apresenta os procedimentos metodológicos empregados.

Figura 1 – Procedimentos metodológicos empregados



Fonte: autor.

A agência está localizada no município de Joinville, Santa Catarina e possui área interna de 2.032,23 m², garagem coberta com 312,08 m², que em conjunto com as áreas externas totalizam uma área construída de 3.165,40 m². Foi inaugurada no dia 01/06/1978 e durante o período deste estudo contava com 57 funcionários. A estrutura da agência é constituída pelo pavimento térreo, pavimento superior (primeiro andar), mezanino e subsolo.

O hidrômetro do tipo unijato instalado na agência possui uma vazão nominal de 1,50 m³/h. A agência possui dois reservatórios de água, um deles localizado no subsolo com capacidade de 30.000 litros, e outro reservatório superior com capacidade de 20.000 litros. Na agência constam os seguintes equipamentos sanitários: 28 bacias sanitárias (duas com válvula de descarga e 26 com caixa acoplada), um mictório, 18 lavatórios, seis bebedouros (três reservados ao público e três reservados aos funcionários) e três torneiras. A agência não possui nenhum sistema alternativo de abastecimento e possui um sistema de resfriamento a água (ar condicionado).

Os gráficos de controle de Shewhart e EWMA foram gerados utilizando os dados disponíveis nos seguintes formatos: consumo por hora e consumo diário. Devido à grande e rápida variação presente nas leituras horárias, optou-se por alargar os limites sigma, na ordem de 3 sigmas para 6 sigmas. A utilização de limites alargados é também uma alternativa para contornar dados auto correlacionados (CLARO *et al*., 2007). Foi utilizada a linguagem R (R CORE TEAM, 2021) e o pacote qcc (SCRUCCA, 2004) para a construção dos gráficos de controle.

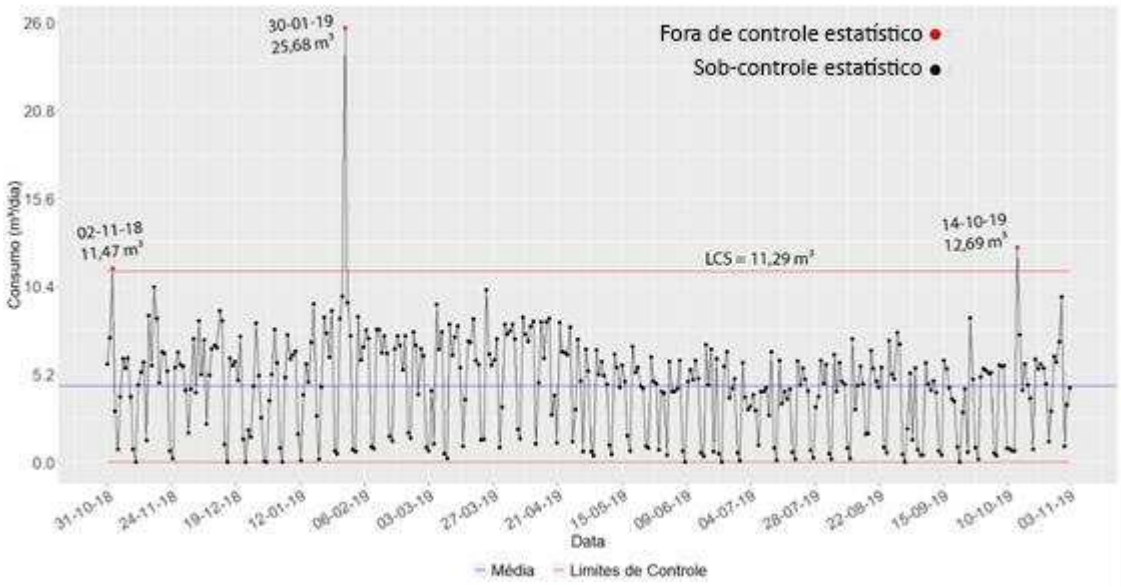
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidas 369 leituras diárias e 8.856 leituras horárias, correspondentes ao período de 31/10/2018 a 03/11/2019, representando um total de 10 meses consecutivos de coleta de dados. Os gráficos presentes nas Figuras 2 e 3 expressam, respectivamente, gráficos de controle de Shewhart e EWMA de consumo diário para a agência de Joinville. Considerando os dados diários, na agência bancária foi encontrada a média de consumo diário de 4,51 m³/dia, consumo máximo de 25,68 m³/dia e desvio padrão de 2,94 m³/dia.

No dia 30/01/2019 ocorreu um consumo alto atípico, como demonstrado nos gráficos pelos pontos acima da LCS. De acordo com a vistoria realizada na agência, este consumo foi provavelmente causado por pessoas em situação de rua utilizando uma torneira na parte externa da agência. De acordo com as informações obtidas junto à gerência da agência, essas pessoas realizavam a abertura da torneira utilizando uma chave manual improvisada, porém não realizavam o fechamento após o uso, o que ocasionou o consumo atípico (25,68 m³/dia) observado nos gráficos.

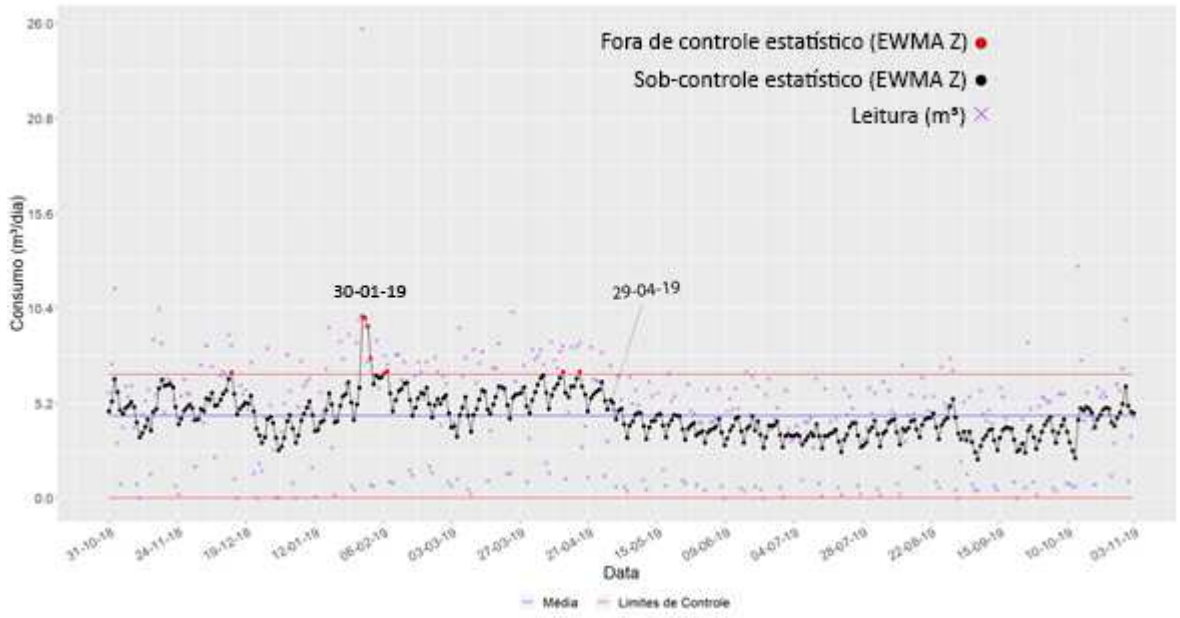
É possível identificar este evento nas Figuras 2 e 3. Todavia, o gráfico EWMA (Figura 3) apresentou três dias consecutivos (31/01/2019, 01/02/2019 e 02/02/2019) como fora de controle, isso ocorreu devido à natureza do gráfico EWMA, que atribui peso às variáveis de acordo com as observações antigas (neste caso o consumo atípico do dia 30/01/2019). Sendo assim, os demais dias foram considerados alarmes falsos. Também foi possível observar uma gradual redução na média de consumo a partir do dia 29/04/2019. Este decréscimo foi mais visível no gráfico EWMA (Figura 3), em razão do potencial do gráfico EWMA para detectar pequenas e graduais mudanças.

Figura 2 – Gráfico de controle de Shewhart – Consumo diário



Fonte: autor.

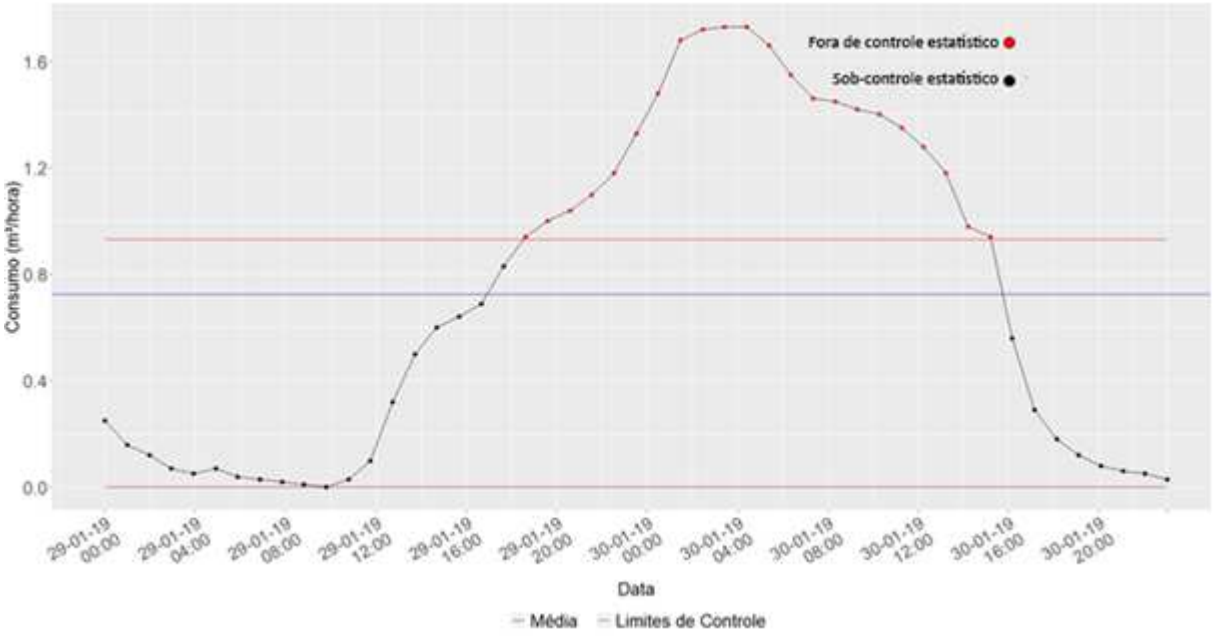
Figura 3 – Gráfico de controle EWMA – Consumo diário



Fonte: autor.

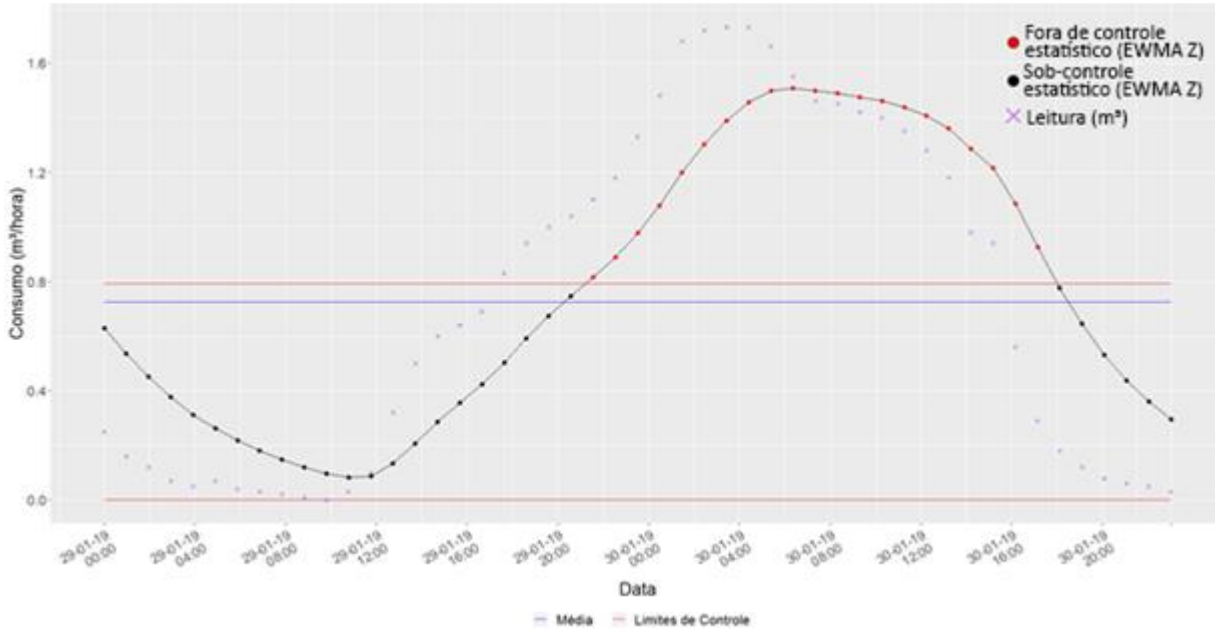
Nos gráficos presentes nas Figuras 4 e 5 podem-se observar respectivamente os Gráficos de Controle de Shewhart e EWMA em intervalo horário no período de 29/01/2019 até o final do dia 30/01/2019 para a agência de Joinville.

Figura 4 – Gráfico de controle de Shewhart: Consumo horário no período de 29/01/2019 até 30/01/2019



Fonte: autor.

Figura 5 – Gráfico de controle EWMA – Consumo horário no período de 29/01/2019 até 30/01/2019



Fonte: autor.

Como pode ser observado nas Figuras 4 e 5, o consumo atípico inicia no período noturno do dia 29 e finalmente volta ao normal ao final do período vespertino do dia 30, indicando que a torneira externa foi fechada.

5 CONCLUSÕES

Ambos os tipos de gráficos de controle abordados neste estudo apresentaram um bom desempenho quanto ao monitoramento do consumo de água da agência, salientando as vantagens e desvantagens de cada gráfico, como o rápido tempo de resposta perante a grandes variações no processo demonstrado pelos gráficos de Shewhart e a alta sensibilidade do gráfico EWMA para detecção de pequenas variações no processo. Tais diferenças demonstram que um monitoramento ideal do consumo de água poderia fazer uso de ambos os modelos consecutivamente. Existem outros modelos de gráficos de controle não abordados nesta pesquisa que, mediante estudo e análise, podem também ser incorporados ao sistema de monitoramento.

Os gráficos podem ser implementados em sistemas de telemetria, com os gráficos sendo gerados em função do intervalo de tempo de coleta de amostras (consumo horário, diário, mensal, etc.). Quanto menor for este intervalo de tempo, possivelmente menor será o tempo de resposta para a identificação e subsequente correção de problemas no sistema. Os gráficos não necessariamente precisam ser avaliados visualmente, uma vez que pode-se utilizar de um algoritmo incorporado ao sistema de medição de consumo que avalie se um ponto está sob ou fora de controle estatístico. Se um ponto fora de controle estatístico fosse detectado, o algoritmo enviaria um alerta para o gestor de sistema, que assim poderia dar continuidade no processo de investigação do problema.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio recebido do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico [423090/2021-6] e da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina—FAPESC [2023TR334].

REFERÊNCIAS

BRITTON, T.; COLE, G.; STEWART, R.; WISKAR, D. Remote Diagnosis of leakage in residential households. **Water**, Australia, v. 35, n. 6, p. 56-60, 2009.

CLARO, F. A. E.; COSTA, A. F. B.; MACHADO, M. A. G. Gráficos de controle de EWMA e de Xbar para monitoramento de processos autocorrelacionados. **Produção**, v. 17, n. 3, p. 536-546, 2007.

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

COSGROVE, W. J.; LOUCKS, D. P. Water management: Current and future challenges and research directions, **Water Resour. Res**., v. 51, p. 4823– 4839, 2015.

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

KIM, Y.; SCHMID, T.; CHARBIWALA, Z. M.; FRIEDMAN, J.; SRIVASTAVA, M. B.; NAWMS: Nonintrusive autonomous water monitoring system. *In*: 6 ed. ASSOCIATION FOR COMPUTING MACHINERY - ACM CONFERENCE ON EMBEDDED NETWORK SENSOR SYSTEMS, 2008, Nova York. **Anais Eletrônicos**.

MONTGOMERY, Douglas C.; RUNGER, George C. **Applied Statistics and Probability for Engineers**. 3. ed. Estados Unidos da América: John Wiley & Sons. 2003.

MONTGOMERY, D. C. (2012). **Introduction to Statistical Quality Control**. 7. ed. Estados Unidos da América: John Wiley & Sons. 2012.

QIU, P. **Introduction to statistical process control**. Estados Unidos da America, Universidade da Florida: Chapman and Hall/CRC. 2014. Disponível em: https://www.routledge.com/Introduction-to-Statistical-Process-Control/Qiu/p/book/9781439847992. Acesso em: 10 dez. 2020.

R CORE TEAM. A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2018. Disponível em: https://cran.r-project.org/bin/windows/. Acesso em 01. abr. 2021.

ROBERTS, S.W. Control Charts Tests Based on Geometric Moving Averages. **Technometrics**, Reino Unido, v. 42, p. 97-101, 2000. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/1271439?seq=1#metadata_info_tab_contents. Acesso em: 19 mai. 2019.

SCRUCCA, L. qcc: **An R package for quality control charting and statistical process control**. R News 4/1, 11-17. 2004.

SHAMSUZZAMAN, M.; KHOO, M. B. C.; HARIDY, S.; ALSYOUF, I. An optimization design of the combined Shewhart-EWMA control chart. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, Londres, v. 86, p. 1627-1637, 2016.

VASCONCELLOS, Bruna T. C.; FILHO, Geraldo L. T.; BONATTO, Benedito D.; DE SOUZA JUNIOR, Oswaldo H. Applying an Exponentially Weighted Moving Average control chart using flow history and assured energy levels to small hydroelectric power plants, **Brazilian Journal of Water Resources**, Brasil, v. 25, 2020. https://doi.org/10.1590/2318-0331.252020190159.

WAN, Xi; FARMANI, Raziyeh; KEEDWELL, Edward. Online leakage detection system based on EWMA-enhanced - Tukey method for water distribution systems, **Hydroinformatics**, Reino Unido, v. 25, n. 1, p. 51-69, 2022. https://doi.org/10.1590/2318-0331.252020190159.

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 · JOINVILLE - SC

VERIFICAÇÃO DO PERFIL DE CONSUMO DE ÁGUA NO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

Water consumption profile verification of a University Restaurant at the Federal University of Goiás

Luiz Carlos Martins Junior [1]; Marcelus Isaac Lemos Gomes [2]; Dariane Gomes Rocha [3]; Ricardo Prado Abreu Reis[4]

Recebido em 09 de junho de 2023, aprovado em 26 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

Palavras-chave:

Restaurante,

Restaurante universitário,

Conservação de água,

Perfil de consumo

Keywords:

Restaurant,

Water conservation,

Water consumption profile.

RESUMO: Neste artigo é apresentado um estudo sobre a avaliação do perfil de consumo de água de um restaurante universitário. O perfil de consumo é um parâmetro essencial para a determinação de ações de intervenção e medidas de conservação de água. Para tanto, foram observados, durante 25 dias, os perfis de consumo de água e o número de refeições servidas no Restaurante Universitário da Universidade Federal de Goiás (UFG). Os resultados obtidos indicaram um perfil de consumo médio de água por refeição preparada de 24,09 litros, pouco abaixo do valor recomendado pela literatura de 25 litros. Foi observado que o maior consumo de água ocorre aos sábados, quando é realizada limpeza geral do restaurante. Esse resultado é de interesse para pesquisadores, estudantes e projetistas interessados no consumo de água em restaurantes universitários, destacando a importância do monitoramento, controle e conscientização sobre a conservação desse recurso.

ABSTRACT: This paper presents a study of water consumption profile of a university restaurant. The water consumption profile is an essential parameter for determining intervention actions and water conservation measures. For this purpose, water consumption profiles and the number of meals served at the University Restaurant of the Federal University of Goiás (UFG) were observed for 25 days. The results indicated an average of water consumption profile of 24.09 liters per prepared meal, slightly above the value recommended in the literature of 25 liters. It was observed that the highest water consumption occurred on Saturdays when a general cleaning of the restaurant took place. These findings are of interest to researchers, students, and project designers concerned with water consumption in university restaurants, emphasizing the importance of monitoring, control, and awareness regarding the conservation of this resource.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **MARTINS JUNIOR, Luiz Carlos**: Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de Goiás, junior_martins@ufg.br

[2] **LEMOS GOMES, Marcelus Isaac**: Eng. Civil MSc. Universidade Federal de Goiás, marcelus@ufg.br

[3] **ROCHA, Dariane Gomes**: Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de Goiás, darianegomes@outlook.com

[4] **REIS, Ricardo Prado Abreu**: Eng. Civil Dr. Docente da Universidade Federal de Goiás, ricardo_reis@ufg.br

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que investimentos em saneamento e ações de uso racional e de conservação de água, que preservem o acesso à água potável, são aspectos primordiais para a manutenção do desenvolvimento humano e a preservação da saúde (OMS, 2022). Nesse contexto, a adoção de práticas de conservação de água no ambiente construído se torna essencial, e para isso, o conhecimento do perfil de consumo e a identificação das particularidades dos usos finais são de grande importância para o estabelecimento de planos consistentes e eficientes.

Dentre as diversas tipologias de edificações urbanas, os restaurantes universitários (RU) desempenham um papel crucial na alimentação de estudantes, o que é prática essencial para o apoio das ações de ensino. No entanto, essas unidades também são responsáveis por uma parcela considerável do consumo de água das instituições de ensino superior. Portanto, compreender o consumo de água nesses estabelecimentos é fundamental para identificar oportunidades de economia e adoção de práticas mais sustentáveis.

Um exemplo de pesquisa conduzida pela Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERS) em janeiro de 2020, intitulada "Panorama de Consumo e Desperdício de Água em Restaurante Universitário", realizada por Ana Dália Fernandes Costa (COSTA, 2020), permitiu observar que as bacias sanitárias se destacaram como a principal fonte de desperdício de água, correspondendo a 41,98% do uso total de água no restaurante analisado. Em sequência, as torneiras e chuveiros contribuíram com 13,11% e 28,27%, respectivamente, enquanto os mictórios e vazamentos representaram 6,91% e 9,73% do consumo total. Esses resultados ressaltam a importância de direcionar esforços para o gerenciamento eficiente do consumo de água, com ênfase na redução de desperdícios e na promoção de práticas sustentáveis.

Além disso, é fundamental que os gestores dos estabelecimentos de alimentação profissional estejam atentos aos benefícios da adoção de práticas sustentáveis, conforme apontado por Puntel e Marinho (2015). A percepção da sustentabilidade ambiental em restaurantes buffet demonstra que a economia de recursos naturais, como a água, não apenas contribui para a preservação do meio ambiente, mas também impacta positivamente a rentabilidade do negócio. Por exemplo, um estudo relacionando a redução da pegada hídrica nas refeições de restaurantes universitários com o planejamento adequado do cardápio foi conduzido por Strasburg e Jahno (2023).

Diante desse contexto, torna-se relevante identificar e implementar medidas eficazes para reduzir o consumo hídrico nas operações diárias desses estabelecimentos. Dentre as ações recomendadas, destacam-se a substituição de sistemas convencionais de abastecimento por dispositivos economizadores de água, a instalação de sistemas de medição para monitorar o consumo em cada setor, bem como a pronta identificação e correção de possíveis vazamentos. Ademais, a reutilização e reciclagem da água servida emergem como práticas promissoras para promover um uso mais responsável e consciente desse recurso vital. Nesse sentido, tecnologias como torneiras acionadas por pedais com fluxo controlado pelos pés e torneiras com bocais dotados de chuveiros dispersantes que alcançam até a metade da cuba da pia podem se mostrar aliadas valiosas na busca pela eficiência hídrica e sustentabilidade dos estabelecimentos gastronômicos. No entanto, é importante considerar que aplicar indicadores de consumo de água em campus universitário pode apresentar desafios iniciais na coleta de dados (MENEGASSI, 2012).

Na literatura, observam-se indicações como a da Videira Saneamento (VISAN, s.d.), concessionária de água do estado de Santa Catarina, que sugere um consumo de 25 litros de água por refeição produzida como parâmetro para estimar o consumo de água em edificações do tipo comercial/pública com uso final de restaurante. Por outro lado, o estudo de Souza et al. (2012), realizado com aproximadamente doze restaurantes em Cascavel - PR, observou um consumo médio de 11 litros por refeição servida, inferior aos 25 litros por refeição sugeridos para estimativa.

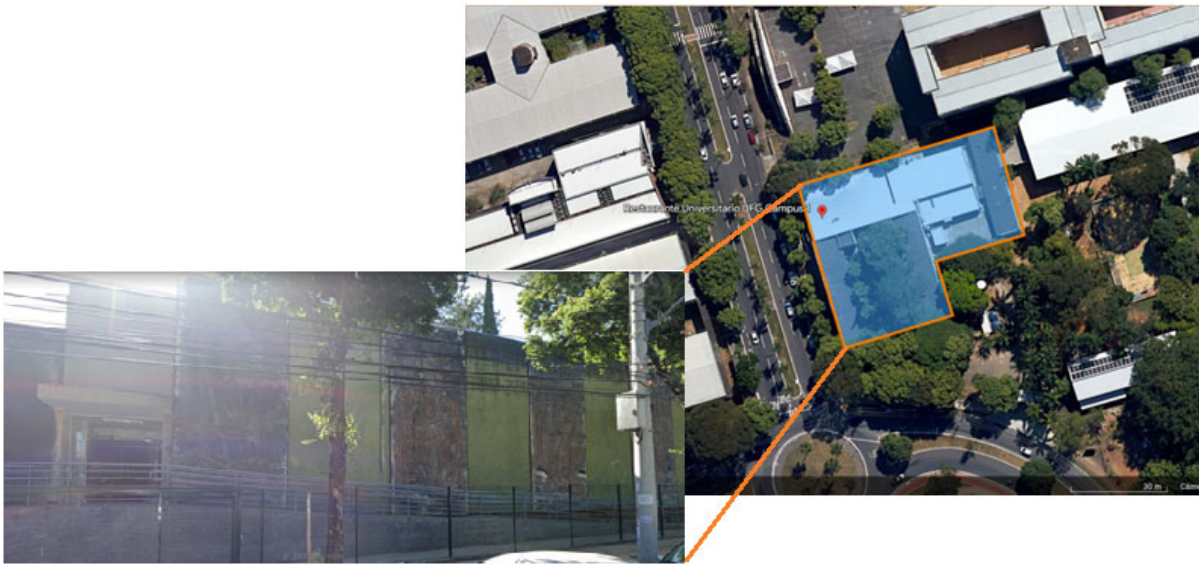
Diante do exposto, este artigo teve como objetivo descrever o consumo de água em restaurantes universitários por meio de um estudo de caso contemplando o monitoramento do consumo de água e a contabilização das refeições produzidas diariamente. O estudo permitiu realizar comparações do consumo observado com os indicados na literatura, bem como realizar uma análise detalhada para verificar possíveis padrões e tendências de consumo.

2 ESTUDO DE CASO

O estudo de determinação do perfil de consumo de água foi realizado no RU da Universidade Federal de Goiás (UFG) - Goiânia – GO (Figura 1). O prédio possui um pavimento, 1.746 m² de área construída e produção média em 2019 de 62.500 refeições (PRAE/UFG, 2019). As refeições são servidas de segunda-feira a sábado, atendendo a aproximadamente 1.190 pessoas por dia. No mês de realização do estudo a temperatura média do ar ficou entre 18°C a 26°C e a umidade relativa do ar ficou entre 20% a 40% (INMET, 2022).

A edificação possui hidrômetro classe “b” para a medição de consumo de água instalado antes dos reservatórios de distribuição. Funcionários e consumidores das refeições são os usuários que consomem água na edificação. A água consumida destina-se à preparação alimentos, a limpeza e consumo nos banheiros. O Quadro 1 apresenta a relação dos pontos de consumo de água.

Figura 1 – Restaurante universitário da Universidade Federal de Goiás (UFG)



Fonte: Adaptado de Google Earth Online (2023).

Quadro 1 – Relação dos pontos de consumo de água e uso final

Tipo de ponto de consumo	Uso final	Quantidade
Torneiras	Lavagem de alimentos/limpeza dos ambientes	17
Bacias sanitárias	Descarga (banheiros)	8
Torneiras	Lavagem das mãos (banheiros)	11
Torneiras	Lavagem das mãos (entrada/saída)	2

Fonte: Os autores (2023)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Além do hidrômetro existente (hidrômetro 01), foi instalado um hidrômetro digital ultrassônico, classe "D" (hidrômetro 02), após os reservatórios de água, para coleta do volume de água de fato consumido em tempo real.

Para analisar o consumo de água no restaurante e a relação entre o volume consumido e o volume fornecido, foram coletados diariamente os registros de água em ambos os hidrômetros, ao longo de um período de 25 dias. Os dados foram sempre registrados no mesmo horário (8:00 AM), a fim de garantir sua consistência e comparabilidade.

Durante o período de estudo, além do levantamento diário dos volumes de água, foram registradas as informações relacionadas à produção das refeições servidas nos três períodos do dia: café da manhã, composto por leite, café, chá, pão francês, quitanda e fruta; almoço e jantar, compostos por salada, prato proteico, guarnição, acompanhamento, refresco e sobremesa. Os dados de consumo de água e de refeições produzidas, obtidos junto à administração do RU, foram analisados com o objetivo de identificar padrões e tendências.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

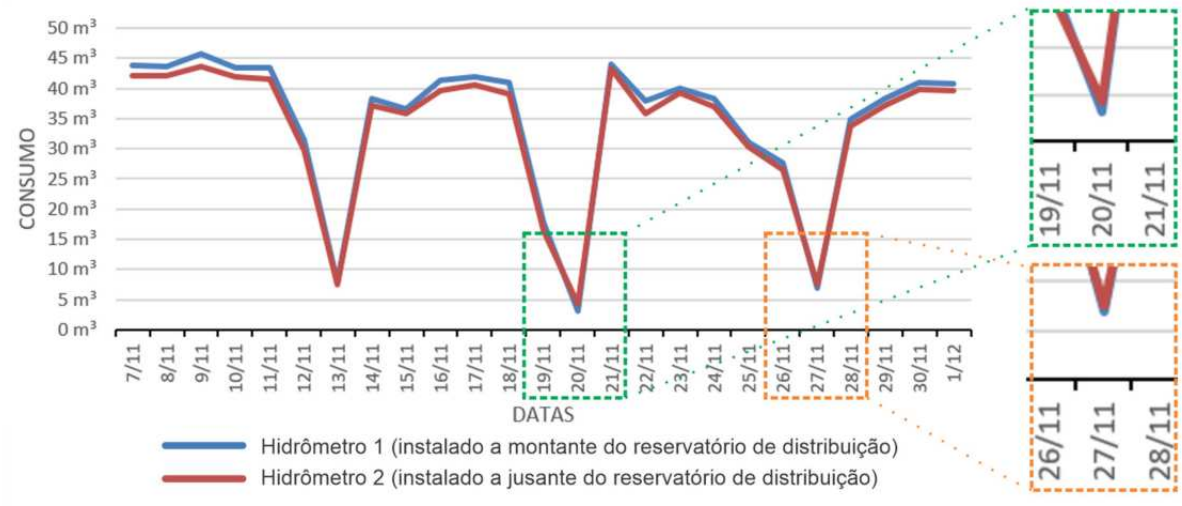
A primeira análise realizada foi a comparação entre os volumes medidos pelos dois hidrômetros instalados a montante (hidrômetro 1) e a jusante (hidrômetro 2) do reservatório de distribuição (Figura 2). Mesmo considerando a maior precisão de leitura do hidrômetro 2, os consumos registrados foram bem próximos, ficando os registros do hidrômetro 1 ligeiramente acima dos registrados no hidrômetro 2.

A diferença média entre as medições no período estudado foi de 1,8%. Todavia, foi possível observar uma pequena inversão nos dias de baixo consumo (20 e 27 de novembro), onde o hidrômetro 2 registrou volumes um pouco acima dos de entrada (Figuras 2 e 3). Atribuiu-se o maior registro de consumo no hidrômetro 1, o fato dele possuir menor precisão e registrar fluxos de água com maior pressão e velocidade proveniente da rede de distribuição. Por sua vez o hidrômetro 2 registrava apenas a água consumida proveniente do reservatório.

Quanto ao perfil médio de consumo, desconsiderando os dias em que o restaurante está fechado, os sábados e feriados ou vésperas de feriados, em que o volume de refeições é inferior à média, o RU registrou um valor equivalente a 24,09 L/refeição/dia (Figura 4). Observa-se que o valor médio de consumo se apresenta dentro da faixa de Barthichoto *et al*. (2013), que mostrou que o consumo de água por refeição nos restaurantes que fizeram registros de monitoramento apresentou valores que variaram de 24 a 602,7 L/refeição/dia. É importante ressaltar que, nos sábados, feriados e vésperas de feriado, quando o número de refeições servidas é menor, o perfil de consumo salta para um valor médio de 59,96

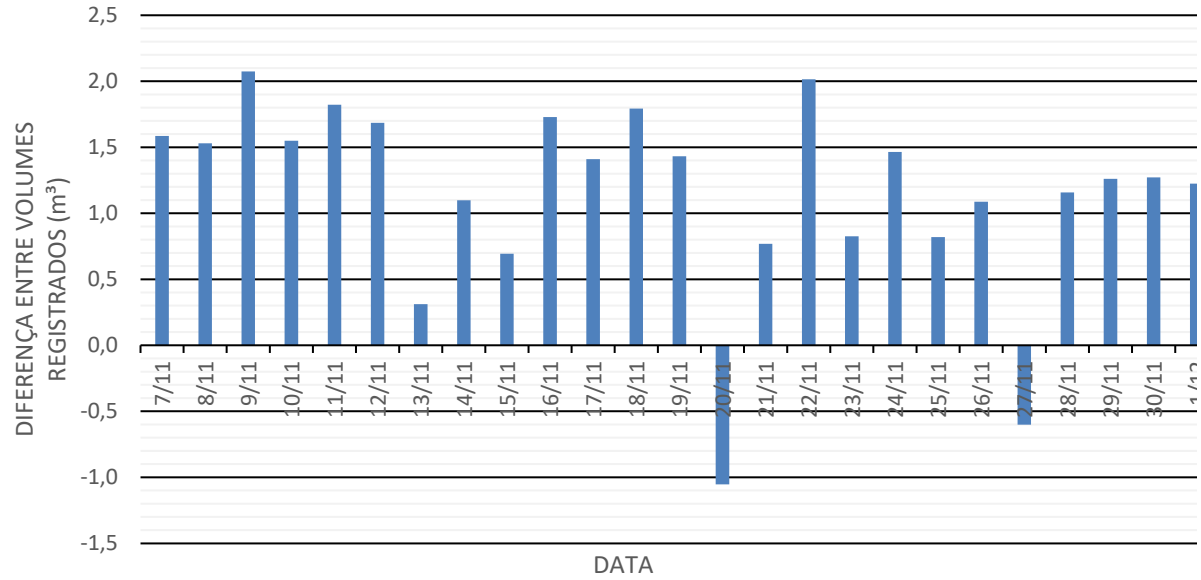
L/refeição/dia. Este aumento proporcional de consumo é justificado, pois, apesar do menor número de refeições servidas, os procedimentos de limpeza do ambiente e dos utensílios de preparação dos alimentos são os mesmos de um dia normal.

Figura 2 – Consumo de água diário medido pelos hidrômetros 01 e 02



Fonte: os autores (2023)

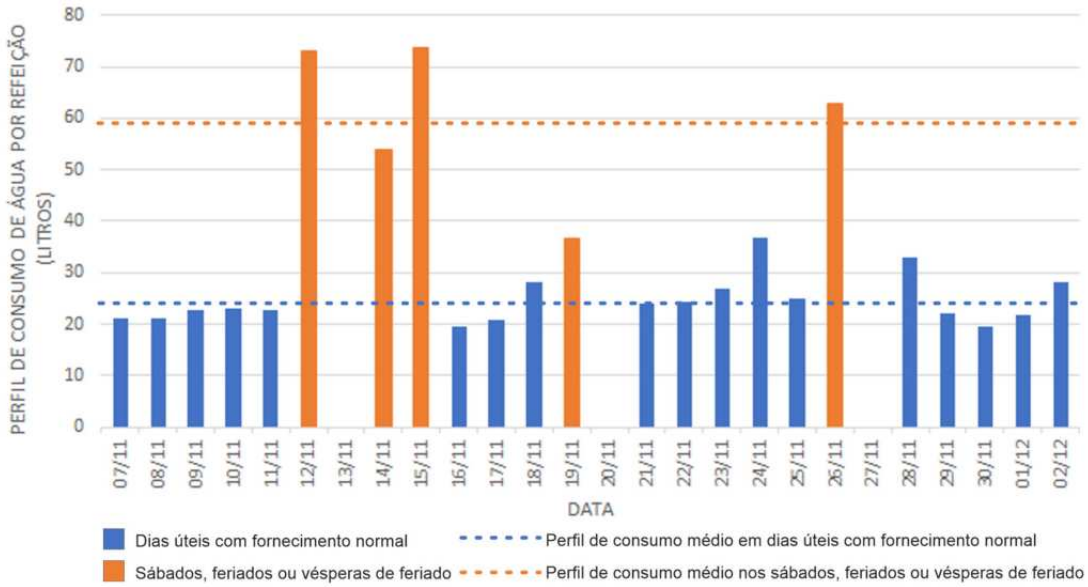
Figura 3 – Diferença volumes registrados nos hidrômetros 1 e 2



Fonte: os autores (2023)

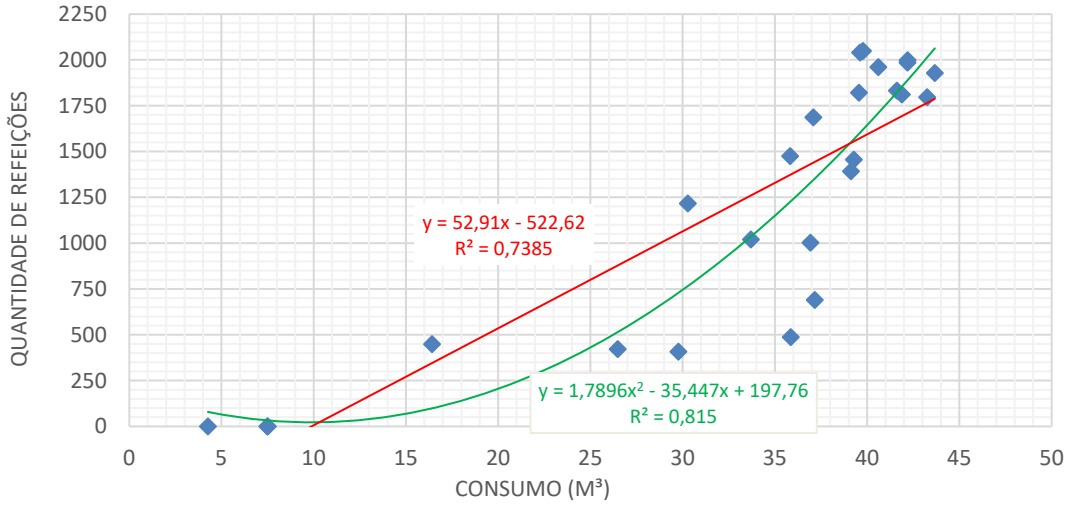
A última análise conduzida teve como propósito investigar se existe alguma relação entre as variáveis consumo de água e número de refeições. Para isso, foram realizadas análises das linhas de tendência linear e parabólica, com o objetivo de identificar qualquer padrão ou correlação entre essas variáveis. Avaliando-se os gráficos da Figura 5, observa-se que a linha de tendência parabólica apresenta um coeficiente de correlação (R^2) mais ajustado em comparação com a linha de tendência linear. Isto dá indícios que a relação pode ser influenciada por outros fatores além apenas do número de refeições servidas, ou que exista um ponto de saturação em que o aumento do número de refeições não resulte em um aumento proporcional no consumo de água.

Figura 4 – Consumo de água por refeição ao longo do tempo



Fonte: os autores (2023)

Figura 5 – Relação consumo de água x refeições



Fonte: os autores (2023)

5 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante salientar a importância de monitorar e controlar o consumo de água, tanto em nível individual quanto em nível coletivo. Esses dados nos alertam para a necessidade de adotar medidas para otimizar o uso dos recursos hídricos, identificar possíveis problemas de vazamentos e promover uma conscientização sobre a importância da conservação da água.

No restaurante universitário estudado foram identificadas oportunidades de otimização do uso da água, principalmente nos dias de maior demanda. Embora o consumo de água por refeições preparadas na unidade esteja em média bastante próximo do valor de 25

L/refeição/dia indicado na literatura, foram observados valores diários três vezes maiores a este valor, demonstrando que seria interessante se pensar em estratégias para otimizar o uso desse recurso e encontrar um equilíbrio entre as necessidades operacionais da edificação e sustentabilidade ambiental.

Explorar alternativas para reduzir o consumo de água durante os demais dias da semana, por meio da adoção de práticas de conservação e uso racional dos recursos hídricos, poderia ajudar a compensar, por exemplo, a alta demanda nos sábados e feriados. Medidas como a instalação de dispositivos economizadores de água, conscientização dos colaboradores sobre a importância da economia hídrica e a revisão dos processos de limpeza para garantir o uso eficiente dos recursos poderiam contribuir para alcançar um equilíbrio sustentável entre a necessidade de higiene e preservação dos recursos naturais.

O estudo também possibilitou estabelecer uma relação quadrática entre o consumo de água e o número de refeições produzidas, demonstrando que o aumento das refeições não está rigidamente associado a um valor fixo de consumo de água, mas varia em faixas não lineares.

REFERÊNCIAS

BARTHICHOTO, M.; MATIAS, A. C. G.; SPINELLI, M. G. N.; ABREU, E. S. **Responsabilidade ambiental: perfil das práticas de sustentabilidade desenvolvidas em unidades produtoras de refeições do bairro de Higienópolis, município de São Paulo**. Qualit@s Revista Eletrônica, v.14, n. 1, p. 1-12, 2013.

COSTA, A. D. F. **Panorama de consumo e desperdício de água em restaurante universitário**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros, Pau dos Ferros, Janeiro de 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Dados históricos de 2022**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 22 nov. 2022.

MENEGASSI, L. F. de A. F. **Avaliação da aplicabilidade de indicadores de consumo como ferramentas de auxílio à racionalização do uso da água no campus universitário Trindade.** Orientador: Ramon Lucas Dalsasso. 2012. 108 f. TCC (Graduação) – Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Santa Catarina, 2012. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/125150. Acesso em: 20 de maio de 2023.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). OMS quer ação urgente para garantir água potável, saneamento e higiene global. **ONU News**, 14 dez. 2022. Disponível em: https://news.un.org/pt/story/2022/12/1806727. Acesso em: 21 de maio 2023.

PRÓ-REITORIA DE ASSUNTOS ESTUDANTIS - UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS (PRAE/UFG). **Demonstrativo sintético de investimentos - PRAE/UFG 2019 Regional Goiânia**. 2019. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/93/o/Dem_sintetico_08_08_2019.pdf?1566829303. Acesso em: Acesso em: 21 de maio 2023.

PUNTEL, L.; MARINHO, K. B. **Gastronomia e Sustentabilidade: uma análise da percepção da sustentabilidade ambiental em restaurantes buffet**. Revista Turismo em Análise, vol. 26, n. 3, agosto de 2015. DOI: http://dx.doi.org/10.11606/issn.1984-4867.v26i3p668-694.

SOUZA, D. P. de; SANTOS, R. K.; SANTOS, R. F. **Estimativa do consumo de água em restaurantes na cidade de Cascavel-PR**. Acta Iguazu, v. 1, n. 3, p. 50-63, 2012. DOI: 10.48075/actaiguaz.v1i3.7121. Disponível em: https://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/7121. Acesso em: 21 maio 2023.

STRASBURG, V. J.; JAHNO, V. D. Sustentabilidade de cardápio: avaliação da pegada hídrica nas refeições de um restaurante universitário. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [S.L.], v. 10, n. 4, p. 903-914, 28 out. 2015. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHi). Disponível em: http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1664. Acesso em: 20 de maio de 2023.

VISAN. **Videira Saneamento**: Tabela de serviços e prazos. [s. d.]. Disponível em: <https://www.visan.sc.gov.br/index.php?id=consumidor&cod=26>. Acesso em: 21 de maio 2023.

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

ANÁLISE DO CONSUMO MÉDIO *PER CAPITA* DE ÁGUA EM ESCOLAS MUNICIPAIS DE JOINVILLE/SC: UMA INVESTIGAÇÃO QUALIQUANTITATIVA

Analysis of average per capita water consumption in municipal schools of Joinville-SC: a qualiquantitative investigation

Alice dos Santos Medeiros[1]; Francine Rafaela Brietzig [2]; Patricia Strapason Coletti[3]; Robison Negri[4]

Recebido em 25 de abril de 2023, aprovado em 05 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

RESUMO: As escolas desempenham um papel importante na gestão sustentável do consumo de água, uma vez que a conscientização ambiental deve começar no ambiente escolar. O objetivo deste artigo foi analisar o consumo *per capita* de água nas escolas municipais de Joinville/SC. A metodologia adotada foi a de pesquisa qualiquantitativa de campo direcionada inicialmente a 91 escolas municipais de ensino fundamental. Para a coleta de dados, foram enviados questionários com 37 questões estruturadas, de forma sistemática e organizadas em 13 seções temáticas, obtendo-se representatividade amostral de 62 escolas. Para estas forma coletados os dados mensais de consumo junto à concessionária local, para o ano de 2022. Os dados consumo foram tratados, organizados e consistidos, restando ao final 50 escolas consideradas estatisticamente representativas. Conclui-se que o indicador de consumo médio *per capita* de água nas escolas municipais foi de 7,58 (l/aluno/dia), valor inferior aos estudos anteriores, embora considerando amostras diferentes, as estimativas prévias de consumo permanecem válidas e relevantes com pouca variação. Também não foi possível identificar variações significativas de consumo entre os meses letivos e de férias.

Palavras-chave:

Consumo de água

Escolas municipais

Consumo médio *per capita*

ABSTRACT: Schools play an important role in the sustainable management of water consumption, as environmental awareness must start in the school environment. The objective of this article was to analyze the per capita consumption of water in municipal schools in Joinville/SC. The methodology adopted was a qualitative and quantitative field research, initially directed to 91 municipal elementary schools. For data collection, questionnaires were sent with 37 structured questions, systematically and organized into 13 thematic sections, obtaining sample representativeness of 62 schools. For these, monthly consumption data was collected from the local concessionaire, for the year 2022. The consumption data were treated, organized and consisted, leaving at the end 50 schools considered statistically representative. It is concluded that the average per capita water consumption indicator in municipal schools was 7.58 (l/student/day), a lower value than previous studies, although considering different samples, previous consumption estimates remain valid and relevant with little variation. It was also not possible to identify significant variations in consumption between school and vacation months.

Keywords:

Water consumption

Municipal schools

Per capita consumption.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **MEDEIROS, Alice dos Santos**: Acadêmica do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Católica de Santa Catarina, al.medeiros@catolicasc.edu.br.

[2] **BRIETZIG, Francine Rafaela**: Acadêmica do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Católica de Santa Catarina, francine.brietzig@catolicasc.edu.br, ORCID

[3] **COLETTI, Patricia Strapason**: Acadêmica do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Católica de Santa Catarina, patricia.coletti@catolicasc.edu.br,

[4] **NEGRI, Robison**: Engenheiro Civil, Professor Orientador do Centro Universitário Católica de Santa Catarina, robisonnegri@gmail.com.

1 INTRODUÇÃO

O acesso à água potável é reconhecido pelas Organização das Nações Unidas - ONU como um direito humano fundamental e essencial para a sobrevivência e bem-estar das pessoas (UN WATER, 2021). Além disso, este recurso natural é de extrema importância para o desenvolvimento econômico e social (CANTELLE *et al*. 2018).

De acordo com a UNESCO (2021), o consumo de água doce cresceu significativamente nas últimas décadas, tendo se multiplicado por seis no último século e continua a crescer cerca de 1% ao ano.

Silva (2019) afirma que é essencial adotar práticas de gestão mais eficientes e sustentáveis para garantir o uso racional e a preservação da água potável. Nesse sentido, as instituições públicas, como as escolas municipais, desempenham um papel importante para a gestão sustentável do consumo de água, uma vez que a conscientização ambiental deve começar no ambiente escolar.

Apesar da importância desse tema, poucos estudos foram realizados sobre os fatores que influenciam o consumo de água nas escolas municipais de Joinville-SC, o que justifica a realização dessa pesquisa. Diante da relevância do consumo médio *per capita* de água no dimensionamento de sistemas de abastecimento de água, é fundamental conduzir estudos que avaliem o consumo de água e os fatores que influenciam, permitindo o redimensionamento de projetos com base nas demandas da população (FERNANDES NETO, 2003).

Ao gerar um diagnóstico das unidades escolares municipais, será possível compreender os fatores que influenciam o consumo de água tanto do ponto de vista social quanto científico, fornecendo uma abordagem estruturada para identificar oportunidades de redução do uso de água nas escolas municipais de Joinville e promover o desenvolvimento sustentável.

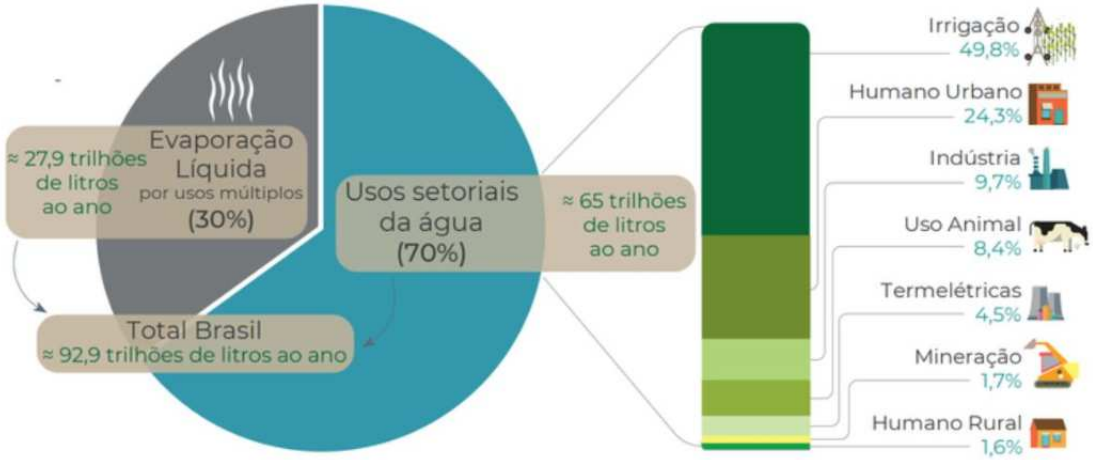
Diante disso, este trabalho teve por objetivo analisar o consumo médio *per capita* em 50 escolas municipais de Joinville/SC, e realizar um comparativo com os valores bibliográficos de referência identificando se os mesmos atendem a população escolar municipal atual. Para atingir esse objetivo, foi realizado um levantamento do consumo de água das 91 escolas municipais de Joinville/SC, no de 2022. Após a análise de consistência dos dados, foi verificado o indicador de consumo médio *per capita* e posteriormente feita uma análise comparativa do consumo médio em período letivo e de férias. Por fim foi realizado o comparativo dos indicadores obtidos com os dados de referência bibliográfica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O consumo de água pode ser definido como a quantidade deste insumo, utilizada de forma adequada às necessidades dos usuários, bem como a parcela perdida ou desperdiçada em decorrência de vazamentos e uso indevido (MELO *et al.,* 2014).

Segundo a ANA (2023), anualmente são retirados cerca de 93 trilhões de litros de água de fontes superficiais e subterrâneas para atender a múltiplos usos consuntivos em diversos setores. É oportuno observar que o consumo humano urbano é o segundo maior uso desta água, representando 24,3% (Figura 1). Logo, representa um valor significativo que deve ser alvo de atenção e estudos para a sua gestão sustentável.

Figura 1 - Retirada de Água no Brasil em 2019



Fonte: ANA (2023).

A água afluente às edificações tem múltiplas finalidades e, no caso do ambiente escolar, esse recurso pode ser utilizado para preparo de alimentos, higiene pessoal, limpeza dos espaços e em aparelhos hidrossanitários (MELO *et al*., 2014).

2.1 Consumo médio *per capita* de água

O consumo médio *per capita* de água é calculado pelo SNIS (2012) como a quantidade média de água utilizada por uma pessoa, por dia, para atender às necessidades de consumo doméstico, comercial, público e industrial.

De acordo com Oliveira (1999), par a estimativa do consumo de água em edifícios é comumente expressa pelo Índice de Consumo *per capita* (IC), que é calculado dividindo-se o volume de água pelo número de agentes consumidores e pela quantidade de dias do período de aferição. Esses agentes consumidores, são a variável mais representativa do consumo de água em um sistema. O IC é determinado de acordo com a tipologia ou uso do edifício. O valor é utilizado como referência para avaliar o impacto da redução do consumo de água após a implementação, por exemplo, de um Plano de Conservação de Água (PCA).

O indicador de consumo per capita IC, é determinado, segundo Oliveira (1999), pela Equação 1.

$$IC = \frac{Cm\ x\ 1000}{NA\ x\ Dm} \qquad \text{(Eq. 1)}$$

Onde: IC: indicador de consumo per capita (litros/agente consumidor/dia); Cm: consumo de água no período (m³/mês); NA: número de agentes consumidores; Dm: quantidade de dias úteis no referido mês (dias/mês).

Na região sul do Brasil, o consumo médio per capita é inferior à média nacional em 2,4%, sendo estimado 148,5 litros por habitante dia, assim atendendo à demanda mínima diária de água de 110 litros por habitante dia, conforme indicado pela Organização Mundial da Saúde – OMS. Em análise isolada, no estado de Santa Catarina, conforme dados de 2020, o consumo

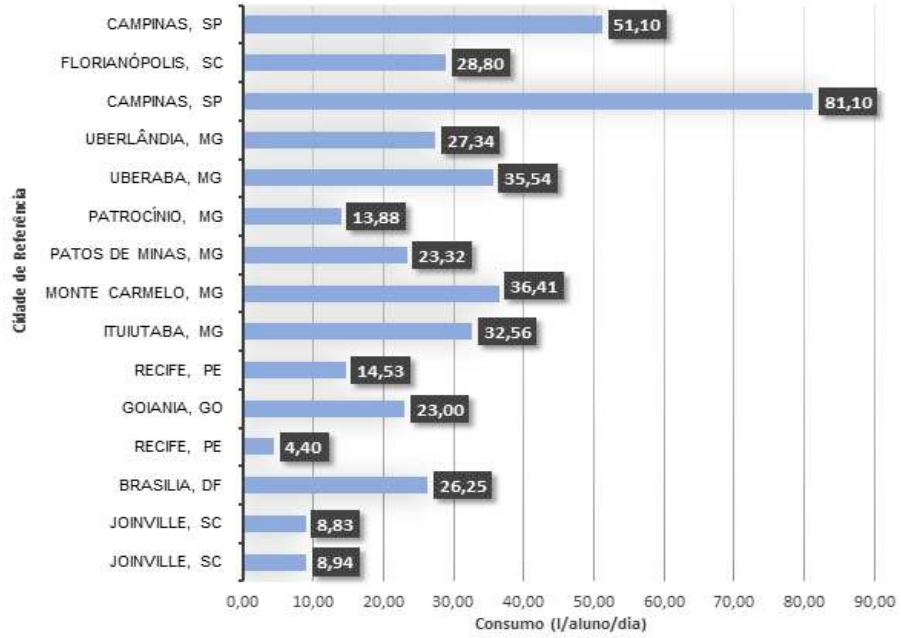
per capita aumentou de 152,3 litros por habitante dia em 2019 para 159,6 litros por habitante dia em 2020 (SNIS, 2022).

Segundo Heller e Pádua (2010) e Dalmônica (2014), o consumo *per capita* pode ser influenciado por alguns fatores como o nível socioeconômico da população, equipamentos hidrossanitários, clima e condições de tempo (temperatura, precipitação e umidade), características e topografia da cidade e também a administração do sistema de abastecimento de água.

Para a UNICEF (2012 *apud* GORNIACK e NEGRI, 2021), é necessário um mínimo de 5 litros por habitante dia de água, em escolas de apenas um período, para atividades nas atividades básicas. Ao passo que, em escolas integrais, o mínimo exigido é de 20 litros por habitante dia. Além da exigência básica, é importante levar em consideração a demanda para descargas nos banheiros, que varia de 10 a 20 litros por habitante dia em escolas convencionais.

Em consulta ao trabalho de outros autores, foi possível ter acesso a indicadores de consumo médio *per capita* em escolas de ensino fundamental em diferentes localidades, conforme demonstrado no gráfico da Figura 2.

Figura 2 – Indicador de consumo de água (L/agente consumidor/dia)



Fonte: Adaptado de Soares *et al*. (2017)

2.2 Município de Joinville e Sistema de Educação

O sistema educacional de Joinville é composto por diversas instituições de ensino, incluindo Centros de Ensino Infantil, Escolas Municipais Urbanas, Escolas Municipais Rurais, Educação para Jovens e Adultos, e Bibliotecas públicas. Para esta pesquisa, foram analisadas exclusivamente as escolas municipais de ensino fundamental. Segundo os dados fornecidos pela CAJ em 2023, a Companhia atendeu um total de 144 economias públicas de instituições de ensino em 2022, sendo que 60% dessas economias escolas de ensino fundamental, o que representa uma quantidade significativa de escolas nesse nível de ensino.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa considerou 91 escolas do ensino fundamental da rede municipal de Joinville/SC, onde foram coletados dados socioambientais por meio de um questionário estruturado com 37 questões em 13 seções temáticas diferentes. As seções abordaram várias fontes de consumo, como irrigação, dispositivos hidrossanitários e limpeza predial. A aplicação dos questionários apresentou uma taxa de cobertura amostral de aproximadamente 69%, sendo esta a primeira linha de corte amostral, restando somente 62 escolas.

Seguindo a linha metodológica, foram levantados os dados consumo mensal das 62 escolas junto à Concessionária de Abastecimento Municipal, para o ano de 2022. Esses dados foram tratados e organizados em uma planilha no Excel. O banco de dados continha as seguintes colunas de informações: número da escola (em ordem alfabética), indicativo se era abastecida ou não pela CAJ, bairro, renda média por bairro (em salários mínimos), área construída, indicação se a escola respondeu ou não ao questionário aplicado, população total da escola (número de pessoas) e consumo de água por mês em metros cúbicos (m³). A análise dos dados foi realizada por meio de técnicas estatísticas descritivas, que permitiram examinar e descrever as características e padrões dos dados. É importante ressaltar que a seleção da amostra foi baseada em critérios de conveniência racional, resultando em uma amostra não probabilística.

A amostra dos consumos mensais das 62 escolas estudadas passou por uma análise racional de consistência dos dados, frente a representatividade aos padrões de médios de consumo. Para tanto, os histogramas de consumo foram cruzados com os dados socioambientais coletados para cada escola, desconsiderando as escolas que apresentaram padrões de variação aleatórios ou não justificados no questionário.

Na Figura 3, são apresentados dois exemplos simplificados do método aplicado para cada unidade escolar. A escola 49 apresentou um período de consumo (m³) consistente, com exceção dos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro, sendo estes excluídos da análise do consumo médio. Da mesma forma, a escola 66 apresentou períodos de consumo aleatório sem justificativa, indicando algum vicio no dado. Após esse processo de seleção, obteve-se uma amostra representativa de 55 escolas. Também foram desconsiderados os meses com consumo nulo ou inconsistente.

Figura 3 - Gráficos com Períodos de Consumo Consistentes e Inconsistentes



Fonte: Os autores (2023)

Para calcular o indicador de consumo *per capita*, utilizou-se (Equação 1), considerando os dias de mês. Esse indicador foi tratado estatisticamente, através de técnicas de estatística descritiva.

Além disso, uma análise separada foi realizada para o período de férias, a fim de investigar possíveis variações no consumo durante esse período específico e compreender melhor o padrão de consumo de água nas escolas. Para tanto, os dados de consumo dos meses de janeiro e dezembro de 2022 foram tratados separadamente.

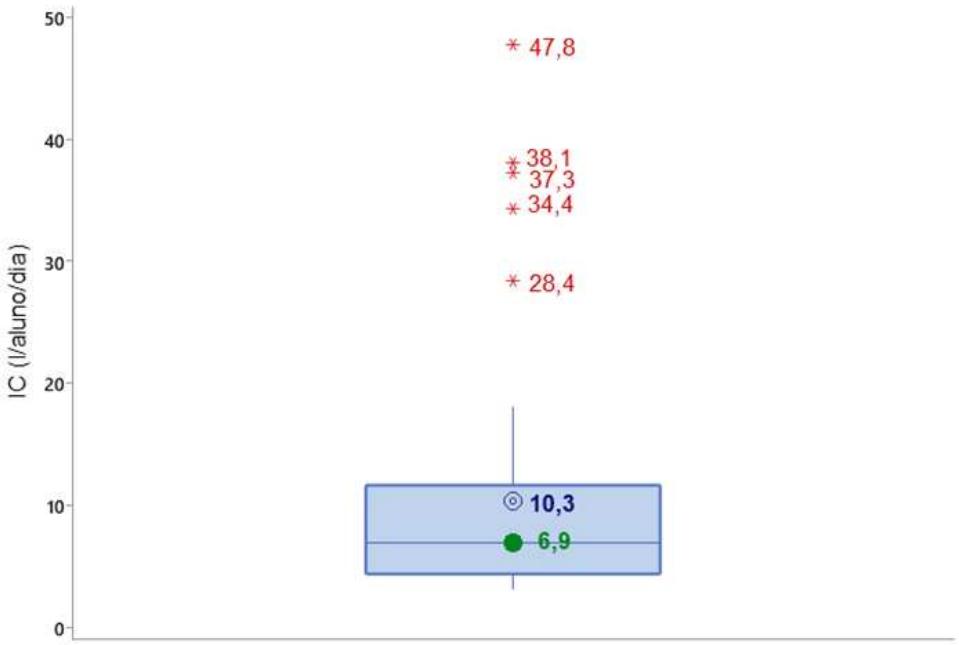
É importante destacar que, embora o mês de julho também seja considerado período de férias, os dados de consumo das escolas não apresentaram variações significativas para este mês em relação aos meses letivos, e, portanto, foram incluídos na análise.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análise do Consumo Médio Per Capita

Inicialmente, os resultados encontrados para o indicador de consumo *per capita* (IC), foi tratado através de boxplot apresentado no gráfico da Figura 4, sendo possível identificar 5 outliers, que foram eliminados da análise.

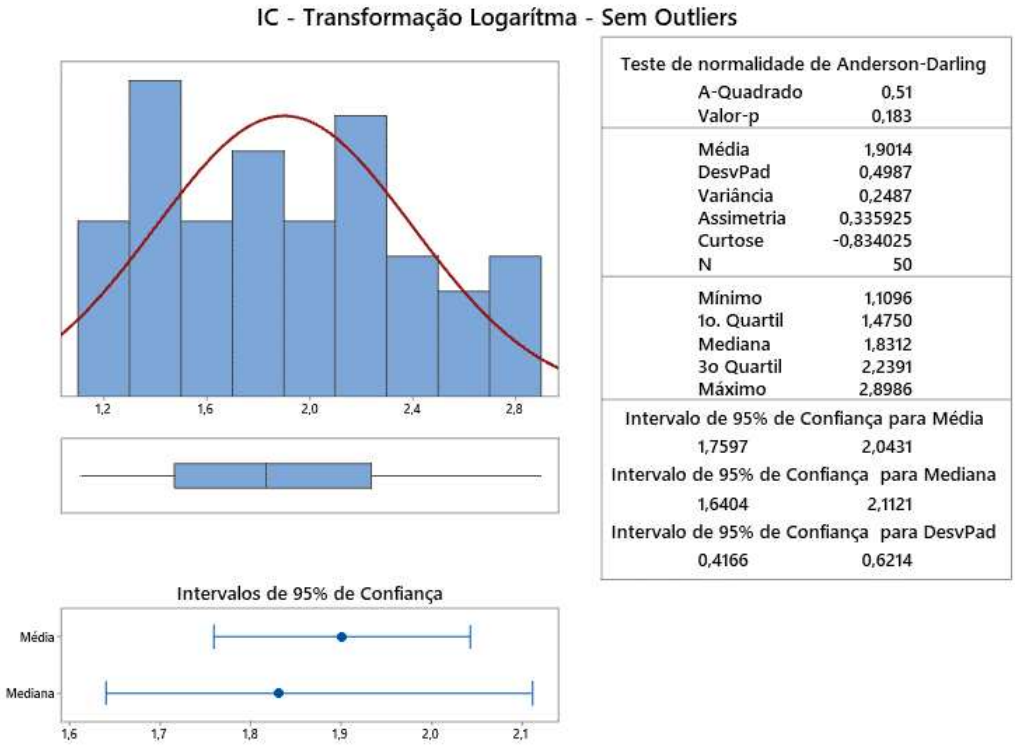
Figura 4 - Boxplot de IC (l/aluno/dia)



Fonte: Os autores, 2023.

Considerando a não normalidade dos dados de IC, para a adequada descrição estatística, estes foram ajustados a transformação logarítmica, onde foi possível descrevê-los e representá-los conforme o gráfico da Figura 5.

Figura 5 – Análise Estatística do IC (L/aluno/dia)



Fonte: Os autores (2023)

A partir dessa análise, foi calculado o consumo médio *per capita*, com um intervalo de confiança de 95%. Os resultados obtidos para o consumo médio e o intervalo de confiança de 95%, estão representados na Tabela 1.

Tabela 1 - Consumo médio *per capita*

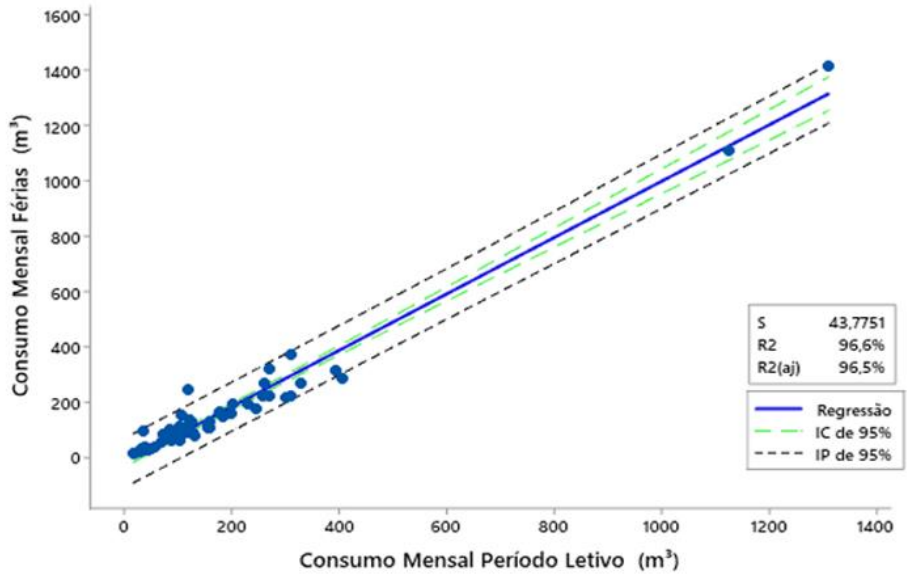
Média	**(L/aluno/dia)**
	7,58
Intervalo de Confiança de 95%	7,02
	8,15

Fonte: Os autores, 2023.

Ainda se procedeu com a análise comparativa do consumo médio no período de férias e período letivo, para o qual foram adotados os consumos de água referente aos meses de janeiro e dezembro de 2022, conforme representado no gráfico da Figura 6.

Ao analisar o gráfico da Figura 6, é possível identificar que somente uma escola apresentou um consumo fora do limite de confiança estabelecido, sendo que cruzando com as respostas dos questionários, pode-se indicar a presença de vazamento nesta unidade escolar ou um consumo elevado devido às atividades de limpeza realizadas durante o período. Nos demais casos, não houve redução estatisticamente significativa no consumo de água durante as férias, visto que o coeficiente angular se aproxima de 1,0.

Figura 6 - Consumo médio - período letivo x período de férias



Fonte: Os autores (2023)

Na Tabela 2, apresentam-se as referências de comparação para o indicador de consumo médio *per capita* encontrado.

Tabela 2 - Valores bibliográficos de referência do consumo de água nas escolas

Referência	Cidade	L/aluno/dia
Gorniack; Negri, 2021	Joinville, SC	8,94
Schultt, 2019	Joinville, SC	8,83
Barbosa; Bezerra; Sant'ana, 2018	Brasília, DF	3,89 a 48,61
Soares; Nunes; Silva, 2017	Recife, PE	3,9 a 4,9
Guimarães; Araújo, 2016	Goiânia, GO	23
Silva; Araújo; Fonseca; Nunes, 2015	Recife, PE	6,28 a 22,78
Oliveira, 2013	Ituiutaba, MG	13,86 a 51,26
Oliveira, 2013	Monte Carmelo, MG	10,59 a 62,23
Oliveira, 2013	Patos de Minas, MG	6,42 a 40,21
Oliveira, 2013	Patrocínio, MG	7,15 a 20,61
Oliveira, 2013	Uberaba, MG	8,26 a 62,82
Oliveira, 2013	Uberlândia, MG	7,27 a 47,4
Oliveira, 2013	Campinas, SP	81,1
Fasola *et al.*, 2011	Florianópolis, SC	28,8
Gonçalves et al, 2005	Campinas, SP	51,1

Fonte: Adaptado de Soares *et al*., 2016; Gorniack; Negri, 2021; Schultt, 2019; Barbosa; Bezerra; Sant'ana, 2018; Soares; Nunes; Silva, 2017

O consumo médio *per capita* obtido foi de 7,58 (L/aluno/dia), abaixo dos valores de referência para o município de Joinville. Esses valores de referência, reportados pelos autores Gorniack e Negri (2021) e Schultt (2019), foram de 8,94 e 8,83 (L/aluno/dia), respectivamente.

A diferença observada pode ser justificada pelo percentual de amostra considerada nas análises realizadas pelos outros autores. Gorniack e Negri (2021) utilizaram uma amostra de 37 unidades escolares, enquanto Schultt (2019) analisou uma seleção de 26 escolas. Neste estudo, a amostra final utilizada foi de 50 escolas refletindo uma composição diferente da amostra utilizada pelos autores mencionados e desta forma com maior representatividade devido ao tamanho amostral. Além disso, os métodos de tratamento dos dados também não foram coincidentes.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como propósito fornecer uma análise do consumo de água nas escolas municipais de ensino fundamental localizadas em Joinville, Santa Catarina. Os resultados obtidos revelaram que os níveis de consumo encontrados neste estudo estão de acordo com os dados bibliográficos provenientes de pesquisas anteriores conduzidas nas instituições escolares da região.

Foi obtido o indicador de consumo médio *per capita* de 7,58 (L/aluno/dia), valor que se mostrou inferior aos estudos previamente realizados no município. Porém cabe ressaltar que foram utilizados métodos de tratamentos dos dados e amostras diferentes da população nas pesquisas, mas as estimativas de consumo previamente documentadas continuam válidas e relevantes no contexto atual, visto que se teve uma variação pequena com relação aos indicadores que constam na bibliográfia.

Por meio dessas descobertas, espera-se contribuir para o avanço do conhecimento sobre o consumo de água nas escolas municipais de Joinville, ao mesmo tempo que fornece provisões para o desenvolvimento de políticas públicas e estratégias de gestão mais eficazes e sustentáveis. Essas informações também servem como base para pesquisas atuais e futuras.

Para pesquisas futuras, sugere-se investigar e aplicar testes para detectar possíveis vazamentos nas redes hidráulicas das instituições escolares, uma vez que se observou a ocorrência de picos de consumo em algumas unidades escolares.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Usos da Água**. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). SL. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/usos-da-agua. Acesso em: 19 mar. 2023.

BARBOSA, G. G., BEZERRA, S. P., & SANT'ANA, D. (2018). **Indicadores de consumo de água e análise comparativa entre o aproveitamento de águas pluviais e o reuso de águas cinzas em edificações de ensino do Campus Darcy Ribeiro - UnB**. Paranoá, (22), 1–15. https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n22.2018.01

CANTELLE, Tatiana Dias; LIMA, Eudes de Castro; BORGES, Luís Antônio Coimbra. Panorama dos Recursos Hídricos no Mundo e no Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**. Maringá/PR, 2018. Disponível em:

https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/5425/3350. Acesso em: 14 mar. 2023.

COMPANHIA ÁGUAS DE JOINVILLE. **Economias 2022**. Destinatário: Alice dos Santos Medeiros; Francine Rafaela Brietzig; Patricia Strapason Coletti. Joinville, SC. 02 maio 2023. Mensagem eletrônica.

DALMÔNICA, Alice Henrique. **ANÁLISE DE FATORES INFLUENCIADORES DO CONSUMO DE ÁGUA EM UBERLÂNDIA: O CASO DO SETOR SUL**. 2014. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014. Disponível em:

https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14201/1/AnaliseFatoresInfluenciadores.pdf. Acesso em: 04 abr. 2023

FERNANDES NETO, Maria de Lourdes. **AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS INTERVENIENTES NO CONSUMO *PER CAPITA* DE ÁGUA: ESTUDO PARA 96 MUNICÍPIOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS.** 2003. 146 f. Tese (Doutorado) - Curso de Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia da Ufmg, Belo Horizonte, 2003. Disponível em:

https://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/68M.PDF. Acesso em: 10 mar. 2023.

GORNIACK, Adilson; NEGRI, Robison. Método de Análise Estatística Simplificada para Determinar o Consumo de Água em Escolas Municipais de Joinville a Partir da Pandemia da SARS-COV-2: O Desdobrar das Categorias de Consumo. **XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**. 2021. Disponível em: https://eventos.abrh.org.br/xxivsbrh/trabalhos/sessoes-paineis/. Acesso em: 02 abr. 2023.

HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio de. **Abastecimento de Água para o Consumo Humano**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2010. 418 p.

MELO, Nágela Aparecida *et al*. Percepções e avaliações do consumo de água em escolas públicas da mesorregião geográfica Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (MG). **Revista Monografias Ambientais - Remoa**, [S.L.], 2014. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/14271. Acesso em: 25 mar. 2023.

OLIVEIRA, Lúcia Helena. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional de água em edifícios**. Boletim Técnico da EPUSP. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999. Disponível em:

https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-16042018-084622/publico/LuciaHelenadeOliveira_T.pdf. Acesso em: 9 abr. 2023.

SCHULTT, Jéssica D. C.. **Fatores Influenciadores no Consumo de Água em Escolas Públicas de Joinville – SC**. Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Dissertação de Mestrado. Joinville/SC, 2019. Disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/cct/id_cpmenu/706/2019_02_28_J_ssica_Daiane_Cunha_Schultt_15626012332474_706.pdf. Acesso em: 02 abr. 2023.

SILVA, Érika L. da; SILVA, M. do R. C.; ANDRADE, A. S. de; FIGUEIREDO, A. C.; FIGUEIREDO, A. C. F.; SOUSA, M. C. M. B. da S. **Uso racional da água no ambiente escolar**: uma pesquisa em escolas públicas de educação básica. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento. [S. l.], v.8, n.8, p.4, 2019. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/1191. Acesso em: 26 fev. 2023.

SNIS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água** e esgotos – 2011. Brasília, 2012. MCIDADES. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-

br/assuntos/saneamento/snis/diagnosticos-anteriores-do-snis/aguaeesgotos1/2019/2Diagnstico_SNIS_AE_2019_Republicacao_31032021.pdf Acesso em: 29 maio 2023.

SNIS. **Diagnóstico Temático**: Serviços de Água e Esgoto. Ministério do Desenvolvimento Regional Secretaria Nacional de Saneamento. Brasília/DF, 2022. Disponível em: http://antigo.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos. Acesso em: 26 fev. 2023.

SOARES, A. E. P. **Análise do Consumo de Água em uma Escola Pública Estadual de Recife-PE**. Monografia de Bacharel em Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco. Recife, PE. 2016.

SOARES, A. E. P.; NUNES, L. G. C. F.; SILVA, S. R. da. Diagnóstico dos Indicadores de Consumo de Água em Escolas Públicas de Recife-PE. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista,** *[S. l.]*, v. 13, n. 1, 2017. DOI: 10.17271/1980082713120171493. Disponível em:

https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/1493. Acesso em: 25 abr. 2023.

UN Water. **Water and Human Rights**. 2021. Disponível em:

https://www.unwater.org/water-facts/human-rights/. Acesso em: 02 abr. 2023.

UNESCO. **Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2021:** o valor da água: resumo executivo**.** 2021. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375750_por. Acesso em: 27 fev. 2023.

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

CONSUMO DE ÁGUA EM CANTEIROS DE OBRAS: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Water consumption in construction sites: a literature review

Kamilla Ravizza [1]; Barbara Christina Mergener [2]; Andreza Kalbusch [3] ; Elisa Henning [4]

Recebido em 11 de junho de 2023, aprovado em 18 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

Palavras-chave:
Água
Sustentabilidade na Construção Civil
Obras Civis
Canteiros de Obras

Keywords:
Water
Sustainability in Civil Construction
Civil Construction,
Construction Sites.

RESUMO: Conhecer e entender o consumo de água em canteiros de obras é importante porque trata de uma questão diretamente ligada à sustentabilidade no ambiente construído. Apesar da relevância do tema, esse assunto ainda não foi estudado de maneira aprofundada. Assim, esse artigo apresenta uma revisão da literatura a respeito do consumo de água em canteiros de obra. Estudos realizados no Rio Grande do Sul indicam consumo de até 0,28m³/m², enquanto em São Paulo os indicadores de consumo variaram entre 0,29 e 0,68m³/m². Na região de Recife foi verificada uma média de consumo de água de 0,83m³/m². Alguns outros dados nacionais, bem como internacionais, também são mencionados no decorrer deste artigo.

ABSTRACT: Water consumption in construction sites is an important issue as it is directly linked to sustainability in the built environment. Despite the topic's relevance, this subject has not yet been deeply studied. Therefore, this article presents a literature review regarding water consumption in construction sites. Studies conducted in Rio Grande do Sul indicate consumption up to 0,28m³/m², while in São Paulo the consumption index ranged from 0,29 to 0,68 m³/m². In Recife's region an average water consumption of 0,83m³/m² was reported. Some other national as well as international data are also mentioned in this manuscript.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **RAVIZZA, Kamilla**: Arquiteta e Urbanista, Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Joinville, Brasil. kamilla.ravizza@hotmail.com.
[2] **MERGENER, Barbara Christina**: Graduanda em Engenharia Civil, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Joinville, Brasil. barbaracmergener@gmail.com.
[3] **KALBUSCH, Andreza**: Engenheira Civil, Doutora em Engenharia Civil, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Joinville, Brasil. andreza.kalbusch@udesc.br.
[4] **HENNING, Elisa**: Engenheira Civil, Doutora em Engenharia de Produção, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Joinville, Brasil. elisa.henning@udesc.br.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2022) no biênio 2021-2022 a economia brasileira apresentou expansão de 8,2%. A construção de edifícios é destaque na geração de novas vagas no setor, uma vez que de 288.517 novos empregos criados pela construção entre janeiro e outubro de 2022, a construção de edifícios respondeu por 41,8% do total (CBIC, 2022). O Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE, 2021) menciona que a construção civil é um dos setores mais importantes para a economia do país. Maseuro (2021) relata que a indústria da construção civil tem grande influência no setor social e econômico, pois movimenta a cadeia produtiva, alavanca o crescimento econômico e possibilita a geração de empregos. Diante desse contexto, é fundamental ressaltar a importância de tecnologias e soluções que visem a sustentabilidade nos processos, seja pelo desenvolvimento de novos materiais, aproveitamento de resíduos ou redução do impacto ambiental (MASEURO, 2021).

A gestão no canteiro de obras tem como objetivo, além do bom desempenho da construção, a redução de recursos consumidos e a melhoria da qualidade da obra (ADORNA e MAZUTTI, 2019). Dentre os impactos ambientais durante a fase de construção, pode-se citar o consumo de água (ALBERTINI *et al*., 2021). A ISO 14001 (ISO, 2015) enfatiza o equilíbrio entre meio ambiente, sociedade e economia para atender as necessidades atuais sem prejudicar as gerações futuras, o que envolve gerir os aspectos ambientais, como o consumo de água. De acordo com Bathrinath *et al*. (2022), agilidade nos negócios, motivação e incentivos, meio ambiente, água e sociedade são os cinco principais desafios enfrentados pela indústria da construção. Na abordagem integrada e sustentável das fases do ciclo de vida de uma construção, medidas que visam reduzir e/ou reciclar água devem estar incorporadas desde a etapa de projeto (MATEUS, 2009). Araujo (2009) defende práticas sustentáveis em canteiros de obras e dentre os itens discutidos estão medidas voltadas à diminuição do consumo de água.

De acordo com Oliveira, Sposto e Blumenschein (2012), reduzir o consumo dos recursos naturais e minimizar os impactos ambientais gerados pela atividade construtiva, configuram-se em uma vantagem competitiva para as empresas deste segmento. Além de se inserirem no rol das empresas mais sustentáveis, poderão diminuir o custo das obras e alavancar sua rentabilidade (OLIVEIRA; SPOSTO; BLUMENSCHEIN, 2012). Do ponto de vista das variáveis qualitativas, a utilização de processos e materiais mais industrializados e métodos construtivos menos tradicionais são positivos para o desempenho ambiental (ALBERTINI *et al*., 2021).

Para Zeule, Serra e Teixeira (2020), o uso racional da água nos canteiros de obra é de importância social, econômica e ambiental, mas não é possível evidenciar acentuada implantação de estratégias que minimizem e controlem o consumo de água, possivelmente devido à falta de fiscalização ou padronização estadual e nacional. Para Zutshi e Creed (2015) o ambiente natural deve apoiar e sustentar o ambiente construído, o que evidencia a inevitabilidade da utilização sustentável de matérias-primas durante a fase de construção de modo a prevenir a deterioração ambiental desnecessária. Para que se atinjam parâmetros sustentáveis na construção, o projeto deve integrar aspectos como a redução de desperdício e a conservação de água (ATHAPATHTHU e KARUNASENA, 2017).

Diante desse contexto, o presente artigo tem como objetivo realizar um diagnóstico sobre o de água em canteiros de obras. Serão observadas as diferenças e semelhanças encontradas nos dados da literatura com base nas referências pesquisadas. Esse artigo busca apresentar os dados conhecidos e encontrados sobre o tema abordado visando fornecer uma visão abrangente de pesquisa, desenvolvimento e conhecimentos na área.

2 MÉTODO

As informações contidas nessa pesquisa são oriundas das bases Scielo, Scopus e Portal de Periódicos da Capes. A base Scielo é uma biblioteca eletrônica que abrange uma coleção selecionada de periódicos científicos ibero-americanos (SCIELO, 2023). a base Scopus, segundo a Elsevier (2023) é o maior banco de dados de literatura com revisão por pares, e o Portal de Periódicos da Capes oferece a comunidade um dos maiores acervos bibliográficos do mundo com acesso à produção cientifica mundial atualizada e de qualidade (MEC, 2023). Para a pesquisa e seleção de todos os estudos aqui mencionados adotaram-se alguns critérios, sendo o primeiro uma busca acerca do tema consumo de água em canteiro de obras. Após essa primeira busca, evidenciou-se que o assunto é um tema de interesse no meio científico. Para a seleção dos dados com base na literatura combinou-se então as palavras “água” e “obra” para assim se referir também ao consumo nos canteiros de obras, conforme apresentado no Quadro 1.

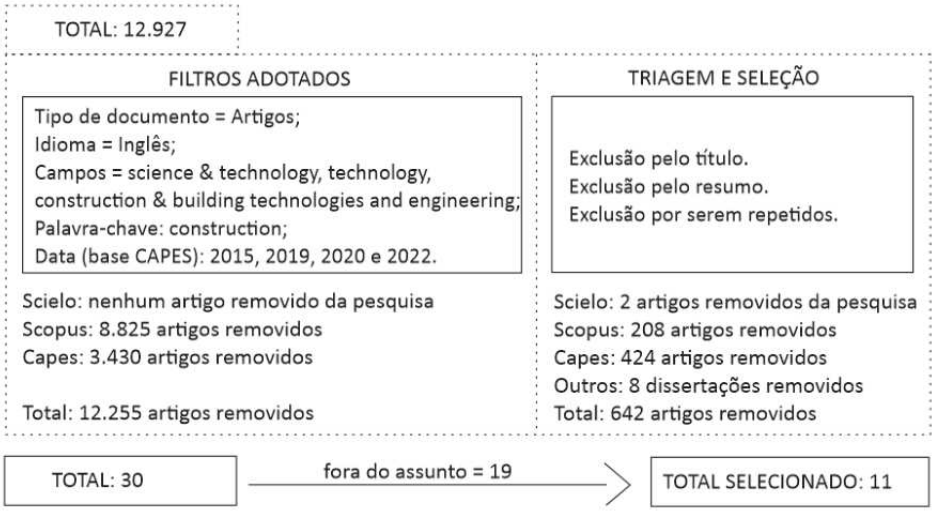
Quadro 1 – Resultado das Pesquisas nas Bases de Dados.

TERMO DE BUSCA	SCIELO	SCOPUS	CAPES
water consumption at/in construction site	-	236	872
drinking water consumption during construction phase or water consumption during construction phases	-	21	739
consumo de água em canteiros de obras	1	-	7
construção civil sustentável e água	-	-	91
água e canteiros de obras	3	-	23
water and requirements and construction	-	8830	-
sustainable performance in construction sites	-	-	2104
TOTAL	**4**	**9.087**	**3.836**
TOTAL GERAL	**12.927**		

Fonte: As autoras (2023)

Para alcançar uma cobertura global acerca deste tema de pesquisa, definiu-se um conjunto de palavras-chave de busca escolhidas para abranger o maior número possível de estudos que contextualizassem as questões dessa pesquisa, indicando quais fatores têm maior impacto e influência na demanda de água nas obras e principalmente, qual é o consumo de água durante a fase de construção. Na Figura 1 consta a metodologia aplicada na presente revisão para a definição dos artigos utilizados. Para a primeira seleção adotaram-se filtros de triagem nas bases de pesquisa, como o tipo de documento, idioma, campo de abrangência, entre outros. Em uma segunda etapa, as autoras aplicaram os métodos de *skimming* e *scanning* para exclusão de artigos pelo título e resumo, além de artigos duplicados nas bases de pesquisa. Como resultado, permaneceram 30 artigos selecionados para essa revisão. Destes, apenas 11 artigos responderam alguma das perguntas de pesquisa.

Figura 1 – Seleção das Pesquisas para a Revisão da Literatura.



Fonte: As autoras (2023)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Nascimento e Jesus (2016), o ramo da construção civil é responsável por grande parcela dos impactos ambientais que afetam o meio ambiente. Conforme Santos, Silva e Cerqueira (2015), o consumo de água em um canteiro de obras pode variar de acordo com a quantidade de atividades e de funcionários presentes na obra. Para Marques, Gomes e Brandli (2017) a variação no consumo de água está relacionada com a gestão e demais aspectos da obra, como a técnica construtiva empregada, o tipo de obra, a área construída e o índice de compacidade, o qual compara o perímetro externo do prédio com o de um círculo de mesma área para avaliar se a forma da planta baixa está em sua máxima economia possível. Os resultados desta revisão podem ser observados no Quadro 2.

Quadro 2 – Estudos sobre consumo de água em canteiros de obras.

AUTOR (ANO)	LOCAL	ASPECTOS GERAIS
HARIHARAN *et al.* (2022)	Fort Myers, Flórida - Estados Unidos	Consumo de água potável pelos colaboradores durante a construção: média diária de 3,23 litros/pessoa/dia com valor mínimo de 2,3 litros/pessoa/dia e máximo de 4,51 litros/pessoa/dia.
NASCIMENTO e JESUS (2016)	Grande Vitória, Espírito Santo - Brasil	60% das construtoras visitadas não possuem procedimentos para redução do consumo de água e 33 % cumpriram ao menos um dos procedimentos elencados na pesquisa.
PESSARELLO (2008)	São Paulo, São Paulo - Brasil	Três canteiros de obras: consumo de 0,68 m³ para cada m² construído (estudo A), 0,44 m³ para cada m² construído (estudo B) e 0,37 m³ para cada m² construído (estudo C).
SANTOS, SILVA e CERQUEIRA (2015)	Recife, Pernambuco - Brasil	Empreendimento residencial possui média de 0,83m³ para cada m² construído. O consumo é dividido em uso humano nos vestiários (57,90%), atividades de construção que requerem água (16,91%) e desperdício de água, consumo humano no refeitório e cozinha e usos indiretos (25,19%).

Continua...

Quadro 2 – Estudos sobre consumo de água em canteiros de obras (*continuação*).

AUTOR (ANO)	LOCAL	ASPECTOS GERAIS
MARQUES, GOMES e BRANDLI (2017)	Passo Fundo, Rio Grande do Sul - Brasil	Seis canteiros de obras: consumo entre 0,02 m³/m² e 0,28 m³/m².
BARDHAN (2011)	Índia	Um canteiro de obra: 1m³/m² a 2m³/m² de área construída. Total de água incorporada*: 27,604 m³/m².
MCCORMACK *et al.* (2007)	Austrália	17 edifícios comerciais durante a fase de construção: consumo de água incorporada** no processo é de 20,1m³/m² de área construída, o menor de 5m³/m² e cerca de dez empreendimentos apresentaram consumo de 10 a 13m³/m².
HERAVI e ABDOLVAND (2019)	Teerã - Irã	Seis canteiros de obras: o consumo de água virtual*** de 20,8m³/m² de área construída em estruturas de concreto armado e de aço (85% desse valor é consumo indireto). O custo do consumo de água virtual foi de 2% do custo total de construção.
ZEULE, SERRA E TEIXEIRA (2020)	Limeira - São Paulo	Canteiro com consumo de água por área construída igual a 0,29m³/m².
Albertini *et al*. (2021)	Porto Alegre	A variável área construída e consumo de água apresentou um coeficiente de correlação de 0,867 ou seja, há uma relação linear positiva.

*teor de água principal ou pegada hídrica de um prédio (BARDHAN, 2011).
**necessária para criar e entregar um produto considerando todas as fases de produção (MCCORMACK *et al.*, 2007).
***consumida durante a produção de material e construção (HERAVI; ABDOLVAND, 2019).
Fonte: As autoras (2023)

Ao analisar os dados referentes a canteiros de obras brasileiros, o indicador utilizado para a medição é de m³/m² sendo os maiores valores encontrados de 0,83 m³/m², no estado de Pernambuco (SANTOS; SILVA; CERQUEIRA, 2015) e de 0,68 m³/m² no estado de São Paulo (PASSARELO, 2008). Os valores que Marques, Gomes e Brandli (2017) encontraram podem ser explicados pelas particularidades de cada obra, pois obras comerciais com maiores áreas construídas e índice de compacidade apresentaram o menor consumo de água no estudo. Esse comportamento pode ser explicado pela utilização de materiais, técnicas construtivas e projetos simplificados em relação às obras residenciais, além de uma estrutura com vãos maiores e espaços mais livres, o que reduz o consumo de água incorporado ao concreto (MARQUES; GOMES, BRANDLI, 2017). No estudo de Zeule, Serra e Teixeira (2020), dentre seis canteiros analisados, destaca-se o da cidade de Limeira/SP com ações práticas que visaram a economia de água, como um sistema de captação, armazenamento, tratamento e reúso, as quais refletiram no indicador de 0,29m³/m². Hariharan *et al.* (2022) estudaram o consumo de água potável pelos colaboradores em canteiros de obras na Flórida/EUA, tendo a média diária de 3,23 litros/pessoa/dia. MCCORMACK *et al*. (2007) indicam que na Austrália o consumo de água incorporada no processo de construção é de 20,1m³/m² de área construída. Esse dado se assemelha com o encontrado por Heravi e Abdolvand (2019) em Teerã (Irã), com o valor de

20,8m³/m². Os resultados encontrados na Austrália e no Teerã não podem ser comparados com os dados encontrados no Brasil, pois os estudos nacionais citados nesta revisão não consideram o consumo gasto nas fases de produção dos materiais. Bardhan (2011) apresenta resultados de um estudo de caso na Índia, em que o consumo de água é de 1m³ a 2m³ para cada m² de área construída. Essa diferença pode estar atrelada a vários fatores, como questões climáticas, consumo direto e indireto da água e principalmente a técnicas construtivas. Garg et al. (2023) afirmam que a quantidade de água utilizada durante o processo de construção é, em grande parte, não contabilizada e que devido à extensa variedade de técnicas de construção e níveis de habilidades dos trabalhadores, o uso de água em canteiros de obras pode variar. A pesquisa realizada por Albertini et al. (2021), que avaliou o desempenho ambiental da construção civil, aponta que o padrão construtivo e a complexidade do projeto implicam em uma maior demanda de materiais e consumo de recursos e que as obras que utilizam materiais industrializados como argamassas, painéis, elementos e equipamentos secos apresentam maior eficiência ambiental. Heravi e Abdolvand (2019) concluíram que 85% do consumo de água virtual é para o consumo indireto de água, ou seja, a água que está incorporada nos processos de fabricação dos insumos. Araujo (2009) confirma que o desperdício de água em canteiros de obras acentua a escassez desse recurso nas cidades, podendo também causar impacto na vizinhança. Diante da importância do tema, esta revisão da literatura buscou contribuir para o mapeamento de estudos realizados no Brasil e no exterior acerca do consumo de água em canteiros de obra.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os artigos apresentados nesta revisão de literatura mostram resultados de estudos de casos em diferentes partes do mundo, com diferentes técnicas e métodos construtivos, além de diferentes aspectos climáticos, ambientais, econômicos e sociais. Os 11 artigos selecionados pela triagem realizada pelas autoras apresentam valores de consumo em pesquisas no Brasil e também no exterior. No Brasil, foram encontrados valores de 0,83 m³/m² em Recife/PE, 0,68 m³/m² em São Paulo/SP, 0,29 m³/m² em Limeira/SP e consumo entre 0,02 m³/m² e 0,28 m³/m² em Passo Fundo/RS. Em relação ao consumo de água em outros países foram encontrados valores como a média diária de 3,23 litros/pessoa/dia para trabalhadores em canteiros de obras na Flórida/EUA, 20,1 m³/m² de água incorporada na Austrália, 20,8 m³/m² de água virtual em Teerã/Irã. As autoras ressaltam que, tendo em vista a pertinência do tema, o conhecimento dos valores indicativos do consumo de água em canteiros de obra da presente revisão podem servir de referência para empresas e profissionais do ramo da construção, bem como contribuir para a abordagem do assunto no Brasil. Por meio deste estudo pretende-se possibilitar comparar o consumo de água em canteiros de obra com estudos semelhantes da literatura, contribuindo para a promoção da sustentabilidade no uso da água e melhoria de desempenho nos processos construtivos. Fatores como questões climáticas, consumo direto e indireto da água e técnicas construtivas não foram aprofundados, o que é uma limitação desta pesquisa, denotando uma oportunidade para futuros estudos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio recebido do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico [423090/2021-6] e da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina-FAPESC [2023TR334].

REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Sistemas de gestão ambiental - Requisitos com orientações para uso (ISO 14.001).** 2015.

ADORNA, Diego da Luz; MAZUTTI, Júlia Hein. **Gestão de Obra**. Porto Alegre, RS: Grupo A Educação S.A., 2019.

ALBERTINI, Felipe; GOMES, Luciana Paulo, GRONDONA, Atílio Efrain Bica; CAETANO, Marcelo Oliveira. **Assessment of environmental performance in building construction sites: Data envelopment analysis and Tobit model approach.** Journal of Building Engineering. 2021.

ARAUJO, Viviane Miranda. **Práticas Recomendadas para Gestão Mais Sustentável de Canteiros de Obras.** 2009. Dissertarção (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, SP – 2009.

ATHAPATHTHU, Kushani Ishara; KARUNASENA, Gayani. **Framework for sustainable construction practices in Sri Lanka.** Built Environment Project and Asset Management - Vol. 8 No. 1, 2017 - pp. 51-63 © Emerald Publishing Limited 2044-124X.

BARDHAN, S. **Assessment of water resource consumption in building construction in India. Ecosystems and Sustainable Development VIII.** v.144, p. 93-102. 2011.

BATHRINATH, S.; MOHAN, S.; KOPPIAHRAJ, K.; BHALAJI, R.K.A; SANTHI, B. **Analysis of factors affecting sustainable performance in construction sites using fuzzy AHP-WASPAS methods**. Materials Today: Proceedings. 2022.

CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Desempenho da Construção Civil em 2022 e perspectivas para 2023.** 2022. Disponível em: <(Microsoft PowerPoint - PANORAMA CONSTRU\307\303O - DEZ 2022- FINAL) (cbic.org.br)> Acesso em: 12/05/2023.

ELSEVIER. Researsh Platforms. 2023. Disponível em: <Plataformas de pesquisa | Scopus | ScienceDirect | Mendeley (elsevier.com)> Acesso em: 08/06/2023.

GARG, Rajeev; KUMAR, Akhilesh; PANKAJ; KAMAL, Mohammad Arif. **Determining Water Footprint of Buildings During Construction Phase: An Activity-based Approach.** Civil Engineering and Architecture. Volume 11. 2023. DOI: 10.13189/cea.2023.110218.

HARIHARAN, Jeanette *et al*. **Benchmarking Drinking Water Consumption during Construction Phase.** Construction Research Congress 2022. American Society of Civil Engineers. Flórida, EUA – 2022.

HERAVI, Gholamreza; ABDOLVAND, Mohammad Mehdi. **Assessment of water1 consumption during production of material and construction phases of residential building projects.** Sustainable Cities and Society. 2019.

MARQUES, Cristian Teixeira; GOMES, Bárbara Maria Fritzen; BRANDLI, Luciana Londero. **Consumo de água e energia em canteiros de obra: um estudo de caso do diagnóstico a ações visando à sustentabilidade.** - v. 17, n.4 - Porto Alegre, RS: Revista Ambiente Construido. 2017.

MATEUS, Ricardo Filipe Mesquita da Silva. **Avaliação da Sustentabilidade da Construção: Propostas para o Desenvolvimento de Edifícios mais Sustentáveis.** 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade do Minho Campus de Gualtar. Braga, Portugal – 2009.

MASUERO, Angela Borges. **Desafio da Construção Civil: crescimento com sustentabilidade ambiental.** Matéria (Rio de Janeiro), 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/GDN9wNDzpwYVRntQYk73z7S/?lang=pt> Acesso em: 26/04/2023.

MCCORMACK, Michael; TRELOAR, Graham J.; PALMOWKI, Laurence; CRAWFORD, Robert. **Modelling direct and indirect water requirements of construction.** Building Research & Information. -v. 35, n.2, p.156-162- 2007.

MEC, Ministério da Educação. Acervo Científico da Capes. 2023. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/component/tags/tag/portal-de-periodicos > Acesso em: 10/07/2023.

NASCIMENTO, Priscila do; JESUS, Luciana Aparecida Netto de. **Avaliação da sustentabilidade em canteiros de obras: um estudo na Grande Vitória - ES.** Revista de Engenharia Civil IMED. 2016.

OLIVEIRA, J. A. C.; SPOSTO, R. M.; BLUMENSCHEIN, R. N. **Ferramenta para avaliação da sustentabilidade ambiental na fase de execução de edifícios no Distrito Federal.** GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Ano 7, no 2, abr-jun/2012, p. 11-21. Brasília, DF – 2012.

PASSARELO, Regiane Grigoli. **Estudo exploratório quanto ao consumo de água na produção de obras de edifícios: avaliação e fatores influenciadores.** Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de Educação Continuada em Engenharia. São Paulo, SP, 2008.

SANTOS, Camilla Pires dos; SILVA, Simone Rosa da; CERQUEIRA, Cezar Augusto. **Water Consumption in Construction Sites in the City of Recife/PE.** - v.20, n.7 - Electronic Journal of Government and Economics (EJGE). 2015.

SEBRAE, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Construção Civil.** 2021. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/e-ai-vamos-falar-dos-pequenos-negocios-na-construcao-civil,367882f83cfe8710VgnVCM100000d701210aRCRD#construcao-civil> Acesso em: 06/10/2022.

SCIELO, Scientific Electronic Library Online. **Sobre o site.** Disponível em: < https://scielo.pt/> Acesso em: 10/07/2023.

ZEULE, Ludimilla de Oliveira; SERRA, Sheyla Mara Baptista; TEIXEIRA, José Manuel Cardoso. **Best practices for the rational use of water in construction sites in Brazil.** Environmental Quality Management, [S.L.], v. 29, n. 4, p. 73-85, jun. 2020. Wiley Periodicals, Inc.

ZUTSHI, Ambika; CREED, Andrew. An international review of environmental initiatives in the construction sector. **Journal of Cleaner Production**, [S.L.], v. 98, p. 92-106, jul. 2015. Elsevier BV.

PAINEL 4

Desempenho Acústico e dos Materiais Hidráulicos-Sanitários

BOOK OF PAPERS
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS [SISPRED 2023]

Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina (CCT-UDESC)
● 2023

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

ANÁLISE DA PEGADA DE CARBONO NO TRANSPORTE DE TUBULAÇÕES DE PVC NO ESTADO DE GOIÁS

Analysis of the carbon footprint in the transportation of PVC pipes in the State of Goiás

Rigley César Matias Gonçalves[1]; Heber Martins de Paula[2]

Recebido em 11 de junho de 2023, aprovado em 19 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

RESUMO: O PVC é um dos termoplásticos mais empregado na construção civil e por isso exige uma logística de distribuição eficiente, prezando pelo cuidado com o meio ambiente. Sendo assim, esse trabalho analisou a pegada de carbono envolvida no processo transporte de tubos de PVC no estado de Goiás, sendo as cidades de Goiânia, Catalão, Jataí e Porangatu como destinatárias e uma fábrica de São Paulo como origem do percurso. Para atingir o objetivo proposto utilizou-se da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) modelada pelo *software OpenLCA* e as bases de dados *Ecoinvent v3.5* e *Industry Data v2.0*. As distâncias de transporte foram levantadas via Google Maps tendo a modalidade rodoviária como meio de locomoção. Verificou-se que a exportação de um metro de tubo emite, em média, 17 kg CO_2 e, ainda, a fase de transporte pode atingir uma participação superior a 35% em relação às emissões totais da fronteira estudada.

Palavras-chave:

Tubos de PVC

Logística de distribuição

Análise do Ciclo de Vida

ABSTRACT: PVC is one of the most used thermoplastics in civil construction and therefore requires efficient distribution logistics, taking care of the environment. Therefore, this work analyzed the carbon footprint involved in the process of transporting PVC pipes in the state of Goiás, with the cities of Goiânia, Catalão, Jataí and Porangatu as destinations and a factory in São Paulo as the origin of the route. To achieve the proposed objective, the Life Cycle Assessment (LCA) modeled by the OpenLCA software and with Ecoinvent v3.5 and Industry Data v2.0 databases was used. Transport distances were collected via Google Maps, using road as a means of transportation. It was verified that the export of one meter of tube emits, on average, 17 kg CO_2 and, furthermore, the transport phase can reach a participation greater than 35% in relation to the total emissions of the projected frontier.

Keywords:

PVC pipes

Distribution logistics

Life Cycle Assessment

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **GONÇALVES, Rigley César Matias**: Universidade Federal de Catalão, Av. Pedro Paulo de Sousa, N. 1235, Setor Goiânia 2, Goiânia, Goiás, rigley.matias@gmail.com

[2] **PAULA, Heber Martins de**: Universidade Federal de Catalão (UFCAT), heberdepaula@ufcat.edu.br

1 INTRODUÇÃO

Dentre os materiais plásticos fabricados no Brasil, o policloreto de vinila (PVC) é o mais disseminado em termos de produção e utilização (ABIPLAST, 2022), seja pela sua versatilidade ou seu custo-benefício. Esckilsen (2008) aponta que a construção civil e, especificamente, a fabricação de tubos e conexões para a execução de sistemas prediais são os principais mercados de aplicação do PVC, superando as industrias calçadista e de embalagens.

Os impactos ambientais associados à indústria da construção civil têm sido objeto de amplas discussões em todo o mundo. A busca pela sustentabilidade ambiental é atualmente o objetivo de muitos projetos arquitetônicos. Uma forma de medir a sustentabilidade ambiental de edificações e seus materiais e/ou processos é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Por meio dessa metodologia é possível realizar a quantificação de emissões de dióxido de carbono (CO_2) ao longo da fabricação e do transporte dos materiais e componentes de construção.

O CO_2 é apontado como o principal gás causador do aquecimento global e é um dos problemas ambientais mais discutidos atualmente e, portanto, há uma urgente necessidade da diminuição das emissões desse gás na atmosfera. Dessa forma, propõe-se neste estudo investigar qual o quantitativo de CO_2 liberado no processo de transporte, por meio de caminhões, para a entrega de tubos de PVC no estado de Goiás. O reconhecimento da quantidade de dióxido de carbono envolvido nesse processo colabora na busca do desenvolvimento sustentável e auxilia a tomada de decisões para se obter uma logística de distribuição com menores impactos ambientais.

Para atingir o objetivo pretendido será utilizada a técnica da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), estratégia de gestão sustentável usada para estudar o comportamento ambiental de um material, processo industrial ou serviço ao longo de sua vida (ISO, 2014). Essa ferramenta é pautada por meio de modelagens computacionais do sistema produtivo industrial e utilização do produto, de acordo com parâmetros de caracterização, que quantifica as contribuições ambientais liberadas na atmosfera em cada etapa de processamento e mostra o potencial de impacto ambiental do material (TILMAN, 2000). Com isso, é possível elaborar planos estratégicos e otimizar os processos que mais contribuem com a emissão de substâncias tóxicas.

2 METODOLOGIA

Essa pesquisa é delimitada ao estudo da influência do transporte no ciclo de vida de tubulações de PVC movimentadas no estado de Goiás. Sobre o ponto de vista metodológico, em função da abordagem de análise, esse estudo é classificado como qualitativo e quantitativo, tendo em vista que o objeto estudado consiste em descrever, qualificar e quantificar o processo de transporte das tubulações e as emissões advindas dessa etapa do ciclo de vida desses materiais (SILVEIRA e CÓRDOVA, 2009).

Em relação aos objetivos, pode-se classificar essa pesquisa em descritiva aplicada, onde é realizada a análise e interpretação dos fatos sem a interferência do pesquisador, tal qual determinado por Barros e Lehfeld (2007). Faz parte dos procedimentos metodológicos a utilização de bases de dados internacionais que representam a realidade ambiental da indústria e do comércio externo entre nações.

A avaliação das informações levantadas será realizada a partir da interpretação crítica dos resultados obtidos, o que envolve o entendimento da causa e efeito da ocorrência de

fenômenos, assim como a influência de diversas variáveis sobre a intensidade de ocorrência dos mesmos.

Para identificar o quantitativo de CO_2 envolvido no transporte de tubulações de PVC no estado de Goiás e buscando uma melhor amostragem da real situação goiana na distribuição desses materiais, foram escolhidas quatro cidades, uma em cada região de Goiás, conforme mostrado no Quadro 1.

Quadro 1 – Cenários de estudo

Cidade	Região do estado
Goiânia	Centro
Catalão	Sudeste
Jataí	Sul
Porangatu	Norte

Fonte: Próprios autores (2023)

Para a determinação da fábrica de tubos de PVC mais próxima aos cenários avaliados foram utilizadas aquelas qualificadas pelo Programa Setorial da Qualidade (PSQ) de Tubos e Conexões de PVC para Sistemas Hidráulicos Prediais, desenvolvido pelo Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H) (BRASIL, 2022), que tem por finalidade a comprovação da qualidade de materiais e o cumprimento às normas brasileiras quanto a eficiência e produtividade.

Vale considerar que podem existir outras empresas e filias localizadas que não foram contabilizadas nesse levantamento, tendo em vista o parâmetro de busca exposto e adotado nessa pesquisa.

Em posse da relação dos fabricantes e seus respectivos endereços foi possível verificar a distribuição das fábricas pelo país e as distâncias de transporte do PVC até as cidades goianas. Tendo em vista que, quanto maior o percurso maior será as emissões de gases poluentes na atmosfera, as fábricas utilizadas para cada cenário serão determinadas levando em consideração aquela que mais se aproxima da cidade em questão.

O modal rodoviário será adotado nesse estudo, tendo em vista que ele é o mais utilizado no continente sul-americano para o escoamento de mercadorias entre países. Dessa maneira, assumiu-se um caminhão de dois eixos transportando uma carga de lotação máxima.

As distâncias entre fábrica e as cidades foram determinadas por meio do Google Maps (2023), sendo a origem preenchida pelo endereço da fábrica e o campo de destino pelo nome da urbe. Verificou-se que o fabricante mais próximo está localizado na cidade de Cedral, estado de São Paulo. As distâncias entre a fábrica e as cidades estudadas podem ser observadas na Tabela 1.

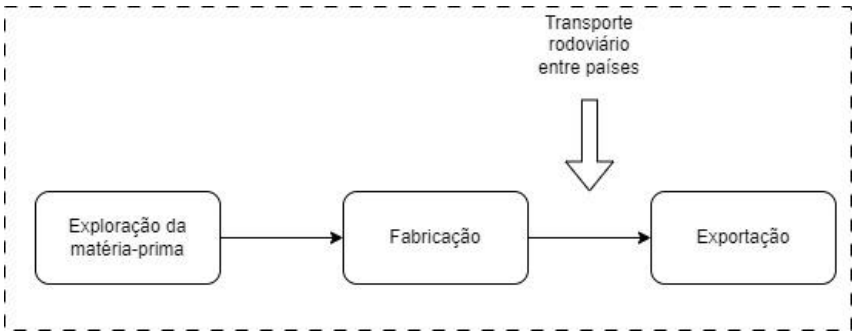
Tabela 1 – Distâncias entre a fábrica e os cenários de estudo

Cidade	Distância de transporte (km)
Goiânia	534
Catalão	410
Jataí	555
Porangatu	1054

Fonte: Próprios autores (2023)

A fronteira de estudo da ACV é constituída conforme a Figura 1, compreendendo as etapas de exploração das matérias-primas, fabricação e exportação, sendo o processo de transporte enfatizado quanto às suas emissões tóxicas. A ACV será modelada na unidade funcional de 6m lineares de tubo de PVC, sendo desconsideradas quaisquer conexões, junções, adesivos de união e anéis de vedação.

Figura 1 – Sistema de produto dos tubos de PVC



Fonte: Próprios autores (2023)

O *software OpenLCA* foi utilizado para o desenvolvimento da ACV, tendo em vista que possui utilização gratuita, interface intuitiva e disponibilidade de licença estudantil para utilização dos bancos de dados disponíveis (PAMU *et al.*, 2022). Esse programa computacional possui desenvolvimento funcional, em que o usuário informa quais são as matérias-primas (entradas) que formam a composição do material estudado, as suas respectivas quantidades e os processos sofridos na realização das misturas, com isso tem-se o processamento das informações e apresentação do resultado do ciclo de vida.

As bases de dados adotadas foram *Ecoinvent v3.5* e *Industry Data v2.0*, tal qual os estudos de Marson *et al*. (2021), Xiong *et al*. (2020) e Alsadi *et al*. (2016), pois contemplam uma ampla abrangência de matérias-primas e é perceptível uma rotineira utilização dessas fontes de dados em estudos que envolvem materiais da construção civil.

A entrada de dados no programa foi estipulada pelos estudos do *Institut für Kunststoffkunde und Kunststoffprüfung* (IKP, 2003), da Alemanha, e o *Instituttet for Produktudvikling* (IPU, 2000), da Dinamarca, sendo utilizada a média entre os valores estipulados por cada instituição na composição dos tubos de PVC, conforme mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Composição dos tubos de PVC em percentual de massa (kg)

	Material	IPU (2003)	IKP (2000)	Média
Aditivos	Resina de PVC	92,1	94	93,05
	Sulfato de chumbo tribásico	1,4	-	1,4
	Estearato de chumbo dibásico	0,5	-	0,5
	Estearato de chumbo	0,2	1,1	0,65
	Estearato de cálcio	0,4	-	0,4
	Filler	-	3,8	3,8
	Calcário em pó	4,7	0,18	2,44
	Ácido esteárico	0,1	-	0,1
	Cera endurecida sintética	0,1	-	0,1
	Parafina (lubrificante)	-	0,7	0,7
Pigmentos	Negro de fumo	0,5	0,02	0,26
	Óxido de titânio	-	0,2	0,2

Fonte: Adaptado de IKP (2003) e IPU (2000).

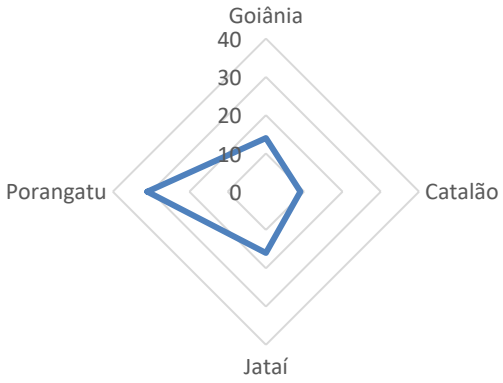
A Avaliação do Inventário do Ciclo de Vida (AICV) foi elaborada com base no método de análise CML-IA 4.1, aconselhado para pela norma europeia EN 15804 (BRE, 2012), que trata da sustentabilidade e serviços na construção civil. Ainda, essa versão de análise é uma das que apresentam um maior número de categorias de impactos, além de ser considerada a abordagem que melhor representa a realidade brasileira quando o assunto é avaliação do ciclo de vida (UGAYA, 2019).

A interpretação dos resultados se deu de forma interativa entre as etapas da ACV e teve por meta identificação do quantitativo de CO_2 liberado pelo processo de transporte dos tubos de PVC pelo estado de Goiás, analisando a consistência dos dados obtidos, conforme NBR ISO 14044 (ABNT, 2014).

3 RESULTADOS

A partir da unidade funcional definida e dos parâmetros adotados para a elaboração da ACV identificou-se o total de emissão de CO_2 relacionada ao processo de transporte dos tubos de PVC para cada uma das cidades avaliadas, conforme mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Quantidade de CO_2 liberado, em kg eq



Fonte: Próprios autores (2023)

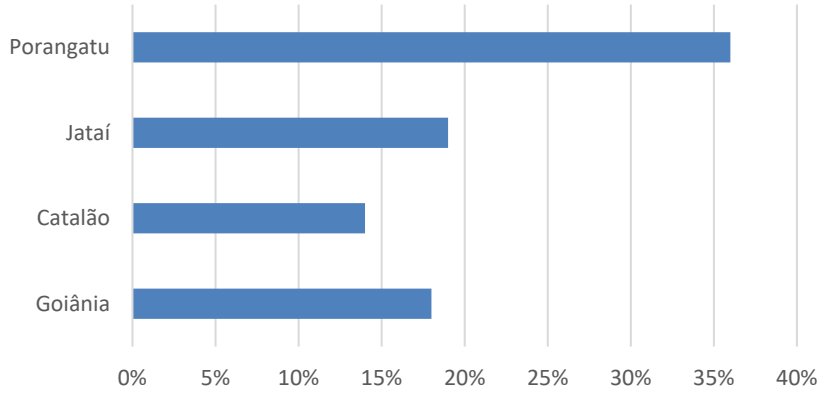
Observou-se que a cidade de Porangatu é a que gera maiores índices de CO_2 dentre as localidades estudadas, ultrapassando a marca de 20 kg CO_2 por metro de tubo transportado. Esse resultado pode ser justificado tendo em vista que o norte goiano é a região do estado com o menor desenvolvimento econômico e tecnológico e que a cidade de Porangatu é a que demanda a maior distância de transporte.

As menores taxas de gás carbônico foram observadas em Catalão, no sudoeste do estado. O posicionamento geográfico dessa cidade colabora com essa situação, visto que é uma cidade com importante papel no cenário de transporte do estado goiano, sendo uma porta de entrada para a movimentação de cargas entre os estados de Goiás, São Paulo e Minas gerais.

Goiânia e Jataí apresentaram comportamento semelhante quanto à quantidade de gás carbono liberado, sendo as duas cidades com as taxas médias de emissão.

Figura 3 apresenta os percentuais da fase de transporte em relação à quantidade de emissões de CO_2 totais da unidade funcional dos tubos de PVC.

Figura 3 – Participação do transporte na emissão de CO_2 (kg)



Fonte: Próprios autores (2023)

As cidades com a maior participação do transporte foram aquelas que tiveram as maiores distâncias de locomoção, um resultado já esperado visto que quando maior a quilometragem maior a queima de combustível dos caminhões. Porém, o que chama atenção é o alto índice dessa participação. O transporte de tubos até Porangatu apresentou mais de 35% da participação da emissão de CO_2 na ACV, mais de um quarto da quantidade liberada em todo o ciclo de vida da unidade funcional.

Caldas e Sposto (2017), em seu estudo sobre a participação do transporte na logística de distribuição de materiais em Goiás encontraram valores próximos ao de 15% para blocos de concreto e 25% para blocos cerâmicos. Os resultados obtidos por esses autores se assemelham aos identificados aqui e corroboram com o fato de que o transporte é um importante fator no estudo da sustentabilidade na construção civil.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se que o processo de transporte de tubulações para o estado de Goiás gera em média 17,5 kg de CO_2 por metro de tubulação movimentada. A maior taxa de emissão foi identificada no norte do estado, fato muito influenciado pelo baixo desenvolvimento tecnológico e industrial da região.

Diagnosticou-se o transporte tem um alto percentual de participação no ciclo de vida do objeto estudado, atingindo indicadores que ultrapassam os 35% de colaboração na emissão de gás carbono para o norte do estado.

Dos fatores que garantem a sustentabilidade de um material (custo, impacto ambiental e impacto social), esse estudo está focado apenas nas questões ambientais relacionadas à logística da exportação. Recomenda-se que para a determinação do perfil sustentável desse processo sejam também analisados os comportamentos econômico e social.

Sendo o Brasil um país com uma matriz de transporte desequilibrada, a busca pela integração e a intermodalidade dos meios de transporte é uma ferramenta que colaboraria com a melhoria da conduta ambiental da etapa de logística de distribuição de materiais e insumos, otimizando o consumo energético e oferecendo benefícios para a saúde pública e a mobilidade urbana.

Essa pesquisa beneficia a indústria da construção civil e a sociedade construtiva no monitoramento de suas emissões poluentes e auxilia na definição de estratégias de controle

na liberação de CO_2 na logística de distribuição de tubulações de PVC no estado de Goiás. Ainda, essa análise se mostra como pioneira na disciplina de sistemas prediais brasileiros, servindo como fomento na formação de profissionais preocupados em melhorar o comportamento ambiental de materiais e processos produtivos.

REFERÊNCIAS

ALSADI, S.; BABAIZADEH, H.; FOSTER, N.; BROUN, R. Environmental and economic life cycle assessment of PEX and copper plumbing systems: A case study. Journal of Cleaner Production, v. 137, pp. 1228-1236, nov. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 14040: Gestão ambiental – avaliação do ciclo de vida – princípios e estrutura, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2014.

BARROS, A.J.S.; LEHFELD, N.A.S Fundamentos de Metodologia Científica. 3ª Edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007, 257p.

BONOU *et al*. Life cycle assessment of Danish pork exports using different cooling technologies and comparison of upstream supply chain efficiencies between Denmark, China and Australia. Journal of Cleaner Production. v. 244, 2020. doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118816

BRASIL. Ministério das Cidades. Programa Setorial da Qualidade. PSQ de tubos e conexões 2022. Disponível em: < https://pbqp-h.mdr.gov.br/psq/tubos-e-conexoes-de-pvc-para-sistemas-hidraulicos-prediais/>. Acesso em: 22 jun. 2022.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT (BRE). Global Product Category Rules for Type III: environmental product declarations os construction products to EN 15804:2012. Reino Unido. 2012. Disponível em: https://www.bre.co.uk/filelibrary/Materials/BRE-EN-15804-PCR-PN514.rev-0.1.pdf Acesso em: 14 mar. 2022.

CALDAS, L. R.; SPOSTO, R. M. Emissões de CO_2 referentes ao transporte de materiais de construção no Brasil: estudo comparativo entre blocos estruturais cerâmicos e de concreto. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 17, n. 4.

DING *et al*. Life cycle assessment of environmental impacts of cold and hot break tomato paste packaged in steel drums and exported from Xinjia. Environmental Impact Assessment Review, v. 98, 2023. doi.org/10.1016/j.eiar.2022.106939.

Editorial. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO (Abiplast). Disponível em: http://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2022/09/PERFIL_2021_EN_FINAL.pdf, acessado em jul. 2022.

Editorial. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). Disponível em: https://cdn.cnt.org.br/diretorioVirtualPrd/0e8733db-0f86-47c2-856b-f296b1a8573f.pdf. Acessado em agosto de 2022.

ESCKILSEN, B. Global PVC markets: threats and opportunities. Additives and Compounding. v. 10, Issue 6, Pages 28-30. 2008. ISSN 1464-391X. doi.org/10.1016/S1464-391X(08)70226-5.

GONG, X. *et al*. Life Cycle Energy Consumption and Carbon Dioxide Emission of Residential Building Designs in Beijing. Journal of Industrial Ecology, v. 16, n. 4, pp. 576-587, 2012.

HUMMELS, D. Transportation Costs and International Trade in the Second Era of Globalization. Journal of Economic Perspectives. 21 (3): 131-154. 2007. DOI: 10.1257/jep.21.3.131

IKP. NL-3: Environmental profile and environmental measures of a concrete external sewer. Intron Report No. 95027. 2003.

IPU. ENTEC UK. Limited. Life cycle assessment of Polyvinyl Chloride and Alternatives: Summary report for consultation. Department of Environment. Transport and the Regions. London Ecobalance. UK, 2000.

MARSON, A.; MANZARDO, A.; PIRON, M.; FEDELE, A.; SCIPIONI, A. Life cycle assessment of PVC - A polymer alloy pipes for the impacts reduction in the construction sector. Chemical Engineering Transactions, v. 86, pp. 721-726, jun. 2021.

MAZZETTO *et al*. Carbon footprint of New Zealand beef and sheep meat exported to different markets. Environmental Impact Assessment Review. v. 98, 2023. doi.org/10.1016/j.eiar.2022.106946

NABUT NETO, A.C. Energia Incorporada e Emissões de CO_2 de Fachadas: estudo de caso do steel frame para utilização em Brasília, Tese de M. Sc., Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universi-dade de Brasília, Brasília, Brasil, 2011.

Natural Resources and Infrastructure Division (INECLAC). Notes on Infrastructure and Integration in South America. Disnponivel em: http://www.iirsa.org/admin_iirsa_web/uploads/documents/cap_doc_compilado_curso08y09_eng.pdf. Acesso em: jan. 2023.

NEIRA, D. P. Energy sustainability of Ecuadorian cacao export and its contribution to climate change a case study through product life cycle assessment. Journal of Cleaner Production. v. 112-4, 2016. doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.11.003

PALÁCIO, C. D. U. Energia Incorporada de Vedações Para Habitação de Interesse Social Consideran-do-se o Desempenho Térmico: estudo de caso com utilização do Light Steel Frame no Entorno do DF, Tese de M. Sc. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, 2013.

PENNAFORT JÚNIOR, L. C.G.; SILVA, F. R.; DEUS, E. P. Avaliação e caracterização de tubos fabricados com PVC reciclado. Polímeros: Ciência e Tecnologia. São Carlos-SP, v. 23, n. 4, p. 547-551. 2013.

PAMU, Y., *et al.* Life Cycle Assessment of a building using Open-LCA software. Materials today: proceedings. v. 52-3, PP. 1968-1978. 2022.

RODOLFO JUNIOR, A.; NUNES, L. R.; ORMANJI, W. Tecnologia do PVC. Braskem, São Paulo. 2 ed. 2013.

RUIZ-PADILLO, A.; SILVEIRA, A. A.; TORRES, T. B. Sistemas de transporte. LAMOT. Universidade Federal de Santa Maria. Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil, 2020.

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVA, F. P. A pesquisa científica. In: GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. Métodos de pesquisa. Porto Alegre: UFRGS, 2009. cap. 02, p. 31-42.

SOLAYMANI, S. CO_2 emissions patterns in 7 top carbon emitter economies: The case of transport sector. Energy. v. 168. pp. 989-1001. 2019.

TABORIANSKI, V. M.; PRADO, R. T. A. Methodology of CO_2 Emission in the Life Cycle of Office Building Façades. Environmental Impact Assessment Review. v. 33, p. 41-47, 2012.

TILLMAN, A. Significance of decision-making for LCA methodology. Environmental Impact Assessment Review. Volume 20, Issue 1, 2000, ISSN 0195-9255. https://doi.org/10.1016/S0195-9255(99)00035-9.

UGAYA, C. M. L.; ALMEIDA NETO, J. A.; FIGUEIREDO, M. C. B. Recomendação de modelos de Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida para o Contexto Brasileiro. Rede de Pesquisa de Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida. IBICT, 2019. Disponível em: https://acv.ibict.br/wp-content/uploads/2019/07/Relat%C3%B3rio-de-Recomenda%C3%A7%C3%B5es-de-Modelos-de-Avalia%C3%A7%C3%A3o-de-Impacto-para-o-Contexto-Brasileiro.pdf. Acesso em: setembro de 2022.

WIEDEMANN *et al*. Environmental impacts and resource use of Australian beef and lamb exported to the USA determined using life cycle assessment. Journal of Cleaner Production. v. 94, 2015. doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.01.073.

XIONG, J.; ZHU, J.; HE, Y.; REN, S.; HUANG, W.; LU, F. The application of life cycle assessment for the optimization of pipe materials of building water supply and drainage system. Sustainable Cities and Society, v. 60, art. no. 102267, 2020.

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

ASPECTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS DE DIFERENTES TIPOS DE MATERIAIS NOS SISTEAS PREDIAIS HIDRÁULICOS: ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PEX E PVC

Technical and economic aspects of different types of materials in plumbing systems: comparative analysis between PEX and PVC

Mariana Silva Anselmo[1]; Tania Mara Sebben Oneda[2]

Recebido em 11 de junho de 2023, aprovado em 24 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

Palavras-chave:

PEX

PVC

Sistemas hidrossanitários

Keywords:

PEX

PVC

Plumbing Systems

RESUMO: Esta pesquisa destaca a busca por novos materiais na indústria da construção civil, visando melhoria dos processos e otimização dos custos. O estudo analisou a substituição do Policloreto de Vinila (PVC) pelo Polietileno Reticulado (PEX) nos ramais e sub-ramais do sistema hidráulico de água fria de uma edificação residencial. Foram comparados os processos construtivos, projeto, desempenho hidráulico, custos e tempo de instalação entre os dois materiais. Ambos se mostraram eficientes e em conformidade com as normas técnicas. Os resultados mostraram que o PVC apresentou maior pressão da água nas peças de utilização. Em relação ao custo total da edificação, o PEX demonstrou ser 19,79% mais econômico, devido ao menor custo da mão de obra. Embora o PVC tenha um custo menor de material, eles exigem um período de execução mais longo, resultando em um aumento significativo de mão de obra. Portanto, conclui-se que a substituição do PVC pelo PEX é uma opção viável, proporcionando economia e maior produtividade.

ABSTRACT: This research highlights the search for new materials in the construction industry, aiming at improving processes and optimizing costs. The study analyzed the replacement of Polyvinyl Chloride (PVC) by Cross-linked Polyethylene (PEX) in the branches and sub-extensions of the cold-water hydraulic system of a residential building. The construction processes, design, hydraulic performance, costs and installation time between the two materials were compared. Both proved to be efficient and in compliance with technical standards. The results showed that the PVC presented higher water pressure in the pieces of use. In relation to the total cost of the building, the PEX proved to be 19.79% more economical, due to the lower cost of labor. Although PVC has a lower material cost, they require a longer lead time, resulting in a significant increase in labor. Therefore, it is concluded that the replacement of PVC by PEX is a viable option, providing savings and greater productivity.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **ANSELMO, Mariana Silva**: Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC, Joinville – SC, marianasanselmo@gmail.com.

[2] **ONEDA, TÂNIA Mara Sebben**: Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC, tania.oneda@udesc.br.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o PVC (policloreto de vinila) tem sido amplamente utilizado nas instalações prediais de água fria, devido aos benefícios que oferece. No entanto, o PEX (polietileno reticulado) tem ganhado popularidade, pois é uma opção flexível que elimina a necessidade de conexões intermediárias (BRANDÃO, 2010).

Martins *et al.* (2021) analisaram as características técnicas do PVC e do PEX. Os resultados mostraram que o PEX, apesar de ter maior valor em relação ao PVC, proporciona agilidade no transporte, melhor produtividade e redução de vazamentos.

Lacopo *et al.* (2023) estudaram a utilização do PEX no sistema hidráulico em paredes de concreto. Concluíram que, apesar de ser mais caro em relação ao PVC e CPVC, o PEX é recomendado para este tipo de obra, visto ter melhor isolamento térmico, não possuir conexões intermediárias, a execução ser rápida e poder ser utilizado para água quente e fria.

O objetivo desta pesquisa é analisar a substituição do PVC pelo PEX nos ramais e sub-ramais de uma edificação. Por meio da comparação de critérios como eficiência, projeto, instalação, tempo e custo, são investigadas as vantagens e desvantagens de cada material.

2 MÉTODO

O estudo foi realizado em um edifício residencial em Joinville- SC com oito pavimentos. Cada pavimento tipo possui seis apartamentos (Figura 1). Para o dimensionamento, foram considerados os apartamentos do Tipo 5 e 6 e para o custo total, os valores foram replicados aos apartamentos com a mesma configuração arquitetônica.

Os ramais em PVC e PEX foram dimensionados pelo Método de Hunter, descrito por Creder (2006). Em seguida, foram calculados o peso relativo das peças de utilização, a vazão, o diâmetro, a velocidade, a perda de carga unitária e as alturas geométricas para cada trecho de cada apartamento Tipo, conforme NBR 5626 (ABNT, 2020).

A presença de qualquer acessório reflete em um aumento da perda de carga localizada, que deve ser agregada à perda distribuída. Para sua determinação, utilizou-se o método dos comprimentos equivalentes (PORTO, 2006).

Para o cálculo da perda de carga total em PVC, considerou-se a extensão real do tubo e o comprimento equivalente das conexões intermediárias de cada trecho (anexo A).

Figura 1 – Planta baixa pavimento Tipo



Fonte: Autora (2023).

Para o PEX, considerou-se a perda de carga localizada devido às curvaturas da tubulação, através do dimensionamento do fator K, conforme a Equação 1 (GNIPPER 2009, *apud* SOUZA, 2011):

$$\mathrm{K} = [0{,}13 + 0{,}16 \times \left(\frac{r}{D}\right)^{-3{,}5}] \times \sqrt{\frac{\propto}{180°}} \qquad \text{(Eq. 1)}$$

Sendo:
K, fator de atrito (adimensional);
D, diâmetro interno do tubo (milímetros);
r, raio interno do tubo somado ao raio de curvatura (milímetros);
∝, ângulo de curvatura (graus).

Para acessórios existentes na tubulação em PEX, o fator K pode assumir valores constantes, conforme Tabela 1 (PORTO, 2006). Ainda deve-se considerar as perdas de carga localizadas resultantes das conexões extremas nos trechos, conforme Tabela 2.

Tabela 1 – Fator de atrito (K) para acessórios diversos

Acessório	K	Acessório	K
Cotovelo 90º raio curto	0,9	Válvula gaveta aberta	0,2
Cotovelo 90º raio longo	0,6	Válvula ângulo aberta	5
Cotovelo 45º	0,4	Válvula globo aberta	10
Curva 90º	0,4	Válvula de pé com crivo	10
Curva 45º	0,2	Válvula de retenção	3
Tê passagem direta	0,9	Curva de retorno	2,2
Tê saída lateral	2	Válvula de boia	6

Fonte: Porto (2006).

Na sequência, foi possível calcular o comprimento equivalente total, a pressão à montante, a perda de carga total do trecho e a pressão à jusante para ambos os materiais.

Tabela 2 – Comprimento equivalente para conexões PEX

Conexões	16 mm	20 mm	25 mm	32 mm
Joelho 90º	0,37	0,29	0,26	0,26
Redução	0,14	0,11	0,10	0,09
Derivação do Tê	0,44	0,35	0,31	0,26
Passagem do Tê	0,10	0,08	0,08	0,07
Tê com derivação	0,39	0,31	0,28	0,23

Fonte: Tigre (2022).

Para o orçamento da mão de obra, procedeu-se à composição do serviço unitário utilizando a tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI – março 2023 – Santa Catarina). Para os materiais, foi realizado um orçamento no comércio local, em abril de 2023.

3 RESULTADOS

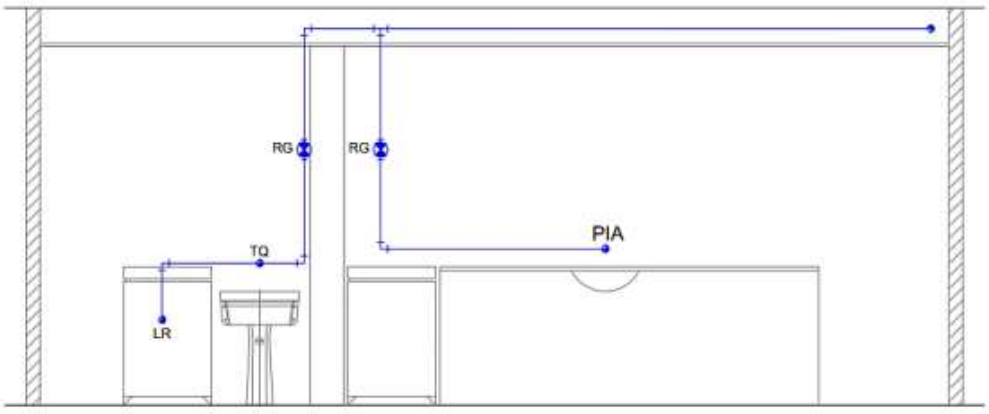
Os ramais e sub-ramais em PVC resultaram em diâmetros de 25mm a 50 mm. Para os sub-ramais em PEX, o diâmetro foi determinado pela quantidade de peças de utilização a serem atendidas. Os ramais e sub-ramais em PEX resultaram em um diâmetro de 16mm, uma vez que cada trecho atende a um único ponto de consumo.

3.1 Desempenho hidráulico

A comparação entre os sistemas está exposta nas Figuras 2 e 3. A principal diferença entre as tubulações é que o sistema PEX, além de ser flexível, adota a distribuição individualizada. Isso resulta em menos conexões e menor perda de carga localizada. No entanto, a perda de carga total em PEX torna-se maior porque os trechos demandam uma extensão superior, conforme Tabela 3.

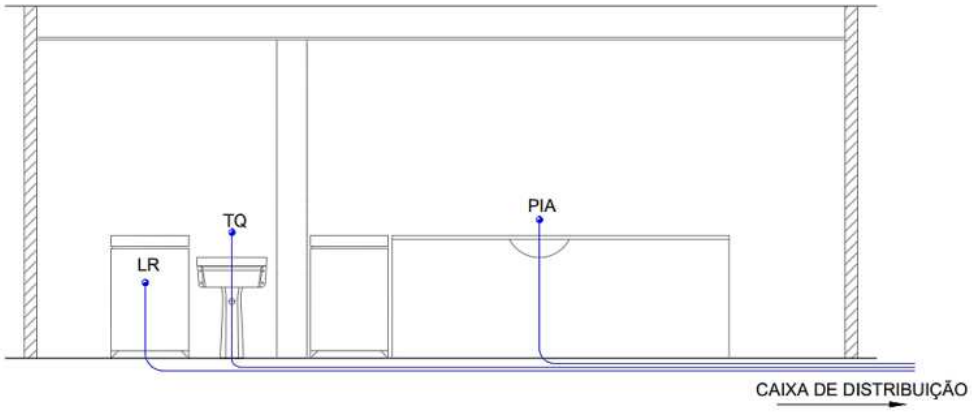
Os resultados das perdas de carga em PEX possuem valores semelhantes porque no cálculo foram consideradas as mesmas conexões extremas em todos os trechos.

Figura 2 – Representação da cozinha em PVC



Fonte: Autora (2023)

Figura 3 – Representação da cozinha em PEX



Fonte: Autora (2023)

Embora o PEX possibilite um traçado com menores perdas de carga localizada deve-se adotar um traçado otimizado para que sejam utilizados menores comprimentos de tubulação e diminuir a perda de carga distribuída ao longo dos trechos (CABRAL *et al*., 2017).

Ao analisar as perdas de carga, verifica-se o impacto na pressão à jusante nos trechos. A direção do fluxo de água também influencia a pressão: fluxo ascendente reduz a pressão, enquanto fluxo descendente aumenta. No projeto, a tubulação de PVC percorre o teto, resultando em sub-ramais com fluxo descendente, exceto para os chuveiros elétricos.

Tabela 3 – Perda de carga total nos trechos

Tipo	Peça de Utilização	PVC		PEX	
		$L_{equiv.}$ conex. (m)	Perda de carga total (m)	$L_{equiv.}$ conex. + Curvatura (m)	Perda de carga total (m)
5	Pia cozinha	5	1,5	0,37	14,1
5	Tanque	6,6	3,4	0,37	11,8
5	Lavadora Roupa	3	1,0	0,37	16,9
5	Lavatório suíte	6,6	1,6	0,37	7,5
5	Bacia sanitária caixa acoplada suíte	4,6	0,7	0,37	7,7
5	Chuveiro elétrico suíte	11,2	0,4	0,38	3,6
5	Lavatório	6,6	1,6	0,37	5,5
5	Bacia sanitária caixa acoplada	4,6	0,7	0,37	8,0
5	Chuveiro elétrico	11,2	0,4	0,38	3,8
5	Pia sacada	3,2	1,0	0,37	13,4
6	Lavatório	6,6	1,6	0,37	33,6
6	Bacia sanitária caixa acoplada	4,6	0,5	0,37	37,8
6	Chuveiro elétrico	19,5	0,8	0,38	23,1
6	Lavatório suíte	5,1	1,4	0,37	32,4
6	Bacia sanitária caixa acoplada suíte	4,6	0,6	0,37	36,9
6	Chuveiro elétrico suíte	18,0	0,7	0,38	22,8
6	Pia cozinha	8,1	2,1	0,37	29,0
6	Tanque	8,1	4,0	0,37	26,8
6	Lavadora Roupa	3,0	1,0	0,37	26,3

Fonte: Autora (2023).

A tubulação de PEX percorre o piso, permitindo que todos os sub-ramais atendam as peças de utilização em fluxo ascendente. A pressão à jusante na rede de PVC é maior na maioria das peças de utilização devido à menor perda de carga total e ao fluxo descendente predominante nos sub-ramais. A Tabela 4 mostra a comparação.

Tabela 4 – Pressão à jusante nas peças de utilização

Tipo	Peça de utilização	PVC	PEX
		Pressão (kPa)	Pressão (kPa)
5	Pia cozinha	32,1	21,3
5	Tanque	30,9	24,6
5	Lavadora Roupa	33,9	23,5
5	Lavatório suíte	33,4	30,4
5	Bacia sanitária caixa acoplada suíte	39,2	34,8
5	Chuveiro elétrico suíte	26,3	21,9
5	Lavatório	33,4	32,4
5	Bacia sanitária caixa acoplada	39,3	34,4
5	Chuveiro elétrico	26,3	21,6
5	Pia sacada	32,5	22,0
6	Lavatório	36,3	33,6
6	Bacia sanitária caixa acoplada	40,3	37,8
6	Chuveiro elétrico	20,0	23,1
6	Lavatório suíte	36,1	32,4
6	Bacia sanitária caixa acoplada suíte	39,9	36,9
6	Chuveiro elétrico suíte	26,8	22,8
6	Pia cozinha	32,6	29,0
6	Tanque	31,4	26,8
6	Lavadora Roupa	34,4	26,3

Fonte: Autora (2023).

3.2 Comparação econômica

A Tabela 5 mostra o orçamento dos materiais para a edificação. O uso do PEX resultou em um aumento de cerca de 9,19% no custo total dos tubos e conexões em comparação com o PVC.

Tabela 5 – Custo total dos materiais

Apartamento		PVC (R$)		PEX (R$)	
		Total/pavimento	Total Pavimentos (x5)	Total/pavimento	Total Pavimentos (x5)
Tipo	**1-2-4-5**	5.224,68	23.123,40	5.645,28	28.226,40
Tipo	**3-6**	2.068,00	10.342,00	2.318,38	11.591,90
Total (R$)			36.464,40		39.818,30

Fonte: Autora (2023).

Para a mão-de-obra, foi realizada a composição considerando encanador e auxiliar de encanador. Ao analisar a duração total do serviço, observou-se que o tempo de instalação em PEX é 54% menor, impactando diretamente no custo de mão de obra, que se apresenta 49,60% mais barato do que em PVC (Tabelas 6 e 7).

Tabela 6 – Duração total para a instalação dos ramais e sub-ramais

Apto. Tipo	Cenário	Total/Pav. (horas)	Total Pav. (x5) (horas)
1-2-4-5	PVC	92,55	462,77
3-6	PVC	37,15	185,76
1-2-4-5	PEX	50,35	251,76
3-6	PEX	19,29	96,45

Fonte: Autora (2023).

Tabela 7 – Custo total da mão de obra

Apartamento		PVC (R$)		PEX (R$)	
		Total/pavimento	Total Pavimentos (x5)	Total/pavimento	Total Pavimentos (x5)
Tipo	**1-2-4-5**	4.928,50	24.642,52	2.469,35	12.346,75
Tipo	**3-6**	1.978,37	9.891,85	956,95	4.784,75
Total (R$)			34.534,37		17.131,50

Fonte: Autora (2023).

Ao somar os custos de materiais e mão de obra, a instalação em PVC resulta em um custo total de R$70.999,77, enquanto a instalação em PEX em R$56.949,80. Portanto, a utilização de tubulação em PEX terá uma economia de 19,79% em relação à instalação em PVC, principalmente devido ao menor custo de mão de obra.

Assim como o resultado obtido por Lacopo *et al.* (2023), o material PEX possui valor mais alto, porém, por ter o tempo de instalação reduzido, é recomendado por não possuir conexões intermediárias e evitar vazamentos. Os resultados também corroboram com Cabral *et al.* (2017) que obtiveram custos superiores para os materiais em PEX.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa teve por objetivo analisar o desempenho do PEX e do PVC nos ramais e sub-ramais dos apartamentos Tipo 5 e Tipo 6 de uma edificação. Notou-se que o sistema em PVC tem maior perda de carga localizada devido ao número de conexões, enquanto o sistema PEX apresenta maior perda de carga total devido às extensões dos trechos. Com a perda de carga total menor e o fluxo de água em direção descendente nos sub-ramais, o PVC apresenta um melhor desempenho em relação à pressão nas peças de utilização.

Em relação ao tempo de instalação, a utilização de PEX resultou em maior produtividade da mão de obra, sendo a opção mais rápida, mas exige mão de obra especializada. Em relação aos materiais, a tubulação em PVC é mais econômica.

Conclui-se que a instalação dos ramais e sub-ramais em PEX resulta em uma economia de 19,79% em relação ao custo total, apesar dos materiais serem mais caros. No setor da construção civil atual, há uma demanda por processos industrializados, baixo custo e cumprimento de prazos com qualidade. A tubulação em PEX atende a essas exigências, cumprindo as normas vigentes e apresentando eficiência no desempenho hidráulico.

REFERÊNCIAS

ARO, Celso Ricardo. **A modernização tecnológica: seu patamar nos sistemas hidráulicos e sanitários.** 2004. 158 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação Predial de Água Fria. Rio de Janeiro, 2021.

BRANDÃO, Rosana Gouveia. **Estudo de viabilidade da utilização de PVC, PEX e PPR em empreendimentos multifamiliares**. 2010. 116 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

CABRAL, Alex Pereira et al. **Utilização de materiais não convencionais em sistemas hidráulicos prediais**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 2., Bahia, 2017

CREDER, Hélder. **Instalações Hidráulicas**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. 423 p.

LACOPO, Amanda Faria *et al*. **Sistema hidráulico em obras de edificações de parede de concreto: a utilização do pex na construção civil.** Construção Civil: Engenharia e Inovação, Rio de Janeiro, v. 5, p. 64-79, 2023.

MARTINS, Thiago Gomes et al. **Os benefícios da utilização de novas tecnologias para sistemas hidráulicos**. Revista Boletim do Gerenciamento, Rio de Janeiro, p. 50- 59, ago. 2021

PORTO, Rodrigo de Melo. **Hidráulica básica**. 4º Ed. São Calos: EESC-USP, 2006.

POSSAMAI, Juliana Zanellato; BACK, Nestor. **Estudo comparativo entre diferentes tipos de tubulações nas redes de instalações hidráulicas prediais.** 2012. 15 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2012f

SOUZA, Caroline Corrêa de. **Aspectos econômicos e hidráulicos da utilização do PEX como alternativa em projetos de instalações hidráulicas prediais.** 2011. 73 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011

TIGRE. **Linha ClicPEX**: Catálogo Técnico e Produtos. 2022. Disponível em: http://www.tigre.com.br/catalogos-tecnicos. Acesso em: 04 dez. 2022.

ANEXO A – PERDA DE CARGA EM CONEXÕES: COMPRIMENTO EQUIVALENTE, EM METROS, PARA TUBULAÇÃO EM PVC RÍGIDO

Diâmetro nominal		Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° passag. direta	Tê 90° saída de lado	Tê 90° saída bilat.	Entrada normal	Entrada de borda	Saída de Canaliz.	Válvula de pé e crivo	Válv. de retenção		Registro de globo aberto	Registro de gaveta aberto	Registro de ângulo aberto
													Tipo leve	Tipo pesado			
DN	(Ref.)																
(-)																	
15	(1/2)	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
20	(3/4)	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
25	(1)	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
32	(1,1/4)	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,5	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
40	(1,1/2)	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
50	(2)	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
60	(2.1/2)	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
75	(3)	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,9	20,0
100	(4)	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1
125	(5)	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0	10,0	2,5	5,0	4,9	37,4	12,5	19,2	50,9	1,1	26,2
150	(6)	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	11,1	2,8	5,6	5,5	43,4	13,9	21,4	56,7	1,2	28,9

Fonte: Creder (2006).

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

DECAIMENTO DE TEMPERATURA EM TUBOS DE PPR EMBUTIDOS EM ALVENARIA DE TIJOLOS CERÂMICOS

Temperature decay in PPR pipes embedded in ceramic brick masonry

Takashi Uehara [1]; Armando Traini Ferreira[2]

Recebido em 25 de abril de 2023, aprovado em 05 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

RESUMO: No transporte de água quente em uma tubulação ocorre perda de energia em forma de calor para o ambiente, com consequente decaimento de temperatura da água. O tubo de polipropileno copolímero random (PPR) é uma das opções disponíveis no mercado para uso em sistemas prediais de água quente, pois possui propriedades que conferem alta resistência à temperatura e baixa perda térmica. No entanto, os manuais técnicos destes tubos não disponibilizam informações sobre essa perda para diferentes velocidades de escoamento e formas de instalação. Dessa forma, esse trabalho visa determinar o decaimento de temperatura em tubos de PPR embutidos em alvenaria para diferentes diâmetros e velocidades, com um modelo teórico fundamentado na literatura sobre transferência de calor e simulações computacionais no software Ansys®. Os resultados dos dois métodos apresentaram diferenças pequenas, sendo o maior valor igual a 0,0119% para o tubo DN20 com velocidade de 0,5 m s^{-1}. Assim, as formulações utilizadas no modelo podem ser utilizadas no dimensionamento de sistemas prediais de água quente, podendo-se alterar diferentes parâmetros de acordo com as características da instalação.

Palavras-chave:
Polipropileno copolímero random
Decaimento de temperatura
Água quente

ABSTRACT: In the transport of hot water in a pipeline, there is a loss of energy in the form of heat to the environment, with a consequent drop in water temperature. Polypropylene random copolymer (PPR) pipe is one of the options available on the market for use in building hot water systems, as it has properties that provide high temperature resistance and low thermal loss. However, the technical manuals for these pipes do not provide information on this loss for different flow rates and installation methods. Thus, this work aims to determine the temperature decay in PPR pipes embedded in masonry for different diameters and speeds, with a theoretical model based on the literature on heat transfer and computational simulations in the Ansys® software. The results of the two methods showed small differences, with the highest value equal to 0.0119% for the DN20 tube with a velocity of 0.5 m s^{-1}. Thus, the formulations used in the model can be used in the design of building hot water systems, with the possibility of changing different parameters according to the characteristics of the installation.

Keywords:
Polypropylene random copolymer
Temperature decay
Hot water

CONTATO DOS AUTORES:

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

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

1 INTRODUÇÃO

Um dos desafios da engenharia é a apresentação de projetos eficientes e sustentáveis, que racionalizem o uso dos recursos naturais e causem o menor impacto sobre o meio ambiente. A disponibilidade de água quente para o uso hidrossanitário é considerada uma necessidade básica (BORGES, 2000). Segundo Chaguri Junior (2009), o volume de água consumida exclusivamente para banho pode representar aproximadamente de 6% a 12% do consumo total no Brasil, e os sistemas prediais de água quente são responsáveis por uma parcela significativa no consumo de energia do país, justificando a importância de instalações dimensionadas de modo a otimizar o consumo.

No transporte de água quente em uma tubulação, há diferença de temperatura entre a água e o ambiente, ocasionando transferência de calor entre esses meios e consequentemente o decaimento de temperatura do fluido interno. Para evitar a necessidade do aumento de consumo de energia necessária para alcançar temperaturas confortáveis para o uso da água, a perda térmica deve ser pequena, o que é possível com sistemas formados por tubulações de materiais apropriados, tais como o polipropileno copolímero random (PPR), um material plástico que possui baixa condutividade térmica, o que o classifica como um isolante térmico (TIGRE, 2012).

De acordo com a norma NBR 5626 (ABNT, 2020), as perdas térmicas devem ser estimadas pelos projetistas em função dos materiais utilizados e das condições de instalação e operação do sistema. Porém, os manuais técnicos dos fabricantes do tubo de PPR, geralmente, apresentam dados de perda de energia térmica nas tubulações obtidas por meio de formulações simplificadas, que não consideram os diferentes modos de transferência de calor, tampouco a variação de parâmetros importantes do sistema de água quente, como a vazão e a forma de instalação da tubulação. Não obstante, há escassez de estudos para determinar métodos de cálculos mais rigorosos.

Neste contexto, constatou-se a necessidade da realização de um estudo para determinar o decaimento de temperatura no transporte de água quente em tubulações de PPR embutidas em alvenaria, considerando diferentes modos de transferência de calor para melhor representação da realidade.

2 OBJETIVO

O presente trabalho visa determinar o decaimento de temperatura no transporte de água quente em tubulações de PPR embutidas em alvenaria para diferentes valores de diâmetro e velocidade de escoamento.

3 FUNDAMENTAÇÃO

3.1 Polipropileno copolímero random

O polipropileno copolímero random (PPR) é uma matéria-prima proveniente do petróleo usada para fabricação de tubos e conexões, podendo ser usada tanto em sistemas prediais de água quente como em sistemas prediais de água fria (BOTELHO e RIBEIRO JUNIOR, 2014). Os tubos e as conexões de PPR são ligados por meio do processo de termofusão, onde as peças são aquecidas em um termofusor e se fundem molecularmente a uma temperatura próxima de 260 °C, resultando em uma união com praticamente total estanqueidade (AMANCO, 2010).

Os tubos de PPR são especificados pela norma NBR 15813-1 (ABNT, 2018), que estabelece diâmetros nominais de 20 mm a 160 mm e três classes de pressão: PN 25, PN 20 e PN 12,5, sendo este último exclusivo para uso com água fria (BENEDICTO, 2009). Os tubos para uso com água quente suportam temperaturas de projeto de até 70 °C, e a temperatura máxima permitida é de 80 °C (ABNT, 2018).

3.2 Transferência de calor

Segundo Borgnakke e Sonntag (2018), o calor é definido como a transferência de energia através da fronteira de um sistema, em uma dada temperatura, para outro, com temperatura inferior. Sempre que há diferença de temperatura em um meio ou entre meios diferentes há transferência de calor (INCROPERA *et al.*, 2008).

A primeira lei da termodinâmica diz que a energia total de um sistema é conservada. Considerando-se um sistema em condições de regime estacionário, com fluido entrando e saindo a temperaturas diferentes, a equação da energia térmica pode ser expressa pela Equação 1 (BORGNAKKE e SONNTAG, 2018).

$$q = -\dot{m} c_p (T_{sai} - T_{ent}) \quad \text{(Eq. 1)}$$

sendo:
q, a saída de energia térmica do fluido (W);
$\dot{m}$, a vazão mássica de fluido que entra no sistema (kg s^{-1});
c_p, o calor específico a pressão constante do fluido (J kg^{-1} K^{-1});
T_{sai}, a temperatura do fluido na saída do escoamento (K);
T_{ent}, a temperatura do fluido na entrada do escoamento (K).

Há três modos de transferência de calor em um meio ou entre meios: condução, convecção e radiação. A condução ocorre através de um meio estacionário sólido ou fluido com gradiente de temperatura. A convecção é a transferência de calor entre uma superfície e um fluido em movimento, estando os dois meios em diferentes temperaturas. A radiação ocorre entre superfícies a diferentes temperaturas devido à emissão de energia na forma de ondas eletromagnéticas (INCROPERA *et al.*, 2008).

Em problemas que envolvem transferência de calor, é comum a consideração de uma resistência térmica, que pode ser definida como a razão entre uma diferença de temperatura e a correspondente taxa de transferência, conforme a Equação 2 (MORAN *et al.*, 2005).

$$R = \frac{\Delta T}{q} \quad \text{(Eq. 2)}$$

sendo:
R, a resistência térmica (K W^{-1});
ΔT, a diferença de temperatura (K);
q, a taxa de transferência de calor (W).

4 MÉTODO

Foi definido um modelo teórico com equações para calcular o decaimento de temperatura e foram realizadas simulações computacionais, com o intuito de comparar os resultados dos dois métodos e avaliar se as formulações usadas no modelo podem ser usadas no dimensionamento de sistemas prediais de água quente.

Foi considerado um sistema em condições de regime estacionário. Essa consideração significa que o decaimento de temperatura é calculado quando a temperatura em um ponto do sistema é constante, desconsiderando o período em que há perda de calor da água para esquentar a tubulação fria.

O modelo teórico é formado por uma porção de parede de alvenaria com um trecho de tubo embutido, centralizado e envolto por um núcleo argamassa. O bloco é composto por duas placas cerâmicas, uma de cada lado da parede. O objetivo do modelo é, a partir da temperatura a montante do tubo, determinar a temperatura a jusante, que corresponde a temperatura a montante do trecho subsequente. Dessa forma, pode-se calcular o decaimento de temperatura para uma tubulação dividida em diversos trechos.

No modelo, considerou-se que ocorre convecção forçada entre a água e a superfície interna do tubo, condução unidimensional na direção radial no tubo, condução bidimensional na argamassa, condução unidimensional no bloco e convecção natural e radiação atuando em paralelo entre a superfície da parede e a vizinhança.

Para o cálculo da condução bidimensional, foi adotado o fator de forma para a situação de "cilindro circular horizontal de comprimento L no meio do caminho entre dois planos paralelos de igual comprimento e largura infinita" (INCROPERA *et al*., 2008). Para a convecção forçada, considerou-se um escoamento completamente desenvolvido (fluidodinâmica e termicamente), ou seja, o cálculo é feito considerando uma região do tubo distante do seu início, e foi utilizada a analogia de Chilton-Colburn para escoamentos turbulentos, obtida de Incropera *et al*. (2008). Para a convecção natural, foi calculado o número de Rayleigh para placas verticais e foi utilizada a correlação empírica de Churchill e Chu, obtida de Moran *et al.* (2005). Para a modelagem da radiação, considera-se que a parede está envolta em ambos os lados por uma superfície vizinha a temperatura ambiente para utilização do equacionamento apresentado por Incropera *et al*. (2008).

Substituiu-se T_{sai} por T_{i+1} e T_{ent} por T_i na Equação 1, que foi igualada à Equação 2, obtendo-se a expressão usada para determinar o decaimento de temperatura da água em um trecho de tubulação (Equação 3). Cada resistência térmica foi calculada utilizando as equações apropriadas para seu modo de transferência de calor apresentadas por Moran *et al.* (2005) e Incropera *et al*. (2008).

$$T_{i+1} = T_i - \frac{T_i - T_\infty}{\dot{m} c_p \left(R_{conv_f} + R_{cond_t} + R_{cond_m} + R_{cond_b} + R_{conv_n,rad} \right)} \quad \text{(Eq. 3)}$$

sendo:
T_{i+1}, a temperatura da água na jusante do tubo (°C);
T_i, a temperatura da água na montante do tubo (°C);
T_∞, a temperatura do ar e da vizinhança (°C);
R_{conv_f}, é a resistência térmica de convecção forçada (K W^{-1});
R_{cond_t}, é a resistência térmica condutiva do tubo (K W^{-1});
R_{cond_m}, é a resistência térmica condutiva da argamassa (K W^{-1});
R_{cond_b}, é a resistência térmica condutiva do bloco (K W^{-1});
$R_{conv_n,rad}$, é a resistência térmica equivalente de convecção natural e radiação (K W^{-1}).

Considerou-se uma faixa de parede de 20 cm de comprimento e 19 cm de largura, com sete fiadas de tijolos cerâmicos maciços de 90 x 53 x 190 mm, argamassa de assentamento de 1,5 cm e junta de 1,0 cm. O trecho escolhido é pequeno devido à limitação do software de

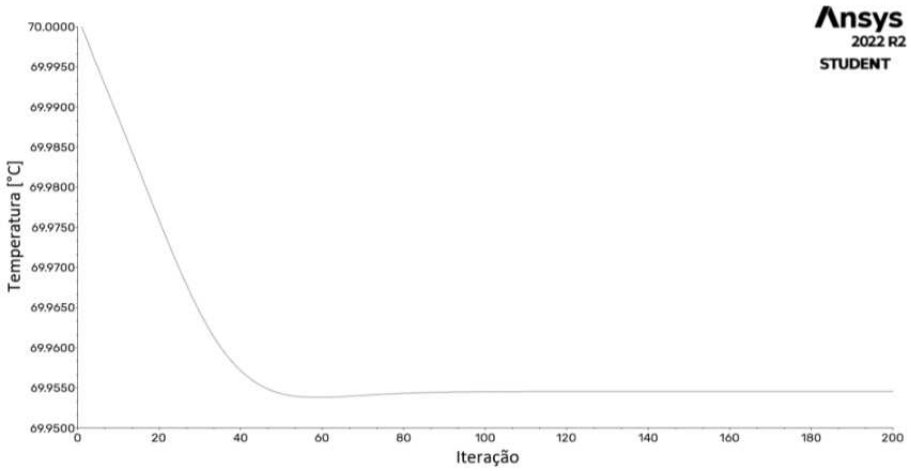
simulação utilizado, que é de 512000 células no domínio criado, o que geraria a uma malha de volumes de controle muito grosseira se a parede fosse extensa. Para a instalação da tubulação, considerou-se o tubo envolto de argamassa com cobrimento igual ao diâmetro externo. Escolheu-se a temperatura da água a montante do trecho de tubulação igual a 70 °C, a temperatura ambiente igual a 20 °C, as propriedades termofísicas do PPR constantes e obtidas de Amanco (2010) e Tigre (2012) e escoamentos com velocidades de 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5 e 3,0 m s^{-1}. As propriedades dos outros materiais foram obtidas no trabalho de Incropera *et al*. (2008). Os cálculos foram feitos para os diâmetros comerciais DN20 a DN50 do PPR PN 25.

As formulações do modelo teórico foram implementadas em planilha no software Microsoft Excel®. Para as simulações, foi usado o pacote Fluent da versão acadêmica do programa Ansys®, um software que utiliza a técnica de dinâmica dos fluidos computacional. Na modelagem o tubo foi posicionado a uma distância da superfície da parede igual ao diâmetro externo, diferente do modelo teórico, em que o tubo foi centralizado para atender as condições de uso do fator de forma de condução escolhido. Nas simulações, foi determinada a temperatura da água a jusante da tubulação, usando o modelo de turbulência SST do Fluent e as mesmas condições de contorno adotadas para os cálculos do modelo teórico no Excel. Foi feita uma simulação de 200 iterações para cada diâmetro e velocidade, totalizando 30 simulações e 6000 iterações.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Ansys Fluent obteve-se gráficos com o valor da temperatura da água a jusante convergindo ao longo das iterações, como o mostrado na Figura 1 para o tubo DN20 e velocidade de 0,5 m s^{-1}, onde a temperatura obtida foi de 69,9545 °C.

Figura 1 – Convergência da temperatura a jusante



Fonte: Autor.

A Tabela 1 apresenta os valores da temperatura a jusante do tubo para cada diâmetro e velocidade de escoamento obtidos com o modelo teórico no Excel e as simulações no Ansys.

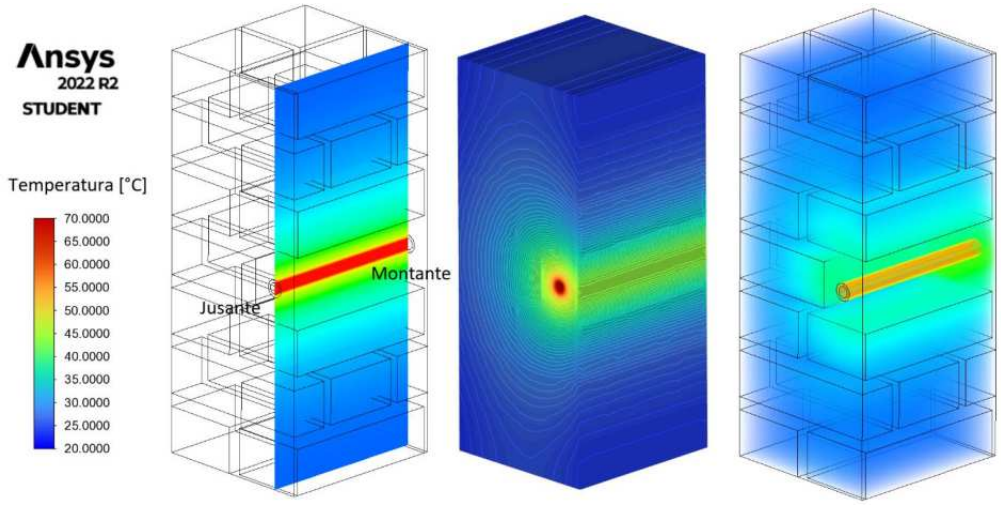
Tabela 1 – Temperatura a jusante no modelo teórico e nas simulações

Velocidade (m s^{-1})		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
DN20	Excel (°C)	69,9628	69,9813	69,9875	69,9907	69,9925	69,9938
	Ansys (°C)	69,9545	69,9777	69,9852	69,9890	69,9912	69,9927
	Diferença (%)	0,0119	0,0052	0,0034	0,0024	0,0019	0,0015
DN25	Excel (°C)	69,9750	69,9875	69,9916	69,9937	69,9950	69,9958
	Ansys (°C)	69,9683	69,9846	69,9898	69,9924	69,9940	69,9950
	Diferença (%)	0,0096	0,0041	0,0026	0,0019	0,0014	0,0012
DN32	Excel (°C)	69,9837	69,9918	69,9946	69,9959	69,9967	69,9973
	Ansys (°C)	69,9791	69,9898	69,9933	69,9950	69,9961	69,9967
	Diferença (%)	0,0066	0,0029	0,0018	0,0013	0,0009	0,0008
DN40	Excel (°C)	69,9890	69,9945	69,9963	69,9972	69,9978	69,9982
	Ansys (°C)	69,9856	69,9931	69,9955	69,9966	69,9973	69,9978
	Diferença (%)	0,0048	0,0020	0,0012	0,0009	0,0007	0,0005
DN50	Excel (°C)	69,9925	69,9962	69,9975	69,9981	69,9985	69,9987
	Ansys (°C)	69,9902	69,9953	69,9969	69,9977	69,9982	69,9985
	Diferença (%)	0,0033	0,0013	0,0008	0,0006	0,0004	0,0003

Fonte: Autor.

A Figura 2 apresenta um plano longitudinal de temperaturas passando pela tubulação, um contorno de temperaturas e uma renderização da temperatura em todo o domínio, obtidos no Ansys para o tubo DN20 e velocidade de 0,5 m s^{-1}.

Figura 2 – Temperatura no sistema após a simulação



Fonte: Autor.

Tanto na análise com o modelo teórico quanto nas simulações computacionais ocorreram maiores perdas de temperatura para os menores diâmetros e para as menores velocidades. Os resultados obtidos com o modelo teórico são bastante influenciados pelas correlações

empíricas de convecção que são adequadas para as condições do problema, porém podem apresentar imprecisões, além da simplificação feita quando se considerou o equacionamento da troca por radiação de uma superfície vizinha envolvendo a parede. Nas simulações computacionais, os resultados podem ter sido influenciados pela qualidade da malha, limitada pela capacidade da versão estudantil do software Ansys. Pela Tabela 1, as diferenças percentuais foram pequenas, sendo a maior diferença igual a 0,0119% para o tubo DN20 com velocidade de 0,5 m s^{-1}, o que mostra que o fator de forma para tubo centralizado na parede fornece resultados próximos da situação considerada na simulação. Dessa forma, as simulações mostraram que as formulações encontradas geram resultados precisos, e podem ser utilizadas para determinação do decaimento de temperatura em tubulações de PPR embutidas em alvenaria.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido a importância do correto dimensionamento de tubulações de água quente, o presente trabalho visa contribuir com informações sobre o cálculo do decaimento de temperatura no tubo de PPR embutido em alvenaria, os quais não são especificados nos catálogos dos fabricantes. Para isso, foi definido um modelo teórico com as formulações apropriadas e foram realizadas simulações computacionais, onde os resultados dos dois métodos apresentaram diferenças pequenas. Deste modo, as formulações para determinação da perda térmica do modelo teórico podem ser adotadas por projetistas no dimensionamento de sistemas prediais de água quente com tubulações de PPR, onde pode-se alterar as características como o comprimento, o diâmetro, a temperatura da água e a largura da parede.

REFERÊNCIAS

AMANCO. **Manual técnico**: Linha Amanco PPR. Joinville: [*s.n.*], 2010. Disponível em: http://assets.production.amanco.com.br.s3.amazonaws.com/uploads/gallery_asset/file/37/baixa_amco_atualizacao_manual_tecnico_amanco_PPR_2010_v11.pdf. Acesso em: 21 maio 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15813-1**: Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria parte 1: Tubos de polipropileno copolímero random PP-R e PP-RCT – requisitos. Rio de Janeiro, 2018. 41 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Sistemas prediais de água fria e água quente – projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro, 2020. 63 p.

BENEDICTO, S. M. de O. **Desempenho de sistema predial de água quente**. 200 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

BORGES, T. P. de F. **Síntese Otimizada de Sistemas de Aquecimento Solar de Água**. 139 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

BORGNAKKE, C.; SONNTAG, R. E. **Fundamentos da termodinâmica**. 8. ed. São Paulo: Blücher, 2018. 730 p.

BOTELHO, M. H. C.; RIBEIRO JUNIOR, G. de A. **Instalações hidráulicas prediais utilizando tubos plásticos**. 4. ed. São Paulo: Blücher, 2014. 416 p.

CHAGURI JUNIOR, J. J. **Sistemas prediais de aquecimento de água a gás**: parâmetros de dimensionamento e gerenciamento. 104 f. Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

INCROPERA, F. P. *et al*. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 643 p.

MORAN, M. J. *et al*. **Introdução à engenharia de sistemas térmicos**: termodinâmica, mecânica dos fluidos e transferência de calor. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005. 604 p.

TIGRE. PPR: Termofusão: Catálogo técnico. Joinville: [s.n.], 2012. Disponível em: https://www.tigre.com.br/themes/tigre2016/downloads/catalogos-tecnicos/ctppr-termofusao.pdf. Acesso em: 01 out. 2022.

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

DESEMPENHO ACÚSTICO DE SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS: REVISÃO DE LITERATURA

Acoustic performance of plumbing system: literature review

Cibele de Moura Guimarães [1] ; Laís Ywashima [2] ; Dariane Gomes Rocha [3]; Ricardo Prado Abreu Reis [4]

Recebido em 12 de abril de 2023, aprovado em 11 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

Palavras-chave:
Sistemas prediais
Desempenho acústico
Revisão bibliográfica

Keywords:
Plumbing Systems
Acoustic performance
Review

RESUMO: Este estudo teve como objetivo analisar os métodos de medição e soluções utilizados para melhorar o desempenho acústico dos sistemas hidrossanitários em edificações, tanto no âmbito nacional quanto internacional. Foi realizada revisão da literatura disponível na base de dados como Scopus, como também no site de pesquisa Google Acadêmico, utilizando palavras-chave relacionadas ao tema. Foram identificados problemáticas relacionados ao ruído hidrossanitário, metodologias normativas para sua medição e soluções para melhoria do desempenho acústico. Espera-se com os resultados obtidos auxiliar pesquisadores e projetistas na compreensão, avaliação e melhoria do desempenho acústico dos sistemas hidrossanitários.

ABSTRACT: This study aimed to analyze the measurement methods and solutions used to improve the acoustic performance of plumbing systems in buildings, both nationally and internationally. A review of the literature available in the database such as Scopus was carried out, as well as in the Google Scholar search site, using keywords related to the theme. Problems related to plumbing system noise, normative methodologies for its measurement and solutions for improving acoustic performance were identified. It is hoped that the results obtained will help researchers and designers in understanding, evaluating, and improving the acoustic performance of plumbing systems.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **GUIMARÃES, Cibele de Moura**: Enga. Civil, doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de Goiás (PPGECON-UFG), cibelego@hotmail.com
[2] **YWASHIMA, Laís**: Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo; lais@ifsp.edu.br
[3] **ROCHA, Dariane Gomes**: Enga. Civil, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de Goiás (PPGECON-UFG); darianegomes@outlook.com
[4] **REIS, Ricardo Prado Abreu**: Eng. Civil Dr. Docente da Universidade Federal de Goiás (UFG); ricardo_reis@ufg.br

1 INTRODUÇÃO

O planejamento acústico é fundamental para atender as especificações de conforto e funcionalidade para as diversas tipologias de edificações (ROSSI et al., 2020). Apesar do planejamento acústico nas edificações brasileiras ser muitas vezes ignorado, as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) dos sistemas prediais de água fria e quente – NBR 5626 (ABNT, 2020), sistema predial de esgoto sanitário – NBR 8160 (ABNT, 1999) e, instalações prediais de águas pluviais – NBR 10844 (ABNT, 1989) indicam que os projetos destes sistemas devem ser concebidos de modo a não gerar ruídos excessivos.

Nesse sentido, a NBR 15575 (ABNT, 2021a) determina os requisitos e critérios de desempenho em relação a vários aspectos, dentre eles, o acústico. Os critérios desta norma são aplicáveis às edificações habitacionais, como um todo integrado, mas também de forma isolada para um ou mais sistemas específicos, atuando em prol da qualidade das edificações do Brasil.

A NBR 15576-6 (ABNT, 2021), por sua vez, estabelece requisitos e critérios de desempenho para os sistemas hidrossanitários (água fria e quente; esgoto sanitário e ventilação; água pluvial) das edificações habitacionais. Destaca-se que esta norma não se aplica as obras concluídas, obras de reformas, *retrofit* de edifícios e edificações provisórias.

O item de desempenho acústico da NBR 15775-6 (ABNT, 2021) apresentam limites para ruídos gerados por equipamentos prediais e medidos nos dormitórios de unidades habitacionais autônomas, ou seja, informam níveis de desempenho acústico recomendáveis, não obrigatórios, aos ocupantes, quando forem operados equipamentos prediais instalados nas dependências da edificação, desde que acionados fora da unidade em avaliação.

Diante do contexto exposto, foi definido como objetivo deste estudo verificar na literatura quais métodos de medição e soluções têm sido usados para melhoria do desempenho acústico de sistemas hidrossanitários de edificações, no contexto nacional e internacional. Com isso, espera-se resultados que auxiliem pesquisadores e projetistas a identificar as metodologias utilizadas para avaliação de desempenho acústico, as soluções empregadas e identificar lacunas de pesquisa sobre o desempenho acústico dos sistemas hidrossanitários nas edificações.

2 MÉTODO

A metodologia utilizada consistiu em pesquisas exploratórias, revisão de literatura, pesquisada na base de dados como Scopus, mas também no site de pesquisa Google Acadêmico, utilizando palavras-chave relacionadas ao tema.

A definição de palavras-chave se deu por meio de leitura de artigos conhecidos da área de desempenho/qualidade acústica relacionada a sistemas hidrossanitários de edificações. Partindo das palavras-chave, em português ou em inglês, foram realizadas combinações para gerar *strings* (expressões lógicas).

As palavras-chaves, grupos de palavras-chaves, sinônimos ou palavras relacionadas que foram utilizadas em cada base foram:

- Em inglês (Scopus): *acoustic quality, acoustic performance; build*, dwelling; plumb**;
- Em português (Google Acadêmico): qualidade acústica, desempenho acústico; edificação, construção; sistema hidrossanitário.

Em seguida, realizou-se filtros para fazer as buscas da produção científica sobre a temática em estudo. Visto que a base Scopus apresenta mais possibilidades de filtros em comparação com o Google Acadêmico, foram selecionadas as áreas de engenharia, ciência dos materiais. As pesquisas dos termos foram realizadas no título, resumo e palavras-chaves, filtrando artigos publicados em periódicos ou em congressos (incluindo artigos de revisão), dissertações e teses, selecionando estudos publicados até o ano corrente (2023), apenas com linguagem em português ou em inglês.

Em pesquisas exploratórias, observou-se que a base Scopus costuma apresentar maior quantidade de resultados referente ao estudos em engenharia. Uma vez que a publicação de artigos, estudos na área de sistemas hidrossanitários e de qualidade acústica são muito frequentes em congressos, resultados não indexados em bases foram encontrados no Google Acadêmico.

A cada pesquisa, foram lidos título e resumo dos artigos retornados como resultados e selecionados aqueles que tratassem de qualidade acústica relacionada a sistemas hidrossanitários de edificações.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram selecionados, ao todo, oito estudos. Os pontos que permitem verificar quais métodos de medição e soluções têm sido usados para melhoria do desempenho acústico de sistemas hidrossanitários de edificações, no contexto nacional e internacional. Dessa forma, são na sequência explicitados.

3.1 Problemas observados com ruído hidrossanitário

Em questionário aplicado por Oh (2014) na Coreia, foi avaliado o desconforto em apartamentos antigos causado pelos seguintes tipos de ruídos: impacto no piso, aéreo no piso, aéreo entre unidades, gerado por tubulações e gerado por outras, como o ruído de tráfego. Na sequência, também foram realizados cálculos e medições de desempenho acústico. A fonte de ruído que causou mais incômodo e apresentou pior desempenho acústico foi a de impacto no piso, seguida do ruído gerado nas tubulações – especialmente as relacionadas à bacia sanitária (enchimento e drenagem).

Em edifícios, as fontes de ruídos nas instalações hidrossanitárias vão desde o recalque para o reservatório superior até o esgotamento das águas servidas, o que engloba as vibrações do sistema de recalque que se propagam pela estrutura da edificação, a passagem da água nas tubulações, o fechamento repentino de peças de utilização, o escoamento da água na bacia sanitária, o escoamento da água em ralos e sifões, o deslocamento de bolsões de ar nas tubulações de ventilação, entre outros (BISTAFA, 1991). Em se tratando de esgotamento, a tubulação estar conectada à estrutura e a sua passagem ao longo do entreforro sob a laje também são causas de desconforto acústico (OH, 2014).

Mirowska (2003) apontou um número crescente de reclamações sobre ruído em baixa frequência, cujos níveis não excedem os níveis sonoros permitidos ponderados em A. Estas reclamações estão relacionadas, por exemplo, às bombas e equipamentos de aquecimento, a ventiladores e a condicionadores de ar. Todavia, a reclamação fica sem fundamento por não haver base legal para ordenar a eliminação de ruído.

3.2 Metodologias de medição de ruído hidrossanitário

Com o objetivo de conscientizar sobre o problema do ruído nas instalações hidráulicas, Bistafa (1991) realiza uma síntese das precursoras normas alemãs na temática: DIN 4109 "Controle de Ruídos em Edificações" (DIN, 1962); DIN 52218 "Testes Acústicos de Laboratório para Aparelhos Hidráulico-Sanitários" (DIN, 1976); e DIN 52219 "Testes Hidráulico-Acústicos em Edificações" (DIN, 1972); além das pesquisas complementares de Schneider e Rückward (1967) e Rückward (1970).

A avaliação de desempenho deve ser realizada de forma sistemática e baseada em métodos consistentes e que sejam capazes de produzir uma interpretação objetiva sobre o comportamento do sistema, nas condições de uso definidas, buscando analisar a adequação do uso de um sistema ou de um processo construtivo, independente da solução técnica (NBR 15775-1 – ABNT, 2021a). Dada a existência de normas específicas que norteiam a medição do ruído gerado por sistemas hidrossanitários em edificações brasileiras, as metodologias normativas são amplamente utilizadas.

No Brasil, a NBR 15575-6 (ABNT, 2021), sexta parte da norma de desempenho, apresentam limites para os ruídos gerados pelo uso de instalações hidrossanitárias e sugere a aplicação das metodologias de medição descritas na NBR 10052 (ABNT, 2022) e na ISO 16032 (ISO, 2004b). Exemplos de estudos que empregam uma ou ambas as metodologias normativas são os de Ryu e Song (2019), Bleichvel, Kalbusch e Iafigliola (2018) e Mirowska (2003).

Quanto ao uso da ISO 16032 (ISO, 2004b), Mirowska (2003) aponta sugestão para alteração: medição do espectro de ruído na faixa de baixa frequência ou trabalhar em um novo padrão sobre medições de ruído de baixa frequência.

3.3 Soluções e materiais utilizados no controle de ruído

As condições de projeto, de execução, de disposição em planta e de distribuição dos ambientes com relação às tubulações hidrossanitárias pode influenciar na intensidade da transmissão do ruído propagado pelas tubulações. A definição de uma solução para melhorar o desempenho acústico relacionado a sistemas hidrossanitários deve ser considerado a fonte sonora e a faixa de frequência predominante do ruído gerado (ROCHA, 2018).

Segundo a NBR 8160 (ABNT, 1999) deve-se evitar a passagem das tubulações de esgoto em paredes, rebaixos, forros falsos, entre outros, de ambientes de permanência prolongada. Caso não seja possível, devem ser adotadas medidas no sentido de atenuar a transmissão de ruído para os referidos ambientes.

Para a NBR 5626 (ABNT, 2020), as tubulações devem ser dimensionadas de modo a limitar a velocidade de escoamento a valores que evitem a geração e propagação de ruídos em níveis que excedam os valores descritos na NBR 10152 (ABNT, 2017).

Conforme Bistafa (1991), aparelhos hidrossanitários em pressão acima de 30 m.c.a podem apresentar escoamento da água em alta velocidade, originando vibrações que se transmite pela tubulação e, consequentemente, para os ambientes adjacentes ao seu trajeto. Outras causas de problemas com ruídos gerados por aparelhos hidrossanitários, para além da pressão de abastecimento de água, são reformas de residências sem planejamento, problemas de projeto, de isolamento e/ou de conexão de dutos (OH, 2014).

Quanto à disposição de elementos em projeto, é acusticamente desfavorável quando as tubulações e aparelhos sanitários situam-se em parede comum a um ambiente que requer

baixo nível sonoro (salas de estar, bibliotecas e dormitórios) e acusticamente favorável quando a parede da instalação hidrossanitária é oposta a estes ambientes (BISTAFA, 1991).

Rocha (2008) e Oh (2014) listam algumas possibilidades para reduzir o ruído de dispositivos de tubulações, tais como: redução da pressão do abastecimento de água; isolamento de tubulações no edifício; encamisamento (ou envelopamento) de tubulação com material poroso e ou resiliente; isolamento de ruído aéreo através de dutos e portas; uso de articulações flexíveis, de isolantes ou de molas para amenizar a conexão rígida entre a tubulação e a estrutura; instalação de mecanismos que suavizem os estrangulamentos; e instalação de difusores para evitar o surgimento de bolhas causadas pela alteração de pressão.

Ainda, é possível reduzir o ruído transmitido de um banheiro da unidade residencial superior para a unidade inferior executando forro no teto da unidade inferior, tendo uma seleção apropriada de materiais (RYU e SONG, 2019).

Rocha, Giner e Prado (2019) avaliam os resultados acústicos de soluções acústicas disponíveis no mercado brasileiro para atenuar os níveis de pressão sonora gerados pelas instalações hidrossanitárias prediais devido o acionamento de descarga de bacias sanitárias e abertura de torneiras (Tabela 1).

Tabela 1: Amostras ensaiadas em ambiente idêntico e controlado.

Amostras	Descrição	Espessura do envelop.	Densidade
A	Resíduo de borracha aglomerado com poliuretano	Manta: 2,6 mm Curva e caixa: 100 mm	1100 kg/m^3
B	Espuma elastomérica de células fechadas	Mantas e tubos: 10 mm	50 kg/m^3
C	Espuma elastomérica de células fechadas	Mantas e tubos: 20 mm	50 kg/m^3
D	Espuma elastomérica de células abertas	Manta: 15 mm	120 kg/m^3
E	Lã de vidro	Tubos: 25 mm	75 kg/m^3
F	Manta de não tecido (feltro), recoberta com *Heavy-Layer* e uma folha de material aluminizado	Total: 13 mm	Dens. superficial: 6,3 kg/m^2
G	Polietileno e massa verde	Total: 5 mm	Sem informação
H	Polietileno, massa verde e espuma elastomérica de células fechadas	Total: 7,5 mm	Sem informação
I	Manta asfáltica estruturada em não tecido, produzida com asfalto especial, acoplada à geotêxtil de alta gramatura	Total: 3mm	800 kg/m^3

Fonte: Rocha, Giner e Prado, (2019)

Na Tabela 1 apresentou-se as medições de níveis de pressão sonora, em ambiente controlado e idêntico, conforme a norma ISO 16032: 2004 adaptada para laboratório na câmara de ensaios acústicos hidrossanitários do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) para nove amostras de envelopamento acústico.

Os resultados técnicos encontrados por Rocha, Giner e Prado (2018) por meio da grandeza LZeq analisada, tanto para os tubos envelopados quanto para o tubo aparente, comparados com os critérios da norma NBR 15575: 2013, foram são satisfatórios, pois a maioria das

amostras obteve uma diferença de níveis de pressão sonora global, LZeq,nT, igual a ΔL ≥ 20 dB no acionamento da descarga da bacia sanitária e ΔL ≥ 10 dB para o ruído oriundo da abertura da torneira.

Os resultados do trabalho desenvolvido por Rocha, Giner e Prado (2018) indicam que as soluções acústicas analisadas, exceto as Amostras A e B, reduzem os ruídos emitidos devido o acionamento da descarga da bacia sanitária e, conseguem atender desempenho superior aos valores da norma NBR 15575 (ABNT, 2020) para a grandeza LAeq,nT.

4 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui que esse estudo mostrou-se métodos de medição e soluções utilizadas para melhorar o desempenho acústico dos sistemas hidrossanitários em edificações, tanto no âmbito nacional quanto internacional. Logo, foram identificadas diversas problemáticas relacionadas ao ruído hidrossanitário, metodologias normativas para sua medição e soluções para aprimorar o desempenho acústico.

Espera-se que os resultados deste estudo auxiliem pesquisadores e projetistas na compreensão, avaliação e melhoria do desempenho acústico dos sistemas hidrossanitários.

Para estudos posteriores, sugere-se avaliar o custo relacionado ao tratamento acústico dos ruídos gerados pelos sistemas hidrossanitários e relacioná-lo ao atendimento dos diferentes níveis de desempenho descritos na norma de desempenho brasileira. Ainda, verificar o nível de incômodo de ruídos gerados em frequências específicas pode contribuir no sentido de minimizar incômodos gerados por ruídos predominantes nas baixas frequências, por exemplo.

REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844 - Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro: ABNT, 1989. 13p.

_____. **NBR 8160 - Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução**. Rio de Janeiro: ABNT, 1999. 74p.

_____. **NBR 15575-6 - Edificações habitacionais Desempenho. Parte 6: Sistemas Hidrossanitários**. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 5626 - Sistemas prediais de água fria e água quente - Projeto, execução, operação e manutenção**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020. 55 p.

_____. **NBR ISSO 16032 - Acústica - medição de nível de pressão sonora de equipamentos prediais de edificações - método de engenharia.** Rio de Janeiro: ABNT, 2020. 22p.

_____. **NBR 15575-1 - Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2021a. 98p.

_____. **NBR 15575-6 - Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários**. Rio de Janeiro: ABNT, 2021. 33p.

_____. **NBR 10152:2017 - Acústica — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações**. Versão corrigida 2022. Rio de Janeiro: ABNT, 2022. 30p.

_____. **NBR 10052 - Acústica - medições em campo de isolamento a ruído aéreo e de impacto e de sons de equipamentos prediais - método simplificado**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022. 35p.

BISTAFA, S. R. Conscientização para o problema do ruído nas instalações hidráulicas prediais. **Revista de Acústica e Vibrações**. Vol 9. Jun/91. 1991. p.05-18.

BLEICHVEL, N. C. T.; KALBUSCH, A.; IAFIGLIOLA, L. G. Desempenho de sistemas prediais: avaliação de ruído em edifícios residenciais. **In:** ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

DIN - 4109 Schallschutz im Hochbau , Sept. 1962 - Blatt 1 bis 5. Beuth- Vertrieb GmbH, Berlin 15 und Köln.

DIN - 52219 Messmung von Geräuschen der Wasserinstallation am Bau, März 1972.

DIN-52218 Prüfung des Geräuschverhaltens von Armaturen und Geräten der Wasserinstallation im Laboratorium, Dez. 1976.

ISO, INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 10052 - Acoustics - Field measurements of airbone and impact sound insulation and of service equipment sound - survey method**. Genève, 2004a.

_____. **ISO 16032 - Acoustics - Measurement of sound pressure level from service equipment in buildings - engineering method**. Genève, 2004b.

MIROWSKA, M. Problems of Measurement and Evaluation of Low-Frequency Noise in Residential Buildings in the Light of Recommendations and the New European Standards. **Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control,** v. 22, n. 4, 2003, p. 203 – 208.

P. Schneider und W. Rückward. Eine Bezugsarmatur und ihre Anwendung zur Messung und Bewertung von Installations-geräuschen im Laboratorium und auf Baustellen, **Sanitar-und Heizungstechnik,** v. 1, 1967, Berlin.

ROCHA, R. R; GINER, J. C.; PRADO, R. T. A. Análise e caracterização de soluções acústicas para mitigar os ruídos oriundos de instalações hidrossanitárias prediais. ***In:*** XXVIII ENCONTRO DA SOBRAC, 2018. XXVIII Encontro da SOBRAC, 2018.

ROCHA, R. R. **Análise e caracterização de soluções acústicas para mitigar os ruídos oriundos de instalações hidrossanitárias prediais.** 2018. Dissertação (Mestrado em Inovação na Construção Civil) - Escola Politécnica, University of São Paulo, São Paulo, 2018. doi:10.11606/D.3.2018.tde-16072018-102258. Acesso em: 2023-05-28.

ROSSI, C.; MAGALHÃES DE LOURENÇO, W.; HENRIQUE LUCCA SANTOS, E.; MELLER, G.; LUIZ DOBROVOLSKI TOCHETTO, J.; CESAR PIZZUTTI DOS SANTOS, J. Análise do comportamento acústico de sala por tempo de reverberação de Sabine e Eyring. **Anais**... Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 10, n. 2, 3 mar. 2020.

RYU, J.; SONG, H. Comparison between single-number quantities for rating noises from sanitary installations in residential buildings by objective and subjective methods. **Building and Environment**, v.164, 2019.

W. Rückward, Untersuchung, Prüfung und Bewertung von Geräuschen der Wasserinstallation, **Gesundheits-Ingenieur**, v.5, n.9, p. 141-148, 1970, Berlin.

OH, Y. K. An Assessment Model for the Indoor Noise Environment of Aged Apartment Houses. **Journal of Asian Architecture and Building Engineering**, v. 13, n. 2, p. 445-451, 2014. DOI 10.3130/jaabe.13.445. Disponível em: https://doi.org/10.3130/jaabe.13.445. Acesso em: 30 maio 2023.

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

ANÁLISE DA OPERAÇÃO DO ALARME SONORO DE INCÊNDIO EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS

A analysis of fire alarm operation in residential buildings

Dariane Gomes Rocha[1]; Gabriel Rodrigues de Oliveira Abreu [2]; Laura Fernanda Santos [3] ; Ricardo Prado Abreu Reis [4]

Recebido em 12 de abril de 2023, aprovado em 11 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

RESUMO: No Brasil, as normativas não possuem parâmetros técnicos ou critérios de desempenho que estabeleçam os níveis máximos e mínimos de pressão sonora para o alerta gerado por alarmes de incêndio para os ocupantes de uma edificação. Assim, o presente trabalho propõe, através de testes de medição de pressão sonora durante a operação do alarme sonoro em uma edificação-teste, avaliar a eficiência de percepção do sistema de alarme em diferentes pontos da edificação. A medição foi feita através de aplicativo de celular "Sound Meter" devidamente ajustado com um sonômetro aferido e calibrado. Foram obtidas sugestões de metodologia para ensaio em edificações em construção; também do uso de aplicativos. Por fim, concluiu-se que o ruído sofreu quedas significativas de pressão sonora nos ambientes mais distantes do local do alarme. Este cenário pode resultar em situações de riscos aos ocupantes da edificação pela dificuldade de audibilidade do alarme de incêndio com relação ao ruído de fundo em determinados pontos da edificação, podendo implicar em maior tempo de reação em uma situação de emergência.

Palavras-chave:

Pressão sonora;

Alarme de incêndio;

Aplicativo;

Keywords:

Sound pressure;

Fire alarm;

App;

ABSTRACT: Brazilian standards do not have sound pressure parameters or performance criteria that establish the maximum and minimum sound pressure levels for the sound of fire alarms to alert occupants of a building. Thus, this study proposes, through sound pressure measurement tests, during the operation of a fire alarm in a test building, to evaluate the perception efficiency of the alarm in different locations of the building. The measurement was performed through a mobile application, duly adjusted with a calibrated sound level meter. Suggestions for methodology for testing in buildings under construction were obtained; also from the use of applications. Finally, it was concluded that the noise suffered significant drops in sound pressure in environments farther from the alarm location. This scenario can result in risk situations to the occupants of the building due to the difficulty of hearing the fire alarm in relation to the background noise at certain points in the building, which may result in a longer reaction time in an emergency situation.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **ROCHA, Dariane Gomes**: Enga. Civil, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de Goiás (PPGECON-UFG), darianegomes@outlook.com

[2] **ABREU, Gabriel Rodrigues de Oliveira**: Eng. Civil, mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de Goiás (PPGECON-UFG), gabriel.abreu.eng@gmail.com

[3] **SANTOS, Laura Fernanda**: Enga. Civil, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de Goiás (PPGECON-UFG), laurasfernanda1607@gmail.com

[4] **REIS, Ricardo Prado Abreu**: Eng. Civil Dr. Docente da Universidade Federal de Goiás (UFG), ricardo_reis@ufg.br

1 INTRODUÇÃO

O Brasil passou de um país rural para uma sociedade urbana, industrial e de serviços em um curto espaço de tempo. Toda essa mudança ocasionou um aumento dos riscos de incêndio entre tantos outros já enfrentados (SEITO et al, 2008). O desequilíbrio entre o crescimento urbano e a organização espacial para o acolhimento seguro dessa população tornou o risco de incêndio cada vez mais proeminente nessas áreas recém urbanizadas.

A Segurança Contra Incêndio (SCI) ficou em segundo plano frente ao desenvolvimento desenfreado. Sendo ela uma área complexa do conhecimento humano que envolve desde as atividades básicas do homem à produção industrial e fenômenos naturais. Dentre as Medidas de Proteção Contra Incêndio (MPCI), os meios de escape se destacam por sua ação no trabalho de resposta à emergência e importância na conservação da vida humana.

A exemplo de MPCI que age no meio de escape de forma passiva destaca-se o alarme de incêndio. De acordo com Schifiliti (1988), o objetivo do sistema de alarme é alertar os ocupantes de um edifício para a existência de uma emergência e iniciar a evacuação, sendo esse objetivo anulado quando o sinal não é ouvido e compreendido pelos ocupantes.

Assim, parâmetros para locação do alarme sonoro, ou em alguns casos alarme audiovisual, são definidos por norma. A NBR 17.240 (ABNT, 2010), bem como a NT-19 (CBMGO, 2022) e a IT-19 (CBMSP, 2019) destacam que o dispositivo sonoro deve ser instalado em local de circulação de pessoas, no qual sua visão e audição não estejam bloqueadas e em condições normais de trabalho do ambiente, ou seja, sem impedir a comunicação verbal próximo do local de instalação.

É notória a importância de se considerar não apenas a locação do dispositivo de alarme, mas também a pressão sonora por ele gerada. Em ocupações residenciais, por exemplo, o sistema deve ser capaz de alertar os ocupantes que estão adormecidos, despertando-os para a emergência em questão. Porém, sabe-se que as normativas no geral exigem apenas que o sinal do alarme seja audível em todos os ambientes ocupáveis de uma edificação.

A literatura científica concernente ao alarme de incêndio e conforto acústico traz alguns parâmetros de pressão sonora que podem nortear a presente pesquisa em termos comparativos. Nober *et. al* (1980), estipula um nível de pressão sonora entre 55 e 70 dB para despertar um ocupante em idade universitária com audição normal. Eles também determinam o valor mínimo requerido de nível de pressão sonora como sendo uma função do ruído de fundo ou uma relação sinal/ruído.

O *British Standard Code of Practice* (BS CP) determina que o sinal do alarme produza um nível de pressão sonora mínimo de 65 dB ou 5bB acima do ruído do ambiente onde os ocupantes não estejam adormecidos. Além disso, o BS CP estabelece um nível de pressão sonora de 75 dB na cabeceira da cama de ambientes em que pessoas possam estar dormindo. A ISO 8201 (2017) segue o mesmo parâmetro, exigindo também que este valor seja empregado para aferição considerando todas as portas deste ambiente específico fechadas.

A NFPA 72 (*National Fire Protection Association,* 2022) aponta, para ocupações residenciais, a pressão sonora mínima do alarme de incêndio de 75 dB na cabeceira, nos ambientes de dormitório, e para os demais ambientes 15 dB acima do ruído ambiente ou 5 dB acima do ruído máximo do ambiente por pelo menos 60 segundos.

Deste modo, o presente trabalho tem como objetivo estudar a operação do alarme sonoro de incêndio com foco em edificações residenciais, propondo parâmetros de pressão sonora que

embora despertem o ocupante em caso de uma situação de emergência de incêndio, estejam conforme os padrões de conforto acústico, com foco em uma tipologia construtiva, através de embasamento bibliográfico.

2 MÉTODO

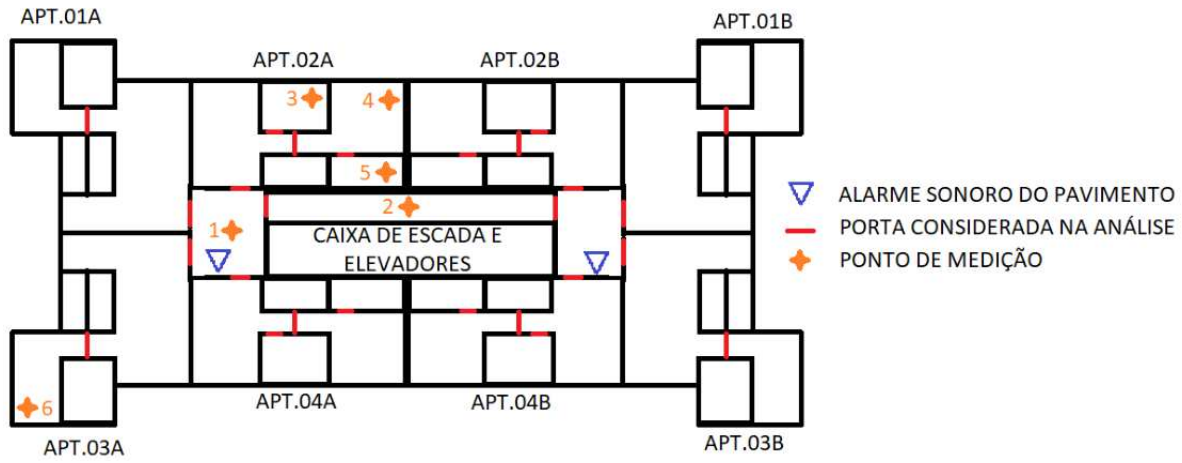
Os ensaios de pressão sonora foram feitos em uma obra residencial multipavimentos em fase final de execução. No pavimento ensaiado os apartamentos da ala A, onde foram feitos os testes, já estavam finalizados sem mobília, conforme representado na Figura 1. A obra se caracteriza por ter 16 lajes de pavimentos tipo, com 8 apartamentos por andar. Foi executada em alvenaria estrutural, onde não foram caracterizados no canteiro os tipos de revestimento utilizados ou a presença de paredes não-estruturais para análise.

Assim, foram definidos no local 6 pontos de medição de pressão sonora no último pavimento tipo da edificação, de modo a isolar a influência do pavimento superior, uma vez que a central de alarme de incêndio, localizada na guarita, não tinha acionamento endereçável dos alarmes. O alarme sonoro tinha potência sonora indicada em catálogo técnico de no mínimo 90 decibels. Os pontos de medição foram definidos de modo a se avaliar a perda de pressão sonora ao longo dos apartamentos daqueles que estavam disponíveis para ensaio.

Os apartamentos disponíveis para análise foram o 02A e o 03A, onde foram medidas as pressões sonoras de ruído de fundo e com alarme acionado, nos pontos destacados na Figura 1:

- Ponto 01 - Medição no Hall a 1 m do alarme sonoro;
- Ponto 02 - No centro do patamar central da escada, ponto médio entre os dois alarmes do pavimento;
- Ponto 03 - Ponto mais distante do quarto intermediário no apartamento 02A;
- Ponto 04 - Ponto mais distante da suíte no apartamento 02A;
- Ponto 05 - Ponto mais distante do banheiro da suíte do apartamento 02A;
- Ponto 06 - Ponto mais distante da suíte do apartamento 03A;

Figura 1 – Esquemático do pavimento tipo e pontos de ensaio



Fonte: Autoria própria.

Para a medição da pressão sonora, utilizou-se o aplicativo “Sound Meter” para dispositivos android após calibração com um sonômetro devidamente aferido e calibrado. A calibração foi feita pareando o aplicativo no celular com um sonômetro calibrado, conforme Figura 2, onde

foi utilizada fonte sonora próxima constante de ruído branco.

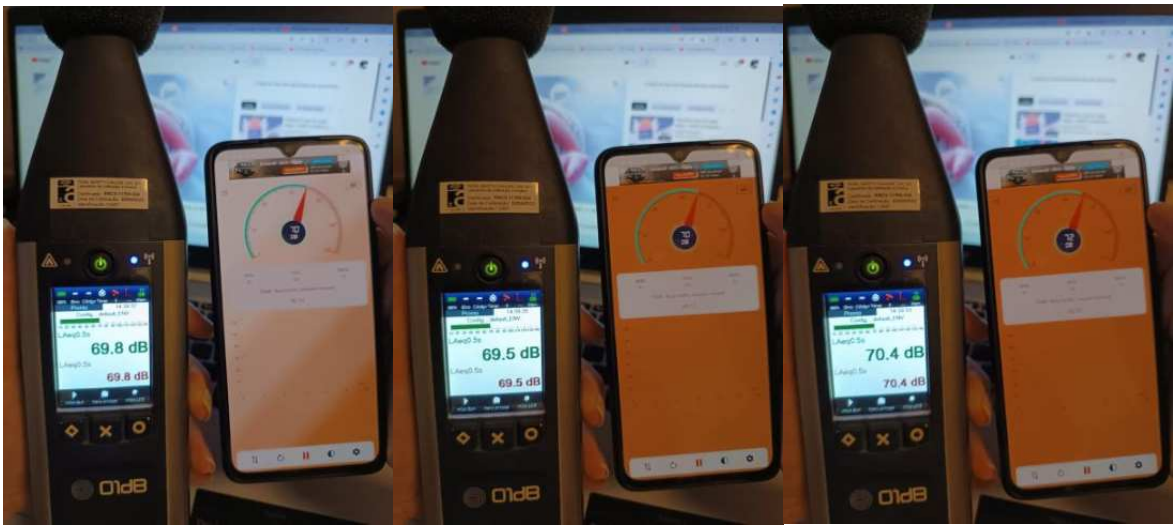
Na calibração do celular utilizado para a medição foi utilizado o aplicativo “Sound Meter” com ajuste conforme a Equação 1, onde este não permitia variar os períodos de medição:

$$dB = a.log10(x) + c \quad \text{(Eq. 1)}$$

Sendo:
dB, a potência sonora no ponto (dB);
a, o ajuste logarítmico da curva (unidade);
x, a pressão medida pelo aparelho (db);
c, o deslocamento da curva (db);

Os resultados da calibração do aplicativo foram: a = 18; c = 0, apresentando oscilação de aproximadamente 1 decibel para o sonômetro.

Figura 2 – Calibração do Aplicativo



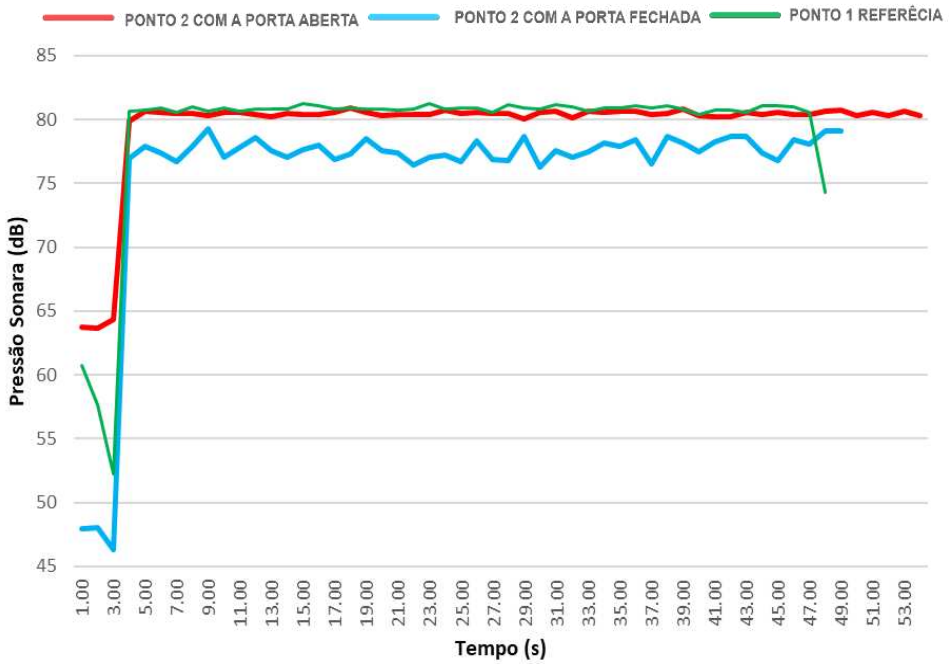
Fonte: Autoria própria.

Desta forma, foi medida a pressão sonora em cada ponto antes da atuação do alarme e durante seu acionamento. Além disso, para cada ponto de medição, exceto o primeiro, foram medidas as pressões sonoras com as portas, indicadas na Figura 1, abertas e, posteriormente, fechadas. Deste modo, o ensaio se dava inicialmente pelo acionamento do medidor sonoro, seguido da ativação do alarme na central.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A medição sonora dos pontos utilizados no estudo resultou em 12 curvas de pressão sonora ao longo do tempo representadas nas Figuras 3 a 7.

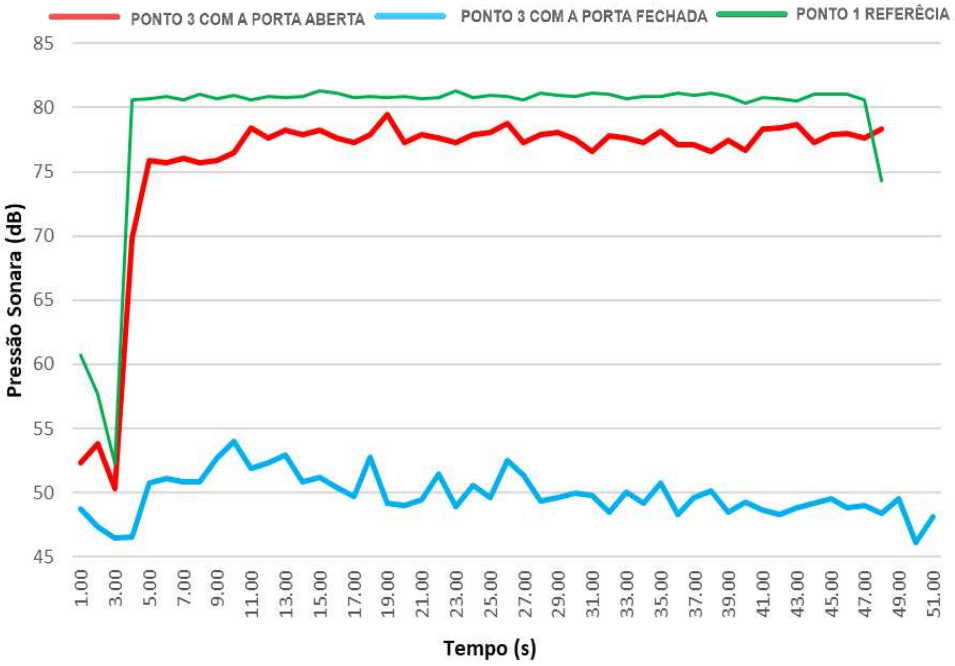
Figura 3 – Curvas de pressão sonora ao longo do tempo - Ponto 1 e Ponto 2



Fonte: Autoria própria.

Na Figura 3, a medição do Ponto 2 com a porta aberta apresentou uma pressão sonora muito próxima do registrado próximo ao alarme sonoro de incêndio, parte disso, vem deste ponto estar posicionado entre dois dos alarmes. Ainda no Ponto 2, mas com as portas fechadas, a queda de pressão não se mostrou significativa.

Figura 4 – Curvas de pressão sonora ao longo do tempo - Ponto 1 e Ponto 3

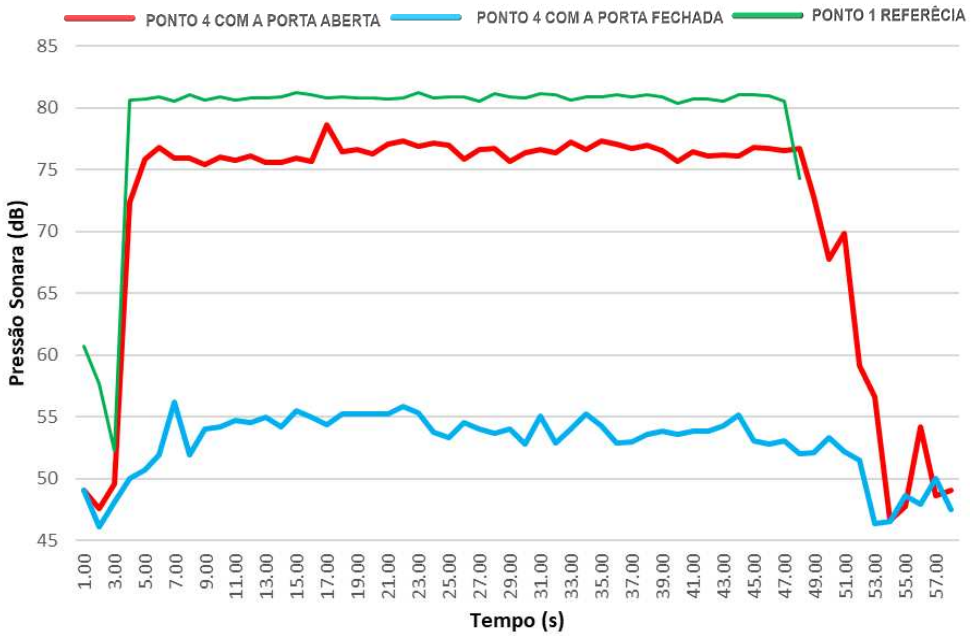


Fonte: Autoria própria.

Na Figura 4, a medição do Ponto 3 com as portas abertas percebeu-se uma queda média perceptível de 2,5 dB, que após fecharem-se as portas do apartamento e do quarto, a queda

foi significativa, a ponto de se mesclar ao ruído de fundo na medição, dificultando a percepção do som do alarme acionado.

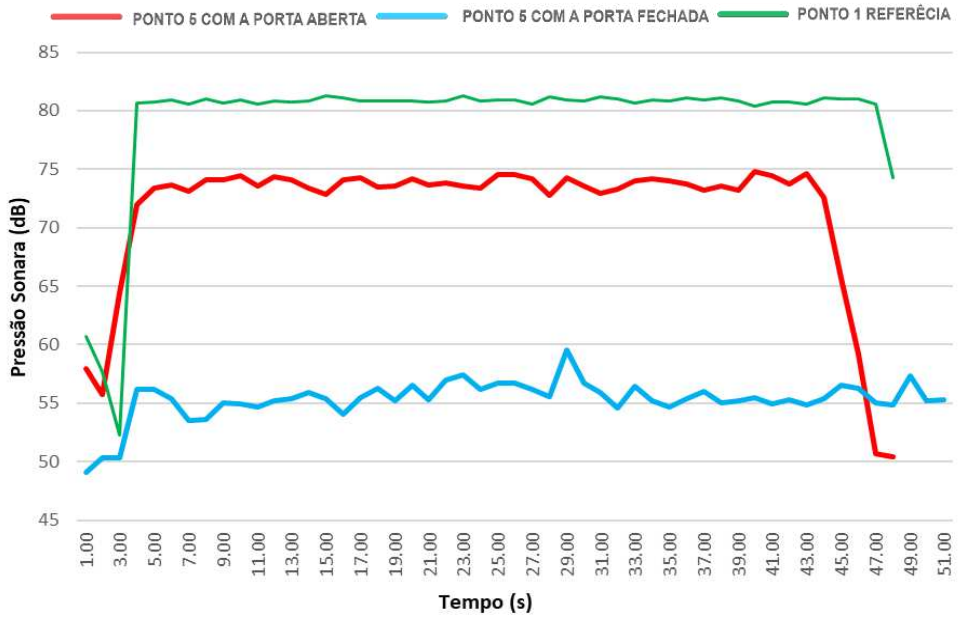
Figura 5 – Curvas de pressão sonora ao longo do tempo - Ponto 1 e Ponto 4



Fonte: Dos autores

Na Figura 5, a medição do Ponto 4 tem situação análoga ao Ponto 3, onde o alarme consegue superar uma diferença de aproximadamente 15dB com portas abertas, mas na medição realizada com as portas fechadas, o som do alarme não se destacou do ruído de fundo.

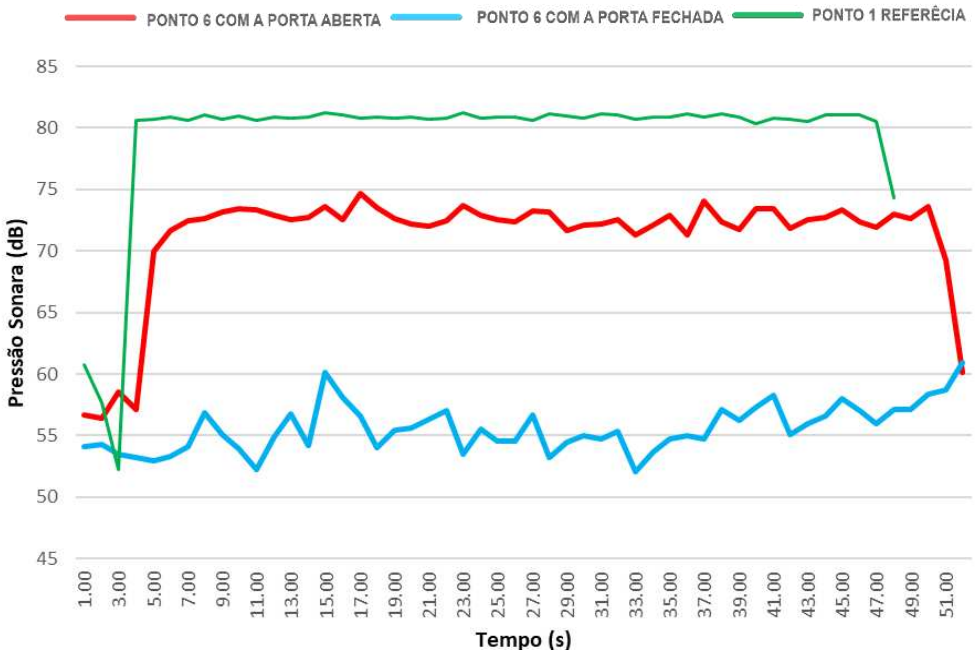
Figura 6 – Curvas de pressão sonora ao longo do tempo - Ponto 1 e Ponto 5



Fonte: Dos autores

Na Figura 6, a medição do Ponto 5, para portas fechadas a situação é equivalente ao Ponto 4, entretanto percebe-se uma redução maior de pressão sonora com as portas abertas de cerca de 6 dB.

Figura 7 – Curvas de pressão sonora ao longo do tempo - Ponto 1 e Ponto 6



Fonte: Dos autores

Na Figura 6, a medição do Ponto 6, assim como o anterior, apresentou uma queda maior com porta aberta e a pressão do alarme sonoro não se destacou do ruído de fundo com as portas do apartamento fechadas.

4 CONCLUSÕES

O estudo avaliou as diferentes pressões sonoras do alarme de incêndio em uma edificação residencial em diferentes pontos do último pavimento tipo. O ensaio em canteiro, na fase final de execução da obra, permite uma liberdade para execução dos ensaios e utilização do sistema de alarme de incêndio, entretanto os ruídos de obra representam um impacto na análise devido à alta variabilidade e dificuldade de controle. Complementar a isso, temos que por mais que a área onde os ensaios foram efetuados esteja pronta para entrega, ela não representará a realidade de uso, onde posteriormente serão colocadas mobílias e decorações no apartamento, contribuindo para o abafamento do som do alarme.

Além disso, a análise de pressão sonora por microfone de celular se mostra interessante na facilidade para obtenção dos dados, entretanto se complexifica na quantidade alta de aplicativos e dificuldade de calibração. Pôde-se observar que a pressão medida no ponto mais próximo ao alarme sonoro foi inferior ao que indicava o catálogo do fabricante, o que pode ser um indicativo de erro de medição. Conclui-se nesse aspecto que sejam utilizados pelo menos dois celulares na medição por ponto ou idealmente utilizar um sonômetro.

Portanto, como objetivo da análise, os resultados puderam mostrar que em um apartamento fechado e ruído ambiente médio de 55 dB o alarme no hall não pôde vencer o ruído de fundo no ambiente mais distante, o que traz como objetivo para trabalhos futuros a análise com ruídos mais baixos ou também com a influência de equipamentos como ar-condicionado no quarto; além de alarmes com diferentes pressões sonoras. Deste modo, conclui-se que é importante avaliar tecnicamente para cada edificação qual a pressão sonora do alarme para que seja possível alertar todos os ocupantes em diferentes estados de alerta para que ocorra

um escape efetivo durante o incêndio.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 17240 Sistemas de detecção e alarme de incêndio - Projeto, instalação, comissionamento e manutenção de sistemas de detecção e alarme de incêndio - Requisitos.** Rio de Janeiro, 2010.

BS CP. CP3: Chapter III: Part 2: BSI 1972.

BS EN 54. ***Fire detection and fire alarm systems – Part 3: Fire alarm devices – Sounders.*** Reino Unido, 2014.

CBMGO. **Norma Técnica-19/2022 – Sistemas de detecção e alarme de incêndio.** Goiás, 2022.

CBMSP. **Instrução Técnica-19/2019 – Sistemas de detecção e alarme de incêndio.** São Paulo, 2019.

ISO 8201. ***Alarm systems – Audible emergency evacuation signal – Requirements***. Genebra, 2017.

NFPA. **NFPA 72: *National Fire Alarm and Signaling Code.*** USA, 2022.

NOBER, E. H.; PIERCE, H.; WELL, A.; JOHNSON, C. C. ***Waking Effectiveness of Household Smoke and Fire Detection Devices***, NBS-GCR-83-284, Washington, D.C., 20234, 1980.

SCHIFILITI, R. P. *Designing of fire alarm audiability.* ***Fire Technol 24***, 181-188 (1988).

SEITO, A. I. et al. **A segurança contra incêndio no Brasil.** São Paulo: Projeto Editora, 2008.

SOUND METER. 2.17. *Splend Apps*, 2014. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.splendapps.decibel&hl=en_US&pli=1>

STORESUND, K.; GLANSBERG, K.; SESSENG, C. ***Smoke alarm efficiency – Waking sleeping occupants. Swedish Civil Contingencies Agency.*** MSB1332. Trondheim, Noruega, 2018.

PAINEL 5

Uso de Fontes Alternativas de Água e Gestão de Água Pluvial

BOOK OF PAPERS
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS [SISPRED 2023]

Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina (CCT-UDESC)
● 2023

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

ANÁLISE DA ECONOMIA DE ÁGUA COM O APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL E REÚSO DE ÁGUAS CINZAS EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR

Analysis of water savings with the use of rainwater and reuse of graywater in a multifamily residential building

Andrieli Thais Stoeberl[1]; Tânia Mara Sebben Oneda[2]

Recebido em 11 de junho de 2023, aprovado em 25 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

Palavras-chave:

Usos finais da água

Aproveitamento de água pluvial

Reúso de águas cinzas

Keywords:

End uses of water

Use of rainwater

Graywater reuse

RESUMO: A água é insubstituível em diversas atividades humanas, com o aumento da demanda hídrica torna-se necessário conhecer os usos finais desta. Deste modo, este artigo tem como objetivo a análise dos usos finais da água a fim de determinar o impacto do aproveitamento da água pluvial e de águas cinzas na economia de água de um edifício residencial. Inicialmente, foi aplicado um questionário aos moradores do edifício sobre seus hábitos de consumo de água e com os resultados foi estimado os usos finais da água na edificação. Posteriormente, foi feita a estimativa da economia de água potável com o aproveitamento de água pluvial e o reúso de água cinza. Os resultados mostram que o aproveitamento de água pluvial propicia uma economia de 31,55% de água potável e com reúso de água cinza uma economia de 21,71%. O estudo contemplou apenas um comparativo simplificado e para a implantação dos sistemas deveriam ser consideradas mais variáveis, como a sazonalidade das chuvas e os custos de implantação.

ABSTRACT: Water is irreplaceable in various human activities, with the increase in water demand it becomes necessary to know the final uses of this. Thus, this article aims to analyze the final uses of water in order to determine the impact of the use of rainwater and gray water on the water savings of a residential building. Initially, a questionnaire was applied to the residents of the building about their water consumption habits and with the results the final uses of water in the building were estimated. Subsequently, the savings of drinking water were estimated with the use of rainwater and the reuse of gray water. The results show that the rainfall use provides a saving of 31.55% of drinking water and with reuse of gray water a saving of 21.71%. The study contemplated only a simplified comparison and for the implementation of the systems should be considered more variables, such as the seasonality of the rains and the costs of implementation.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **STOEBERL, Andrieli Thais**: Universidade Estadual de Santa Catarina - UDESC, Rua Pio XII, 85, Joinville-SC, andrisenn_98@hotmail.com.br.

[2] **ONEDA, Tânia Mara Sebben**: Universidade Estadual de Santa Catarina - UDESC, tania.oneda@udesc.br.

1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento fundamental à vida e é insubstituível em diversas atividades humanas (SETTI *et al*., 2000). Mesmo sendo amplamente utilizada, a água é um recurso limitado que deve ser utilizada racionalmente pelo fato de ser finita (LAMBERTS *et al*., 2010).

Apesar de sua disponibilidade limitada, a demanda hídrica global vem crescendo nas últimas décadas pelo incremento da população mundial, melhora nos padrões de vida, mudança nos padrões de consumo e expansão da agricultura irrigada (MEKONNEN e HOEKSTRA, 2016).

Tendo em vista a economia de água, é importante conhecer os usos finais e priorizar tecnologias que gerem uma economia mais efetiva. Assim, é possível aplicar o uso de fontes alternativas no abastecimento dos pontos de consumo de água com fins não potáveis, utilizando o aproveitamento da água pluvial e o reúso de águas cinzas (LAMBERTS *et al*., 2010).

Este trabalho tem como objetivo a análise dos usos finais da água afim de verificar o aproveitamento da água da pluvial e de água cinza na economia de água potável de um edifício residencial.

2 MÉTODO

2.1 Local de estudo

O edifício residencial multifamiliar está situado na Rua Pio XII, n. 85, no município de Joinville/SC. A edificação é formada por três andares com 15 apartamentos, compostos por um banheiro, um quarto e uma cozinha conjugada com sala e lavanderia. A Figura 1 mostra o layout dos apartamentos.

Figura 1 – Layout dos apartamentos



Fonte: A autora (2023)

2.2 Medições das vazões dos aparelhos hidrossanitários

Foram feitas as medições das vazões da torneira do tanque, torneira da cozinha, lavatório do banheiro e chuveiro. Inicialmente, os recipientes utilizados foram pesados vazios e na sequência os pontos foram acionados pela moradora. Os recipientes foram posicionados abaixo destes e, simultaneamente, o cronômetro do celular foi acionado.

Após um período de coleta, os recipientes com a água foram pesados para determinar a quantidade de água, em quilogramas, que foi coletada durante o tempo medido, descontando-se a massa do recipiente determinada inicialmente. Esse procedimento foi

repetido cinco vezes para cada ponto de consumo. Assim, foi possível determinar a vazão média dos aparelhos hidrossanitários. A Figura 2 mostra os procedimentos.

Figura 2 – Execução das medições das vazões



Fonte: A autora (2023)

2.3 Estimativa dos usos finais do edifício

Para verificar o consumo da água foi aplicado um questionário referente ao número de moradores do apartamento, quais os aparelhos presentes no local (como máquina de lavar roupas e máquina de lavar louças), foi questionado sobre a frequência de uso e o tamanho da máquina de lavar roupas, a quantidade e duração média dos banhos, a utilização da torneira da cozinha e do banheiro.

Para a bacia sanitária foi estabelecido um consumo de água de 6,5 litros por acionamento, uma vez que todos os apartamentos do prédio possuem o mesmo equipamento instalado da marca Docol. Para o consumo da máquina de lavar, foi utilizado o valor de 94,7 litros/ciclo, pois foi utilizado o consumo médio entre os níveis de água da máquina de lavar roupas da marca Consul, modelo CWE11A de 11kg, presente em um dos apartamentos.

2.4 Demandas a serem substituídas por água pluvial ou reúso de água cinza

O ponto de uso de água não potável dentro dos apartamentos que pode ser substituído por água cinza tratada é a bacia sanitária. Em relação a água pluvial, os pontos de uso de água não potável que podem ser substituídos por esta são a bacia sanitária e máquina de lavar roupas.

2.5 Estimativa da economia de água por aproveitamento de água pluvial

Para estimar a economia de água no edifício com o aproveitamento de água pluvial, utilizou-se a NBR 15527 (ABNT, 2019), onde o volume de água da chuva aproveitável em uma edificação é definido pela Equação 1:

$$V = P \times A \times C \times \eta \qquad \text{(Eq. 1)}$$

sendo:
V – volume mensal (m^3);
P – precipitação média mensal (mm);
A – área de coleta (m^2);
C – coeficiente de escoamento superficial da cobertura;
η - fator de captação.

A precipitação média mensal de 195,60 mm foi calculada com base na média pluviométrica mensal dos dados da estação pluviométrica 2648036, localizada na Univille e escolhida por estar próxima a edificação estudada, entre os anos de 1996 e 2014.

A área de coleta foi calculada segundo recomendações da NBR 10.844 (ABNT, 1989). O coeficiente de escoamento superficial utilizado foi de 0,8 segundo recomendações de Pruski *et al*. (2004) para telhado cerâmico. Em relação ao fator de captação, foi utilizado o valor de 85%, recomendado por Tomaz (2010) quando não há dados do fabricante, pois é um fator que depende da eficiência do sistema de captação.

2.6 Estimativa da economia de água por reúso de águas cinzas

Para estimar a economia de água por meio do reúso de água cinza, foi calculada a quantidade de água cinza gerada no edifício mensalmente (provenientes de tanques, máquinas de lavar roupa, lavatórios e chuveiros), que foi comparada com a demanda mensal do equipamento hidrossanitário que pode ser substituído por água cinza, a bacia sanitária. Com esses valores foi estimada a economia de água potável com a substituição.

3 RESULTADOS

3.1 Medições das vazões

Após a medição das vazões, foram obtidas as vazões médias dos aparelhos hidrossanitários, apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Vazões médias medidas dos pontos de consumo

Ponto de consumo	Vazão (L/s)
Torneira do tanque	0,068
Torneira da pia da cozinha	0,078
Torneira do lavatório do banheiro	0,062
Chuveiro	0,056

Fonte: A autora (2023)

Os valores de vazão obtidos neste estudo são menores do que as vazões da NBR 5626 (ABNT, 1998), dos estudos de Boeger (2022), Sant'Ana e Bonfim (2021) e Oneda e Kalbusch (2018).

3.2 Usos finais da água no edifício

Com a aplicação do questionário aos moradores do edifício, foram estimados os usos finais de água expostos na Tabela 2.

Tabela 2 – Porcentagens dos usos finais do edifício

Ponto de consumo	Usos finais	
	m³	(%)
Máquina de lavar roupas	14,78	9,84
Chuveiro	45,58	30,35
Pia da cozinha	14,60	9,72
Bacia sanitária	32,60	21,71
Lavatório	40,85	27,20
Tanque	1,76	1,17
Total	150,17	100%

Fonte: A autora (2023)

O consumo mensal estimado de 150,17 m³ por mês pode ser comparado com o valor da fatura de água do edifício, onde a média de consumo dos últimos seis meses foi de 160 m³ por mês.

Os resultados obtidos estão de acordo com os estudos realizados por Maikot e Ghisi (2019), Ribeiro e Ghisi (2023) e Oneda e Kalbusch (2018), onde o chuveiro foi identificado como o ponto de maior consumo, representando, respectivamente, 55,8%, 33,9% e 49% do consumo total.

3.3 Economia com aproveitamento de água pluvial

Na Tabela 3 estão os dados para o cálculo do volume mensal de água pluvial aproveitável da edificação que resultou em 52,97 m³/mês.

Tabela 3 – Volume mensal de água pluvial aproveitável

Precipitação média mensal (mm)	Área de Coleta (m²)	Coeficiente de Escoamento Superficial	η fator de captação	Volume mensal de água pluvial aproveitável (litros)	Volume mensal de água pluvial aproveitável (m³)
195,60	398,23	0,80	0,85	52967,78	52,97

Fonte: A autora (2023)

A Tabela 4 mostra a demanda média mensal da bacia sanitária e da máquina de lavar roupas, que são os usos que podem ser substituídas por água pluvial.

Tabela 4 – Demandas que podem ser substituídas por água pluvial

Aparelho hidrossanitário	Demanda média diária (litros/dia)	Demanda média mensal (l/mês)	Demanda média mensal (m³/mês)
Máquina de lavar roupas	492,80	14783,88	14,78
Bacia sanitária	1086,57	32597,10	32,60
		Total	47,38

Fonte: A autora (2023)

Com a substituição da demanda dos dois equipamentos haveria em média uma economia de 31,55% no consumo total mensal de água potável do edifício. Como a tarifa de água de Joinville de 2023 para um consumo mensal maior que 36 m³ é de R$ 11,92 (categoria residencial - sem incidência das parcelas de coleta, transporte e tratamento de esgoto), a substituição da demanda de 47,38 m³/mês da máquina de lavar roupas e da bacia sanitária resultaria em uma economia de R$ 564,77 mensais.

Maia *et al*. (2011) estudaram sobre o aproveitamento de água pluvial no município de Irati no Paraná. Estimaram que haveria uma economia de 44,92% da demanda total de água residencial. França (2011), obteve uma economia de 18,90% de água potável em seu estudo sobre a viabilidade econômica para aproveitamento de água pluvial em uma residência na cidade de Goiânia.

3.4 Economia com reúso de água cinza

Na Tabela 5 encontra-se o volume mensal produzido de água cinza que podem ser aproveitadas para reúso e a Tabela 6 mostra a demanda média mensal da bacia sanitária.

Tabela 5 – Volume mensal de águas cinzas produzidas no edifício

Aparelho hidrossanitário	Água cinza produzida		
	(litros/dia)	(l/mês)	(m³/mês)
Máquina de lavar	492,80	14784,00	14,784
Tanque	58,79	1763,70	1,7637
Chuveiro	1519,32	45579,60	45,5796
Lavatório	1354,42	40632,60	40,6326
		Total	102,76

Fonte: A autora (2023)

Tabela 6 – Demanda média mensal da bacia sanitária

Aparelho hidrossanitário	Demanda média diária (litros/dia)	Demanda média mensal (l/mês)	Demanda média mensal (m³/mês)
Bacia sanitária	1086,57	32597,10	32,60
		Total	32,60

Fonte: A autora (2023)

A demanda da bacia sanitária poderia ser totalmente substituída pelas águas cinzas produzidas, tendo uma economia em torno de 21,71%. O restante da água cinza poderia ser utilizado nas limpezas gerais do edifício. A substituição da demanda de 32,60 m³/mês da bacia sanitária resultaria em uma economia de R$ 388,59 mensais.

O resultado obtido pode ser comparado com Silva *et al.* (2020), que estudaram sobre reúso de água cinza em uma residência unifamiliar. Os autores concluíram que a implantação do sistema atenderia cerca de 36,5% referente ao consumo total do empreendimento, sendo que no estudo a oferta é referente ao somatório da produção de água cinza do chuveiro e do lavatório e a demanda é referente ao consumo da bacia sanitária e a lavagem externa.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo analisar os usos finais da água de um edifício residencial para avaliar o impacto do aproveitamento da água pluvial e de água cinza na economia de água potável. Após a aplicação de um questionário, foi verificado que o equipamento hidrossanitário com maior consumo na edificação foi o chuveiro com 30,35%, seguido da torneira do lavatório com 27,20%, bacia sanitária com 21,71%, máquina de lavar roupas com 9,84%, torneira da pia da cozinha com 9,72% e tanque com 1,17%. O alto consumo da torneira do lavatório pode ser justificado por respostas equivocadas no questionário, pois as respostas dos moradores podem não corresponder ao consumo real.

Após a verificação dos usos finais, concluiu-se que com o aproveitamento de água pluvial a economia seria de 31,55%, enquanto o reúso de água cinza haveria uma economia de 21,71% no consumo.

Vale ressaltar que não foram considerados os custos de implantação dos sistemas e este estudo contemplou apenas um comparativo simplificado. No aproveitamento de água pluvial, a sazonalidade das chuvas pode interferir muito no sistema, assim como a área de captação.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10844**: Instalação prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

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.

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

BOEGER, L. **Consumo de água em quitinetes e salas comerciais: uma análise da ocupação e dos usos finais de água em edifícios do Comércio Local Norte**, Brasília-DF, 2022.

COMPANHIA ÁGUAS DE JOINVILLE. **Fatura de água do mês de janeiro**. Dados não publicados, 2023.

CONSUL. **Manual de instruções: Modelo CWE11A**. São Paulo: Consul, 2014.

FRANÇA, A. M. **Análise da viabilidade econômica para o aproveitamento de água de chuva em uma residência na cidade de Goiânia**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

LAMBERTS, R.; et al. **Casa Eficiente:** Uso Racional da Água. Florianópolis, UFSC, 2010.

MAIA, A. G.; et al. Avaliação da economia de água potável com a implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva: estudo de caso no município de Irati, Paraná. **Ambiência Guarapuava**, Guarapuava-PR, v.7, n.1, p. 51 – 63, 2011.

MAIKOT, J. K.; GHISI, E. Análise econômica e de satisfação dos usuários de um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma edificação multifamiliar em Florianópolis. **Simpósio sobre Sistemas Sustentáveis**. Porto Alegre: 5° SSS, p. 3446-3451, 2019.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. Four billion people facing severe water scarcity. **Science Advanges**, v. 2, p. 1-6, 2016.

ONEDA, T. M. S.; KALBUSCH, A. Estudo de caso: usos finais da água em uma residência em Joinville-SC. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. Foz do Iguaçu: ANTAC, p. 3446-345, 2018.

PRUSKI *et al*. **Escoamento superficial**. 2ª ed. Viçosa-UFV, 2004.

RIBEIRO, Laura Michelle Leite; GHISI, Enedir. Potential for drinking water savings through rainwater use: a case study in Brazil. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 23, p. 47-64, 2023.

SANT'ANA. D; BONFIM, B. C. dos S. Análise dos usos finais de água de uma quitinete em Brasília. **Água e o ambiente construído**. Atena Editora, p. 25-37, 2021.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2ª edição. Brasília, 2000.

SILVA, T. M. T.; et al. **Reuso de águas cinzas em residência unifamiliar**: análise da viabilidade econômica e financeira da implantação de sistema. In: A aplicação do conhecimento científico na engenharia civil. Ponta Grossa-PR: Editora Atena, p. 86-97, 2020.

TOMAZ, P. **Manejo de águas pluviais**. São Paulo: Navegar, 2010.

UNIVILLE - Universidade da Região de Joinville. **Dados Meteorológicos**, s.d. Disponível em: https://www.univille.edu.br/pt_br/maisuniville/metereologia/dados_meteorologicos/645897. Acesso em: 02 fev. 2023.

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

POTENCIAL DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA E DO REÚSO DE ÁGUA CINZA EM EDIFICAÇÕES DE ESCRITÓRIOS EM BRASÍLIA-DF

Potential rainwater harvesting and greywater reuse in office buildings in Brasilia, Brazil

Daniel Richard Sant'Ana [1]; Miguel Leo Salomon de Almeida Pereira [2]; Livia Ferreira Santana [3]

Recebido em 11 de junho de 2023, aprovado em 18 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

Palavras-chave:

Usos finais de água
Aproveitamento de água de chuva
Reúso de água cinza
Análise econômica
Edificações de escritórios

Keywords:

Water end use
Rainwater harvesting
Greywater reuse
Economic analysis
Office buildings

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade de sistemas de aproveitamento de água de chuva e de reúso de águas cinzas em edificações de escritórios no em Brasília-DF. Para tanto, esta pesquisa incorporou metodologias quantitativas e qualitativas para compor modelos representativos e, com isso, verificou o potencial de redução do consumo de água e os benefícios gerados na escala da edificação e na escala da cidade. Em geral, sistemas de reúso de água cinza apresentaram melhores benefícios ambientais e financeiros que sistemas de aproveitamento de água de chuva. Porém, ao utilizar ambas tecnologias de forma complementar, são capazes de promover economias equivalentes a 851 m³ por edificação por ano, o que representaria uma redução na demanda urbana de água de 85.983,32 m³/ano e nas despesas de exploração a R$ 442.814,10 ao ano.

ABSTRACT: The main objective of this paper was to carry out a comparative analysis of the feasibility of rainwater harvesting and greywater reuse systems in office buildings in Brasilia, Brazil. Therefore, this research incorporated quantitative and qualitative methodologies to compose representative models to estimate their potential for potable water savings and verify the costs and benefits generated at the building scale and at the city scale. Overall, greywater reuse systems presented better environmental and financial benefits than rainwater harvesting systems. However, by using both technologies in a complementary way, it is possible to promote higher water savings, equivalent to 851 m³ per office building per year, which would represent a reduction in urban water demand of 85,983.32 m3/year and in exploration expenses at R$ 442,814.10 ($ 81,552.59 USD; € 80,079.08 EURO) per year.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **SANT'ANA, Daniel Richard**: Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Universidade de Brasília, dsantana@unb.br.
[2] **PEREIRA, Miguel Leo Salomon de Almeida**: Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Universidade de Brasília, miguel.leo.pereira@gmail.com.
[3] **SANTANA, Livia Ferreira**: Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Instituto Federal de Goiás, livia.santana@ifg.edu.br.

1 INTRODUÇÃO

O Distrito Federal vivenciou uma crise hídrica sem precedentes em sua história. A seca de 2016 reduziu drasticamente os níveis dos principais reservatórios do Distrito Federal, fazendo com que a Barragem do Descoberto, que abastece cerca de 65% da região, chegasse a menos de 20% de sua capacidade (ADASA, 2016). Como uma medida emergencial, iniciou-se um regime de racionamento por rodízio de abastecimento em todas as regiões do Distrito Federal e de reestruturação tarifária por contingência fiscal em momentos de crise no abastecimento, até que se alcance um nível satisfatório de água nos reservatórios para garantir a segurança hídrica da região (CAESB, 2016). Estas medidas de curto prazo, são paliativas ao verdadeiro problema sendo enfrentado. A realidade, é que o Distrito Federal apresenta uma disponibilidade hídrica limitada para sua crescente demanda por água.

Observa-se, entretanto, que a gestão dos recursos hídricos no Distrito Federal está focada em uma abordagem voltada para a oferta de água. Ou seja, na medida em que a demanda cresce, novas fontes hídricas são exploradas para suprir o consumo urbano de água. Está comprovado que a gestão focada apenas na exploração de fontes hídricas pode resultar em sérios danos ambientais e desperdício econômico de custo capital e operacional de novos sistemas produtores de água (HERRINGTON, 2006). Torna-se imprescindível, neste momento, estimular a conservação de água pelo emprego de medidas que auxiliem o controle da demanda urbana de água. Além de reduzir os impactos ambientais causados pela exploração de recursos naturais, estratégias conservadoras de água são capazes de minimizar a pressão em sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, além de gerar economias relativas aos seus custos operacionais.

Sistemas prediais de água não potável fazem uso de fontes alternativas de água promovendo um abastecimento alternativo em usos que não oferecem riscos à saúde humana em edificações. Dentre diferentes fontes alternativas para abastecimento não potável, destaca-se a água de chuva e a água cinza. Se realizado em larga escala, o aproveitamento de água de chuva ou o reúso de águas cinzas em edificações podem ser capaz de promover reduções significativas na demanda urbana de água e, consequentemente, nas despesas de exploração de recursos hídricos. Tendo essas questões em mente, o principal objetivo desta pesquisa foi de realizar uma análise de viabilidade de sistemas de aproveitamento de água de chuva e de reúso de águas cinzas em edificações de escritórios no Distrito Federal, verificando seus benefícios econômicos e ambientais dentro da microescala (edificada) e da macroescala (urbana).

2 MÉTODO

Com o intuito de atingir o objetivo traçado, esta pesquisa incorporou metodologias quantitativas e qualitativas para a coleta de dados primários de edificações de escritório do Distrito Federal e, com isso, compor modelos representativos baseados em medianas estatísticas para as análises de viabilidade técnica, ambiental e econômica de sistemas de aproveitamento de água de chuva e de reúso de água cinza. O levantamento quantitativo fez uso de: i) questionários direcionados a proprietários/gestores, para coletar informações relativas às atividades desenvolvidas e padrões de ocupação da edificação (população fixa e população flutuante); ii) sensoriamento remoto para medições das áreas (construída, de cobertura, verde e lote); e iii) dados históricos do consumo predial faturado pela concessionária local referentes aos anos de 2013 a 2017. Em geral, o levantamento

quantitativo obteve uma amostragem aleatória estratificada de 101 edifícios de escritórios localizados nos Setores Comerciais (SCN e SCS), Bancários (SBN e SBS), de Autarquias (SAUN e SAUS), de Administração Federal Sul (SAFS), de Grandes Áreas Sul (SGAS), de Edifícios Públicos (SEPN e SEPS), de Rádio e TV (SRTVN e SRTVS) e de Indústrias Gráficas (SIG), bem como nas entre quadras comerciais do Plano Piloto (EQN), conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Distribuição espacial das regiões de coleta de dados primários.



Fonte: Adaptado do Geoportal – SEGETH (2019)

O levantamento qualitativo foi desenvolvido por meio de uma auditoria do consumo de água, para caracterizar os usos-finais do consumo de água em um edifício de escritórios típico de Brasília localizado no Setor Bancário Sul. O levantamento qualitativo se apropriou de diferentes técnicas de auditoria de consumo de água, realizando medições gerais, medições específicas, diários de anotações, registros fotográficos, questionários e observações *in-loco* para caracterizar os usos-finais de água. Um fator de correção obtido pela razão entre o consumo diário médio faturado (obtido pelo levantamento quantitativo) e o consumo médio diário estimado (obtido pelo levantamento qualitativo) foi aplicado aos indicadores de usos-finais de água para que a sua somatória fosse mais próxima da realidade observada (Equação 1).

$$F_c = \frac{\overline{D}_{fat}}{\overline{D}_{est}} \quad \text{(Eq. 1)}$$

Sendo:
F_c= Fator de Consumo
$\overline{D}_{fat}$= Consumo médio faturado (L/d)
$\overline{D}_{est}$= Consumo médio estimado (L/d)

Com os dados primários referentes ao número de pessoas, área construída, área verde, área de cobertura e indicadores de usos finais de água presentes nos modelos representativos de cada tipologia não-residencial, o potencial de redução do consumo de água dos sistemas de aproveitamento de água de chuva e reúso de águas cinzas puderam ser estimados baseados em simulações de oferta e demanda de água. Em sistemas de aproveitamento de água de

chuva, foram realizadas simulações baseadas em intervalos de tempo diários usando um modelo comportamental com a regra operacional 'uso após extravasão' (*yield after spillage*) para identificar as economias geradas por diferentes capacidades de reservatórios (FEWKES, 2000). No que se diz respeito ao potencial de redução do consumo de água pelo reúso de águas cinzas, um balanço entre a oferta e a demanda de água cinza foi realizado, conforme resultados obtidos no levantamento dos usos-finais do consumo predial de água de chuveiros e lavatórios.

Com base nos modelos representativos, o potencial de redução do consumo de água para cada estratégia analisada foi projetado à escala urbana. Como ponto de partida, foi identificado o número de edificações de escritório existentes em Brasília por meio de sensoriamento remoto. Em seguida, dados de consumo faturado do ano de 2016 foram obtidos pela concessionária local e, com isso, foi possível verificar o consumo base (*baseline*) médio em metro cúbico de água consumida por edificação por ano. Por último, para averiguar os benefícios ambientais gerados pelos diferentes sistemas analisados, foi estimado o potencial de redução de exploração de recursos hídricos baseando-se nos resultados das simulações obtidos para cada modelo representativo.

Considerando o potencial de redução do consumo de água potável encontrado para cada sistema, a viabilidade econômica foi identificada usando *payback* (Equação 2), análise de custo de vida útil (Equação 3) e custo incremental médio (Equação 4). Ao projetar a aplicação de sistemas de aproveitamento de água de chuva e de reúso de águas cinzas em larga escala, podemos nos deparar com um cenário em que as reduções no volume de extração de água podem promover economias relativas às despesas no tratamento de água potável e esgoto sanitário. Com isso em mente, averiguou-se as economias geradas em função das reduções das despesas de exploração de água (DEX = R$ 5,15 por m³ de água e esgoto tratado) de recursos hídricos locais.

$$PB = \frac{K}{[\sum_{1}^{12}(E_a \times C_{ae})] - C_o} \quad \text{(Eq. 2)}$$

Sendo:
PB = Payback (anos)
K = Custo capital de investimento (R$)
E_a = Economia de água mensal (m³)
C_{ae} = Custo de água e esgoto mensal (R$/m³)
C_o = Custo operacional anual (R$)

$$ACVU = -K_0 + \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \quad \text{(Eq. 3)}$$

Sendo:
$ACVU$ = Análise de Custo de Vida Útil (R$)
K_0 = Custo capital no ano zero (R$)
B_t = Benefícios no ano, t (R$/ano)
C_t = Custos no ano, t (R$/ano)
i = Taxa de juro anual (%)
n = Vida útil (anos)

$$CIM = -\left[\frac{K - B + C_o}{E_a}\right] \quad \text{(Eq. 4)}$$

Sendo:
CIM = Custo incremental médio (R$/m³)
K = VPL do custo capital (R$)
B = VPL dos benefícios (R$)
C_o = VPL dos custos operacionais (R$)
E_a = Economia de água total (m³)

3 RESULTADOS

A área construída dos edifícios analisados variou entre 868 e 72.226 m², apresentando valor médio equivalente a 12.500 m², com área de cobertura de 1.422 m². Os três maiores edifícios pesquisados foram os edifícios sede do DNIT, Caixa Econômica Federal e Correios, com uma média de mais de 60.000 m². Entre os cinco menores edifícios pesquisados, com menos de 2.500 m², quatro encontravam-se no Setor Comercial Sul. A população fixa dos edifícios analisados variou entre 15 e 3.504, enquanto a população flutuante apresentou valores de 5 a 4.000 pessoas. Em média, cada edifício possui população fixa igual a 450 pessoas com uma população flutuante de 700 pessoas, totalizando uma população média de 1.150 pessoas por dia. Comparando a população e a área construída de cada edifício, calculou-se que, em média, cada edifício apresenta um fluxo de pessoas igual a 0,07 pessoas por metro quadrado de área construída.

Figura 2 – Edificação de escritórios selecionado para o levantamento qualitativo.



Fonte: Google Street View (2019)

O consumo de água anual médio nos prédios analisados variou entre 313 e 46.554 m³/ano. Em média, cada edifício avaliado consumiu 5.139 m³/ano, que equivale a cerca de 428 m³/mês. Para estimar o indicador de consumo per capita nas edificações de escritórios foi considerado apenas a população fixa (funcionários). O consumo diário per capita analisados variou de 10 a 368 litros/pessoa/dia. Em média, o consumo per capita foi de 31 litros/pessoa/dia. Ao comparar o consumo de água à área construída dos edifícios de escritórios analisados obtivemos um valor médio equivalente a 1,1 litros/m²/dia.

Para fins dessa pesquisa, foi selecionado uma edificação de escritórios para um estudo de caso aprofundado dos usos finais de água. O edifício de escritórios analisado encontra-se localizado no Setor Bancário Sul (Figura 2). O edifício possui área construída igual a 20.262 m^2. A partir da análise dos projetos de arquitetura, foi possível verificar que os quatro subsolos possuem individualmente 2.763 m², totalizando cerca de onze mil metros quadrados (mais da metade da área construída nesse estudo de caso). Somando as áreas de cobertura da torre de escritórios e das sobrelojas, foi obtido o valor de 1.355 m² em projeção horizontal, o que corresponde a 5% da área construída.

Tabela 1 – Vazão, tempo, frequência, consumo e indicador por uso final de água.

Usos Finais	Vazão	Tempo	Frequência	Consumo	Indicador
Lavatório	0,11 L/s	9 s	2711 n/d	2.821 L/d	2,87 L/p/d
Chuveiro	0,15 L/s	260 s	1 n/d	39 L/d	0,04 L/p/d
Bacia Sanitária	3/6 Lpf	---	2.283 n/d	13.229 L/d	13,5 L/p/d
Mictório	1,2 Lpf	---	725 n/d	1.034 L/d	1,1 L/p/d
Pia de Cozinha	0,13 L/s	12 s	1.548 n/d	2.489 L/d	2,5 L/p/d
Bebedouros	0,04 L/s	43 s	617 n/d	1.074 L/d	1,1 L/p/d
Torneira de Uso Geral	0,17 L/s	59 s	25 n/d	251 L/d	0,1 L/m^2/d
Ar Condicionado	---	---	---	403 L/d	0,02 L/m^2/d

L/s = litro por segundo; Lpf = litro por fluxo; s = segundo; n/d = número de vezes por dia de uso; L/d = litro por dia; L/p/d = litro por pessoa por dia; L/m^2/d = litro por metro quadrado por dia

A edificação de escritórios apresentou um consumo predial equivalente a 7.794 m^3/ano (média de 649,5 m^3/mês), com um indicador per capita de 21,8 litros/pessoa/dia e indicador por área equivalente a 1,05 litros/m^2/dia. A Tabela 1 apresenta um resumo dos resultados obtidos durante a auditoria do consumo de água no centro empresarial. Descarga sanitária em bacias sanitárias e mictórios apresentaram o maior consumo da edificação (63,2%) seguido de lavatórios (13,5%) e pia de cozinha (11,9%). bebedouros (5,1%) e limpeza de ambientes (1,2%) apresentaram os menores índices de consumo de água. Para a simulação do potencial de redução do consumo de água potável pelo aproveitamento de água de chuva e reúso de água cinza, um fator de correção de 0,66 aos índices de usos finais de água.

A Figura 3 apresenta o resultado da simulação realizada para estimar o potencial de redução do consumo de água potável pelo aproveitamento de água de chuva em irrigação, lavagem de pisos, descarga sanitária e sistema de ar condicionado. O aproveitamento de água de chuva em descarga sanitária (bacia sanitária e mictório) demonstrou-se tecnicamente inviável, pois não há área de cobertura suficiente para suprir a demanda de água necessária. A economia de água potável pelo aproveitamento de água de chuva em sistemas de ar condicionado chegou a 42 m³/ano com uma cisterna de até 7 m³ em sistemas de ar condicionado, em irrigação e lavagem de pisos chegou a 130 m³/ano com uma cisterna de até 70 m³ e em sistemas de ar condicionado, irrigação e lavagem de pisos até 146 m³/ano com um volume de cisterna de até 60 m³.

A Figura 4 apresenta o resultado da simulação da redução do consumo de água potável pelo reúso de águas cinzas em irrigação, lavagem de pisos, descarga sanitária e sistema de ar condicionado. Verificou-se que a oferta de água cinza de lavatórios e chuveiros (1.999 litros/dia) foi capaz de atender com uma demanda anual em descarga sanitária equivalente a 3.639 m³/ano, a oferta de água cinza foi capaz de atender a apenas 19,8% da demanda anual (720 m³/ano).

Figura 3 – Análise do potencial de redução do consumo de água pelo aproveitamento de água de chuva.

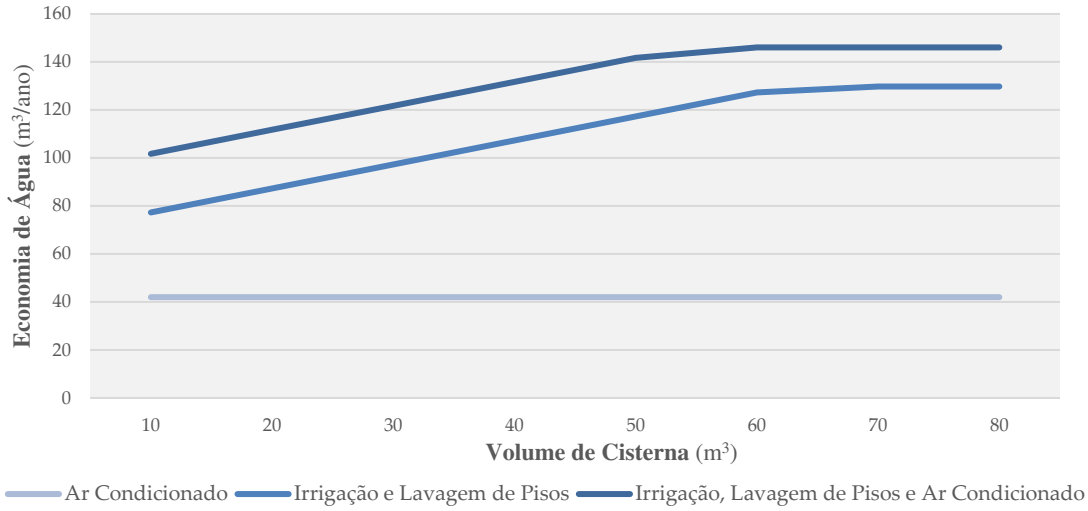
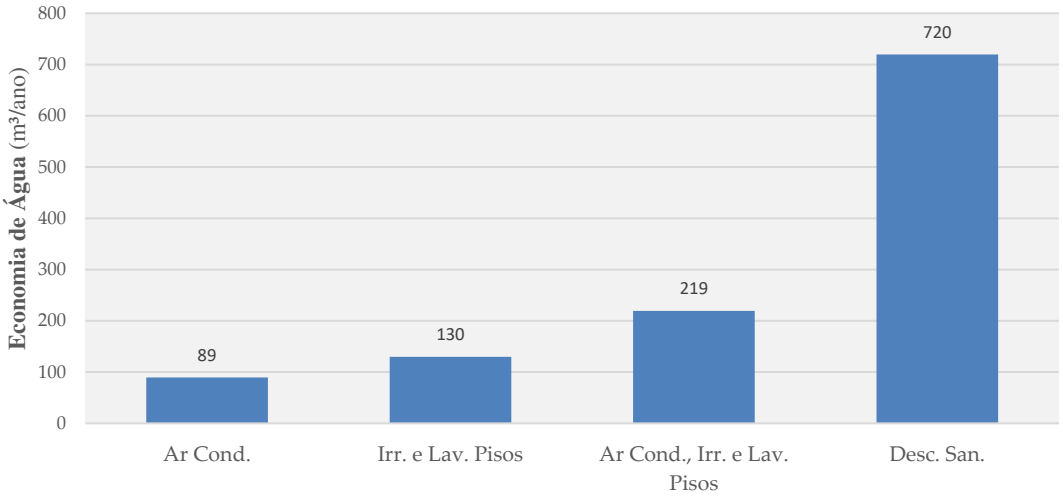


Figura 4 – Análise do potencial de redução do consumo de água pelo reúso de água cinza.



Os resultados da análise de viabilidade econômica para sistemas de aproveitamento de água de chuva em edificações de escritórios mostraram que o sistema é viável para os usos em sistemas de ar condicionado (cisterna de 5 m^3), uso em irrigação e lavagem de pisos (cisternas de até 30m^3) ou uso combinado (cisternas de até 40m^3), com economias chegando a 131,72 m^3/ano, valores de investimento até R$ 52.877,00 e retorno financeiros de até R$ 28.545,03, dependendo do tipo de sistema a ser instalado (Tabela 2).

Tabela 2 – Análise de viabilidade econômica de sistemas de aproveitamento de água de chuva.

Cisterna (m^3)	Economia (m^3/ano)	Benefício (R$/ano)	Capital (R$)	Payback (ano)	ACVU (R$)	CIM (R$/$m^3$)
Aproveitamento em Sistemas de Ar Condicionado						
5	40	987,96	8.360,20	13	4.112,20	3,43
10	42	1.036,11	13.890,20	20	-473,91	-0,38
Aproveitamento em Irrigação e Lavagem de Pisos						
10	77,29	1.912,24	13.890,20	9	16.698,54	7,20
20	87,29	2.159,64	25.194,00	14	10.243,89	3,91
30	97,29	2.407,04	35.414,00	17	4.873,03	1,67
40	107,29	2.654,44	52.877,00	23	-7.740,82	-2,40
50	117,29	2.901,84	65.377,00	26	-15.391,67	-4,37
60	127,29	3.149,24	77.877,00	28	-23.042,52	-6,03
70	129,76	3.210,27	90.377,00	32	-34.346,31	-8,82
Aproveitamento em Ar Condicionado, Irrigação e Lavagem de Pisos						
10	101,72	2.516,64	13.890,20	6	28.545,03	9,35
20	111,72	2.764,04	25.194,00	10	22.090,38	6,59
30	121,72	3.011,44	35.414,00	13	16.719,53	4,58
40	131,72	3.258,84	52.877,00	18	4.105,68	1,04
50	141,72	3.506,24	65.377,00	21	-3.545,17	-0,83
60	146,06	3.613,44	77.877,00	24	-13.944,02	-3,18

A instalação de sistemas de reúso de água cinza em edificações de escritórios provou ser viável em todos os cenários de usos não potáveis analisados (Tabela 3). Verificou-se que o reúso de água cinza em descargas sanitárias foi capaz de promover o melhor benefício financeiro, com um custo capital no valor de R$ 26.900,00, payback de apenas 2 anos e um valor presente líquido de R$ 315.121,22 durante a vida útil do sistema. Ou seja, o reúso de água cinza em descargas sanitárias é capaz de promover economias de R$14,60 para cada metro cúbico de água economizada.

Tabela 3 – Análise de viabilidade econômica de sistemas de reúso de água cinza

Reúso de Água Cinza (Usos não potáveis)	Economia (m^3/ano)	Benefício (R$/ano)	Capital (R$)	Payback (ano)	ACVU (R$)	CIM (R$/$m^3$)
Ar Condicionado	89,49	2.213,86	26.330,00	14	10.141,32	3,78
Irrigação e Lavagem de Piso	129,76	3.210,27	26.430,00	9	29.571,29	7,60
Ar Cond., Irrigação e Lavagem Pisos	219,25	5.424,13	26.430,00	5	72.964,00	11,09
Descarga Sanitária	719,60	17.802,79	26.900,00	2	315.121,22	14,60

Para analisar o potencial de exploração dos recursos hídricos pelo aproveitamento de água de chuva e o reúso de água cinza em edificações de escritório, o potencial de redução do consumo de água de cada sistema analisado foi projeto à escala urbana considerando o número de edificações de escritórios presentes em Brasília (Tabela 4). Em geral, projeções de reduções na demanda de água pelo aproveitamento de água de chuva em sistemas de ar condicionado, irrigação e lavagem de pisos apresentaram os maiores índices (2,6%), podendo chegar a 13.304 m^3/ano, o que representa uma redução na vazão de exploração a aproximadamente 0,4 litros por segundo (L/s). Com isso, verificamos uma redução nas despesas de exploração chegando a R$ 68.515,95 ao ano. Já as projeções de reduções na demanda de água pelo reúso de água cinza em descarga sanitária os maiores índices (14%), podendo chegar a 72.679 m^3/ano, o que representa uma redução na vazão de exploração a

aproximadamente 2,3 L/s. A redução na despesa de exploração pode chegar a R$ 374.297,61 ao ano.

Tabela 4 – Análise do potencial de redução de exploração de recursos hídricos locais.

	Potencial de Redução de Exploração de Recursos Hídricos			
	(%)	(m^3/ano)	(L/s)	(R$/ano)
Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva				
Cisterna 10m^3 - Irrigação e Lavagem Pisos	1,5	7.807	0,2	40.204,16
Cisterna 20m^3 - Irrigação e Lavagem Pisos	1,7	8.817	0,3	45.405,66
Cisterna 30m^3 - Irrigação e Lavagem Pisos	1,9	9.827	0,3	50.607,16
Cisterna 5m^3 - Ar Condicionado	0,8	4.033	0,1	20.771,44
Cisterna 10m^3 - Ar Cond., Irr. e Lav. Pisos	2,0	10.274	0,3	52.911,45
Cisterna 20m^3 - Ar Cond., Irr. e Lav. Pisos	2,2	11.284	0,4	58.112,95
Cisterna 30m^3 - Ar Cond., Irr. e Lav. Pisos	2,4	12.294	0,4	63.314,45
Cisterna 40m^3 - Ar Cond., Irr. e Lav. Pisos	2,6	13.304	0,4	68.515,95
Sistemas de Reúso de Água Cinza				
Ar Condicionado	1,7	8.824	0,3	45.441,86
Irrigação e Lavagem Pisos	2,5	13.106	0,4	67.494,79
Ar Cond., Irrigação e Lavagem Pisos	4,3	22.319	0,7	114.941,19
Descarga Sanitária	14,0	72.679	2,3	374.297,61

4 CONCLUSÃO

Em geral, edificações de escritórios de Brasília possuem, em média, 1.150 pessoas e uma área construída de 12.500 m². Com um consumo anual médio de 5.139 m^3/ano, as edificações de escritórios apresentaram indicadores de consumo predial equivalente a 31 litros/pessoa/dia e 1,1 litros/m²/dia. Estes indicadores de consumo predial podem ser usados em um dimensionamento mais preciso de reservatórios em instalações hidráulicas. Resultados obtidos pelo levantamento qualitativo sugerem que o principal fator que afeta o consumo em edificações de escritórios é o uso de água em descarga sanitária em bacias sanitárias e mictórios, o que representa 63,2% do consumo predial.

Resultados sugerem que edificações de escritórios de Brasília possuem uma demanda urbana de água de aproximadamente a 787.194 m^3/ano, o que representa uma despesa de exploração estimada a R$ 4.054.049,10 ao ano. Com isso, faz sentido identificar soluções viáveis capazes de promover a conservação de água em edificações. Ao analisar o desempenho de sistemas de aproveitamento e água de chuva e de sistemas de reúso de água cinza separadamente, os benefícios limitam-se a economias equivalentes a 132 m³ por edificação por ano (ao aproveitar água de chuva em sistemas de ar condicionado, irrigação e lavagem de pisos) e 720 m³ por edificação por ano (ao realizar o reúso de água cinza em descarga sanitária).

Mas repare que, por um lado, aproveitar a água de chuva em descargas sanitárias demonstrou-se tecnicamente inviável, pois não há área de cobertura suficiente para suprir a demanda de água necessária. E que, por outro lado, a oferta de água cinza seria insuficiente para atender à demanda em descargas sanitárias e em outros usos não potáveis. Ou seja, ambos os sistemas se complementam e se utilizados em combinação, são capazes de promover economias equivalentes a 851 m³ por edificação por ano, o que representaria uma redução na demanda urbana de água de aproximadamente 85.983,32 m^3/ano e nas despesas de exploração, R$ 442.814,10 ao ano.

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. **Níveis dos reservatórios de Santa Maria e Descoberto.** Brasília: Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br>. Acesso em: 10 novembro 2016.

CAESB. **Seca 2016:** Informações sobre a crise hídrica no Distrito Federal. Brasília: Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal, 2016a. Disponível em: <https://www.caesb.df.gov.br/>. Acesso em 07 dezembro 2016.

FEWKES, A. Modelling the performance of rainwater collection systems: towards a generalised approach. **Urban Water**, v. 1, n. 4, p. 323-333, 2000.

HERRINGTON, P. R. The economics of water demand management. In: D. BUTLER e F.A. MEMON (Ed.). **Water demand management.** London: IWA, 2006. The economics of water demand management, p.236-279.

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

INFLUÊNCIA DE SISTEMAS PREDIAIS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA NO AMORTECIMENTO DO ESCOAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PROVENIENTE DE ÁREAS EDIFICADAS

Influence of building rainwater harvesting systems on the damping of rainwater drainage from building areas

Thiago Rodrigues Carvalho[1]; Lucas Salomão Rael Morais [2]; Victor de Castro Mundim [3]; Heber Martins de Paula[4]; Ricardo Prado Abreu Reis[5]

Recebido em 28 de abril de 2023, aprovado em 28 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

Palavras-chave:

Aproveitamento de água de chuva

Amortecimento,

Escoamento superficial

Drenagem na fonte

Keywords:

Rainwater harvesting

Runoff control

Source drainage system

On-lot drainage

RESUMO: O objetivo deste trabalho consiste na avaliação de diferentes cenários de volume de reservatórios de aproveitamento de água de chuva e sua influência no atendimento aos perfis de consumo de água de chuva de um edifício residencial multifamiliar e no amortecimento de escoamento superficial, gerado pelas áreas impermeabilizadas da edificação. Para a análise utilizou-se séries históricas de chuvas comparadas as demandas de água de chuva consumida em um edifício real situado em Goiânia – GO. Por meio do trabalho, pode-se observar, a partir da análise dos resultados que apenas o reservatório concebido para suprir 100% de demanda (1.748,70 m³), contabilizando todo o período de estiagem, foi capaz de promover a maior redução no volume de água escoada, resultando em cerca de 89,41% de amortecimento e 10,59% de escoamento por extravasamento. Por outro lado, um reservatório com tais proporções, na maioria dos casos, representa uma estrutura inviável técnica e economicamente. Quanto aos demais volumes de reservatórios estudados, observou-se que quanto maior o reservatório maior a capacidade de retenção e amortecimento do hidrograma de escoamento superficial. Desta forma, seria mais viável a implantação de reservatórios menores em conjunto com sistemas de drenagem na fonte, tais como poços e trincheiras de infiltração.

ABSTRACT: The aim of this work is to evaluate different rainwater harvesting reservoir volume scenarios and their influence on meeting the rainwater consumption profiles of a multi-family residential building and on buffering surface runoff generated by the building's waterproofed areas. The analysis used historical rainfall series compared to the demand for rainwater consumed in a real building located in Goiânia - GO. From the analysis of the results, it can be seen that only the reservoir designed to supply 100% of the water demand (1,748.70 m³), taking into account the entire dry season, was able to promote the greatest reduction in the volume of water run-off, resulting in around 89.41% of runoff damping and 10.59% of overflow. On the other hand, a reservoir of such proportions is, in most cases, a technically and economically unviable structure. As for the other reservoir volumes studied, it was observed that the larger the reservoir, the greater the capacity to retain and dampen the surface runoff hydrograph. It would therefore be more feasible to install smaller reservoirs in conjunction with drainage systems at source, such as infiltration dry-wells and trenches.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **CARVALHO, Thiago Rodrigues**: Graduando em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás, thiagorc7@discente.ufg.br.
[2] **MORAIS, Lucas Salomão Rael**: Doutorando do Programa de Pós-graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de Goiás, lucas.salomao@ufg.br.
[3] **MUNDIM, Victor de Castro**: Mestrando do Programa de Pós-graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de Goiás, victorcastrovcm@hotmail.com
[4] **PAULA, Heber Martins de**: Eng. Civil, Doutor, Professor do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Catalão, heberdepaula@ufcat.edu.br.
[5] **REIS, Ricardo Prado Abreu**: Eng. Civil, Doutor, Professor da Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás, ricardo_reis@ufg.br.

XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS (SISPRED 2023)

1 INTRODUÇÃO

Diversos países industrializados como a Alemanha, China e o Japão têm desenvolvido políticas de redução do impacto da urbanização nos sistemas de drenagem pluvial, como por exemplo, a cobrança de taxas pela introdução de água pluvial no sistema de drenagem urbana em Berlim desde 2000, o projeto das cidades esponja na China e a captação intensa da água de chuva em Tóquio - Japão (RODRIGUES e NEVES, 2010). O Brasil segue no mesmo caminho sendo um exemplo evidente a Lei Nº 13.501 (BRASIL, 2017) que estabeleceu que os órgãos gestores de recursos hídricos devem incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais.

É observado que o processo de urbanização, a verticalização das edificações e o aumento do índice de adensamento urbano promovem um processo crescente de impermeabilização do solo, reduzindo a capacidade natural de infiltração da água no terreno e, consequentemente, contribuindo para um aumento do volume e da velocidade do escoamento superficial (REIS, 2018). No Brasil, em média, cada habitante de um centro urbano com densidade de 50 habitantes/ha, gera uma área impermeável de 90 m² (MENEZES e TUCCI, 2012) e, cada 10% de aumento na área impermeável implica em aproximadamente 100% de aumento no coeficiente de escoamento de cheia e no volume do escoamento superficial (TUCCI, 2005). Assim, o impacto gerado pela crescente impermeabilização das áreas urbanas resulta no agravamento de enxurradas e cheias urbanas nas cidades.

Visando minimizar os impactos ocasionados pelo acréscimo de áreas impermeabilizadas em meio urbano, técnicas sustentáveis de concepção de sistemas de drenagem de água pluvial como a descentralização dos sistemas de drenagem vêm sendo desenvolvidas e pesquisadas nas últimas décadas (STEPHENS et al., 2003).

A descentralização dos sistemas de drenagem através de sistemas de drenagem na fonte permite drenagem de forma mais sustentável e adequada no interior do perímetro de cada lote individualizado (REIS, 2019).

Além disso, sistemas de aproveitamento de água de chuva são frequentemente citados como uma das soluções para problemas de drenagem urbana. Entretanto, existe um questionamento por parte do meio técnico e científico sobre a real eficiência dos sistemas de aproveitamento de água de chuva durante as estações chuvosas, pois neste período, o reservatório de água de chuva permanece cheio, o que, teoricamente, reduziria o efeito de amortecimento dos volumes de descarga de escoamento superficial gerado nas áreas

edificadas (DORNELLES, 2012). Dessa forma, reservatórios maiores teriam maior potencial de redução das vazões de pico de escoamento superficial e de demanda de água potável (SOLTO et al., 2023).

Considerando esse contexto, o objetivo deste trabalho consiste na avaliação de diferentes perfis de consumo de água não potável proveniente de um sistema de aproveitamento de água de chuva de um edifício residencial multifamiliar e sua influência nos volumes de amortecimento de escoamento superficial, gerado pelas áreas impermeabilizadas desta edificação.

2 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram utilizados dados obtidos do monitoramento de consumo de água pluvial de um edifício residencial multifamiliar situado na cidade de Goiânia – GO – Brasil. O edifício, objeto desta pesquisa, utiliza água pluvial para as descargas das bacias sanitárias das unidades habitacionais e possui hidrômetros individuais que proporcionam a medição individualizada de água potável e água de chuva.

Inicialmente foi necessária a obtenção da demanda de água pluvial do edifício. Para tanto, foram monitorados dados de consumo de água das bacias sanitárias entre agosto de 2013 e maio de 2018. A partir desses dados foram traçados perfis diários de consumo de água não potável e fez-se a extrapolação para obtenção da média diária de consumo de água pelas descargas das bacias sanitárias das unidades residenciais.

Para a avaliação da oferta de água de chuva para a edificação objeto de estudo, foram utilizados os dados fornecidos pelo INMET que apresentam as séries históricas de precipitação para a estação automática localizada na cidade de Goiânia-GO, entre o período de 01 janeiro de 1980 até 31 de dezembro de 2022 (43 anos).

Conforme NBR 15527 (ABNT, 2019) e de posse dos dados de precipitação, a disponibilidade teórica de água de chuva foi calculada conforme Equação 1.

$$\mathrm{Vdisp} = \mathrm{P} \times \mathrm{A} \times \mathrm{C} \times \eta \qquad \text{(Eq. 1)}$$

Sendo:
Vdisp, o volume disponível diário de água pluvial (L);
P, precipitação diária (mm);
A, área de coleta (m²);
C, o coeficiente de escoamento superficial da cobertura (runoff) (adotado neste estudo 0,9);
η, a eficiência do sistema de retenção (adotado neste estudo 0,8).

A partir do volume disponível de água aproveitável (oferta) e da demanda de água não potável da edificação, foi calculado ao longo de todo o período o volume de chuva excedente à demanda (m³) e o déficit sazonal acumulado (m³) (quando o volume de precipitação não é suficiente para atendimento da demanda). Para fins do estudo, considerou-se como parâmetro de volume do reservatório o maior valor do déficit acumulado (m³), ou seja, o reservatório seria suficiente para o suprimento de água durante o maior período de estiagem possível.

Através da média de demanda diária de consumo de água pluvial e a partir de dados de séries históricas de precipitações, definiu-se o nível d'água no reservatório e foram analisados os volumes excedentes que extravasam do reservatório de aproveitamento de água de chuva e que serão contabilizados como volume de escoamento superficial (volume extravasado).

Os perfis de escoamento foram definidos por meio da metodologia de balanço de massas, conforme explicam Traver e Ebrahimian (2017) e Hamel, Daly e Fletcher (2013), adaptando o conceito onde será incluído como perda a demanda de água não potável o volume consumido pelos pontos de bacias sanitárias.

Durante o estudo adotou-se a contabilização da demanda de água pluvial após a ocorrência da precipitação (*Yield After Spillage*). Por fim, foram verificados o total de volume de água de chuva excedente do reservatório durante o período avaliado e o total de volume de água de chuva desconsiderando a demanda de aproveitamento de água pluvial. A comparação desses resultados permite a verificação do volume de água de escoamento liberada pelo edifício para o sistema de drenagem urbano na ocasião do reservatório cheio.

Foram considerados diferentes volumes de reservação nos cenários de estudo, definidos pelas porcentagens de 100%, 50% e 10% da demanda por água pluvial, a fim de avaliar a influência de amortecimento ocasionados por reservatórios pequenos e, também, por reservatórios de maior volume. As Tabelas 1, 2 e 3 mostram a parte inicial dos cálculos para as diferentes demandas de cada cenário. Com base nos resultados obtidos, foram apresentados os perfis de escoamento correlacionado com os intervalos de precipitações da série histórica. Sendo, desta forma, possível a determinação do percentual de amortecimento de vazões de escoamento superficial e a avaliação da redução dos volumes totais de escoamento.

Tabela 1 – Seguimento Tabela com 100% da Demanda.

Mês/Ano	Chuva máxima (mm)	Chuva total (mm)	Área de captação telhado (m²)	Coef. Runoff telhado	Aproveitamento considerando perdas (%)	Demanda de água não potável (m³/mês)	Volume de chuva aproveitável (m³)	Volume de chuva excedente (m³)	Déficit (m³) Sazonal Acumulado	Déficit (m³) Simples diário	Volume acumulado (m³)	Demanda acumulada (m³)	Volume retido no reservatório (m³)	Volume que excedeu o reservatório (m³)	Volume de chuva excedende sem a demanda (m³)
01/01/1995	36.3	36,3	1644,5	0,9	0,8	4,43	42,98	38,55	0,00	0,00	42,98	4,43	1748,70	38,55	59,70
02/01/1995	35.5	35,5	1644,5	0,9	0,8	4,43	42,03	37,60	0,00	0,00	85,01	8,86	1748,70	37,60	58,38
03/01/1995	76.6	76,6	1644,5	0,9	0,8	4,43	90,70	86,27	0,00	0,00	175,71	13,29	1748,70	86,27	125,97
04/01/1995	8.6	8,6	1644,5	0,9	0,8	4,43	10,18	5,75	0,00	0,00	185,89	17,72	1748,70	5,75	14,14
05/01/1995	27.2	27,2	1644,5	0,9	0,8	4,43	32,21	27,78	0,00	0,00	218,10	22,15	1748,70	27,78	44,73
06/01/1995	6.7	6,7	1644,5	0,9	0,8	4,43	7,93	3,50	0,00	0,00	226,03	26,58	1748,70	3,50	11,02
07/01/1995	0	0	1644,5	0,9	0,8	4,43	0,00	-4,43	-4,43	-4,43	226,03	31,01	1748,70	0,00	0,00

CONTINUA ATÉ O ANO DE 2022.

Tabela 2 – Seguimento Tabela com 50% da Demanda.

Mês/Ano	Chuva máxima (mm)	Chuva total (mm)	Área de captação telhado (m²)	Coef. Runoff telhado	Aproveitamento considerando perdas (%)	Demanda de água não potável (m³/mês)	Volume de chuva aproveitável (m³)	Volume de chuva excedente (m³)	Déficit (m³) Sazonal Acumulado	Déficit (m³) Simples diário	Volume acumulado	Demanda acumulada	Volume retido no reservatório (m³)	Volume que excedeu o reservatório (m³)	Volume de chuva excedende sem a demanda (m³)
01/01/1995	36.3	36,3	1644,5	0,9	0,8	2,21	42,98	40,77	0,00	0,00	42,98	2,21	517,99	40,77	59,70
02/01/1995	35.5	35,5	1644,5	0,9	0,8	2,21	42,03	39,82	0,00	0,00	85,01	4,42	517,99	39,82	58,38
03/01/1995	76.6	76,6	1644,5	0,9	0,8	2,21	90,70	88,49	0,00	0,00	175,71	6,63	517,99	88,49	125,97
04/01/1995	8.6	8,6	1644,5	0,9	0,8	2,21	10,18	7,97	0,00	0,00	185,89	8,84	517,99	7,97	14,14
05/01/1995	27.2	27,2	1644,5	0,9	0,8	2,21	32,21	30,00	0,00	0,00	218,10	11,05	517,99	30,00	44,73
06/01/1995	6.7	6,7	1644,5	0,9	0,8	2,21	7,93	5,72	0,00	0,00	226,03	13,26	517,99	5,72	11,02
07/01/1995	0	0	1644,5	0,9	0,8	2,21	0,00	-2,21	-2,21	-2,21	226,03	15,47	517,99	0,00	0,00

CONTINUA ATÉ O ANO DE 2022.

Tabela 3 – Seguimento com 10% da Demanda.

Mês/Ano	Chuva máxima (mm)	Chuva total (mm)	Área de captação telhado (m²)	Coef. Runoff telhado	Aproveitamento considerando perdas (%)	Demanda de água não potável (m³/mês)	Volume de chuva aproveitável (m³)	Volume de chuva excedente (m³)	Déficit (m³) Sazonal Acumulado	Déficit (m³) Simples diário	Volume acumulado	Demanda acumulada	Volume retido no reservatório (m³)	Volume que excedeu o reservatório (m³)	Volume de chuva excedende sem a demanda (m³)
01/01/1995	36.3	36,3	1644,5	0,9	0,8	0,44	42,98	42,54	0,00	0,00	42,98	0,44	66,27	42,54	59,70
02/01/1995	35.5	35,5	1644,5	0,9	0,8	0,44	42,03	41,59	0,00	0,00	85,01	0,89	66,27	41,59	58,38
03/01/1995	76.6	76,6	1644,5	0,9	0,8	0,44	90,70	90,25	0,00	0,00	175,71	1,33	66,27	90,25	125,97
04/01/1995	8.6	8,6	1644,5	0,9	0,8	0,44	10,18	9,74	0,00	0,00	185,89	1,77	66,27	9,74	14,14
05/01/1995	27.2	27,2	1644,5	0,9	0,8	0,44	32,21	31,76	0,00	0,00	218,10	2,22	66,27	31,76	44,73
06/01/1995	6.7	6,7	1644,5	0,9	0,8	0,44	7,93	7,49	0,00	0,00	226,03	2,66	66,27	7,49	11,02
07/01/1995	0	0	1644,5	0,9	0,8	0,44	0,00	-0,44	-0,44	-0,44	226,03	3,10	66,27	0,00	0,00

CONTINUA ATÉ O ANO DE 2022.

3 RESULTADOS

Em função dos níveis de demanda do sistema de aproveitamento de água pluvial, verificou-se diferentes volume de reservatórios necessários para suprir o maior déficit acumulado em cada caso (Tabela 4). Por meio do estudo da correlação entre a demanda de água de chuva do edifício multifamiliar e a análise de nível de água em diferentes volumes do reservatório de aproveitamento de água de chuva, avaliou-se, para o caso estudado, a real contribuição do sistema de aproveitamento no controle de escoamento de água de uma edificação, ou seja, qual o percentual de precipitação retido e extravasado em cada situação (Tabela 5).

Tabela 4 – Volumes de reservatórios em função do nível de atendimento da demanda

Nível de atendimento da demanda	Volume requerido do reservatório (m³)
100%	1.748,70
50%	517,99
10%	66,27

Tabela 5 – Volumes retidos e extravasados pelo sistema de aproveitamento de água pluvial

Nível de demanda	Percentual de volume de precipitação retido	Percentual de volume de precipitação extravasado
100%	89,41%	10,59%
50%	59,41%	40,59%
10%	34,30%	65,70%

Por meio da análise gráfica (Figuras 6, 7 e 8) pode-se inferir a contribuição do sistema de aproveitamento de água de chuva ao longo do período de janeiro de 1995 até dezembro de 2022.

Figura 6 – Análise Gráfica do Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva – 100% da Demanda.

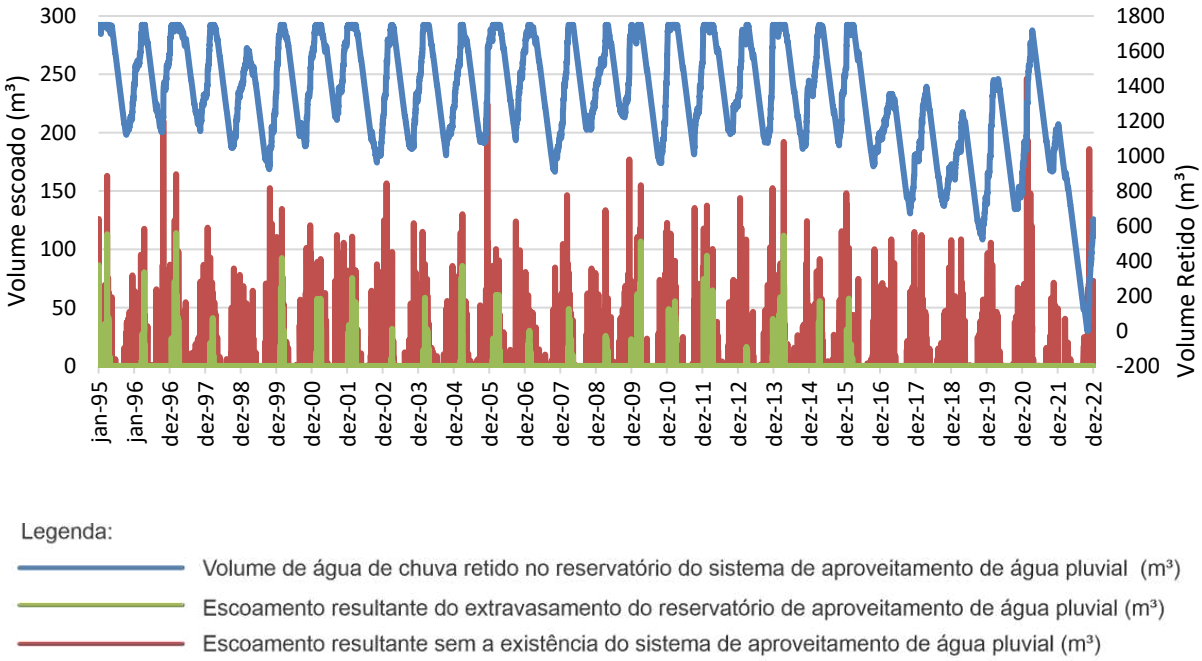


Figura 7 – Análise Gráfica do Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva – 50% da Demanda.

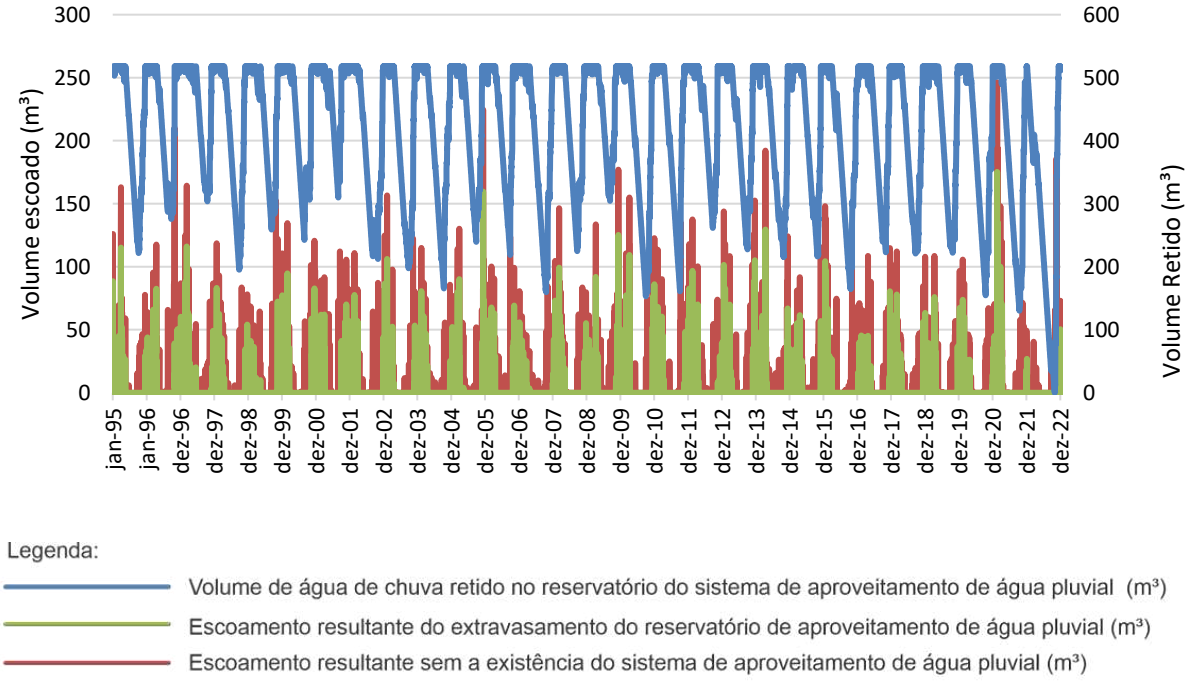
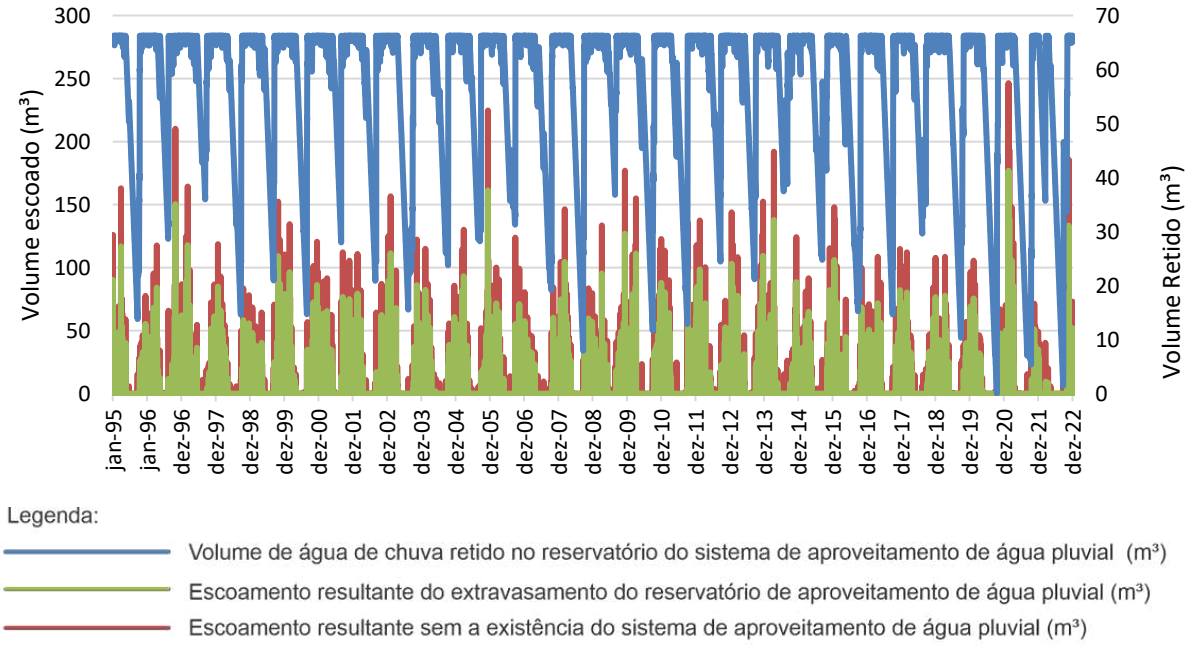


Figura 8 – Análise Gráfica do Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva – 10% da Demanda.



Observa-se um padrão no perfil de volume retido e escoado para as três situações de demanda, com exceção do período entre dezembro de 2015 e dezembro de 2022 para o reservatório com volume para atendimento de 100% da demanda. Isso se passou pelo ocorrência de um período de seca significativa na região a partir do ano de 2016. A redução significativa no número e na intensidade das precipitações verificada principalmente a partir de meados de março de 2016 e o consumo constante de água pluvial em 100% da demanda

fez com que o reservatório, a partir desse período, não alcançasse mais totalmente sua capacidade, zerando o volume extravasado de 16/03/2016 até o fim do período do avaliado. Isso ocorreu também pela grande capacidade do reservatório instalado, o que exige uma grande quantidade de chuvas para que seu volume máximo seja alcançado.

A partir da avaliação dos dados, verificou-se os valores de maior volume de extravasamento de água nas situações com e sem o aproveitamento de água de chuva (Tabelas 6, 7 e 8). Observou-se que caso não existisse o sistema de aproveitamento de água de chuva, o maior valor de chuva excedente sem a demanda seria de 246,35 m³. Considerando o sistema de aproveitamento de água, é verificado que quanto maior o volume do reservatório, menores são os picos de volume de água excedido do sistema. Avaliando a situação quando o volume do reservatório atende somente 10% da demanda total de água pluvial, o volume de água excedido é quase três vezes maior que o maior volume retido.

Tabela 6 – Análise dos Picos dos Gráficos – 100% da Demanda.

	Porcentagem de suprimento da Demanda de água de chuva	Volume do reservatório de aproveitamento (m³)	Volume escoado sem sistema de aproveitamento (m³)	Volume extravasado com sistema de reaproveitamento (m³)
1º Pico	100%	1748.7	246.35	113.86
2º Pico			224.64	112.91
3º Pico			210.17	111.74

Tabela 7 – Análise dos Picos dos Gráficos – 50% da Demanda.

	Nível de Demanda	Volume do reservatório de aproveitamento (m³)	Volume escoado sem sistema de aproveitamento (m³)	Volume extravasado com sistema de reaproveitamento (m³)
1º Pico	50%	517.99	246.35	175.16
2º Pico			224.64	159.53
3º Pico			210.17	134.74

Tabela 8 – Análise dos Picos dos Gráficos – 10% da Demanda.

	Nível de Demanda	Volume do reservatório (m³)	Volume escoada sem sistema de aproveitamento (m³)	Volume extravasado com sistema de reaproveitamento (m³)
1º Pico	10%	66.27	246.35	176.93
2º Pico			224.64	161.3
3º Pico			210.17	150.43

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise dos resultados extraídos, verificou-se que apenas do reservatório com 100% de demanda promoveu a maior redução no volume de escoamento de água de chuva, resultando em um amortecimento de cerca de 89,41% do total precipitado). Apesar disso, esse modelo requer a construção de um reservatório de grandes dimensões (1.748,70 m³), o que poderia tornar a aplicação deste modelo inviável financeiramente. Por outro lado, o modelo que menos retém água (reservatório dimensionado para o suprimento de 10% da demanda de água não potável), cerca de 66,27 m³, é o que menos amortece o volume

extravasado que resulta no escoamento superficial urbano, pois reduz apenas 34,3%, escoando ainda os outros 65,7%.

O modelo testado atendendo 50% da demanda de água pluvial apresenta-se como mais viável, pois são moderados em ambos sentidos. Com um reservatório de 517,99 m³ resultaria na diminuição de 65,70% do volume precipitado, extravasando 34,30%. Apesar de ainda apresentar um volume de reservatório requerido significativo, nesse modelo a redução de água no escoamento superficial é superior ao volume extravasado e aponta eficiência do modelo.

Além disso, observa-se que quanto maior o volume do reservatório, maior a capacidade de retenção e redução da curva de escoamento superficial. Apesar disso, reservatórios muito grandes são inviáveis financeiramente. Desta forma, seria mais viável a implantação de reservatórios menores em conjunto com sistemas de drenagem na fonte, tais como poços e trincheiras equilibrando os dimensionamentos entre sistema de drenagem na fonte e o sistema de aproveitamento, focando no melhor desempenho ambiental e econômico

REFERÊNCIAS

BRASIL. Constituição (2017). **Decreto nº 13501**, de 30 de outubro de 2017. Brasília, DF.

DORNELLES, F. **Aproveitamento de água de chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial**. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS. 219p. 2012.

HAMEL, P.; DALY, E.; FLETCHER, T. Source-control stormwater management for mitigating the impacts of urbanisation on baseflow: A review. **Journal of Hydrology** – Elsevier. Vol. 485, 201-2011p. 2013.

MENEZES, F. C. M e TUCCI, C. E. M. Alteração na relação entre densidade habitacional x área impermeável: Porto Alegre – RS. **Rega – Revista Gestão de Água da América Latina**. V. 9, N. 1, p.19-55, 2012.

REIS R.P.A., ILHA M.S.O., TEIXEIRA P.C. Sistemas prediais de infiltração de água de chuva: aplicações, limitações e perspectivas. **[REEC] Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Vol. 7, N. 3, Goiânia – GO, 2013.

RODRIGUES, José Carlos Moreira Resende; NEVES, Mário Valente. **Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais: Dimensionamento e Aspectos Construtivos**. 2010. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2010.

SOLTO, S. L.; REIS, R. P. A.; CAMPOS, M. A. S. Impact of Installing Rainwater Harvesting System on Urban Water Management. **Water Resources Management**. Vol. 37, p.583-600, https://doi.org/10.1007/s11269-022-03374-z.

STEPHENS K. A.; GULIK, T. V. D.; MACLEAN L.; VON EUW, E. **Re-inventing urban hydrology in british columbia: runoff volume management for watershed protection**. (2003) In: Proceedings, National Conference on Urban Storm Water: Enhancing Programs at the Local Level. Disponível em: <http://www.epa.gov/owow/NPS/natlstormwater03/38Stephens.pdf>. Acessado em 20 de junho de 2011.

TRAVER, R. G.; EBRAHIMIAN, A. Dynamic design of green stormwater infrastructure. **Front. Environ. Sci. Eng**. Vol. 11, n.4, DOI 10.1007/s11783-017-0973-z. 6p. 2017.

TUCCI C.E.M., **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Programa de Modernização do Setor Saneamento. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Ministério das Cidades. V. 4, 194p. Brasília – DF, 2005.

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS (SAAP) E A INFLUÊNCIA NO IPTU-VERDE EM UM EMPREENDIMENTO DO PROGRAMA DE HABITAÇÃO POPULAR DA CAIXA ECONÔMICA FEDERAL NA CIDADE DE LIMEIRA/SP

Analysis of the technical-economic feasibility of rainwater harvesting systems (RWHS) and the influence on IPTU-Verde in a development of the popular housing program of Caixa Econômica Federal in the city of Limeira/SP

Daniel Henrique da Silva Souza[1]; Barreto, Douglas[2]

Recebido em 31 de maio de 2023, aprovado em 10 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

Palavras-chave:

Sistema de aproveitamento de águas pluviais

IPTU VERDE

Habitação popular

Keywords:

Rainwater harvesting system

Green Tax

Popular Housing

RESUMO: O sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) é uma alternativa à crise hídrica, pois minimiza a demanda por água potável, entretanto o custo pode restringir a implantação em habitações de interesse social (HIS). Assim, é importante avaliar implantação do SAAP nesta tipologia habitacional, associada a instrumentos de incentivo às práticas sustentáveis, como o IPTU–Verde. O objetivo deste trabalho é avaliar, por meio de análise computacional, a implantação de um SAAP e conjuntamente os requisitos de desconto previsto em IPTU-Verde da cidade de Limeira/SP em empreendimento de prédios faixa 3 do Programa Minha Casa, Minha Vida. Para a implantação do SAAP foram analisados três cenários, identificando-se aquele que apresentou maior viabilidade às diretrizes de empreendimento, que preveem o uso de água de chuva para rega de jardins e lavagens de áreas comuns. O SAAP e demais itens de sustentabilidade previstos no empreendimento, resultaram num desconto de 50 % no IPTU-Verde, sendo 10% pelo SAAP. Os custos estimativos de implantação do sistema resultaram numa relação entre o benefício tributário de 85%, concluindo-se pela viabilidade de implantação do SAAP no empreendimento.

ABSTRACT: The rainwater harvesting systems (RWHS) is an alternative to the water crisis, as it minimizes the demand for potable water, however the cost can restrict the implementation in social housing (HIS). Thus, it is important to evaluate the implementation of the RWHS in this housing typology, associated with incentive instruments for sustainable practices, such as IPTU–Verde (green tax). The objective of this work is to evaluate, through computational analysis, the implementation of a RWH and jointly the discount requirements foreseen in IPTU-Verde in the city of Limeira/SP in a development of buildings Range 3 dwellings of the Minha Casa, Minha Vida Program (Brazilian Housing Program). For the implementation of the RWH, were analyzed three scenarios, identifying the one that presented the greatest viability to the enterprise guidelines, which foresee the use of rainwater for watering gardens and washing common areas. The SAAP and other sustainability items provided for in the development resulted in a 50% discount on the IPTU-Verde, 10% for the RWHS. The estimated costs of implementing the system resulted in a ratio between the tax benefit of 85%, concluding the viability of implementing the RWH in the enterprise.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **SOUZA, Daniel Henrique da Silva;** Engenharia Civil; Engenheiro; Egresso; UFSCar - Universidade Federal de São Carlos - DECIV, Rod. Washington Luiz, km 235. São Carlos - SP, danielhss@estudante.ufscar.br.

[2] **BARRETO, Douglas,** Eng. Civil; Doutor; Docente da Universidade Federal de São Carlos. dbarreto@ufscar.br.

1 INTRODUÇÃO

O aproveitamento da água da chuva de telhados para regar plantas e lavar pisos é uma prática comum que vem sendo utilizada há alguns anos como alternativa para a redução de gastos em muitas residências brasileiras (SANT'ANA; MEDEIROS e ALVARES, 2017).

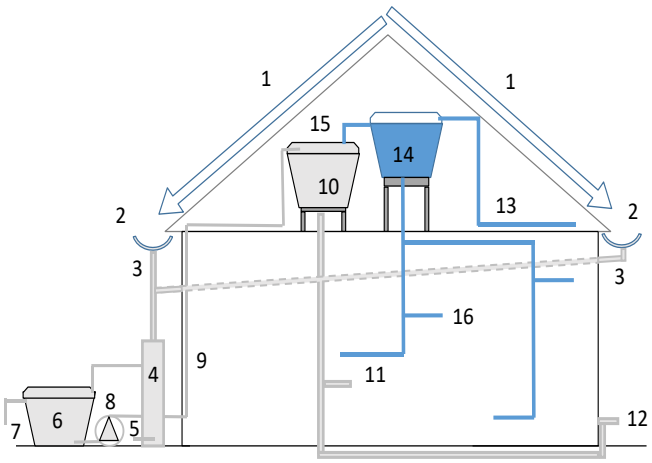
No âmbito municipal, Limeira tem um projeto de Lei para a criação de um IPTU-Verde, para as unidades habitacionais que adotarem medidas de sustentabilidade concedendo desconto no valor do IPTU, conforme as medidas implantadas (LIMEIRA,2020).

Este trabalho tem como objetivo analisar a implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) em um empreendimento compreendido no Programa de Habitação Popular da Caixa Econômica Federal e verificar o atendimento das diretrizes da legislação e a pontuação para a obtenção de desconto no IPTU Verde, da Cidade de Limeira – SP.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os sistemas de coleta de água de chuva em habitações são compostos por basicamente três etapas: coleta; armazenamento; e aproveitamento da água da chuva (OLIVEIRA, 2007). Para Marinoski (2007), após a captação da água precipitada, esta é encaminhada por meio de calhas e tubulações, passando por equipamentos de filtração e um dispositivo de descarte de águas de primeiras chuvas com impurezas. Em seguida, a água é armazenada em um reservatório no solo e bombeada para outro reservatório superior, de onde saem as tubulações de distribuição devidamente identificadas para os locais de consumo de água não potável, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Representação do sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP)



1. Área de coleta: o volume de águas pluviais armazenado está diretamente relacionado à área de coleta, para efeito de cálculos é considerada como a projeção do telhado da edificação;
2. Calhas: que encaminham a água da área de coleta ao condutor vertical, pode conter uma grelha de filtro para folhas;
3. Condutor vertical: encaminha a água da chuva para o sistema de filtragem e descarte da água do início da chuva;
4. Sistema filtragem e descarte de água do início da chuva: por conta de acesso de animais nos telhados e contato direto com poeira, galhos e folhas, se faz necessário o descarte dessa água que realiza a limpeza da área de coleta;
5. Ponto de saída da água do início da chuva;
6. Armazenamento e tratamento: sistema composto por reservatório com objetivo de armazenar e tratar a água captada;
7. Extravasão do excedente de água captada;
8. Bomba de recalque;
9. Tubulação d recalque da água de chuva;
10. Reservatório, superior, de água de chuva;
11. Rede de distribuição da água de chuva para uso interno na edificação;
12. Rede de distribuição da água de chuva para uso externo à edificação;
13. Alimentação de água potável;
14. Reservatório de água potável;
15. Alimentador do reservatório de água de chuva para períodos de captação insuficiente;
16. Rede de distribuição de água potável para uso interno à edificação.

Fonte: Autores (2023)

O cálculo de dimensionamento de reservatórios é fundamental para instalação de um sistema de captação de águas pluviais e a NBR 15.527 (ABNT, 2007), indicava para dimensionamento os seguintes métodos:

- Rippl;
- Simulação;
- Azevedo Neto;
- Prático Alemão;
- Prático Australiano;
- Prático Inglês.

Entretanto, após a revisão de 2019, a NBR 15 527 (ABNT, 2019), não prescreve métodos específicos de dimensionamento, apenas, no item "4 - Considerações Gerais", apresenta a estimativa da disponibilidade teórica de água de chuva, por meio da Equação 1, a seguir.

$$V_{disp} = P \times A \times C \times \eta \qquad \text{(Eq.1)}$$

Sendo:
V_{disp}: volume disponível anual, mensal ou diário de água de chuva, expresso em litros (L);
P: precipitação média anual, mensal ou diária, expressa em milímetros (mm);
A: área de coleta, expressa em metros quadrados (m^2);
C: coeficiente de escoamento superficial da cobertura (*runoff*);
H: eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado. Estes dados podem ser fornecidos pelo fabricante ou estimados pelo projetista. Na falta de dados, recomenda-se o fator de captação de 0,85.

Esta nova redação da norma permite ao projetista a escolha do método de dimensionamento do reservatório, inclusive adotando-se métodos de permitam a simulação computacional que permitam explorar cenários de aproveitamento de água, variando parâmetros que são considerados para o dimensionamento.

O Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, por meio do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, desenvolveu um software, o NETUNO-4, para o dimensionamento de sistema de armazenamento de águas pluviais, que faz análises econômicas de acordo com os dados da simulação possibilitando gerar estimativas precisas dos custos e economias envolvidas no sistema simulado (GHISI e CORDOVA, 2014).

Este *software* possibilita a avaliação por meio de gráficos comparativos entre os cenários desejados em relação à potencialidade de economia para diferentes volumes de reservatórios; e executa os cálculos do algoritmo em base diária considerando a demanda e a disponibilidade de águas pluviais (RUPP; MUNARIM e GHISI, 2011).

O IPTU – Verde visa de fomentar medidas de preservação do meio ambiente, mediante o benefício tributário ao contribuinte, e o Projeto de Lei nº 162/2020 da Câmara Municipal de Limeira, prevê desconto a partir de uma série de itens que promovam a sustentabilidade e que estejam presentes nas edificações a serem construídas, ou já existentes, em três âmbitos ambientais: gestão sustentável de águas (41 pontos), energia e alternativas energéticas (19 pontos); e construção sustentável (54 pontos), distribuídos por 27 requisitos no total, sendo o benefício do desconto calculado pela soma da pontuação, limitado à 50% (LIMEIRA, 2020).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O tipo de pesquisa realizado baseia-se na simulação computacional de um sistema de aproveitamento de água de chuva (SAAP) num empreendimento de habitação social, faixa 3, na cidade de Limeira-SP, considerando as diretrizes de projeto e os requisitos do IPTU-Verde.

A simulação computacional pelo NETUNO-4 visou identificar a melhor relação entre aproveitamento de água de chuva e tamanho do reservatório, de modo que fosse viável a execução e custos envolvidos, em seguida foram considerados os requisitos para pontuação no IPTU-Verde de modo a se verificar o quanto se pode obter de desconto.

O NETUNO-4 permite modelar o SAAP, apresentando como resultados como a relação entre o potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial e a capacidade do reservatório, o volume extravasado de água pluvial, entre outros. O método de cálculo considera modelos comportamentais, onde os dados de entrada são variáveis conhecidas, como precipitação, consumo per capita, entre outras. No Netuno também é possível realizar simulações que permitem a análise econômica de uma determinada simulação, bem como permite a simulação de cenários onde se pode fazer combinações entre as variáveis, reduzindo-se o tempo de simulação e análise (GHISI; CORDOVA, 2014).

O estudo de caso foi feito para um empreendimento habitacional e contém as características apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Características do empreendimento

Características do empreendimento	Quantidade ou valor específico ou relativo	Unidade
Área total	6.775,94;	m²
Área total computável	12.249,81	
Área total de captação	709,31	
Área de jardim	851,60	
Área total permeável	1.632,62	
Coeficiente de aproveitamento	1,81	-o-
Coeficiente de permeabilidade	24,09	%
Número de apartamentos (*)	180	unidades
Taxa de ocupação:	0,42.	-o-

(*) apartamentos de área de 69,7 a 84,95 m² distribuídas em 8 tipologias de área construída

Fonte: Autores (2023)

Os parâmetros considerados para dimensionamento do SAAP; os dados de entrada no NETUNO e cenários de análise do aproveitamento de água de chuva, estão apresentados nos Quadros 2 e 3.

Quadro 2 – Consumo *per capita* equivalente de água não-potável

Parâmetro	Q^{tdade}	Unidade
Rega de jardim	2,0	L/dia/m²
Jardim	851,60	m²
Frequência rega	12	vezes/mês
Volume rega	20.438,40	L/mês
Lavagem área comum	50,0	L/dia
Frequência lavagem	20	vezes/mês
Volume lavagem	1.000,0	L/mês
Volume total	21.438,40	L/mês
População total	540	pessoas
Volume total per capita	1,32	L per capita/dia

Fonte: Autores (2023)

Quadro 3 – Cenários analisados no Netuno

Cenários	Utilização das águas pluviais	Reservatório superior (m³)
1	Uso interno às unidades (sanitários, máquina de lavar roupa e tanque)	5,0
2	Uso externo às unidades (rega de jardins e lavagem de áreas comuns)	Sem
3	Uso externo às unidades (rega de jardins e lavagem de áreas comuns)	5,0

Fonte: Autores (2023)

De posse destes dados foi possível realizar a simulação do SAAP e da verificação da pontuação obtida e os resultados estão apresentados no item a seguir.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos cenários estudados estão apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 – Resultado do dimensionamento dos reservatórios para o SAAP

Cenários	Reservatório inferior (m³)	Reservatório superior (m³)	Atendimento da demanda total (%)	Potencial de utilização de água de chuva (%)
1	18,5	5,0	0,00	1,80
2	69,5	-o-	99,63	99,70
3	10,0	5,0	79,05	79,95

Fonte: Autores (2023)

Para efeito do dimensionamento do SAAP, conforme os componentes apresentados na Figura 1, foi considerado o Cenário 3, pois resultou no menor reservatório inferior, bem como atendeu às diretrizes de projeto do empreendimento estabelecidos pela construtora. Para efeito do levantamento do custo total do SAAP, foi utilizada a tabela SINAPI (FEDERAL, 2023), e está apresentado no Quadro 5.

Quadro 5 – Resumo do levantamento de custo total de implantação do SAAP

Item	Descrição	Valor total (R$)
1	Reservatório	7.698,00
2	Equipamentos	7.210,16
3	Acessórios e conexões	6.159,34
4	Tubulações	14.369,41
5	Válvulas	543,17
6	Estruturas de apoio	35.273,58
7	Escavação	760,50
Total		72.014,16

Fonte: Autores (2023)

O custo total de implantação do SAAP no empreendimento foi rateado pela área total das unidades habitacionais, resultando em R$ 5,54/m^2. O resultado do custo para cada unidade está apresentado no Quadro 6.

Quadro 6 – Valores do custo de implantação por m² construído das unidades

Categoria	Área construída total (m²)	Valor do custo de implantação (R$)
1	84,95	470,32
2	72,45	401,11
3	69,7	385,89
4	82,2	455,09
5	70,1	388,10
6	82,6	457,31
7	70,02	387,66
8	82,52	456,86

Fonte: Autores (2023)

Com base nas características do empreendimento e de acordo com os requisitos exigidos no Projeto de Lei nº 162/2020 (LIMEIRA-SP (2020). Os Quadro 7 e 8 apresentam respectivamente a pontuação obtida e o valor do desconto no IPTU.

Quadro 7 – Requisitos atendidos pelo empreendimento

Requisito	Pontuação
Captação água da chuva de, no mínimo, 50% da área de cobertura e/ou área com atividade externa e armazenagem em reservatório para utilização no próprio imóvel.	10
Permeabilidade do solo de 50,1 a 100,0% acima da exigida no Artigo 55, da Lei Municipal nº 3.877/2004 e suas alterações.	6
Sistemas temporizadores em todas as cozinhas e sanitários do imóvel.	1
Uso de descargas com duplo acionamento em todos os banheiros do imóvel.	1
Uso de eletrodomésticos eficientes na casa (classificação A no selo PROCEL), valendo 0,5 ponto por equipamento, com limite máximo de 2 pontos.	2

Continua....

Quadro 8 – Requisitos atendidos pelo empreendimento (Continuação)

Requisito	Pontuação
Instalação de lâmpadas de LED de baixo consumo em todo imóvel.	1
Emprego de elementos e sistemas de controle de insolação: brise-soleil, cobogós e vegetação com esta finalidade.	2
Reuso de entulho na obra	1
Manutenção da declividade natural sem movimentações relevantes de corte/aterro.	5
Árvores nativas de até 5 metros (por unidade).	2
Árvores nativas de 5 metros até 10 metros (por unidade).	3
Árvores nativas acima de 10 metros (por unidade).	5
Para cada árvore nativa extra presente no passeio público (limite de 4 árvores).	8
A presença de uma árvore nativa em frente ao imóvel e sua manutenção.	2
Espaço Árvore – Conforme Lei 5999, 2018 de arborização urbana	2
Total	**51**

Fonte: Autores (2023)

Quadro 9 – Valores anuais devidos de IPTU referentes à cada categoria de unidade do empreendimento com o benefício da redução do IPTU Verde

Categoria	Área construída total (m²)	Valor do IPTU anual – sem desconto (R$)	Benefício tributário (R$)		Valor do IPTU anual (R$) – com desconto de 50%
			Implantação do SAAP – 10%	Demais itens de sustentabilidade – 40%	
1	84,95	799,05	79,91	319,62	399,53
2	72,45	681,48	68,15	272,59	340,74
3	69,7	655,61	65,56	262,24	327,80
4	82,2	773,19	77,32	309,27	386,59
5	70,1	659,37	65,94	263,75	329,69
6	82,6	776,95	77,69	310,78	388,47
7	70,02	658,62	65,86	263,45	329,31
8	82,52	776,20	77,62	310,48	388,10

Fonte: Autores (2023)

O benefício tributário obtido por meio dos itens sustentáveis atendidos pelo empreendimento, com destaque para o SAAP, alcançou o desconto no IPTU de 50%, que é o máximo possível previsto na legislação, sendo que 10% pela implantação do SAAP e 40% pelos demais itens.

Em termos de valores, a redução de 50% no IPTU, variou de R$ 327,80 a R$ 399,53, de acordo cada categoria de unidade do empreendimento. O custo de implantação, também avaliado de acordo com as categorias, resultou entre R$ 385,89 e R$ 470,32. Assim, o valor de desconto ficou 84,95% do valor do custo de implantação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos pelo *software* Netuno, o cenário 3, apresentou as melhores condições para se seja vencido o desafio da relação entre área de captação x custo de implantação, pois substituindo o uso interno às unidades pelo uso em áreas comuns (rega de jardins e lavagem de áreas externas), resultou no aumento no potencial de utilização de águas pluviais, em aproximadamente 80%.

Os resultados apontam a viabilidade da instalação do sistema proposto, visto que para a construtora, o impacto em cada unidade (valor venal) é de 0,56%, que pode ser plenamente incorporado no valor final do imóvel.

Também, a redução de 50% no IPTU, que representa aproximadamente 85% do valor investido no SAAP, visto que as demais medidas já estão incorporadas no valor da unidade.

Além disso, ressalta-se que que haverá um grande benefício aos proprietários das unidades habitacionais, visto que o desconto aplicado, é mantido no decorrer dos anos, decorrendo a uma economia significativa frente ao investimento feito no SAAP e demais medidas de sustentabilidade.

Assim, pode-se concluir que a instalação do SAAP é viável, mesmo sendo em um empreendimento vertical, e pelo fato de ter sido considerado o cenário onde foi aplicado o uso de águas pluviais apenas para rega de jardins e lavagem de áreas comuns.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Construtora ADN que colaborou com o desenvolvimento da pesquisa fornecendo as informações completas sobre o empreendimento estudado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.527:** Água de chuva - aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.527:** Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis — Requisitos. Rio de Janeiro, 2019.

FEDERAL, Caixa Econômica. SINAPI – Índice da Construção Civil. Brasil, Governo Federal. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_664. Acesso em: 12 de abr. 2023.

GHISI, E; Cordova, M.M. **Netuno-4 – Manual do Usuário**. Florianópolis. 64 p. 2014. Disponível em < https://labeee.ufsc.br/pt-br/downloads/softwares/netuno >. Programa computacional, 2004. Acesso em maio/2023

LIMEIRA (SP). Projeto de Lei nº 162, de 17 de agosto de 2020. Fica instituído, no âmbito do Município de Limeira, o IPTU Verde. Limeira: Câmara Municipal de Limeira, 2020. Disponível em: http://consulta.limeira.sp.leg.br/arquivo?Id=261353. Acesso em: 05 de nov. 2022.

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: Estudo de caso em Florianópolis-SC.** Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

OLIVEIRA, L, H et al. Levantamento do estado da arte: Água. Projeto Tecnologia para construção habitacional mais sustentável. Finep 238/06. São Paulo, 2007.

RUPP, R.F.; MUNARIM, Ulisses; GHISI, E. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. Ambiente Construído, v. 11, p. 47-64, 2011.

SANT'ANA, Daniel Richard; MEDEIROS, Lídia Batista Pereira; ALVARES, Karla Cristina Ferreira. Reúso-DF: princípios de políticas tarifárias baseados em uma análise de viabilidade ambiental e econômica para o aproveitamento de águas pluviais e o reúso de águas cinzas em edificações residenciais do Distrito Federal: relatório técnico 3/2017. Brasília: Universidade de Brasília, 2017. 74p.

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

ANÁLISE DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS A PARTIR DA MEDIÇÃO DOS USOS FINAIS DA ÁGUA EM UMA RESIDÊNCIA

Analysis of rainwater use based on the measurement of the end uses of water in a house

Tânia Mara Sebben Oneda[1]; Enedir Ghisi[2]

Recebido em 02 de junho de 2023, aprovado em 17 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

Palavras-chave:

Usos finais da água

Aproveitamento de água pluvial

Economia de água potável

Keywords:

End uses of water

Use of rainwater

Saving drinking water

RESUMO: Este artigo tem por objetivo a análise do aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em uma residência. Foram feitas as medições de vazão em cada ponto de consumo e a estimativa de usos finais através da medição feita pelos moradores. O aparelho de maior utilização foi o chuveiro, seguido da máquina de lavar roupas. Após esta etapa, foram feitas simulações no programa Netuno, versão 4, considerando substituição por água pluvial em dois cenários: (i) bacias sanitárias e torneira de jardim (13,31%) e (ii) bacias sanitárias, torneira de jardim, máquina de lavar roupas e torneira do tanque (36,43%). Também considerou-se a existência ou não de reservatório superior. Os resultados mostraram que não houve diferenças significativas com a utilização do reservatório superior, com exceção do volume extravasado de água. Como ponto positivo salienta-se que o percentual de atendimento do sistema para todas as simulações ficou acima de 90%.

ABSTRACT: This paper presents an analysis of the use of rainwater for non-potable uses in a house. Water flow measurements were made at each consumption point, and the end uses through the measurement made by the residents were estimated. The most used device was the shower, followed by the washing machine. After this stage, simulations were carried out using the Netuno programme, version 4, considering the use of rainwater in two scenarios: (i) toilets and garden faucet (13.31%) and (ii) toilets, garden faucet, washing machine and laundry-sink faucet (36.43%). The use or not of an upper rainwater tank was also simulated. The results showed that there were no significant differences with the use of the upper tank, except for the spilled-off water. As a positive point, it is noteworthy that the efficiency of the system for all simulations was above 90%.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **ONEDA, Tânia Mara Sebben**: Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC , Joinville- SC, taniamarasebben@hotmail.com.

[2] **GHISI, Enedir**: Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, enedir.ghisi@ufsc.br.

1 INTRODUÇÃO

A água está envolvida em praticamente todas as ações humanas, de usos domésticos como lavar roupa, descargas, banho, lavagem de automóveis, a produção de diversos bens industriais como alimentos e têxteis (FERNANDES; MEDEIROS NETO e MATTOS, 2007). Nem todos os usos da água necessitam atender aos padrões de potabilidade para as atividades a qual se destinam, por isso o aproveitamento da água pluvial proporciona economia de água potável, além da preservação do recurso natural.

Para satisfazer demandas menos restritivas e liberar a água de melhor qualidade para usos mais nobres é necessário conhecer a demanda e os usos finais (OLIVEIRA e ALVES, 2020). Motta, Alves e Souza (2008) afirmam que a eficiência e a economia de água de uma edificação se dá pela atuação na demanda.

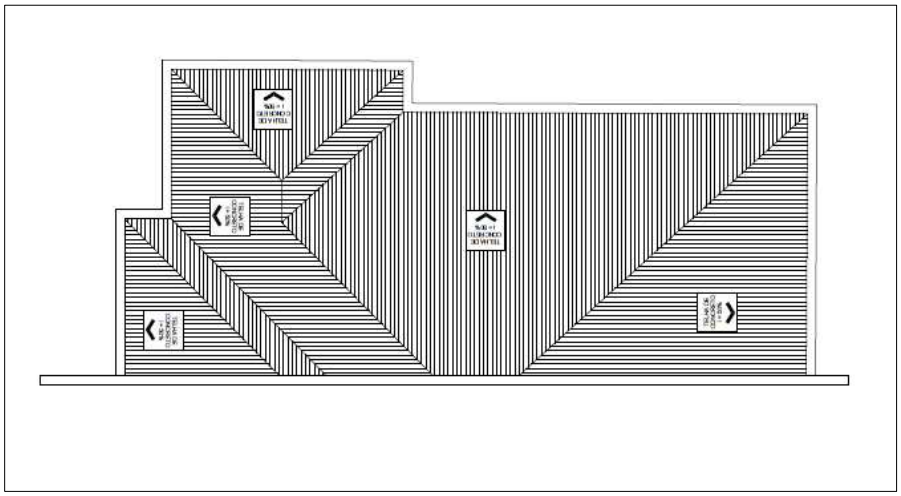
Diante do exporto, este artigo tem por objetivo a análise da economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial em uma residência.

2 MÉTODO

2.1 Local de estudo

O local de estudo foi uma residência unifamiliar em Joinville – SC. A cidade está localizada na Latitude 26°18'88'' Sul e Longitude 48°50'57'' Oeste do estado de Santa Catarina. A Figura 1 mostra um esquema da cobertura da edificação.

Figura 1 – Cobertura da residência



Fonte: Própria Autora (2022)

2.2 Medição de vazões

Para cada ponto de consumo de água, foram medidas as vazões por meio da coleta, em um recipiente, do volume escoado na unidade de tempo. O tempo foi medido com cronômetro e o volume escoado teve sua massa determinada através de uma balança de precisão, sendo descontados os pesos dos recipientes vazios. Esse procedimento foi repetido três vezes e calculada a vazão média. Nas medições foi utilizada uma abertura mediana em cada equipamento para refletir a utilização dos usuários.

2.3 Estimativa dos usos finais

Após a medição das vazões foi feita a primeira leitura do hidrômetro (geral situado antes do reservatório) e, após essa leitura, todos os tempos de utilização das torneiras, chuveiros e outros usos foram marcados pelos moradores. O volume da água das bacias sanitárias foi determinado em função do duplo acionamento da válvula (3,4 e 6,5 litros). Também foi monitorada uma máquina de lavar roupas (eixo vertical) de 10 Kg, cujo consumo de água foi fornecido pelo fabricante (143 litros no nível alto, 110 litros no nível médio, 83 litros no nível baixo e 61 litros no nível extra baixo).

A leitura do hidrômetro e o controle do consumo de água foram feitos durante 15 dias e organizados em forma de planilha. Os tempos foram multiplicados pelas vazões, obtendo-se o volume consumido de água por equipamento. Esses volumes foram comparados diariamente às leituras do hidrômetro e à fatura do mês para verificação de divergências.

2.4 Demandas substituídas por água pluvial

Após a constatação dos usos finais da residência, foram verificadas quais demandas poderiam ser substituídas por água pluvial. A água utilizada nas bacias sanitárias, torneiras de jardim, máquina de lavar roupas e torneira do tanque são exemplos de usos que podem ser substituídos por água pluvial. Esses usos foram contabilizados e representados na forma de percentual.

2.5 Levantamento de dados pluviométricos

Os dados pluviométricos da cidade de Joinville foram obtidos do Comitê Cubatão Cachoeira Joinville (CCJ) que forneceu os dados de precipitação diária do município no período de Janeiro de 2005 a Maio de 2022. Esses dados foram inseridos no programa Netuno, versão 4, obtido gratuitamente no site do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina).

2.6 Dados para insersão no programa Netuno

Além da precipitação diária, o programa necessita como dados de entrada, a demanda *per capita* e a área de captação dos telhados. Também foi solicitado o descarte de 2 mm de precipitação inicial conforme recomendações da norma NBR 15527 (ABNT, 2019). A área de captação do telhado foi obtida através do projeto arquitetônico da residência. Para o coeficiente de escoamento superficial, foi utilizado o valor de 0,90 (telha de concreto) conforme Ribeiro e Marinoski (2020).

Neste estudo não foram consideradas perdas de água no gradeamento do filtro e em possíveis processos de tratamento para o uso da água pluvial na máquina de lavar roupas e torneira do tanque. Também não foram contabilizadas perdas indiretas devido a formação de biofilme nas louças sanitárias.

2.7 Simulações no programa

A partir dos dados de entrada, foram feitas quatro simulações no programa Netuno considerando diferentes percentuais de substituição de água potável por água pluvial e a existência ou não de reservatório superior. Primeiro substituindo a água das bacias sanitárias e torneira de jardim e segundo substituindo a água das bacias sanitárias, torneiras de jardim, máquina de lavar roupas e torneira do tanque pela água pluvial.

Quando solicitada a existência do reservatório superior, foi indicado que o programa

considerasse esse reservatório com volume igual à demanda diária média de água pluvial. Também foi solicitado que o programa apontasse qual o volume ideal do reservatório inferior para todas as simulações.

3 RESULTADOS

3.1 Medição de vazões

Após a sequência de medições de vazões nos pontos de utilização, obteve-se as vazões médias conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Vazões médias medidas nos pontos de utilização

Ponto de utilização	Vazão (l/s)
Torneira da cozinha	0,155
Filtro da cozinha	0,013
Torneira do lavabo	0,053
Torneira do tanque	0,146
Torneira do jardim	0,081
Chuveiro suíte	0,329
Torneira suíte	0,133
Chuveiro banheiro social	0,218
Torneira banheiro social	0,116

Fonte: Próprios Autores (2023)

3.2 Usos finais da água

Os dados foram organizados conforme a Tabela 2 que mostra os resultados agrupados em chuveiros, torneira da cozinha, máquina de lavar roupas, bacias sanitárias, torneiras de uso geral (que compreende as torneiras dos banheiros, torneira do jardim e do tanque) e filtro da cozinha.

Tabela 2 – Usos finais agrupados após 15 dias de medição

Ponto de utilização	Usos finais	
	(litros)	(%)
Chuveiros	4.554,66	42,21
Máquina de lavar roupas	2.391,00	22,16
Torneira da cozinha	2.006,76	18,60
Bacia sanitária	1.419,00	13,15
Torneira de uso geral	380,90	3,53
Filtro da cozinha	37,87	0,35
Total	10.790,19	100

Fonte: Próprios Autores (2023)

A ocorrência do chuveiro como uso preponderante na residência corrobora com os resultados encontrados por Ghisi e Oliveira (2007), Barreto (2008), Marinoski *et al*. (2014) e Hammes, Ghisi e Thives (2020).

A partir dos dados de medição diária, pode-se comparar o que foi efetivamente marcado pelos moradores e o que foi medido pelo hidrômetro. Pode-se constatar uma diferença de 790,20 litros durante os quinze dias medidos. Essa diferença pode ser justificada por algum vazamento oculto ou erros de marcação e ela representa 7,9% do volume total medido.

Também foi comparado o valor medido pelos moradores (multiplicado por 2, para obter o volume de 30 dias) com a fatura de água do mês. Da fatura também se obteve o consumo médio dos últimos seis meses.

A diferença entre a medição feita e a média dos últimos seis meses foi de 10%. O valor consumido no mês das medições foi de 19 m³, três metros cúbicos a menos que a média. O fato do registro dos tempos de uso pode ter inibido os moradores em relação ao consumo mensal.

Considerando que a residência é habitada por 3 pessoas, a média de consumo registrada pelos moradores nos 15 dias foi de 719,35 litros/dia, que equivale a 239,8 litros/hab.dia. Os moradores consomem água acima da média do estado de Santa Catarina de 159,6 l/hab.dia (SNIS, 2021). Porém, o consumo per capita encontrado está dentro da faixa estudada por Custódio e Ghisi (2019) onde a variação do consumo de água em edifícios residenciais em Joinville variou de 129,89 l/hab.dia a 335,67 l/hab.dia e dentro da faixa dos estudos de Yashima *et al.* (2006), onde esse indicador variou de 46 a 309 l/hab.dia.

3.3 Aproveitamento de água pluvial

Os dados de entrada no programa Netuno que permaneceram constantes foram reunidos na Tabela 3.

Tabela 3 – Dados de entrada

Parâmetro	Unidade	Valor
Descarte do escoamento inicial	mm	2,00
Área da cobertura	m²	84,12
Demanda total de água	L/*per capita*	239,80
Número de moradores	pessoas	3,00
Coeficiente de escoamento superficial	%	90,00

Fonte: Próprios Autores (2023)

Para cálculo do percentual de demanda total que pode ser substituído por água pluvial, considerou-se primeiramente a substituição da água potável nas bacias sanitárias e na torneira de jardim, totalizando 13,31%. Como segunda opção, foi considerado o percentual de 36,43%, onde foram substituídas pelo uso da água pluvial nas bacias sanitárias, torneira de jardim, torneira do tanque e máquina de lavar roupa. Também foi solicitado ao programa a simulação com a existência ou não de reservatório superior, considerando este, quando existente, igual a demanda diária média de água pluvial. A Tabela 4 reúne as informações das quatro simulações.

Tabela 4 – Resumo dos resultados

Parâmetro	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Simulação 4
Percentual de demanda total a ser substituído por água pluvial	13,31%	36,43%	13,31%	36,43%
Volume do reservatório superior (litros)	95,75	262,08	-	-
Volume do reservatório inferior ideal (litros)	3000	8000	3000	8000
Potencial de economia de água potável	13,23%	34,08%	13,23%	34,08%
Consumo de água pluvial (litros/dia)	95,21	245,20	95,21	245,20
Percentual de atendimento de água pluvial	99,40%	92,96%	99,40%	92,96%
Volume extravasado (litros/dia)	391,50	240,70	441,60	333,70

Fonte: Próprios Autores (2023)

Percebe-se pouca diferença em função de ter ou não um reservatório superior, pois o volume do reservatório inferior apontado como ideal foi o mesmo para ambos os casos. Os percentuais de economia de água potável, o consumo de água e o atendimento também foram os mesmos. Verifica-se apenas diferenças em relação ao volume extravasado de água, pois quando não há reservatório superior, o volume extravasado de água é maior.

A economia de água potável aumenta à medida que mais usos são substituídos pela água pluvial em qualquer simulação feita. O percentual de atendimento do sistema de água pluvial ficou acima de 90%, o que é bastante positivo.

4 CONCLUSÃO

A pesquisa teve por objetivo analisar o aproveitamento das águas pluviais considerando usos não potáveis em uma residência unifamiliar. A partir da medição das vazões e dos tempos de uso de cada aparelho sanitário, obteve-se os usos finais da água na residência. O chuveiro foi o aparelho que apresentou maior uso, com 42,21% da demanda total, seguido da máquina de lavar roupas com 22,16%.

Esses usos foram analisados e verificaram-se duas possibilidades de substituição por água pluvial, 13,31% e 36,43%. Para cada porcentagem de substituição, foram feitas duas simulações: com e sem o uso de reservatório superior. Após os resultados, pode-se observar que não houve diferenças significativas com a utilização do reservatório superior, todos os parâmetros ficaram inalterados, menos o volume extravasado de água. Como ponto positivo salienta-se que o percentual de atendimento do sistema para todas as simulações ficou acima de 90%. Vale salientar que para o uso no tanque e na máquina de lavar roupas, a água pluvial necessita de tratamento pois pode fornecer riscos aos usuários e comprometer o funcionamento dos equipamentos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15.527:** Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 14 p.

BARRETO, Douglas. Perfil do consumo residencial e usos finais da água. **Ambiente Construído**. v. 8, n. 2, p. 23-40, 2008.

CUSTÓDIO, Diego Antônio; GHISI, Enedir. Assessing the potential for potable water savings in the residential sector of a city: a case study of Joinville city. **Water**, v. 11, n. 10, p. 2074, 2019.

FERNANDES, Diogo Robson Monte; MEDEIROS NETO, Vicente Batista de; MATTOS, Karen Maria da Costa. Viabilidade econômica do uso da água da chuva: um estudo de caso da implantação de cisterna na UFRN/RN. *In*: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais** [...] Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2007.

GHISI, Enedir; OLIVEIRA, Sulayre Mengotti de. Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil. **Building and Environment**, v. 42, n. 4, p. 1731-1742, 2007.

HAMMES, Gabriela; GHISI, Enedir; THIVES, Lisiane Padilha. Water end-uses and rainwater harvesting: a case study in Brazil. **Urban Water Journal**, v. 17, n. 2, p. 177-183, 2020.

MARINOSKI, Ana Kelly; VIEIRA, Abel Silva; SILVA, Arthur Santos; GHISI, Enedir. Water end-uses in low-income houses in Southern Brazil. **Water**, v. 6, n. 7, p. 1985-1999, 2014.

MOTTA, Silvio Romero Fonseca; ALVES, Antônio Henrique Villela; SOUZA, Roberta Vieira. **Proposta para classificação da eficiência do uso da água nas Edificações Residenciais**, 2008. Disponível em: https://www.usp.br/nutau/CD/162.pdf. Acesso em: 15 ago. 2022.

OLIVEIRA, Leandro Menezes de; ALVES, Lais Amaral. Estudo sobre modalidades de reaproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas para uso residencial. **Boletim do Gerenciamento**, v. 13, n. 13, p. 10-20, 2020.

PENNA, Maria Cristina Moreira; COSTA, Rildo Aparecido. A questão hídrica e a dinâmica de consumo de água para abastecimento doméstico na cidade de Ituiutaba-MG. **Caminhos de Geografia**, v.21, n.77, p. 234-252, 2020.

RIBEIRO, Ana Kelly Marinoski; MARINOSKI, Deivis Luis. Estudo sobre materiais para coberturas utilizadas em sistemas de aproveitamento de água pluvial residenciais. **Mix sustentavel**, v. 6, n. 2, p. 53-66, 2020.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre saneamento. **Diagnóstico temático de Serviços de Água e Esgoto**. Gestão técnica da Água, 2021. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_GESTAO_TECNICA_DE_AGUA_AE_SNIS_2022.pdf. Acesso em: 15 ago. 2022.

YWASHIMA, Laís A.; CAMPOS, Marcus A. Siqueira; PIAIA, Emerson; DE LUCA, Denise M. P.; ILHA, Marina S. de O. Caracterização do uso de água em residências de interesse social em Paulínia. **Encontro nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, v. 11, p. 55014-900, 2006.

PAINEL 6

Concepção e Dimensionamento de Sistemas Prediais Hidráulicos-Sanitários

BOOK OF PAPERS
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS [SISPRED 2023]

Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina (CCT-UDESC)
● 2023

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

ANÁLISE DE DESCONECTORES EM RALOS LINEARES: UM COMPARATIVO ENTRE PRÁTICAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS

Linear drain trap analysis: a comparative between national and international practices

João Marcos Bosi Mendonça de Moura[1]; Igor Piske[2]

Recebido em 31 de maio de 2023, aprovado em 13 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

RESUMO: A pesquisa objetiva avaliar desconectores de ralos lineares produzidos no Brasil a partir de práticas nacionais e internacionais. No âmbito dos ralos lineares, a qualidade dos desconectores é ainda mais relevante porque o componente costuma receber descarga de aparelhos sanitários com elevadas vazões. O trabalho está dividido em quatro etapas: 1) levantamento de normas técnicas internacionais; 2) identificação de desconectores sugeridos por fornecedores brasileiros; 3) teste experimental de desconectores disponíveis no Brasil; 4) apresentação de boas práticas nacionais. Os resultados indicam que as normativas estrangeiras dão preferência a ralos lineares com sifão tubular rígido do tipo "P" com DN de 50 mm. Contudo, os fornecedores brasileiros limitam-se a recomendar uso de caixa sifonada ou sifão em desacordo com a NBR 8160 (ABNT, 1999). No teste experimental, o sifão tubular rígido do tipo "P" (DN 50 mm) foi o único a apresentar capacidade autolimpante. A atualização da NBR 8160 (ABNT, 1999) pode contemplar uma caracterização mais detalhada do desempenho exigido para desconectores, em especial, para ralos lineares.

Palavras-chave:

Ralo linear

Sifão

Normas

ABSTRACT: This study aims to evaluate linear drain traps produced in Brazil based on national and international practices. In the context of linear drains, the quality of traps is even more relevant because the component often receives high flow discharges from sanitary appliances. The study has four steeps: 1) survey of international technical standards; 2) identification of traps suggested by Brazilian suppliers; 3) testing of linear drain traps available in Brazil; 4) presentation of national best practices. The results indicate that foreign regulations prefer "P" traps with diameter of 50 mm for trench drain. However, Brazilian suppliers recommended the use of "siphoned boxes" or trap not adequate to NBR 8160 (ABNT, 1999). In the experimental test, only "P" trap (DN 50 mm) had self-scouring capacity. The NBR 8160 (ABNT, 1999) update may include a characterization detailed of the performance required for traps, especially when used in linear drains.

Keywords:

Trench drain

Siphon

Standards

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **MOURA, João Marcos Bosi Mendonça de**: Engenheiro Civil, Doutor em Engenharia Ambiental, Professor Universitário do Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC, Ibirama-SC, joao.moura@udesc.br.

[2] **PISKE, Igor**: Engenheiro Civil, Centro Universitário Sociesc, Blumenau - SC, igor_piske_@hotmail.com.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil ainda são elevados os registros de manifestações patológicas nas construções, com destaque para o problema de vedação da passagem de gases provenientes do sistema predial de esgoto sanitário (BONI et al., 2021; MORAIS; PAULA e REIS, 2021). Um desconector pode prevenir esse tipo de problema patológico com potencial danoso para a saúde dos usuários (HAN *et al.*, 2022).

No âmbito dos ralos lineares a discussão sobre desconectores é ainda mais relevante porque o componente costuma receber elevadas vazões. A NBR 8160 (ABNT, 1999) não faz menção explícita aos ralos lineares e não existe normativa brasileira especifica sobre o componente. No entanto, a NBR 14162 (ABNT, 2017) estabelece requisitos funcionais e mecânicos para sifões.

Em muitos casos, os ralos lineares não são produzidos com desconector próprio e os fornecedores apontam algumas recomendações para vedar a passagem de gases para o interior da edificação. Contudo, em que medida essas recomendações se alinham com a NBR 8160 (ABNT, 1999) e as boas práticas internacionais? A avaliação crítica dessas orientações permite uma visão mais ampla sobre a qualidade do sistema predial de esgoto sanitário.

Diante da problemática exposta, este estudo objetiva avaliar desconectores de ralos lineares produzidos no Brasil a partir de experiências internacionais sobre o tema. O estudo concentra-se em ralos lineares aplicados em sistemas prediais de esgoto sanitário, onde não há descarga de água pluvial.

2 METODOLOGIA

A primeira etapa do trabalho consistiu na identificação de normas internacionais de acesso livre que pudessem detalhar requisitos para desconectores em ralos lineares (ou aparelhos sanitários em geral). A segunda parte do estudo visou identificar desconectores recomendados por dois fornecedores brasileiros de relevante participação no mercado nacional.

Em uma terceira fase da pesquisa executou-se um teste experimental para verificar a capacidade autolimpante de três desconectores disponíveis no Brasil: sifão tubular moldável de 40 mm (Figura 1a); sifão tubular rígido de 50 mm (Figura 1b); e, caixa sifonada de 150 x 150 x 50 mm (Figura 1c). O experimento consistiu na descarga de 40 litros de água com sujidades (oito bastões de cotonete e dois maços de fio dental). Esse efluente foi despejado do reservatório diretamente para o desconector (Figura 1).

Figura 1 – Desconectores ensaiados: [a] sifão tubular moldável de 40 mm; [b] sifão tubular rígido de 50 mm; [c] caixa sifonada de 150 x 150 x 50 mm



[a] [b] [c]

Fonte: Autores (2023)

Por fim, na quarta etapa do trabalho realizou-se uma busca por projetos e obras no Brasil que consideram desconectores para ralos lineares com as características previstas na NBR 8160 (ABNT, 1999) e nas normas internacionais estudadas. Esse levantamento foi realizado na rede social *Instagram* e *LinkedIn* por meio da utilização de palavras no buscador como "sifão", "ralo linear" e "desconector".

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

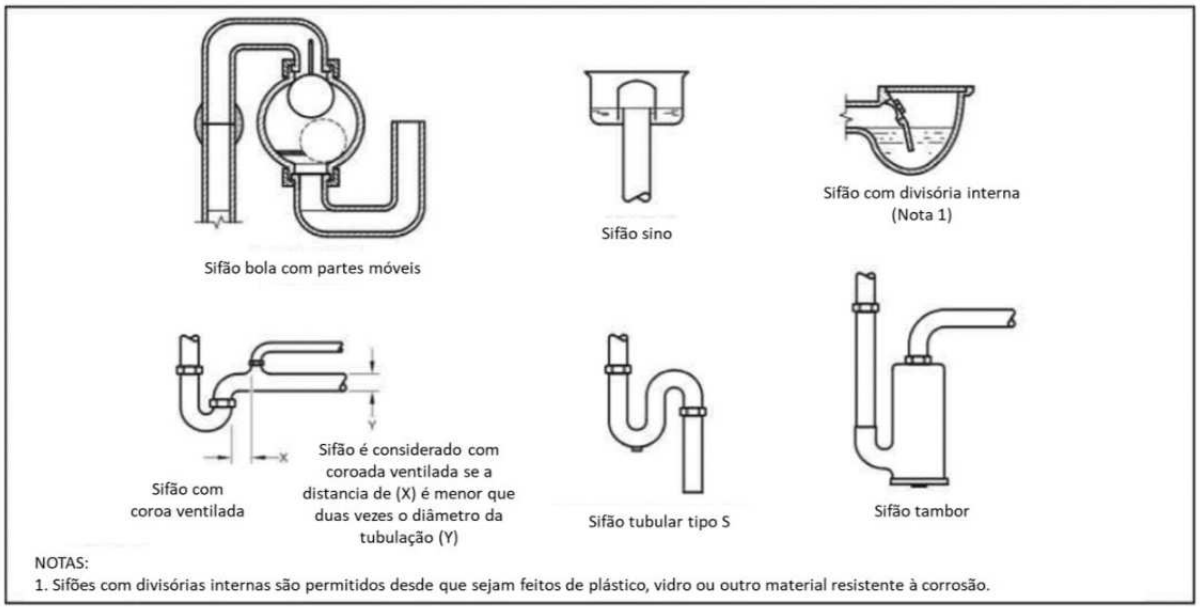
3.1 NORMAS E PRÁTICAS INTERNACIONAIS

O *Uniform Plumbing Code* (UPC) estabelece diretrizes e requisitos para sistemas prediais hidrossanitários dos Estados Unidos. Na sua última edição (*Uniform Plumbing Code 2024*), prescreve-se que os ralos lineares devem atender a ASME 112.6.3. No entanto, a ASME 112.3.6 não estabelece padrões para desconectores de ralos lineares.

A respeito dos desconectores, o *Uniform Plumbing Code 2024* aborda a necessidade de ventilação para garantir a integridade do fecho hídrico dos aparelhos sanitários. O fecho hídrico deve ser ter altura entre 51 e 102 mm, com exceção de dispositivos especiais que garantam a inspeção do componente (UPC, 2023).

O documento também estabelece desconectores proibidos, conforme se ilustra no *2018 National Standard Plumbing Code Illustrated* (Figura 2). Esses desconectores possuem limitações quanto à acessibilidade, estanqueidade, autolimpeza e/ou durabilidade, além de serem facilmente suscetíveis ao autosifonamento. O *2020 New York Plumbing Code* é outro documento que obriga o uso de desconectores autolimpantes, estanques e resistentes às agressões do meio (NEW YORK, 2019).

Figura 2 – Desconectores proibidos pelo *Uniform Plumbing Code 2024*

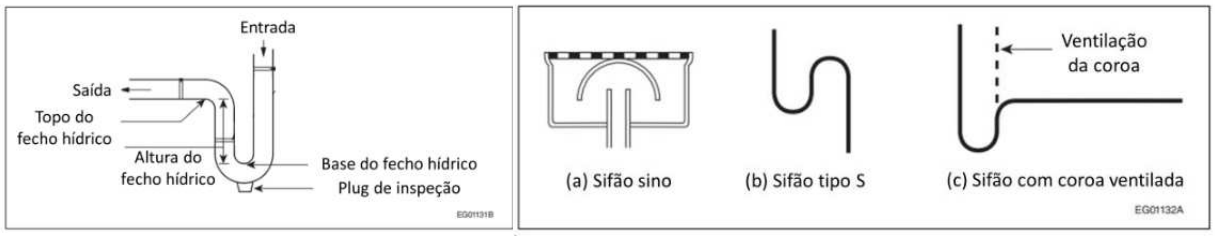


Fonte: New Jersey State (2019, traduzido pelos autores)

O *National Plumbing Code of Canada 2020* (NPC, 2019) é uma referência normativa desenvolvida pela *National Research Council of Canada* com diretrizes para sistemas prediais

hidrossanitários em território canadense. No documento não se estabelece orientações específicas para ralos lineares, mas para desconectores se exige: altura do fecho hídrico igual ou maior que 38 mm; ponto de inspeção no fundo do sifão (*cleanout plug*); e, ligação roscável nas extremidades (Figura 3a). O NPC (2020) proíbe três tipos de desconectores: sifão tipo sino, tipo "S" e com coroa de ventilação (Figura 3b).

Figura 3 – *National Plumbing Code of Canada 2020*: [a] desconector permitido; [b] desconectores proibidos



[a] [b]

Fonte: [a] Adaptado de NPC (2019, traduzido pelos autores); [b] NPC (2019, traduzido pelos autores)

Diante dessas normativas, preponderam nos respectivos países o uso do sifão tubular rígido do tipo "P", peça única, e de diâmetro nominal (DN) de 50 mm (Figura 4a). Na Figura 4 é possível ver os componentes conectados em ramais de descarga de ralos lineares. Esse tipo de desconector é relatado na NBR 14162 (ABNT, 2017). No entanto, até o momento no Brasil, apenas se encontra disponível o sifão "P" rígido (DN 40 mm), peça única e sem o plug inferior para inspeção.

Figura 4 – Desconectores em ralos lineares norte-americanos



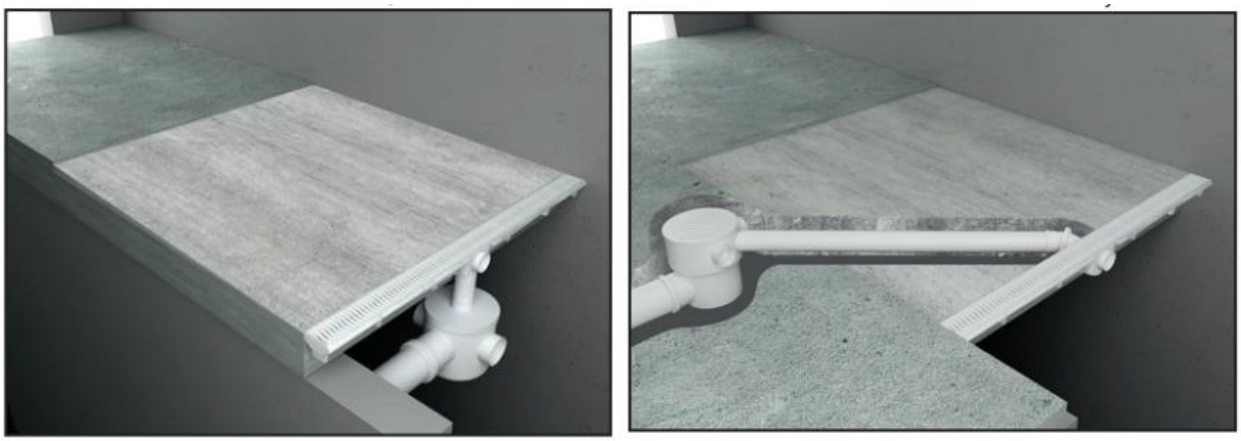
[a] [b]

Fonte: [a] Adaptado de Ferreto Engenharia (2022); [b] Schutterstock (2021)

3.2 PRÁTICA RECOMENDADA PELOS FORNECEDORES NO BRASIL

Os procedimentos recomendados pelos Fornecedores 1 e 2 são apresentados nas Figuras 5 e 6. Importante salientar que este estudo não visa discutir ou questionar a qualidade do ralo linear, mas avaliar os desconectores propostos a partir de requisitos normativos. O Fornecedor 1 apresenta a possibilidade de encaminhamento do escoamento em uma caixa sifonada de 100 ou 150 mm (Figura 5).

Figura 5 – Desconector sugerido pelo Fornecedor 1



[a] [b]

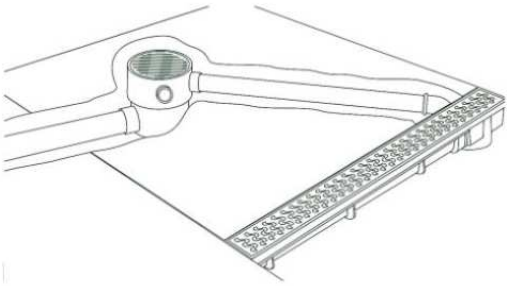
Fonte: Fornecedor 1 (2023)

O uso de caixa sifonada como desconector de ralo linear é uma prática frequentemente adotada no Brasil. Em qualquer caso, o fecho hídrico deve ter altura igual ou maior que 50 mm, conforme NBR 8160 (ABNT, 1999). Nesse contexto, os seguintes aspectos merecem atenção:

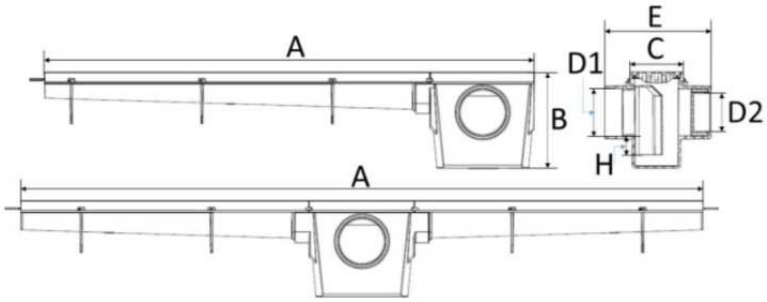
- **Vazão**: a caixa sifonada poderá ter uma capacidade de descarga inferior ao ralo linear, o que pode resultar no extravasamento da água residual e/ou na sobrepressão do sistema. O possível acúmulo de água ao longo do prolongador da caixa sifonada demandará maior resistência dos suportes da instalação.
- **Autolimpeza**: a caixa sifonada não é autolimpante. Sua câmara vertedora reduz a velocidade de fluxo, diminuindo também a capacidade de arraste das sujidades presente no esgoto. Portanto, há necessidade de torná-la complemente acessível para limpeza periódica.
- **Acessibilidade**: O afunilamento ocasionado pela bolsa (arranjo da Figura 5a) dificulta o acesso para inspeção, limpeza e manutenção da caixa sifonada. Essa limitação descredencia seu uso perante a UPC (2023) e NPC (2019). A limpeza do desconector é importante para evitar o acúmulo de agentes biológicos patogênicos (bactérias, moscas, larvas etc), cabelo, gordura corporal e outras sujeiras.
- **Fecho hídrico**: algumas caixas sifonadas possuem desconector removível, que eventualmente pode se desprender e comprometer o fecho hídrico. As limitações de acesso observadas na Figura 5a dificultariam a reconexão do septo. Embora a configuração da Figura 5b facilite a acessibilidade, a caixa sifonada representa possui cesto para retenção de sujidades e septo afunilado.

O Fornecedor 2 também recomenda o uso da caixa sifonada com opções de saída de 40 e 50 mm (Figura 6a). Outra alternativa proposta pelo fabricante é o uso de desconector integrado ao corpo do ralo linear, com fecho hídrico “H” de apenas 27 mm (Figura 6b). Esse valor é significativamente menor que o mínimo de 50 mm exigido pela NBR 8160 (ABNT, 1999), UPC (2023) e NPC (2019).

Figura 6 – Desconectores sugeridos pelo Fornecedor 2



[a]



[b]

Fonte: Fornecedor 2 (2023)

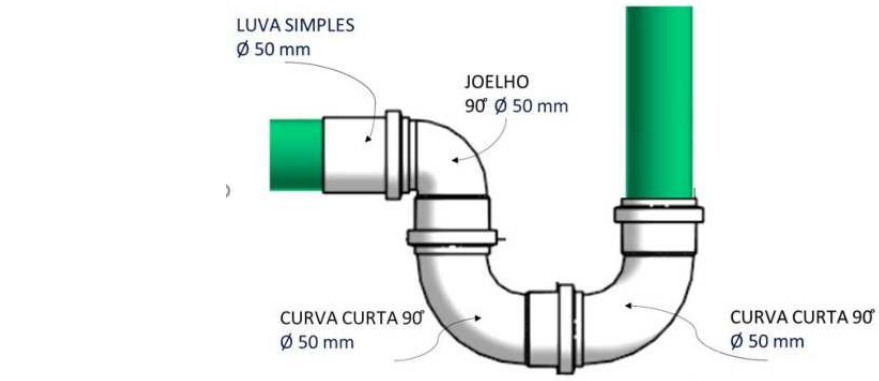
3.3 CAPACIDADE DE AUTOLIMPEZA DE DESCONECTORES

O sifão tubular moldável foi o que mais reteve sujidades, devido principalmente a sua superfície interna corrugada. Já a caixa sifonada foi capaz de escoar apenas parte das sujidades do teste. Esse aspecto reforça a importância da acessibilidade para inspeção e limpeza periódica da caixa sifonada. No sifão tubular rígido não se observou sujidades em seu interior, ou seja, foi o único desconector que apresentou capacidade autolimpante para as condições de teste.

3.4 ALTERNATIVAS NO CONTEXTO NACIONAL

Até o momento, não há no mercado nacional sifão do tipo “P” com DN de 50 mm, conforme especificado na NBR 14162 (ABNT, 2017). Nesse contexto, recomenda-se a construção de um sifão com peças e conexões disponíveis no Brasil, unidas por adesivo de PVC para garantir resistência mecânica e vedação (Figura 7a). Esse sifão é autolimpante, portanto, a acessibilidade deve ser garantida apenas para a passagem de cabos desentupidores em uma eventual necessidade de desobstrução do sistema. Solução semelhante já é frequentemente adotada em ramais de descarga de máquinas de lavar roupa (CARVALHO JÚNIOR, 2019). A presente pesquisa identificou essas boas práticas em obras e projetos hidrossanitários no Brasil (Figuras 7b, 7c e 7d). Na maior parte das publicações se faz referência ao componente pelo nome de *sifão expert*, termo comercial cunhado por Moisés dos Santos e Igor Gabriel.

Figura 7 – Boas práticas identificadas no Brasil



[a]



[b]



[c]



[d]

Fonte: [a] Autores (2023); [b] Damaceno (2022); [c] Aurora Engenharia (2023); [d] Ferreto Engenharia (2022).

4 CONSIDERAÇÕES FINAS

Em comparação com a NBR 8160 (ABNT, 1999), as normas internacionais pesquisadas abordam mais detalhes e requisitos de desempenho para os desconectores. A atualização da NBR 8160 poderá exigir uso de desconectores que assegurem acessibilidade, autolimpeza, resistência mecânica e capacidade de descarga. O estudo conclui que o uso de sifão tubular rígido de 50 mm atende as normativas nacionais e internacionais para ralos lineares. A acessibilidade pode ser melhorada com plug inferior de limpeza, mas até o momento, esse tipo de conexão/peça não se encontra disponível no mercado brasileiro. A caixa sifonada com grelha não é recomendada para servir de desconector de ralo linear, mas poderia ser utilizada mediante garantia da capacidade de escoamento, acessibilidade e manutenção do fecho hídrico.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14162**: Aparelho sanitário – Sifão – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR8160**: Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999.

AURORA ENGENHARIA. @aurora.engenharia. 2022. Disponível em: https://www.instagram.com/p/CkHCNV_OzMo/ Acesso em 30 maio 2023.

BONI, S. S. N., PIRES, D. R., SILVA, G. C., JESUS, P. L. O. Análise das patologias levantadas no sistema predial hidrossanitário de edificações da Universidade Federal do Maranhão. **Brazilian Journal of Development**, 7(5), 50989–51009, 2021.

CARVALHO JUNIOR, R. **Interfaces prediais**. Editora Blucher, 2017. E-book. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788521212164. Acesso em 10 abr. 2023.

DAMACENO, H. @hallefdamacenoengenharia. 2022. Disponível em: https://www.instagram.com/stories/highlights/17909300822573387/ Acesso em 30 maio 2023.

FERRETO ENGENHARIA. @ferretoengenharia. 2022. Disponível em: https://www.instagram.com/p/CgE9vMig9CF/ Acesso em 30 maio 2023.

HAN, Taewon et al. COVID-19 cluster linked to aerosol transmission of SARS-CoV-2 via floor drains. **The Journal of Infectious Diseases**, v. 225, n. 9, p. 1554-1560, 2022.

MORAIS, L. S. R.; PAULA, H. M.; REIS, R. P. A. Avaliação de ocorrência de manifestações patológicas em sistemas prediais hidrossanitários nos primeiros anos de uso e operação. *In:* SISPRED 2021 – XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais, 2021, Catalão. **Anais [...]** Catalão: 2021, 253p. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/sispred/article/view/1681/1464 Acesso em 20 maio 2023.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL CANADIAN. **National Plumbing Code of Canada 2020**. 2020. Disponível em: https://publications.gc.ca/collections/collection_2022/cnrc-nrc/NR24-29-2020-eng.pdf Acesso em: 26 maio 2023.

NEW JERSEY STATE. **2018 National Standard Plumbing Cod Illustrated.** 2019. Disponível em: https://epubs.iapmo.org/NSPC/NJ2018/#p=94 Acesso em: 26 maio 2023.

NEW YORK STATE. **2020 Plumbing Code of New York State**. 2019. Disponível em: https://dos.ny.gov/system/files/documents/2020/09/2020-pcnys-november-2019.pdf Acesso em: 26 maio 2023.

SHUTTERSTOCK. **U trap**. 2021. Disponível em: https://www.shutterstock.com/pt/search/u-trap Acesso em: 30 maio 2023.

UNIFORM PLUMBING CODE. **Uniform Plumbing Code 2024**. 2023. Disponível em: https://epubs.iapmo.org/2024/UPC/ Acesso em: 26 maio 2023.

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA EM FLORIANÓPOLIS POR MEIO DE POLÍTICAS DE CONSCIENTIZAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

Water consumption reduction scenarios simulated in Florianópolis through awareness policies and rainwater harvesting

Diego Antônio Custódio[1]; Thayane Lodete Bilésimo[2]; Enedir Ghisi[3]; Maurício Uriona Maldonado[4]

Recebido em 10 de junho de 2023, aprovado em 27 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

Palavras-chave:
Consumo de água
Dinâmica de sistemas
Simulação computacional

Keywords:
Water consumption
System Dynamics
Computer simulation

RESUMO: A água tem impactos no desenvolvimento econômico e social dos países. A escassez de água já é observada em diversas partes do mundo, o que pode comprometer a vida no planeta. Este trabalho utiliza a dinâmica de sistemas (DS) como ferramenta para estimar o consumo de água na cidade de Florianópolis, no sul do Brasil. Com o uso de dados históricos de população, economia e consumo de água, propõe-se um modelo de DS para prever o consumo de água até 2050. Por meio do programa computacional Stella, foram testadas políticas para redução do consumo de água em Florianópolis. O modelo prevê reduções do consumo de água de 37% (por meio do aproveitamento de água pluvial) e de 4% (por meio de campanhas de conscientização) para o ano de 2050. O modelo proposto pode ser usado como uma ferramenta de apoio a decisões para controlar e reduzir o consumo de água nas grandes cidades.

ABSTRACT: Water scarcity is already observed in several parts of the world, which can compromise life on the planet. This work uses system dynamics (SD) as a tool to estimate water consumption in the city of Florianópolis, southern Brazil. Using historical population, economy and water consumption data, a DS model is proposed to predict water consumption up to 2050. Through the Stella computer programme, policies to reduce water consumption in Florianópolis were tested. The model predicts reductions in water consumption of 37% (through the use of rainwater) and 4% (through awareness campaigns) for the year 2050. The model proposed can be used as a tool to support decisions to control and reduce water consumption in large cities.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **CUSTÓDIO, DIEGO ANTÔNIO**: Universidade Federal de Santa Catarina, diego.custodio@udesc.br
[4] **BILÉSIMO, THAYANE LODETE**: Universidade Federal de Santa Catarina, thayanebilesimo@gmail.com
[3] **GHISI, ENEDIR**: Universidade Federal de Santa Catarina, enedir.ghisi@ufsc.br
[4] **MALDONADO, MAURICIO URIONA**: Universidade Federal de Santa Catarina, m.uriona@ufsc.br

1 INTRODUÇÃO

Usando o modelo de dinâmica de sistemas, Dawadi e Ahmad (2013) avaliaram o impacto das mudanças climáticas e do aumento da população na demanda de recursos hídricos na região de Las Vegas Valley. A partir disso, os autores puderam propor alternativas que sugerem redução de até 30,6% na demanda até 2035. No Irã, Ahmadi e Zarghami (2019) avaliaram diferentes cenários de abastecimento de água utilizando o mesmo método. Os autores puderam concluir que os esforços de economia de água deveriam se concentrar nos recursos internos da cidade em vez dos externos. Tianhong et al. (2019) utilizaram a dinâmica de sistemas para simular fornecimento e demanda de água entre 2015 e 2030 na cidade de Shenzhen, em Hong Kong. A análise indicou a necessidade de propor medidas para evitar a escassez dos recursos hídricos no local.

O objetivo deste artigo é propor um modelo de dinâmica de sistema para simular cenários de redução do consumo de água por meio do aproveitamento de água pluvial e conscientização dos usuários em Florianópolis, no sul do Brasil. O modelo é utilizado para testar políticas de redução do consumo de água a fim de visualizar seus efeitos em médio e longo prazo.

2 MÉTODO

O modelo de simulação foi dividido em submodelos mostrados nesta seção. Foram utilizadas séries históricas de dados do Produto Interno Bruto (PIB) e dos sistemas de abastecimento da cidade, obtidos nas bases de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Os coeficientes dos modelos apresentados foram obtidos a partir de regressão linear com os dados do IBGE e do SNIS.

2.1 Submodelo da economia

O crescimento da economia é dado pela Equação 1. O coeficiente de determinação (R^2) foi 0,9943.

$$PIB(t) = 10^{-107} \times e^{0,1237t} \quad \text{(Eq. 1)}$$

Sendo:
PIB é o valor que o estoque do submodelo da economia assume no tempo t (bilhões de reais);
t é o ano.

A demanda de água não residencial foi expressa como uma função linear do PIB (WEI *et al.,* 2016) como mostra a Equação 2.

$$CNR(t) = a \times PIB + b \quad \text{(Eq. 2)}$$

Sendo:
CNR é o consumo de água não residencial no tempo t (L);
a é um parâmetro a ser determinado pela relação linear entre o PIB e o consumo de água (L/R$);
b é um parâmetro a ser determinado pela relação linear entre o PIB e o consumo de água (L).

O consumo de água não residencial foi estimado por meio da Equação 3.

$$CNR_i = CT_i \times \frac{q_{tot} - q_{res}}{q_{tot}} \quad \text{(Eq. 3)}$$

Sendo:
CNR_i é o consumo de água não residencial para o i-ésimo ano (L);
CT_i é o consumo de água total para o i-ésimo ano (L);
q_{tot} é a quantidade total de ligações de água;
q_{res} é a quantidade de ligações residenciais de água.

2.2 Submodelo da população

Segundo Harris et al. (2018), a equação logística foi usada pela primeira vez para modelar a população na França. A Equação 4 representa o crescimento logístico adaptada para a população de Florianópolis.

$$\frac{dP(t)}{dt} = t_p \times P(t)\left(1 - \frac{P(t)}{U}\right) \quad \text{(Eq. 4)}$$

Sendo:
$P(t)$ é a população para um determinado tempo em anos (pessoas);
t_p é a taxa de crescimento da população, obtida por meio de regressão logística ($t_p = 0{,}0194$). O valor desta taxa foi obtido por meio de regressão não linear;
U é o limite de crescimento da população (pessoas).

O valor do limite de crescimento foi definido em função da área da cidade de Florianópolis como um limitante populacional. Foram simulados diversos valores de limite de crescimento até que o modelo assumisse um comportamento similar aos dados do IBGE. Ao final, o limite de crescimento populacional adotado foi de 600.000 pessoas.

O consumo de água residencial foi estimado por meio da Equação 5.

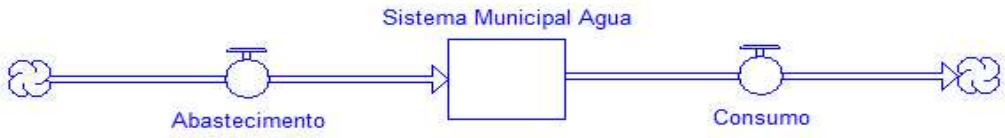
$$CR(t) = CR_{pc} \times P(t) \times 365 \quad \text{(Eq. 5)}$$

Sendo:
$CR(t)$ é o consumo residencial no tempo t (L);
CR_{pc} é o consumo per capita (L/pessoa/dia);
$P(t)$ é a população para um determinado tempo em anos (pessoas).

2.3 Submodelo do abastecimento de água

O abastecimento de água municipal foi modelado como um estoque com um fluxo de saída e um de entrada, de acordo com a Figura 1.

Figura 1. Sistema de abastecimento de água.



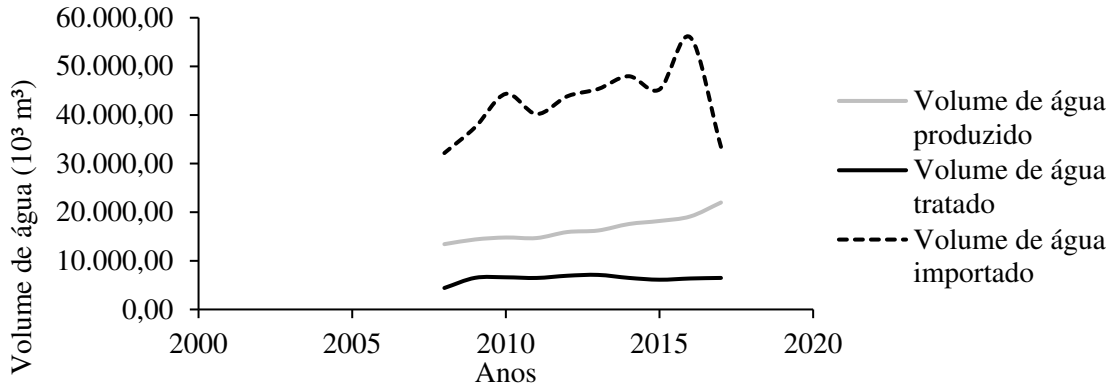
O fluxo de abastecimento foi obtido com os dados do SNIS, de acordo com a Equação 6.

$$AB(t) = AP(t) + AT(t) + AI(t) \quad \text{(Eq. 6)}$$

Sendo:
$AB(t)$ é o volume total de água para abastecimento municipal no tempo t em anos (litros);
$AP(t)$ é o volume total de água produzida no tempo t em anos (litros);
$AT(t)$ é o volume total de água tratada no tempo t em anos (litros);
$AI(t)$ é o volume total de água importada de outras concessionárias no tempo t em anos (litros).

Os volumes tratado e produzido de água apresentaram tendência linear quase constante enquanto o volume de água importado apresentou variabilidade maior. A variabilidade do volume de água importado diz respeito à necessidade maior ou menor de importar água em função do consumo. A Figura 2 mostra a série histórica dessas variáveis para os anos de 2008 a 2017.

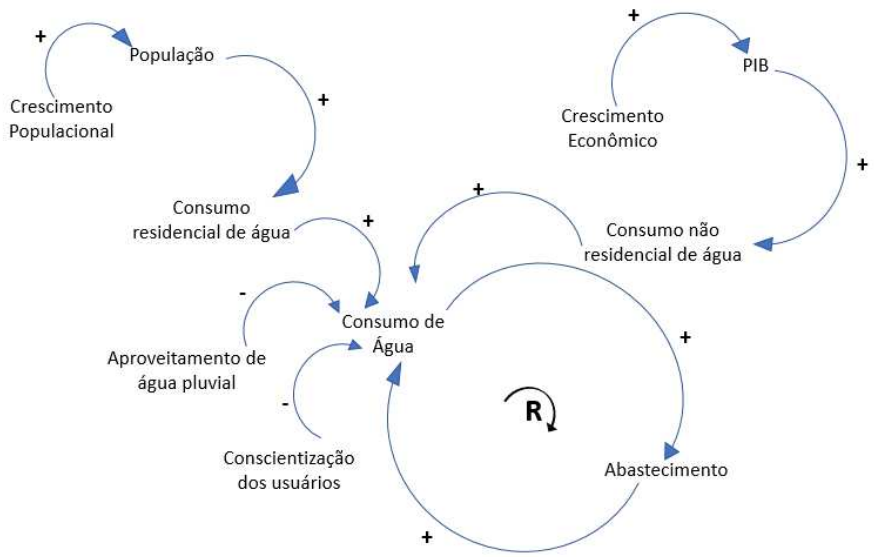
Figura 2. Volumes de água produzido, tratado e importado em Florianópolis entre 2008 e 2017.



2.4 Modelo do consumo de água

Uma hipótese importante para formulação do sistema é feita: quanto maior o consumo, maior o volume de água importado, pois os volumes tratados e produzidos de água são praticamente o limite do que a concessionária municipal tem capacidade de produzir. O aumento do consumo de água aumenta a capacidade do abastecimento e isso faz aumentar o consumo. Destaca-se a relação de reforço entre consumo e abastecimento de água, mostrado na Figura 3.

Figura 3. Diagrama de laços causais do modelo.



A Tabela 1 apresenta os parâmetros, valores e considerações adotados para os estoques do modelo. A Tabela 2 mostra os parâmetros e valores adotados para as variáveis e fluxos do modelo.

Tabela 1 - Estoques do modelo de consumo de água.

Descrição	Notação	Valor inicial	Unidade	Fonte
População	$P(t)$	352.446	Pessoas	IGBE (2016)
PIB	PIB	4.025.976.000	R$	IBGE (2016)
Sistema municipal de Água	SMA	47.712.000.000	Litros	SNIS (2017)

Tabela 2 - Variáveis e fluxos do modelo de consumo de água.

Descrição	Notação	Função (Dados Históricos)	Unidade	Fonte
Taxa de cresc. populacional	ip	0,0194	%	IBGE (2016)
Fluxo líquido	FLp	$P(t) \times ip \times E$	Pessoas	-
Efeito da saturação	E	$\frac{P(t)}{c}$	Adimensional	-
Capacidade de carga	c	600.000	Pessoas	Limite
Taxa de cresc. econômico	ie	0,124	%	IBGE (2016)
Crescimento Econômico	FLe	$ie \times PIB$	R$	-
Consumo residencial	CR	$CPC \times P(t)$	Litros	-
Consumo per capita	CPC	140 a 180	L/pessoa/dia	SNIS (2017)
Conscientização R	CSR	20	%	Stewart *et al* (2013)
Consumo não residencial	CNR	$18 \times 10^8(PIB + 1)$	Litros	Regressão
Conscientização NR	$CSNR$	30	%	Stewart *et al* (2013)
Período de conscientização	PCS	2	Anos	Teste
Aprov. de água pluvial residencial	APR	34	%	Ghisi (2006)
Aprov. de água pluvial não residencial	$APNR$	50	%	Ghisi (2006)
Consumo total	CT	$CR + CNR$	Litros	-
Abastecimento	ABS	$\overline{AP} + \overline{AT} + f(CT)^*$	Litros	Regressão
Volume de água produzido	$\overline{AP}$	16.634.000.000**	Litros	SNIS (2017)
Volume de água tratado	$\overline{AT}$	6.351.000.000**	Litros	SNIS (2017)
Consumo	CSM	CT	Litros	-

*$f(CT) = 8 \times 10^{-21}CT^3 - 8 \times 10^{-2}CT^2 + 27{,}464CT - \times 10^{11}$

** Valores médios da série histórica do Sistema Nacional de Informações de Saneamento.

2.5 Cenários de simulação

Este trabalho envolveu um cenário crítico que é a escassez de água nos grandes centros urbanos. O aumento da população e o crescimento da economia têm influência no aumento do consumo de água. Medidas devem ser tomadas para reduzir o crescimento do consumo e

garantir possibilidades para as gerações futuras.

Com a formulação do modelo e diante do problema de escassez de água relatado por diversos autores (DISTEFANO e KELLY, 2017; HADADIN et al., 2010; MÁÑES et al., 2012; WU e TAN, 2012), foram propostas políticas de redução do consumo para verificar seus efeitos futuros. As simulações foram realizadas por meio do programa computacional Stella com cenários até o ano de 2050. Os cenários propostos são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Cenários de redução do consumo de água.

Cenário	Política	Hipótese	Variáveis	Parâmetro
1	Conscientização dos usuários residenciais	Redução do consumo per capita de água por meio de campanhas de conscientização.	Consumo per capita	Redução de 20%
			Consumo não residencial	Redução de 20%
2	Aproveitamento de água pluvial em edificações residenciais e não residenciais	Redução do consumo per capita por meio do aproveitamento de água pluvial em residências para fins não potáveis (uso em bacias sanitárias).	Consumo per capita	Redução de 30%
		Redução do consumo per capita por meio do aproveitamento de água pluvial em residências para fins não potáveis (uso em bacias sanitárias, limpeza e irrigação de jardins).	Consumo não residencial	Redução de 50%
3	Aproveitamento de água pluvial e campanhas de conscientização (cenários 1 e 2 juntos).			

Para o teste no modelo proposto, admitiu-se que as campanhas de conscientização poderiam reduzir o consumo de água em 20% (Cenário 1). Katz *et al.* (2016) desenvolveram um estudo com monitoramento do consumo de água em residências no Japão e estimaram redução de 7,6% no consumo de água por meio de campanhas de conscientização. Tortajada *et al.* (2019) estimaram redução de 25,0% no consumo de água por meio de campanhas de conscientização na Espanha. De acordo com Stewart *et al.* (2013), as campanhas de conscientização têm efeitos nos usuários durante um certo tempo. Passado o período de campanha, os usuários tendem a "esquecer" e voltam a desperdiçar água.

No cenário 2 foi admitido o uso de água pluvial em residências e edificações não residenciais. A redução de consumo neste cenário será função da quantidade de água precipitada. No estudo de Ghisi (2006) foram estimados potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial de 34% a 92% em residências. Em edificações residenciais, Custódio e Ghisi (2019) estimaram o potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial entre 18,5% e 40,8%. Ghisi *et al.* (2009) estimaram o potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial em edificação não residencial (posto de gasolina) entre 9,2% e 57,2%. Para esta pesquisa, considerou-se 30% de redução do consumo de água por meio do aproveitamento de água pluvial em prédios residenciais e 50% em prédios não residenciais.

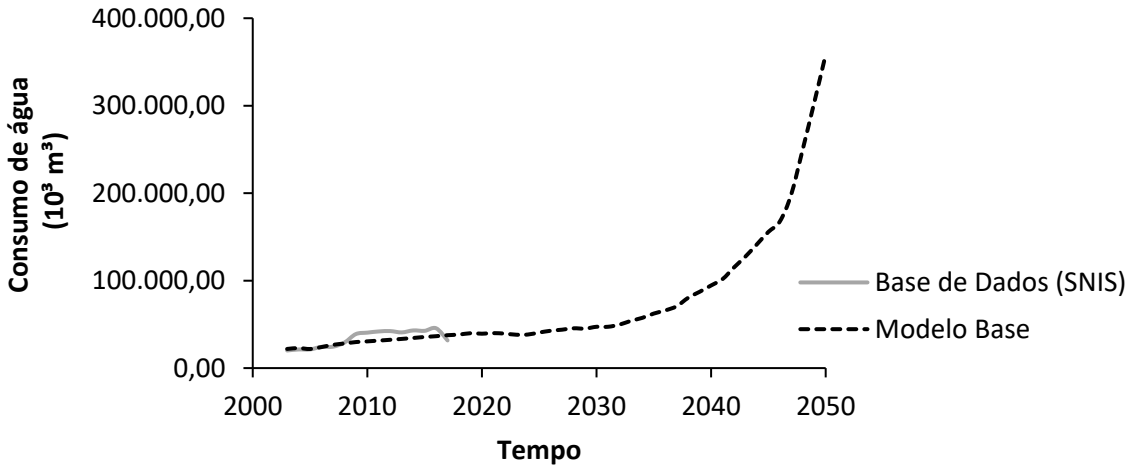
Evidentemente o potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de

água pluvial depende do volume de água precipitado, das áreas de cobertura das edificações, dos tamanhos dos reservatórios, do material componente das coberturas etc. Neste estudo, essas variáveis são consideradas exógenas, e, portanto, não integram o modelo.

2.6 Validação do modelo

O processo de validação do modelo se deu por meio da análise do comportamento das curvas em relação à série histórica dos dados disponíveis como mostra a Figura 4.

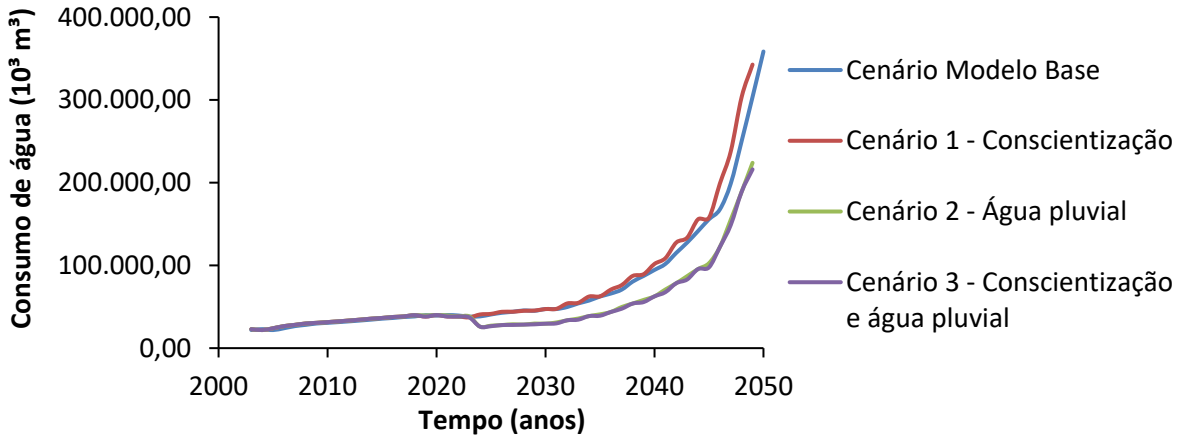
Figura 4. Comportamento simulado do modelo e modo de referência do consumo de água.



3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 5 apresenta a expectativa do aumento do consumo de água em Florianópolis. O aproveitamento de água pluvial teria efeitos mais significativos na redução do consumo de água em Florianópolis até 2050.

Figura 5. Consumo de água em Florianópolis para os cenários definidos.



O consumo de água estimado para 2050, sem a inclusão de nenhuma política de redução, foi de 358.418 m^3. Quando simulados os cenários 1, 2 e 3 para o ano de 2050, os consumos previstos foram, respectivamente, 342.598 m^3, 223.900 m^3 e 215.990 m^3. A partir da simulação foram previstas, para 2050, reduções do consumo de água de 4,4% com campanhas de conscientização, 37,5% com o aproveitamento de água pluvial e 39,7% com as duas

políticas simultâneas. Bao e He (2019) elaboraram um modelo de dinâmica de sistema para a aglomeração urbana de Pequim-Tianjin-Hebei e consideraram os cenários possíveis de redução do consumo de água para 2030. Se adotadas medidas de uso eficiente de água, o consumo de água em 2030 poderia reduzir entre 6,0% e 7,3%. No entanto, diferente deste estudo, Bao e He (2019) não consideraram em seu modelo o aproveitamento de água pluvial.

4 CONCLUSÕES

Como esperado, os cenários simulados mostram que o consumo de água é mais afetado por políticas que incentivem o aproveitamento de água pluvial nas edificações quando comparado aos efeitos de campanhas de conscientização de usuários. É importante destacar que o modelo de dinâmica de sistemas desenvolvido não tem como objetivo prever com exatidão o consumo de água futuro, mas servir como ferramenta para testar políticas e seus prováveis efeitos no consumo de água a longo prazo. O modelo também pode servir para testes de outras políticas não mencionadas neste trabalho como o reúso de água ou os incentivos financeiros. Constatou-se que há necessidade de aperfeiçoar o modelo com a inclusão de variáveis que foram consideradas exógenas neste estudo, como: características das edificações, hábitos de consumo, mudanças climáticas que podem ter efeitos na precipitação local.

REFERÊNCIAS

Ahmadi, M. H., Zarghami, M. (2019). Should water supply for megacities depend on outside resources? A Monte-Carlo system dynamics simulation for Shiraz, Iran. Sustainable Cities and Society

44, 163-170

Bao, C., He, D. (2019). Scenario Modeling of Urbanization Development and Water Scarcity Based on System Dynamics: A Case Study of Beijing–Tianjin–Hebei Urban Agglomeration, China. International Journal Environmental Research Public Health, 16 (20), 3834.

BRASIL. Ministério das Cidades. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto: 2007.

BRASIL. Ministério das Cidades. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto: 2017.

Custódio, D. A., Ghisi, E. (2019). Assessing the Potential for Potable Water Savings in the Residential Sector of a City: A Case Study of Joinville City. Water, 11 (10), 2074.

Dawadi, S., Ahmad, S. (2013). Evaluating the impact of demand-side management on water resources under changing climatic conditions and increasing population. Journal of Environmental Management, 15, 261-275.

Dias, T. F., Kalbusch, A., Henning, E. (2018). Factors influencing water consumption in buildings in southern Brazil. Journal of Cleaner Production, 184, 160-167.

Distefano, T., Kelly, S. (2017). Are we in deep water? Water scarcity and its limits to economic growth. Ecological Economics, 142, 130-147.

Domene, E., Sauri, D., Huelin, S., Boada, M., Marti, X., Garriga, N., Molina, J. Estudi Del Consum D'aigua Als Edificis De Laregió Metropolitana De Barcelona. Relatório Técnico, Universitat Autònoma de Barcelona, 2004. Disponível em: http://www.fundacioabertis.org/rcs_est/estudi_complet.pdf

EPE (2016). Balanço Energético Nacional. Disponível em: http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Balanco-Energetico-Nacional-2016. (Acesso em 19 jun. 2019).

Forrester, J. W. (1991). System Dynamics and the Lessons of 35 Years. In: FORRESTER, Jay W.. The Systemic Basis of Policy Making in the 1990s. Cambridge: Kenyon B. de Greene, 5-32.

Ghisi, E. (2006). Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. Building and Environment, 41, 11, 1544-1550.

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, 42, 4, 1731-1742.

Ghisi, E., Tavares, D. F., Rocha, V. L. (2009). Rainwater harvesting in petrol stations in Brasília: Potential for potable water savings and investment feasibility analysis. Resources, Conservation and Recycling, 54, 79-85.

Hadadin, N., Qaqish, M., Akawwi, E., Bdour, A. (2010). Water shortage in Jordan - Sustainable solutions. Desalination, 250, 197-202.

Jones A. P., Homer, J. B., Murphy, D. L., Essien, J. D., Milstein, B., Sevilha D. A. (2006). Understanding Diabetes Population Dynamics Through Simulation Modeling and Experimentation. American Journal of Public Health. 96, 3, 488-494.

Katz, D., Grinstein, A., Kronrod, A., Nisan, U. (2016). Evaluating the effectiveness of a water conservation campaign: Combining experimental and field methods. Journal of Environmental Management, 180, 335-343.

Kim, J. Lee, D. Jung, N. (2006). Analysis Of Household Water Demand Patterns By Meters Recording. In: ANNUAL WATER DISTRIBUTION SYSTEMS ANALYSIS SYMPOSIUM, 8th, Cincinnati, Ohio, USA

Lyneis, J. M. (2000). System dynamics for market forecasting and structural analysis. System Dynamics. 16, 3-25.

Máñes, K. S., Husain, S., Ferse, S. C. A., Costa, M. M. (2012). Water scarcity in the Spermonde Archipelago, Sulawesi, Indonesia: Past, present and future. Environmental Science & Policy, 23, 78-84.

Matos, C., Teixeira, C. A., Duarte, A. A. L. S., Bentes, I. (2013). Domestic water uses: Characterization of daily cycles in the north region of Portugal. Science of The Total Environment, 1, 458-460.

Mereu, S., Susnik, J., Trabucco, A., Daccache, A., Vamvakeridou-Lyroudia, L., Renoldi, S., Virdis, A., Savic, D., Assimacopoulos, D. (2016). Operational resilience of reservoirs to climate change, agricultural demand, and tourism: A case study from Sardinia. Science of The Total Environment, 1, 1028-1038.

Qi, C., Chang, N. (2011). System dynamics modeling for municipal water demand estimation in an urban region under uncertain economic impacts. Journal of Environmental Management, 92, 1628-1641.

Park, S., Sahleh, V., Jung, S. (2015). A system dynamics computer model to assess the effects of developing an alternate water source on the water supply systems management. Procedia Engineering, 119, 753-760.

Schleich, J., Hillenbrand, T. (2009). Determinants of residential water demand in Germany. Ecological Economics, 68, 6, 1756-1769.

Sterman, J.D. (2000) Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Irwin McGraw-Hill, Boston.

Stewart, R. A., Willis, R. M., Panuwatwanich, K. S. O. (2013). Showering behavioural response to alarming visual display monitors: longitudinal mixed method study. Behaviour & Information Technology. 32. 695-711.

Tako, A. A., Robinson, S. (2012). The application of discrete event simulation and system dynamics in the logistics and supply chain context. Decision Support Systems, 52, 802-815.

Tianhong, L., Songnan, Y., Mingxin, T. (2019). Simulation and optimization of water supply and demand balance in Shenzhen: A system dynamics approach. Journal of Cleaner Production, 207, 882-893.

Tortajada, C., González-Gómez, F., Biswas, A. K., Buurman, J. (2019). Water demand management strategies for water-scarce cities: The case of Spain. Sustainable Cities and Society, 45, 649-656.

UNESCO (2019). Relatório mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. Disponível em: http://www.unesco.org/new/pt/brasilia/natural sciences/environment/wwdr/ (acesso em 18 jun. 2019).

Wei, T., Lou, I., Yang, Z., Li, Y. (2016). A system dynamics urban water management model for Macau, China. Journal of Environmental Sciences, 50, 117-126.

Wu, P., Tan, M. (2012). Challenges for sustainable urbanization: a case study of water shortage and water environment changes in Shandong, China. Procedia Environmental Sciences, 13, 919-927.

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

NOTA TÉCNICA

AVALIAÇÃO DA INEXISTÊNCIA DE SISTEMA PREDIAL DE ÁGUAS PLUVIAIS EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL DA CIDADE DE SÃO JOSÉ DE RIBAMAR – MA: ESTUDO DE CASO PARA VIABILIDADE ECONÔMICA

Evaluation of the absence of a stormwater drainage system in a residential condominium in the city of São José de Ribamar - MA: a case study for economic viability

Janiel Garcia Corrêa [1]; Thalisson Mendes Ribeiro [2]; Solange Boni [3]

Recebido em 10 de junho de 2023, aprovado em 26 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

RESUMO: A falta do sistema predial de águas pluviais pode acarretar diversos problemas na região as quais estas edificações estão inseridas, desde alagamentos até danos estruturais. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo analisar a falta de sistema predial de águas pluviais em um condomínio residencial localizado na cidade de São José de Ribamar- MA, denominado Village dos Pássaros V. Para o desenvolvimento do trabalho utilizou-se como metodologia dados fornecidos, das unidades habitacionais, bem como, do condomínio em estudo, os quais foram fornecidos pela empresa construtora e através de levantamento de campo, onde foram realizadas de visitas técnicas no local, de forma a identificar a implantação das residências unifamiliares e constando-se a inexistência do Sistema predial de águas pluviais. Para facilitar a composição dos custos do referido sistema, realizou-se o dimensionamento dos parâmetros hidráulicos e dos componentes do sistema, em conformidade com a NBR10844 (ABNT,1989), para implantação do Sistema Predial de Águas pluviais, bem como, analisou-se os custos deste sistema com os custos totais de implantação do condomínio a fim de verificar impacto nos custos globais para a construtora.

ABSTRACT: The lack of a stormwater plumbing system can lead to various problems in the region where these buildings are located, ranging from flooding to structural damage. In this context, this study aims to analyze the absence of a stormwater drainage system in a residential condominium located in the city of São José de Ribamar, MA, named Village dos Pássaros V. The methodology used for the development of this work included data provided by the construction company about the housing units and the condominium under study, as well as field surveys involving technical visits to the site to identify the implementation of single-family residences, confirming the absence of the stormwater drainage system. To facilitate the cost estimation of the referred system, the hydraulic parameters and system components were sized according to NBR10844 (ABNT, 1989) for the implementation of the Stormwater Drainage System. Additionally, the costs of this system were analyzed in comparison with the total costs of condominium implementation, aiming to assess its impact on the overall costs for the construction company.

Palavras-chave:

Sistema predial de águas pluviais

Edificações unifamiliares

Condomínio residencial

Keywords:

Stormwater drainage system

Single-family buildings

Residential condominium

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **CORRÊA, Janiel Garcia**: Universidade Federal do Maranhão - UFMA, São Luís-MA, janiel.garcial@discente.ufma.br.
[2] **RIBEIRO, Thalisson Mendes**: Universidade Federal do Maranhão – UFMA, thalisson.mr@discente.ufma.br.
[3] **BONI, Solange**: Universidade Federal do Maranhão – UFMA, solange.boni@ufma.br.

1 INTRODUÇÃO

A precipitação representa um dos elementos atmosféricos com maior capacidade de causar desordem na disposição espacial humana, provocados diretamente pela sua força ou carência. Quando ocorrem chuvas intensas estas podem provocar alagamentos, enchentes, deslizamentos, destruição de lavouras e até mesmo doenças que são transmitidas por agentes infecciosos nas águas (GUERRA, 1999).

Buscando reduzir os impactos gerados devido o aumento do escoamento superficial, vêm se pesquisando alternativas que possibilitem melhorias no sistema de drenagem das cidades, de forma que o ambiente urbano fique livres de inundações. Percebe-se, um consenso sob a necessidade do controle do ciclo hidrológico das cidades, devido os impactos significativos que as superfícies impermeáveis podem gerar, através do aumento do escoamento superficial e das vazões de pico que impactam na velocidade com que a água é transportada na bacia hidrográfica urbana (TESTON et al., 2018; RESS, et al.,2020; LIMA, et al., 2021).

Segundo Reis e Oliveira (2019) uma das soluções utilizadas como estratégia de drenagem é a gestão da água em lotes, as quais contribuem para reduzir o escoamento superficial em meios urbanos. Estes autores também afirmam que deve-se considerar a integração dos componentes do Sistema Predial de Águas Pluviais (SPAP) na concepção da drenagem de lotes.

Em sendo assim, verificou-se a necessidade, de implementar os SPAP em condomínios de baixa renda, da cidade de São José de Ribamar-MA, devido o aumento de inundações urbanas nas redondezas as quais estas implantações estão sendo implementadas.

A ABNT indica as condições para a implementação do sistema de captação de águas pluviais, mediante normas que estabelecem as condições e os métodos fundamentais aos projetos das instalações de drenagem de águas pluviais, aspirando caucionar níveis cabíveis de aplicabilidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia (ABNT, 1989).

Destarte, partindo-se da hipótese que a ausência de sistemas prediais de águas pluviais pode ocasionar impactos negativos nas regiões de implantação de condomínios residenciais de baixa renda, como por exemplo: alagamentos, infiltrações e danos estruturais, verificou-se a necessidade de estudar a implantação destes sistemas nestes tipos de condomínios.

Em sendo assim, o objetivo desta pesquisa é avaliar a viabilidade econômica da implantação do Sistema Predial de águas pluviais em um condomínio residencial unifamiliar de baixa renda localizado na cidade de São José de Ribamar-MA, de forma a minimizar os efeitos negativos da sua inexistência na região onde este está inserido. Além disso, verificou-se a importância do assunto devido a baixa produção acadêmica a respeito desse tema.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistema predial de águas pluviais em condomínio residencial

Segundo a NBR 10844, os sistemas prediais de águas pluviais (SPAP) são conjuntos de dispositivos, tubulações e estruturas que têm como objetivo coletar, armazenar, tratar e/ou direcionar a água proveniente de chuvas, visando a utilização adequada ou o seu descarte de forma controlada, a fim de prevenir inundações, minimizar o impacto ambiental e promover a sustentabilidade hídrica em edificações (ABNT, 1989).

Para conduzir as águas pluviais incidentes nos telhados, terraços e áreas abertas é crucial a utilização dos elementos que constituem o sistema predial de águas pluviais, neste caso, as calhas, os condutores verticais e horizontais para destinação final na rede de drenagem (MARQUES, 2017).

Os sistemas prediais de águas pluviais precisam ser projetados e executados para que seja garantida a segurança e para que as águas que se precipitam sobre as edificações sejam coletadas e conduzidas até os cursos d'água ou destinação adequada (BRESSAN, 2006).

2.2 Dimensionamento dos sistemas de captação de águas pluviais

O dimensionamento dos sistemas de captação de águas pluviais deve seguir as recomendações normativas da NBR 10844 (ABNT, 1989), cujo objetivo é garantir a eficiência e adequação do sistema, evitando problemas relacionados ao acúmulo e escoamento inadequado da água pluvial.

Um projeto adequado considera a área de captação, a intensidade pluviométrica local, a capacidade de armazenamento, o dimensionamento das tubulações e dispositivos de controle, garantido que o sistema seja capaz de lidar com as chuvas de diferentes intensidades e evitando problemas como transbordamentos, obstruções ou subdimensionamento.

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), o período de retorno deve ser fixado conforme as características da área a ser drenada. Neste caso, adotou-se: T = 5 anos, para coberturas e/ou terraços.

A NBR 10844 (ABNT, 1989) recomenda que à vazão de projeto deve ser calculada conforme a Equação 1:

$$Q = \frac{C*I*A}{60} \qquad \text{(Eq. 1)}$$

Sendo:
Q, vazão de projeto, em L/min
I, intensidade Pluviométrica, em mm/h
A, área de contribuição, em m²
C= 0, quando há absorção total d'água
C= 1, quando não há absorção d'água

Segundo TOMAZ (2003), a coleta de água da chuva deve ser feita através dos telhados das residências. No caso específico da edificação em estudo, a norma NBR 10844 (1989)

estabelece formulações que determinam a área do telhado destinada à captação da água pluvial.

Usando os critérios que a norma determina para a área de contribuição em função da arquitetura do telhado, a Equação 2 apresenta a formulação utilizada no presente trabalho.

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right).b \quad \text{(Eq.2)}$$

Sendo:
a, largura do telhado;
b, comprimento do telhado;
h, altura do telhado;

O dimensionamento das calhas e condutores horizontais é feito pela equação de Manning-Strikler, Equação 3:

$$Q = K * \frac{S}{n} * R_H{}^{\frac{2}{3}} * i^{\frac{1}{2}} \quad \text{(Eq. 3)}$$

Sendo:
Q, vazão de projeto (L/min);
S, área da seção molhada (m²);
n, coeficiente de rugosidade;
R_H, raio hidráulico (m);
i, declividade da calha (m/m);
K= 60.000

A partir da vazão de projeto, consulta-se os ábacos que constam na NBR 10844 (ABNT, 1989) para obter o diâmetro dos condutores verticais. O dimensionamento de condutores horizontais considera as declividades mínimas e a capacidade hidráulica para tubulações de seção circular a partir de tabela apresentada na referida norma.

Ademais, os condutores verticais podem ser verificados pela Equação 4, que considera a taxa de ocupação do tubo.

$$Q = 0{,}019 * (TO)^{\frac{5}{3}} * (D)^{\frac{8}{3}} \quad \text{(Eq. 4)}$$

Sendo:
Q, vazão (l/min);
D, diâmetro interno (mm);
TO, taxa de ocupação do tubo;

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo e caracterização da edificação

A área de estudo escolhida foi um empreendimento situado na Estrada de Ribamar, localizada no Município de São José de Ribamar, no Estado do Maranhão. O terreno estudado possui uma área de 117.062,70 m² e um perímetro de 1.584,86 m com uma configuração geométrica irregular em forma de um retângulo Figura 1.

Figura 1 – Local do empreendimento - Condomínio Village dos Pássaros V.



Fonte: Google Earth, 2023.

A área de estudo trata-se do Condomínio Village dos Pássaros V composto de um total de 455 (Quatrocentos e cinquenta e cinco) unidades habitacionais distribuídas em 13 (treze) quadras, sendo composto por sistemas de instalações elétrica, hidráulica, sanitária, telefonia, de combate a incêndio, pavimentação em areia e asfalto usinado a quente (AAUQ) e sistema de drenagem. Porém, verificou-se a inexistência dos sistemas prediais de águas pluviais (SPAP), que se considera de fundamental importância, uma vez que a região, a qual o condomínio foi implantado, sofre com problemas de alagamentos e inundações.

3.2 Coleta e análise de dados

Como procedimento metodológico, utilizou-se pesquisa bibliográfica por meio de autores, publicações, artigos e monografias já realizadas acerca do tema e normas que regulamentam como deve ser executada cada etapa do sistema predial de águas pluviais a ser projetado.

Dessa maneira, para sugerir a implementação do Sistema de captação e destinação de águas pluviais do condomínio, tomou-se como base os requisitos de desempenho e parâmetros de projeto recomendados pela NBR 10844 (ABNT, 1989).

Para dimensionamento do projeto de SPAP, fez-se a análise da planta de cobertura da unidade residencial padrão do condomínio em estudo, obtendo-se a vazão de projeto e dimensões mínimas da calha, de forma a conduzir a água, incidente no telhado, para os condutores verticais e horizontais e consequentemente para o sistema de drenagem existente no condomínio.

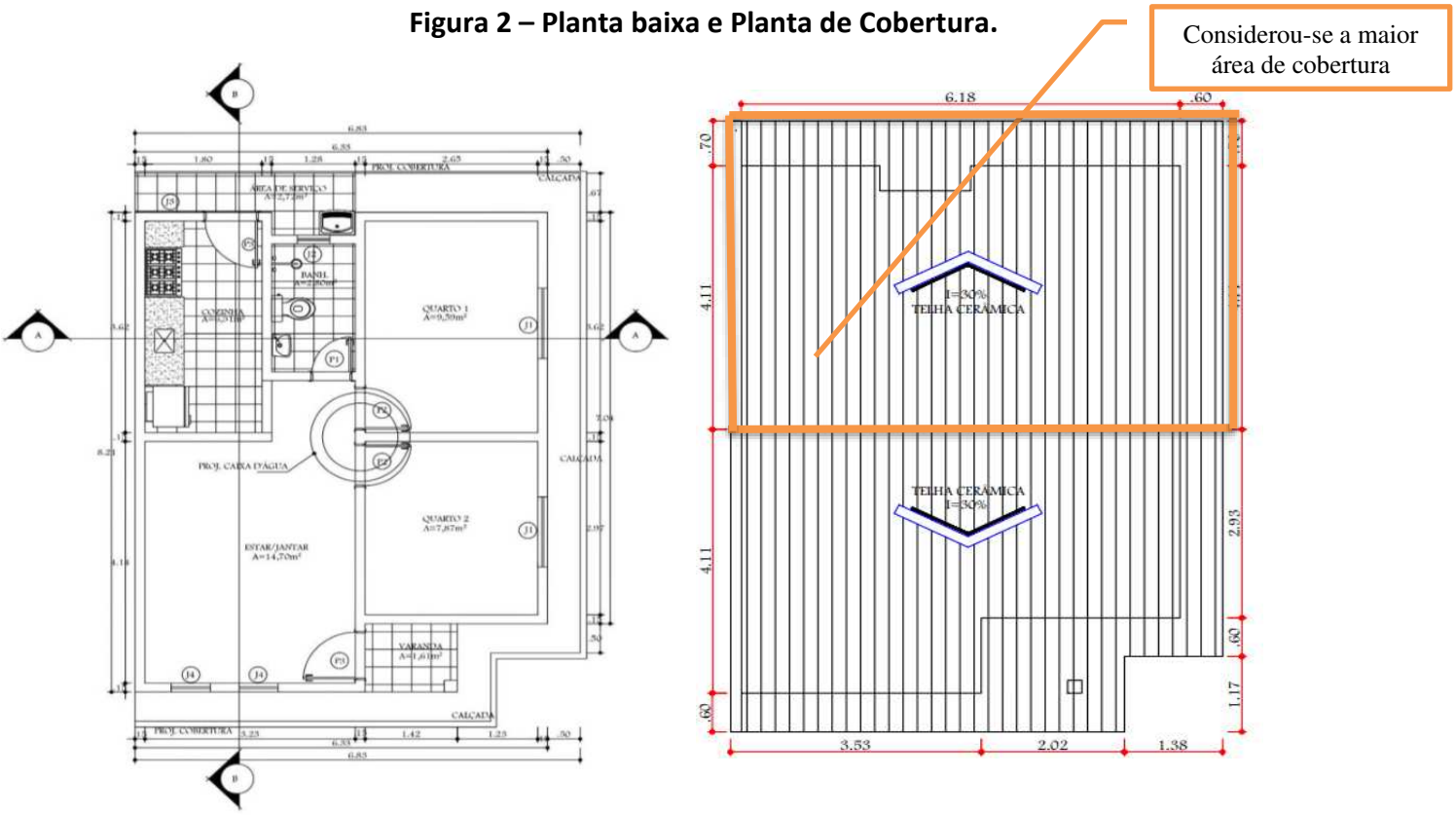
Outrossim, foram apresentados os valores referentes ao quantitativo de todos os materiais utilizados no sistema, levantando-se o custo para implantação do referido sistema em lojas de materiais de construção localizadas nas redondezas do condomínio. Por fim, foi feito uma análise e interpretação dos dados coletados, utilizando ferramentas (Excel®, Autocad® e Word®) que permitiram apresentar as informações referentes a implantação do sistema predial de água pluviais nas residências.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análise da Implantação do Sistema de Dimensionamento SPAP - Projeto e área de captação.

A Figura 2 apresenta a planta da moradia social do condomínio residencial, bem como a planta de cobertura, a qual permitiu conhecimento da área de incidência da chuva e o posicionamento das calhas. A residência objeto de estudo é constituída por 2 dormitórios, sala de estar/jantar, cozinha, banheiro, área de serviço e varanda totalizando 44,62 m² em um terreno de 10m de frente por 15m de fundo. Nesse aspecto, com um beiral de 0,60m e disposto em duas águas com inclinação de 30%, como pode ser visto na Figura 2, a área total da cobertura é de 65,60m², tendo toda essa área considerada na coleta da chuva.

Figura 2 – Planta baixa e Planta de Cobertura.



Fonte: Adaptado, Condomínio Village dos Pássaros V.

4.2 Calhas e condutores verticais.

Para o dimensionamento da calha e dos condutores verticais utilizou-se os parâmetros normativos, que delimita alguns valores e dimensionamento através de expressões matemáticas e ábacos.

Tendo em vista que a planta de cobertura do telhado não é simétrica, calculou-se duas áreas de contribuição do telhado distintas, considerando-se no dimensionamento a maior área de cobertura. A partir da Equação 2, apresentada no item 2.2, obteve-se a seguinte área de contribuição:

a, 4,725 m
h, 1,40 m
b, 6,80 m

$$A = \left(4{,}725 + \frac{1{,}4}{2}\right) * 6{,}8 = 36{,}89m^2 \quad \text{(Eq. 5)}$$

Para determinar a intensidade pluviométrica da cidade de São José de Ribamar, local de implantação do objeto de estudo, considerou-se o uso da equação de intensidade de precipitação, para um período de retorno de 5 anos (CAMPOS et al., 2015).

$$I = \frac{K*TR^a}{(t+b)^c} \quad \text{(Eq. 6)}$$

Sendo:
I, intensidade máxima média de precipitação, mm/h;
TR, período de retorno, anos;
t, duração da precipitação, minutos;
K, a, b e c, Parâmetros ajustados com base nos dados pluviométricos da localidade.

Diante disso, foi possível determinar a intensidade de precipitação da cidade do objeto de estudo, usando os parâmetros fornecidos na Tabela 1:

Tabela 1: Parâmetros da equação de intensidade-duração-frequência ajustados por regressão linear de cidades no estado do Maranhão.

Município	Latitude	Longitude	K	a	b	c
São José do Ribamar	-2,55	-44,067	976,34	0,169	10	0,742

Fonte: Adaptado (Campos et al, 2015)

De acordo com a Equação 6 e os dados fornecidos na Tabela 1, determinou-se o índice pluviométrico.

$$I = \frac{976{,}34*5^{0169}}{(5+10)^{0{,}742}} = 171{,}82mm/h \quad \text{(Eq. 7)}$$

Com a área de contribuição e a intensidade pluviométrica, calculou-se a vazão de projeto utilizando a Equação 1, apresentada no item 2.2.

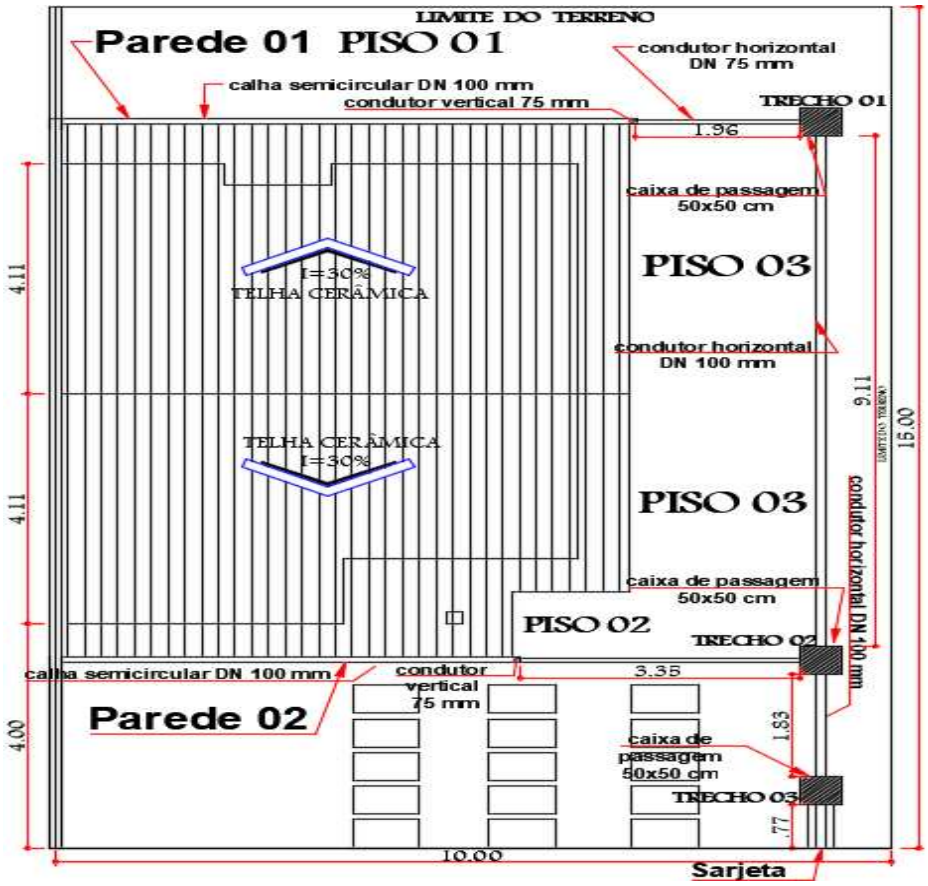
$$Q_P = \frac{1*171{,}82*36{,}89}{60} = 105{,}64L/min \quad \text{(Eq.8)}$$

Segundo Azevedo e Oliveira (2018), as calhas devem ser dimensionadas a partir da determinação da vazão de projeto. Nesse sentido, por se tratar de uma casa popular, com área de cobertura pequena, propõe-se, adotar material de PVC para as calhas, com seção semicircular de DN 100 mm e saída para condutores verticais de 75 mm. O coeficiente de rugosidade utilizado foi o recomendado na NBR 10844 (ABNT, 1989) para materiais plásticos.

Para verificar se o sistema funcionará sob gravidade, utilizou-se equação de taxa de ocupação, Equação 4, referente aos condutores verticais, obtendo-se resultado de 17,66%.

A Figura 3 apresenta a disposição das calhas e condutores verticais e horizontais considerados no dimensionamento do projeto a ser proposto para o condomínio objeto de estudo.

Figura 3: Detalhe dos elementos do SPAP



Fonte: Adaptado, Projeto Condomínio Village dos Pássaros V

Será adotado 2 condutores verticais, conectados aos condutores horizontais e interligados em caixas de passagem. Ademais, propõem-se executar três caixas de passagem enterradas, para amortização da água da chuva no local, cuja interligação será com tubos de PVC, conforme dimensionamento apresentado a seguir.

4.3 Condutores Horizontais

Para calcular a vazão de projeto a ser coletada pelos condutores horizontais, considerou-se as áreas de contribuição das paredes e pisos. Em seguida, calculou-se a vazão de projeto do trecho 1-2 utilizando a fórmula do método racional já apresentada anteriormente.

Para calcular a vazão de projeto a ser coletada pelos condutores horizontais, considerou-se as áreas de contribuição das paredes e pisos. Em seguida, calculou-se a vazão de projeto de cada um dos trechos utilizando a fórmula do método racional apresentada anteriormente. A Tabela 2 apresenta os valores das vazões de projeto obtidas no dimensionamento.

Tabela 2: Área de contribuição e Vazão de projeto

Área de Contribuição	$A_{parede1}$	A_{piso1}	A_{Total1}	Q_p
$Trecho(1-2)$	$10{,}88m^2$	$20{,}75m^2$	$31{,}63m^2$	$196{,}21L/min$
Área de Contribuição	$A_{parede2}$	$A_{piso2,3}$	A_{Total2}	Q_p
$Trecho(2-3)$	$8{,}64m^2$	$31{,}61m^2$	$40{,}25m^2$	$311{,}47L/min$

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Com a vazão de projeto, escolheu-se os condutores horizontais em cada trecho. Desse modo, verificou-se o diâmetro a partir de valores apresentados na NBR 10844 (ABNT, 1989), considerando-se declividade de 1% e material de PVC com coeficiente de rugosidade n=0,011. A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 3: Diâmetros dos condutores verticais

Trechos	Quantidade de condutores	Diâmetro nominal dos condutores (mm)
$Trecho(1-2)$	1	100
$Trecho(2-3)$	2	100

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

4.4 Caixa de Passagem

As caixas de passagem consideradas devem ter dimensões de 50x50x40cm, com 10 cm de espessura. Foram previstas três caixas de passagem (ver Figura 3) para ligação dos condutores verticais, mudança de direção destas tubulações, facilitar a manutenção e direcionar a água coletada em direção a sarjeta. Visando o melhor custo beneficio, propõe-se que as caixas sejam feitas de blocos e tampas de concreto executadas no local. Com isso, verificou-se que cada caixa precisará de 8 blocos e cada tampa de 0,0125m³ de concreto.

4.5 Quantitativo de Materiais e Custos da Implantação do Sistema

A Tabela 4 apresenta os quantitativos a serem considerados na execução do SPAP. Ressalta-se que, os preços unitários foram baseados em pesquisa de custos nas lojas de construção da região.

Tabela 4: Tabela de quantitativos.

Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário	Preço total
Calha de 3 m (100mm pvc)	m	4	129,9	519,6
Calha de 1 m (100mm pvc)	m	1	78,9	78,9
Emenda	und	3	47,9	143,7
Cabeceira (par)	und	2	15,46	30,92
Suporte fixador	und	21	16,76	351,96
Tubo de 3 m (100mm pvc)	m	5	49,25	246,25
Tubo de 3 m (75mm pvc)	m	4	44,9	179,6
Conector de condutor (redução excêntrica)	und	2	17,41	34,82
Joelhos 75mm	und	2	4,5	9
Abraçadeiras	und	6	4,91	29,46
Parafusos 4,0x45mm	und	31	0,08	2,48
Bucha 6mm	und	31	0,4	12,4
Bocal de saída 100 mm p/ 75mm	und	2	50,97	101,94
Total				R$ 1.741,03
Caixas de inspeção e mão de obra				
Descrição	**Unidade**	**Quantidade**	**Preço unitário**	**Preço total**
Blocos de concreto	und	24	3,36	80,64
Tampa de caixa de passagem	m^3	0,0125	431,42	5,39
Pedreiro	diária	2	150	300
Servente	diária	2	100	200
Total				R$ 586,03

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Verifica-se que o custo da implantação do SPAP para cada unidade residencial será de R$ 2.327,06, totalizando R$ 1.058.812,30 com a implantação do referido sistema em todas as unidades residenciais.

5 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa partiu da hipótese de que a ausência de sistemas prediais de águas pluviais pode ocasionar impactos negativos na região do condomínio residencial de baixa

renda. Com a finalidade de minimizar os problemas decorrentes dessa falta e com base nos resultados obtidos, a partir dos parâmetros de dimensionamento conforme recomendações da NBR 10488 (ABNT, 1989), verificou-se a viabilidade econômica, com a implantação do SPAP em cada residência de forma a ressaltar que o custo do sistema em relação ao custo total do empreendimento é baixo, o que não justifica a sua inexistência.

De acordo com os valores apresentados, o custo para cada unidade residencial será de R$ 2.327,06 e com custo total para sua de implantação em todas as unidades residenciais será de R$ 1.058.812,30. Sendo assim, considerando-se o custo de implantação total do condomínio (R$ 51.064.195,44), pode-se dizer que esse valor representa apenas 2,08 %, tornando o SPAP viável para a sua implantação.

Com isso, ressalta-se a importância do SPAP para um condomínio residencial, pois ele permite gestão adequada das águas pluviais incidentes nas edificações e áreas comuns. Além disso, um sistema eficiente contribui para a preservação do ambiente, evitando a erosão do solo, ao direcionar as águas pluviais de forma correta, ajudando a proteger o meio ambiente garantindo a sustentabilidade do condomínio e minimizando os riscos de inundações nas bacias hidrográficas urbanas, a qual o condomínio está inserido.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844:** Águas pluviais - Procedimento. Rio de Janeiro, 1989.

AZEVEDO, A. R. G.; OLIVEIRA, M. B. **Instalações prediais II.** Itaperuna: IBL, 2018.

BRESSAN, C. P. (dezembro de 2006). **Levantamento de Técnicas Para o Dimensionamento de Condutores Verticais em Instalações Prediais de Águas Pluviais.** Itatiba, SÃO PAULO, BRASIL.

CAMPOS, Alcinei Ribeiro et al. Equações de intensidade de chuvas para o estado do Maranhão. **Engenharia na Agricultura**, v. 23, n. 5, p. 435-447, 2015.

GUERRA, Antônio José Teixeira et al. **O início do processo erosivo. Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, v. 339, p. 17-55, 1999.

LIMA, C.A.S; SOUZA, R.S; ALMEIDA, A.K; ALMEIDA, I.K. **Economic feasibility of a rainwater havesting system in a residential condominium in the Brazilian Midwest**. International Journal of Sustainable engineering. v.14. n.6. p.1950-1961. 2021.

MARQUES, E. L. (2017). **Sistema Predial de Águas Pluviais Incorporando Microrreservatórios de Controle do Escoamento.** Porto Alegre.

REIS, R.P.A; ILHA, M.S. de O. **Influência das condições de instalação do sistema predial de água pluvial nas soluções de drenagem na fonte. Ambiente Construído**, v.19, n.1, p.129-141. Porto Alegre, RS. 2019.

RESS, L.D.; HUNG, J. C.; JAMES, L. A. **Impacts of urban drainage systems on stormwater hydrology: Rocky branch watershed, Columbia, South Carolina.** Journal of Flood Risk Management. 13e. págs.1-13. 2020.

TESTON, A.; GERALDI, M.S; COLASIO, B.M; GHISI, E. **Rainwater Havesting in Buildings in Brazil: A Literature Review.** Water, 10,471,25págs. 2018.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva: para áreas urbanas e fins não potáveis.** São Paulo: Navegar, 2003.

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

COMPARAÇÃO DE DIFERENTES PARÂMETROS DE PROJETO APLICADOS AO DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES DO SISTEMA PREDIAL DE ESGOTO SANITÁRIO

Comparison of different design parameters applied to hydraulic sizing of sewage drainage building components

Cibele de Moura Guimarães[1]; Bárbara Gomes Martins [2]; Bruna Fioramonte [3]; Ricardo Prado Abreu Reis [4]

Recebido em 28 de abril de 2023, aprovado em 29 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

Palavras-chave:
Sistemas Prediais Hidrossanitários

Esgoto Sanitário

Dimensionamento Hidráulico

Keywords:

Plumbing Systems

Sewage Drainage

Hydraulic Sizing

RESUMO: A NBR 8160 (ABNT, 1999) aborda a concepção dos sistemas prediais de esgoto sanitário (SPES) e prescreve dois métodos para o dimensionamento do SPES: o somatório de unidades Hunter de contribuição e o método hidráulico. Uma considerável diferença entre eles é que o método hidráulico necessita de parâmetros de projeto relacionados a utilização da edificação, enquanto o método Hunter considera apenas os aparelhos sanitários existentes. Dado o número de parâmetros envolvidos na utilização do método hidráulico, o objetivo deste estudo foi analisar a influência do fator de falha e do número de pavimentos ao utilizar esse método para dimensionar o SPES de um edifício. Para isso, foram utilizadas duas opções de fator de falha: 1% e 5% e os pavimentos avaliados foram 4, 8, 12, 16 e 20. Observou-se que os ramais de descarga e esgoto não sofreram variações com alteração do fator de falha ou número de pavimentos por se tratar de tubulações que recebem contribuição de unidades individuais. Enquanto a progressão da quantidade de pavimentos e redução do fator de falha ocasionou na ampliação dos diâmetros calculados dos tubos de queda e subcoletores diante do aumento da vazão, provocando o aumento de alguns diâmetros nominais.

ABSTRACT: *The NBR 8160 (ABNT, 1999) addresses the design of sewage building systems (SBS) and prescribes two methods for SBS sizing: the sum of Hunter contribution units and the hydraulic method. A significant difference between them is that the hydraulic method requires design parameters related to the building's usage, while the Hunter method considers only the existing sanitary appliances. Given the number of parameters involved in the hydraulic method, the objective of this study was to analyze the influence of the failure factor and the number of floors when using this method to size the SBS of a building. Two options for the failure factor were used: 1% and 5%, and the evaluated floors were 4, 8, 12, 16, and 20. It was observed that the discharge and sewage branches did not undergo variations with changes in the failure factor or the number of floors because they are pipelines that receive contributions from individual units. On the other hand, as the number of floors increased and the failure factor decreased, the calculated diameters of drop pipes and subcollectors increased due to the increased flow rate, resulting in an increase in certain nominal diameters.*

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **GUIMARAES, Cibele de Moura**: Universidade Federal de Goiás, cibeleguimaraes@discente.ufg.br

[2] **MARTINS, Bárbara Gomes**: Universidade Federal de Goiás, barbara_gomes16@discente.ufg.br

[3] **FIORAMONTE, Bruna**: Universidade Federal de Goiás e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, brunafioramonte@discente.ufg.br

[4] **REIS, Ricardo Prado Abreu**: Universidade Federal de Goiás, ricardo_reis@ufg.br

1 INTRODUÇÃO

A NBR 8160 (ABNT, 1999) trata dos critérios de concepção dos componentes dos Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário (SPES). De acordo com Veról Vazquez e Miguez (2020), Carvalho Júnior (2019), Macintyre (2017) e Wise e Swaffield (2002), os ramais de descarga são tubulações que recebem diretamente os efluentes dos aparelhos sanitários, enquanto os ramais de esgoto recebem os efluentes dos ramais de descarga. O tubo de queda é a tubulação vertical existente em edificações com dois ou mais pavimentos, que recebe os efluentes dos ramais de esgoto e descarga. O subcoletor é a tubulação horizontal que recebe os efluentes de um ou mais tubos de queda ou de ramais de esgoto e contém inspeções intercaladas ao longo de seu percurso e interligações.

No Brasil, a NBR 8160 (ABNT, 1999) prescreve dois métodos para dimensionar os componentes do SPES: o método de unidades Hunter de contribuição (UHC) e o método hidráulico. Ambos os métodos são probabilísticos, sendo que o primeiro fornece os diâmetros das tubulações por meio de tabelas, de acordo com o número de aparelhos sanitários que geram contribuição, a declividade adotada e o número de pavimentos da edificação. Já o segundo exige que o engenheiro projetista defina parâmetros, como: número de aparelhos sanitários em uso simultâneo, o intervalo de tempo médio entre descargas consecutivas, duração da descarga, além da taxa de ocupação das tubulações. Esse método tem como principal base o conhecimento do perfil de uso do SPES da edificação, sendo aplicada a distribuição binomial de probabilidades para identificar esses parâmetros.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo consiste em comparar as diferenças dos resultados obtidos pela aplicação do método hidráulico no dimensionamento dos ambientes sanitários de um edifício residencial, quando submetido a diferentes variações dos parâmetros: número de pavimentos e o fator de falha.

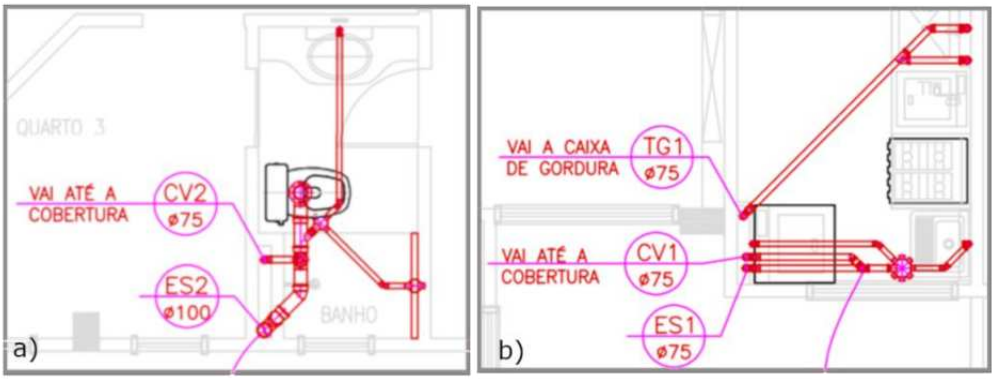
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a realização do dimensionamento do SPES pelo método hidráulico descrito na NBR 8160 (ABNT, 1999), adotou-se um edifício residencial hipotético, contendo: uma cozinha, uma área de serviço e um banheiro (Figura 1). O cenário de estudo considerou apartamentos idênticos, variando o número de pavimentos: 4, 8, 12, 16 e 20.

O traçado e dimensionamento dos componentes do SPHS de cada ambiente sanitário foi definido considerando-se a utilização de tubos de PVC série leve. A vazão unitária dos aparelhos sanitários foi definida conforme a tabela B.4 da NBR 8160 (ABNT, 1999).

Considerando as Equações descritas no Quadro 1, as vazões dos ramais de esgoto foram calculadas usando a Equação 1; os diâmetros dos ramais de descarga, esgoto e subcoletores, foram obtidos por meio das Equações 2 e 3, para o escoamento a ½ e ¾ da seção dos tubos, respectivamente, além de declividades de 1 e 2%; a vazão do tubo de queda foi calculada com base na Equação 4 e seu diâmetro (DTQ) foi estimado com a Equação 5. Para dimensionar o tubo de queda e subcoletor dos pavimentos, somaram-se as vazões de cada aparelho sanitário e seus trechos, além de determinar a duração da descarga, o intervalo médio entre usos, a taxa de ocupação e o fator de falha, utilizando as Tabelas B.1, B.2 e B.3 da NBR 8160 (ABNT, 1999) e, também, foi realizado o dimensionamento pelo método do somatório de UHC para comparar os resultados obtidos. Utilizou-se uma declividade de 1% e um fator de falha de 5% para os ambientes do banheiro, cozinha e área de serviço em todos os pavimentos.

Figura 1 - Traçado e composição dos ambientes a) banheiro e b) cozinha com área de serviço.



Fonte: Autoria própria (2023)

Quadro 1 - Equações matemáticas utilizadas no dimensionamento.

Equação	Formulação Matemática	Item da NBR 8160/1999
1	$Q_e = \sum_{i=1}^{x} (m_i q_i)$	B.2.2.3
2	$d_e = \frac{n^{3/8} . Q_e^{3/8} . I^{-3/16}}{6{,}644}$	B.2.2.1
3	$d_e = \frac{n^{3/8} . Q_e^{3/8} . I^{-3/16}}{8{,}32}$	B.2.2.1
4	$Q_{TQ} = \sum_{i=1}^{n} (m_i q_i)$	B.2.1.2
5	$D_{TQ} = \frac{0{,}116 . n^{3/8} . Q_{TQ}^{3/8}}{t_o^{5/8}}$	B.2.1.1

Sendo:
Q_e: vazão do trecho (L/s);
x: nº de aparelhos sanitários no trecho;
m_i = nº de aparelhos sanitários de um dado tipo i considerando em uso simultâneo;
q_i = vazão unitária do aparelho sanitário do tipo i;
d_e: diâmetro interno do trecho considerado (m);
n: Coeficiente de rugosidade de Manning (PVC = 0,010);
I: Declividade do trecho;
D_{TQ}: Diâmetro interno do tubo de queda (m);
Q_{TQ}: Vazão de projeto no tubo de queda (L/s);
t_o: Taxa de ocupação de água durante o escoamento no tubo de queda (adimensional).

Fonte: Adaptado de NBR 8160 (ABNT, 1999).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Dimensionamento dos ramais de descarga e ramais de esgoto

Quanto ao dimensionamento do ramal de descarga, os diâmetros calculados para o banheiro, variaram de 40 a 75 mm e, para a cozinha e para a área de serviço, a variação foi de 40 a 50 mm. Vale destacar, que os ramais de descarga e esgoto não sofreram variações com alteração

do fator de falha e nem com o número de pavimentos, pois estas tubulações recebem contribuições individuais cada ambiente e os valores de "m_i" eram sempre iguais a 1, já que se tratava de um edifício residencial com apenas 1 aparelho sanitário ligado ao ramal. O Quadro 2 mostra os diâmetros calculados para o banheiro. A mesma abordagem foi aplicada para os demais ambientes. Observa-se também a possibilidade de redução de diâmetros quando comparados com o dimensionamento tradicionalmente realizado por meio do somatório de UHC. Essa redução de diâmetro resulta em um aumento da altura da lâmina d'água e da velocidade, o que pode contribuir com um arraste mais eficiente dos sólidos no interior da tubulação (DEMARCO *et al.* 2013; VALÊNCIO, 2017; BARONI, 218).

Quadro 2 - Resumo dos diâmetros calculados para os ramais de descarga e ramais de esgoto do banheiro.

Tipo	Aparelho Sanitário	Diâmetro definido por UHC (mm)	Diâmetro 1/2 seção		Diâmetro 3/4 seção		Declividade (%)	Fator de Falha (%)	Q (L/s)
			Calculado (mm)	DN adotado	Calculado (mm)	DN adotado			
Ramal de descarga	Bacia com caixa acoplada	100	62,51	75	49,91	50	1,0	-	0,96
	Lavatório	40	27,36	40	21,85	40	2,0	-	0,15
	Chuveiro	40	30,48	40	24,34	40	2,0	-	0,20
Ramal de esgoto	Lavatório + Chuveiro	50 saída da cx. sifonada	37,60	50 saída da cx. sifonada	30,02	50 saída da cx. sifonada	2,0	1,0	0,35
	Lavatório + Chuveiro + Bacia com caixa acoplada	100	70,23	75	56,09	75	1,0	1,0	1,31

Fonte: Autoria própria (2023).

3.2. Dimensionamento dos tubos de queda e subcoletores

No Quadro 3, mostra os resultados dos diâmetros calculados para os tubos de queda e subcoletores provenientes do banheiro bem como o comparativo com os diâmetros encontrados pelo somatório de UHC. Observa-se que o número de pavimentos afeta diretamente os diâmetros dos tubos de queda e subcoletores. Fatores de falha de 1% geram vazões maiores e, consequentemente, diâmetros calculados maiores em comparação com 5%. Resultados similares foram observados para os ambientes de cozinha e área de serviço. Com relação a comparação dos diâmetros definidos por meio do somatório de UHC, observou-se ser possível obter diâmetros inferiores a 100 mm nos tubos de queda e subcoletores, mesmo havendo contribuição de bacias sanitárias.

Quadro 3 - Resumo dos diâmetros calculados para os tubos de queda e subcoletores do banheiro.

Nº de Pavimentos do Edifício	Fator de Falha (%)	Componente	Vazão (L/s)	1/3 Taxa de Ocupação		Somatório de UHC	Componente	Declividade (%)	Diâmetro 1/2 seção		Diâmetro 3/4 seção		Somatório de UHC
				Calculado (mm)	DN adotado (mm)	DN adotado (mm)			Calculado (mm)	DN adotado	Calculado (mm)	DN adotado (mm)	DN adotado (mm)
4	1,0	Tubo de Queda Banho ES2	1,91	72,1	75	100	Subcoletor	1,0	80,9	100	64,6	75	100
	5,0		1,71	50,1	75	100		1,0	77,6	100	62,0	75	100
8	1,0		2,66	72,1	75	100		1,0	91,6	100	73,2	100	100
	5,0		2,31	56,1	75	100		1,0	86,9	100	69,4	75	100
12	1,0		3,06	72,1	75	100		1,0	96,5	100	77,1	100	100
	5,0		2,86	56,1	75	100		1,0	94,1	100	75,2	100	100
16	1,0		4,57	98	100	100		1,0	112,2	150	86,6	100	100
	5,0		3,26	56,1	75	100		1,0	98,9	150	78,9	100	100
20	1,0		4,97	98	100	100		1,0	115,8	150	92,5	100	100
	5,0		3,66	72,1	75	100		1,0	106,7	150	85,2	100	100

Fonte: Autoria própria (2023).

Foram relacionadas as taxas referentes aos diâmetros do tubo de queda e do subcoletor ao realizar os cálculos utilizando o fator de falha de 5% e depois de 1%. No Quadro 5, é possível verificar que, em todos os casos, houve acréscimos percentuais nos valores das vazões e diâmetros calculados nos banheiros dos diferentes cenários de estudo, com a redução do fator de falha de 5% para 1%.

Quadro 5 - Acréscimos percentuais observados na comparação entre a adoção de fator de falha de 5% e 1% nos cálculos dos diâmetros e vazões do banheiro.

<table>
<tr><td rowspan="3">Nº PAV.</td><td colspan="6">ACRÉSCIMOS PERCENTUAIS OBSERVADOS ENTRE FATOR FALHA DE 5% E 1%</td></tr>
<tr><td colspan="2">Diâmetros TUBO DE QUEDA</td><td colspan="3">Diâmetros SUBCOLETOR</td><td rowspan="2">Vazão (%)</td></tr>
<tr><td colspan="2">1/3 Taxa de Ocupação</td><td colspan="2">1/2 seção</td><td colspan="2">3/4 seção</td></tr>
<tr><td>4</td><td>43,9%</td><td rowspan="2">Sem alteração no DN adotado</td><td>4,2%</td><td rowspan="4">Sem alteração no DN</td><td>4,2%</td><td>Sem alteração no DN adotado</td><td>11,7%</td></tr>
<tr><td>8</td><td>28,5%</td><td>5,4%</td><td>5,4%</td><td>DN aumentou</td><td>15,0%</td></tr>
<tr><td>12</td><td>28,5%</td><td rowspan="2">2,6%</td><td>2,6%</td><td rowspan="3">Sem alteração no DN adotado</td><td>7,0%</td></tr>
<tr><td>16</td><td>35,9%</td><td rowspan="2">DN aumentou</td><td>13,5%</td><td>9,7%</td><td>40,2%</td></tr>
<tr><td>20</td><td>35,9%</td><td>8,5%</td><td>8,5%</td><td>35,8%</td></tr>
</table>

Fonte: Autoria própria (2023)

Mesmo com o aumento das vazões e dos diâmetros, não houve um padrão consistente. Não foi possível estabelecer uma relação direta entre os diâmetros calculados e os nominais, pois em algumas situações, houve aumento significativo sem a necessidade de aumentar o DN, em outras, acréscimos pequenos foram suficientes para aumentar o DN. Quando o diâmetro calculado está próximo do DN seguinte, um pequeno acréscimo pode ser suficiente para aumentá-lo, como visto no cenário de 8 pavimentos.

4 CONCLUSÕES

O dimensionamento hidráulico dos SPES proporciona uma concepção mais enxuta dos seus componentes com relação ao dimensionamento realizado pelo somatório de UHC. Inclusive, possibilitando a adoção de prumadas inferiores a 100 mm de diâmetro em banheiros, mesmo considerando a contribuição da bacia sanitária. Conclui-se que o maior impacto do dimensionamento hidráulico na determinação dos componentes do SPES, quando são adotandos diferentes parâmetros de projeto, são observados no tubo de queda e no subcoletor. Esses têm seu diâmetro aumentado com o acréscimo do número de pavimentos e com a adoção de fatores de falha menores. Contudo, não foi possível observar um padrão que determinasse o aumento dos diâmetros por meio dos cenários analisados.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **ABNT NBR 8160**: Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

BARONI, B. T. **Redução dos diâmetros de ramais e coletores nos sistemas prediais de esgotos sanitários.** Dissertação. Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, 2018.

CARVALHO JÚNIOR, R. de. **Instalações Hidráulicas e o projeto de arquitetura**. 12ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2019.

DEMARCO, P.; KOELLER, J.; MARTIN, S.; SWATKOWSKI, L; WHITE, C.; BURGESS, M.The drainline transport of solid waste in buildings. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062 ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 39th, 2013, Nagano, Japão. **Water Supply and Drainage for Buildings.** Nagano: The International Council for Research and Innovation, Commission CIB W062, 2013. Pp. 93-104.

MACINTYRE, A. J. **Instalações hidráulicas: prediais e industriais**. 4 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

VALÊNCIO, I. P. **Desempenho do sistema predial de água e esgoto sanitário com uso de bacias sanitárias de volume de descarga de 4,8 litros.** Dissertação. Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, 2017.

VERÓL, Aline Pires; VAZQUEZ, Eliane Garrido; MIGUEZ, Marcelo Gomes. **Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários - Projetos Práticos e Sustentáveis.** 2 Ed. Rio de Janeiro. Elsevier. 2020.

WISE, A. F. E.; SWAFFIELD, J. A. **Water, Sanitary and Waste Services for Buildings.** 5° Ed. Butterworth Heinemann – Elsevies Science. Woburn, MA. ISBN: 0 7506 5255 1. 2002. 269p.

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE SUFICIÊNCIA DE VENTILAÇÃO PRIMÁRIA OU NECESSIDADE DE VENTILAÇÃO SECUNDÁRIA

Comparative study between sufficiency of primary ventilation or need for secondary ventilation

Cibele de Moura Guimarães [1]; Bárbara Gomes Martins [2]; Bruna Fioramonte [3]; Ricardo Prado Abreu Reis [4]

Recebido em 06 de junho de 2023, aprovado em 31 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

Palavras-chave:

Sistemas Prediais Hidrossanitários

Esgoto Sanitário

Ventilação

Fecho hídrico

Keywords:

Plumbing Systems

Sewage Drainage

Ventilation

Trap seals

RESUMO: Os sistemas prediais de esgoto sanitário (SPES) devem coletar e conduzir de forma adequada e segura os dejetos provenientes dos aparelhos sanitários até seu destino especificado. Além disso, é essencial evitar o retorno dos gases produzidos dentro das tubulações para os ambientes sanitários. Para garantir essa proteção, é necessário dimensionar corretamente o subsistema de ventilação, que pode ser primário ou secundário, de acordo com a NBR 8160 (ABNT, 1999). Nesse contexto, o objetivo deste estudo consistiu em analisar a influência do número de pavimentos e da temperatura ambiente na determinação do tipo de ventilação a ser utilizado no edifício. Para isso, foi realizado o dimensionamento pelo método hidráulico do SPES, seguido pelo dimensionamento do subsistema de ventilação, considerando os dois tipos mencionados na norma, com o intuito de comparar os resultados obtidos. Foi constatado que a necessidade de ventilação secundária varia conforme o número de pavimentos da edificação. Além disso, foi observado que o fecho hídrico dos desconectores pode ser comprometido em ambientes com temperaturas mais elevadas. É fundamental considerar as especificidades de cada projeto, como o número de pavimentos e as condições ambientais, a fim de garantir a eficiência e a segurança dos SPES.

ABSTRACT: *Drainage Sewage building systems (DSBS) must properly and safely collect and convey waste from sanitary appliances to their appropriate destination. Additionally, it is crucial to prevent the return of gases produced within the pipelines into the sanitary areas. To ensure this protection, it is necessary to correctly design the ventilation subsystem, which can be primary or secondary according to NBR 8160* (ABNT, 1999)*. In this context, the objective of this study was to analyze the influence of the number of floors and ambient temperature on determining the type of ventilation to be used in the building. For this purpose, the DSBS was dimensioned using the hydraulic method, followed by the dimensioning of the ventilation subsystem, considering the two types mentioned in the standard, in order to compare the obtained results. It was found that the need for secondary ventilation varies depending on the number of floors in the building. Moreover, it was observed that trap seals can be compromised in environments with higher temperatures. It is essential to consider the specificities of each project, such as the number of floors and environmental conditions, in order to ensure the efficiency and safety of DSBS.*

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **GUIMARAES, Cibele de Moura**: Universidade Federal de Goiás, cibeleguimaraes@discente.ufg.br

[2] **MARTINS, Bárbara Gomes**: Universidade Federal de Goiás, barbara_gomes16@discente.ufg.br

[3] **FIORAMONTE, Bruna**: Universidade Federal de Goiás e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, brunafioramonte@discente.ufg.br

[4] **REIS, Ricardo Prado Abreu**: Universidade Federal de Goiás, ricardo_reis@ufg.br

1 INTRODUÇÃO

O sistema predial de esgoto sanitário (SPES) é composto por dois subsistemas distintos: o de coleta e transporte e o de ventilação. O subsistema de ventilação desempenha um papel fundamental, pois tem como principal objetivo aliviar a pressão no interior das tubulações do SPES e permitir a saída dos gases para a atmosfera, protegendo assim o fecho hídrico presente nos desconectores (GRAÇA, 1985; RODRIGUES, 2004; SWAFFIELD, 2010; ZILIO *et al.*, 2019). Devido à sua relevância para o bom funcionamento do SPES como um todo, no Brasil é possível classificar o sistema de acordo com o tipo de subsistema de ventilação adotado, que pode ser apenas ventilação primária ou uma combinação de ventilação primária e secundária NBR 8160 (ABNT, 1999).

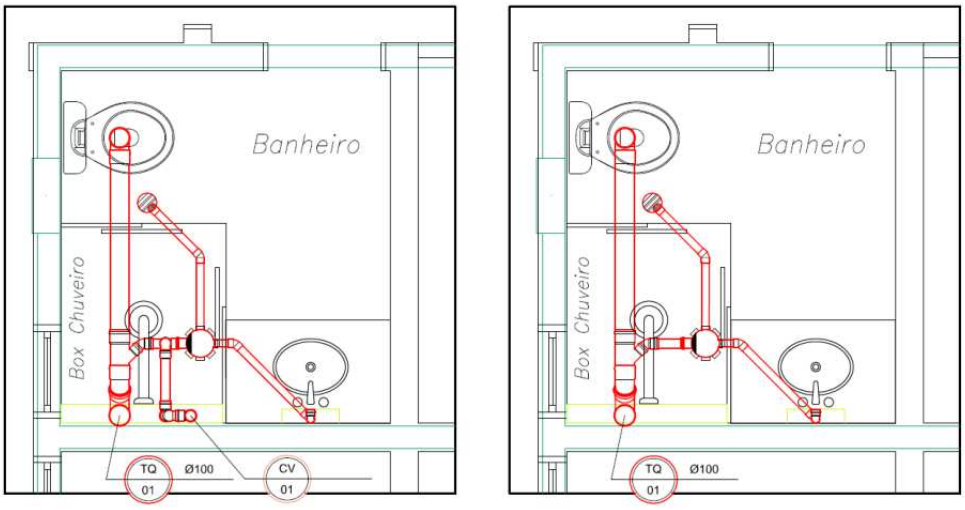
De acordo com o Anexo C da NBR 8160 (ABNT, 1999), há um modelo para avaliar se a ventilação primária é adequada e suficiente para o SPES, verificando se os valores de altura dos fechos hídricos, depressões e sobrepressões permitidos pelo sistema são ultrapassados ou não. Caso a ventilação primária não seja suficiente para atender às necessidades do sistema, recorre-se ao cálculo da ventilação secundária, que é apresentado no Anexo D da referida norma. Nesse anexo, são fornecidas as diretrizes para dimensionar o subsistema de ventilação secundária, o qual é composto por ramais e colunas de ventilação que conectam os ramais de descarga ou esgoto à ventilação primária NBR 8160 (ABNT, 1999).

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi comparar as diferenças nos resultados obtidos em relação ao tipo de ventilação necessária para o SPES do banheiro de um edifício vertical, considerando o dimensionado pelo método hidráulico e, levando em consideração diferentes cenários de número de pavimentos e a temperatura ambiente como variáveis.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para verificar o tipo de ventilação necessária, esse estudo utilizou como base o ambiente de um banheiro contendo uma bacia sanitária, um lavatório e um chuveiro (Figura 1) de um edifício residencial hipotético, variando o número de pavimentos.

Figura 1 - Traçado do SPES para o banheiro (a) considerando ramal de ventilação e ventilação secundária (b) considerando apenas ventilação primária



(a) (b)

Fonte: Autoria própria (2023).

A fim de investigar o impacto da temperatura ambiente no tipo de ventilação requerida, foram selecionadas duas cidades brasileiras com médias de temperatura diferentes e que também possuíssem registros históricos disponíveis. Assim, as cidades de Bom Jesus (RS) e Floriano (PI) foram os cenários considerados para análise das condições de estudo (Quadro 1).

Quadro 1 - Informações referentes a cada uma das cidades

Cenário	Cidade	Estado	Temperatura média anual (º C)	Período da série de dados de temperatura (anos)	Fonte dos dados monitorados
1	Bom Jesus	Rio Grande do Sul	15,20	1991-2020 (30 anos)	Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2022)
2	Floriano	Piauí	28,30		

Fonte: Autoria própria (2023).

Ao dimensionar o subsistema de coleta e transporte de esgoto sanitário foram definidos como desconectores uma caixa sifonada de 150x150x50 mm com grelha e um sifão tipo garrafa com corpo removível e sifão tipo "S" flexível no lavatório (Quadro 2).

Quadro 2 - Dados considerados para o cálculo das perdas de altura do fecho hídrico dos desconectores

Desconector	Altura do fecho hídrico inicial (mm)	Coeficiente de evaporação (mm.m² / nº semana)	Diâmetro de entrada mm	Diâmetro de saída mm	$R_{v,i}$ adm
Caixa sifonada 150x150x50 mm com grelha	47	0,0055	38	50	0,7
Sifão tipo garrafa com corpo removível	37	0,00204	32	40	1,72
Sifão tipo "S" flexível	42	0,00188	19	38	1

Fonte: Adaptado de NBR 8160 (ABNT, 1999).

Definidos os parâmetros de estudo para os cenários, procedeu-se a verificação da suficiência da ventilação primária como subsistema de ventilação. Para tanto, foram analisadas as condições de preservação dos fechos hídricos, conforme determinações da NBR 8160 (ABNT, 1999).

Ao realizar a análise para garantia da integridade da altura do fecho hídrico, foi levado em consideração um período de quatro semanas sem o uso dos aparelhos sanitários, a fim de avaliar o impacto da evaporação do fluido no desconector. Além disso, nas tubulações, foi considerado o escoamento livre e desconsiderado o fenômeno de auto-sifonagem. Para essa primeira verificação foi utilizada a Equação 1 - NBR 8160 (ABNT, 1999).

$$H_{a,i} \geq H_{r,i} \quad \text{(Eq. 1)}$$

Sendo:
$H_{a,i}$: perda de altura do fecho hídrico admissível para o desconector i, em milímetros;
$H_{r,i}$: perda de altura do fecho hídrico provocada por auto-sifonagem, em milímetros - para este estudo $H_{r,i}$ = 0 , considerando ramais com escoamento livre, conforme previsto na NBR 8160 (ABNT,1999);

Para a verificação da segunda condição, referente a depressão admissível no sistema, foi utilizada a Equação 2 para análise. Em cada um dos desconectores a depressão admissível deve ser maior ou igual a pressão máxima provocada pelos efeitos da sifonagem induzida, tiragem térmica, ação do vento e variações da depressão ambiental NBR 8160 (ABNT, 1999).

$$D_{a,s} \geq D_r \quad \text{(Eq. 2)}$$

Sendo:
$D_{a,s}$: é a depressão admissível no sistema, em Pascal;
D_r : é a depressão máxima provocada pelos efeitos de sifonagem induzida, tiragem térmica e ação do vento e das variações da pressão ambiental, em Pascal.

Por fim, para a terceira verificação foi utilizada a Equação 3 para análise da sobrepressão admissível em cada um dos desconectores. Nestes, a sobrepressão admissível deve ser maior ou igual a sobrepressão máxima resultante dos efeitos de sobrepressão e das variações da pressão ambiental no desconector NBR 8160 (ABNT, 1999).

$$S_{a,s} \geq S_r \quad \text{(Eq. 3)}$$

Sendo:
$S_{a,s}$: é a sobrepressão admissível no sistema, em Pascals;
S_r : é a sobrepressão máxima no sistema, em Pascals.

A suficiência da ventilação primária era considerada aceitável quando, após às três condições analisadas, quanto a preservação da altura dos fechos hídricos sob ação de depressões e sobrepressões nos desconectores, fossem aceitas. Caso contrário, foi considerada necessária a ventilação secundária no sistema. Ressalta-se que as equações complementares empregadas nas análises realizadas neste estudo, podem ser verificadas no Anexo C da NBR 6180 (ABNT, 1999).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise da integridade da altura do fecho hídrico dos desconectores

Quanto a primeira análise realizada, referente a integridade da altura do fecho hídrico em cada desconector, a condição estabelecida foi atendida para todos os ambientes, em todos os pavimentos dos dois cenários considerados. O Quadro 3 mostra que a perda de altura do fecho hídrico admissível para os desconectores do banheiro ($H_{a,i}$) foi, em todos os casos, maior que a perda ocasionada pelo efeito de auto-sifonagem ($H_{r,i}$).

Quadro 3 - Resultados da análise referente a integridade da altura do fecho hídrico dos desconectores dos banheiros.

<table>
<tr><th colspan="2">Temperaturas</th><th>15,2 ºC</th><th>28,3ºC</th><th>15,2 ºC</th><th>28,3ºC</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Número de pavimentos</td><td rowspan="2">1ª Condição
$H_{a,i} \geq H_{r,i}$</td><td>Bom Jesus</td><td>Floriano</td><td>Bom Jesus</td><td>Floriano</td></tr>
<tr><td colspan="2">$H_{a,i}$ (mm)</td><td colspan="2">$H_{r,i}$ (mm)</td></tr>
<tr><td>4</td><td rowspan="5">Atendida</td><td colspan="2" rowspan="5">26,56</td><td colspan="2" rowspan="5">0,0</td></tr>
<tr><td>8</td></tr>
<tr><td>12</td></tr>
<tr><td>16</td></tr>
<tr><td>20</td></tr>
</table>

Fonte: Autoria própria (2023).

3.2 Análise da depressão admissível nos desconectores

O Quadro 4, mostra que as condições para o aceite de pressão negativa no SPES foram atendidas para edifícios de até 8 pavimentos, independente das cidades. Já para um edifício de 12 pavimentos, a condição só foi atendida para a Bom Jesus, onde a temperatura média ambiente é menos elevada. A partir do 16° pavimento, nenhum dos cenários atendeu a condição quando a depressão admissível no SPES.

Quadro 4: Resultados da análise referente a depressão nos desconectores dos banheiros.

Número de pavimentos	Bom Jesus (15,2 ºC)		Floriano (28,3 ºC)	
	2ª Condição $\mathbf{D_{a,s} \geq D_r}$			
	$\boldsymbol{D_{a,s}\ (Pa)}$	$\boldsymbol{D_r\ (Pa)}$	$\boldsymbol{D_{a,s}\ (Pa)}$	$\boldsymbol{D_r\ (Pa)}$
4	412,28	187,90	412,28	292,93
	Condição atendida		Condição atendida	
8	412,28	251,03	412,28	405,72
	Condição atendida		Condição atendida	
12	412,28	353,89	412,28	606,67
	Condição atendida		Condição não atendida	
16	412,28	426,89	412,28	763,33
	Condição não atendida		Condição não atendida	
20	412,28	537,45	412,28	1025,19
	Condição não atendida		Condição não atendida	

Fonte: Autoria própria (2023)

3.3 Análise das sobrepressões admissível no sistema

A terceira condição de verificação quanto a suficiência da ventilação primária foi atendida em todos os ambientes, de todos os pavimentos e em ambos os cenários (Quadro 5).

Quadro 5: Resultados da análise referente a sobrepressão admissível no SPES

Temperaturas		15,2 ºC	28,3ºC	15,2 ºC	28,3ºC
Número de pavimentos	3ª Condição $\mathbf{S_{a,s} \geq S_r}$	Bom Jesus	Floriano	Bom Jesus	Floriano
		$\mathbf{S_{a,s}}$ (Pa)		$\mathbf{S_r}$ (Pa)	
4	Atendida	461,07		0,0	
8					
12					
16					
20					

Fonte: Autoria própria (2023)

Conforme, análise das três condições previstas na NBR 6180 (ABNT, 1999) e, considerando os cenários de estudo, o edifício construído na cidade de Floriano, teria ramal de ventilação e ventilação secundária para edifícios a partir de 12 pavimentos e, Bom Jesus para edifícios superiores a 16 pavimentos. Diante dessa necessidade, foi realizado o dimensionamento hidráulico conforme previsto na NBR 6180 (ABNT, 1999) resultando em um ramal de ventilação com diâmetro de 50 mm e uma coluna de ventilação de 75mm.

A análise também foi realizada para os ambientes de cozinha e área de serviço. Para a análise da cozinha, os resultados foram similares aos do banheiro. Já na área de serviço, para Bom Jesus a condição foi atendida independente do número de pavimentos. Para Floriano foi observada a necessidade de ventilação secundária apenas a partir do 20º pavimento.

4 CONCLUSÕES

A determinação adequada do tipo de ventilação a ser utilizado em uma edificação é essencial para garantir a preservação dos fechos hídricos dos desconectores e manter um ambiente livre de maus odores causados pelo retorno de gases provenientes da decomposição do esgoto sanitário. Com este estudo, chegou-se à conclusão de que a necessidade de ventilação secundária varia de acordo com o pavimento da edificação. Verificou-se também que ambientes com temperaturas mais elevadas podem comprometer o fecho hídrico, como ocorreu na cidade de Floriano, onde a alta temperatura ambiente influenciou a necessidade de ventilação secundária nos banheiros a partir do 12º pavimento, enquanto em Bom Jesus, onde a temperatura ambiente é mais baixa, isso ocorreu a partir do 16º pavimento. Observou-se uma diferença de quatro pavimentos também para a área de serviço.

Ressalta-se que dentre as três condições estabelecidas pela NBR 6180 (ABNT, 1999) para a verificação de suficiência da ventilação primária, a condição referente a solicitações de depressão admissível no sistema é a que exerce maior influência nesta decisão. Isso ocorre porque tanto a primeira condição quanto a terceira, na referida norma, estabelecem simplificações que praticamente definem as condições como atendidas. Quanto a trabalhos futuros, recomenda-se analisar o aumento de temperatura em relação à diminuição da umidade relativa no ambiente sanitário, a fim de avaliar quais taxas são mais significativas quanto a influência no sistema.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **ABNT NBR 8160**: Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

GRAÇA, M. E. A. **Formulação de modelo para avaliação das condições determinantes da necessidade de ventilação secundária em sistemas prediais de coleta de esgotos sanitários.** 1985. 384 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade de São Paulo, São Paulo.

INMET. BDMEP - **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa.** Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/>. Acesso em: 15 dez. 2022.

RODRIGUES, R. **Desconectores nas instalações prediais de esgoto: uma avaliação crítica.** 2004. 110 p. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia), Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo.

SWAFFIELD, J. **Transient Airflow in Building Drainage Systems.** 1° Ed. Taylor & Francis. ISBN: 0-203-87975-9. 2010. 359p.

ZILIO, L.; FERNANDES, V.; SCORTEGAGNA, V.; FIORI, S.; SETOLI, A. Verificação dos comprimentos máximos de ventilação – estudo de caso para banheiros residenciais, **Anais SISPRED 2019.** In: XIII Simpósio Nacional De Sistemas Prediais, São Paulo.

PAINEL 7

Patologias nos Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários e Gestão de Águas Pluviais

BOOK OF PAPERS
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS [SISPRED 2023]

Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina (CCT-UDESC)
● 2023

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

NOTA TÉCNICA

ESTUDO DE CASO – DESCONFORTO DO USUÁRIO RELACIONADO À BAIXA PRESSÃO DE ÁGUA DISPONÍVEL NO PONTO DE CONSUMO

Case study – User discomfort related low water pressure available at the point of use

Leonardo L. Duarte[1]; Emanuel Peçanha [2]; Giovanni P. R. Costa [3] ; Lucas Ávila [4]; Paulo G. Silva[5]; Pedro A. V. Azevedo [6]; Rian Cardozo [7]; Diego A. Custódio[8]

Recebido em 09 de junho de 2023, aprovado em 28 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

Palavras-chave:
Desempenho
Desconforto
Sistemas Prediais

Keywords:
Performance
Discomfort
Building Systems

RESUMO: O dimensionamento incorreto do sistema hidrossanitário pode acarretar problemas diversos, entre eles a falta de pressão em um ponto de consumo, causando desconforto do usuário. Neste estudo de caso foram identificadas anomalias e falhas existentes em um Sistema hidráulico durante uma ampliação de uma edificação residencial unifamiliar, determinando a causa do desconforto dos usuários durante o uso do chuveiro elétrico. Por meio de uma vistoria no local e da elaboração de levantamento "como construído" a partir de anamnese com o construtor da edificação, foi possível calcular a pressão disponível no ponto de consumo do chuveiro elétrico por meio da aplicação da equação de Bernoulli. Constatou-se que a pressão disponível no ponto de consumo do chuveiro elétrico é de aproximadamente 5,90 kPa, inferior ao recomendado mínimo pela norma de 10 kPa. Além da pressão disponível abaixo do mínimo especificado em norma, constatou-se a inexistência de manutenções periódicas no sistema e que as instalações existentes não atendem aos critérios de manutenibilidade recomendados. A partir destas constatações, foi sugerida a alteração de traçado e calculada a pressão disponível no ponto de utilização mais desfavorável desta nova instalação para verificação do atendimento das recomendações de norma, obtendo-se uma pressão disponível de aproximadamente 10,27 kPa.

ABSTRACT: Incorrect sizing of the plumbing system can lead to problems, including insufficient pressure at a point of consumption, causing discomfort for the user. In this case study, anomalies were identified in a hydraulic system built during an expansion of a single-family residential building, determining the cause of user discomfort when using the electric shower. Through an on-site inspection and an as-built survey based on interviews with the building contractor, it was possible to calculate the available pressure at the point of consumption of the electric shower using the Bernoulli equation. It was found that the available pressure at the point of consumption of the electric shower is approximately 5.90 kPa, which is below the minimum recommended by the standard of 10 kPa. In addition to the pressure being below the specified minimum standard, it was found that there were no regular maintenance procedures in the system, and the existing installations do not meet the recommended criteria for maintainability. Based on these findings, it was suggested to modify the layout and calculate the available pressure at the most unfavorable utilization point of this new installation to verify compliance with the normative recommendations, resulting in an available pressure of approximately 10.27 kPa.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **DUARTE, Leonardo de Lima**: Centro Universitário Estácio de Sá, duarteleonardo@live.com.
[2] **PEÇANHA, Emanuel**: Centro Universitário Estácio de Sá, Emanuel.pecanha@gmail.com;
[3] **COSTA, Giovanni P. Rossenttini**: Centro Universitário Estácio de Sá, giovanniprc72@gmail.com;
[4] **ÁVILA, Lucas Vinicius**: Centro Universitário Estácio de Sá, viniciusavilalucas@gmail.com;
[5] **SILVA, Paulo Gilvane da**: Centro Universitário Estácio de Sá, paulogilvane@gmail.com;
[6] **AZEVEDO, Pedro A. Vieira DE**: Centro Universitário Estácio de Sá, pedroarthurazevedo@hotmail.com;
[7] **CARDOZO, Ryan**: Centro Universitário Estácio de Sá, rianmc40@gmail.com;
[8] **CUSTÓDIO, Diego A**: Centro Universitário Estácio de Sá, diego.custodio@estacio.br.

XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS (SISPRED 2023)

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Gnipper (2010), as falhas de maior incidência no geral não envolvem sérios riscos à vida ou à saúde, mesmo assim causam aborrecimentos e desconfortos decorrentes dos sintomas comuns de suas manifestações.

O objetivo geral deste trabalho é identificar as manifestações patológicas existentes nas instalações hidráulicas da edificação residencial ampliada através da realização de uma vistoria pontual, verificando as possíveis causas para o desconforto relatado pelo usuário. Sendo os objetivos específicos verificar se a pressão mínima que chega no ponto de consumo mais desfavorável, apontar possíveis alterações no sistema hidráulico que promoveriam aumento de conforto durante o uso e recomendar ações para recuperar ou preservar os sistemas hidráulicos existentes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Gomide (2021), a investigação técnica é uma ferramenta da engenharia para aprimorar a qualidade ou determinar responsabilidades, e que, neste âmbito, a vistoria predial pode ser utilizada como meio para investigar as causas de uma manifestação patológica, por meio dos diagnósticos, prognósticos e prescrições técnicas.

Conforme Gnipper (2010), um método adequado de investigação e supressão de patologias em sistemas hidráulicos e sanitários é o método de Lichtenstein, que consiste primeiro na identificação do problema por meio de vistoria do local e de anamnese com os responsáveis da edificação, seguido de ensaios de laboratório ou pesquisa bibliográfica para apontar um diagnóstico e por fim definir uma conduta apontando a terapia adequada para resolução do problema.

Segundo Amorim (1997), dentre as patologias verificadas em sistemas prediais hidrosanitários (SPH), 40% têm origem no projeto. Gnipper (2010) complementa citando a falha de dimensionamento, a falta de detalhamentos das instalações e a falta de compatibilização com os diversos subsistemas, como fatores predominantes de falhas em projetos de SPH.

3 MÉTODO

A partir do método de Lichtenstein citado por Gnipper (2010), considerando o relato dos usuários da instalação objeto de estudo sobre os problemas existentes durante o uso do chuveiro, foi definido o plano de ação à seguir:

3.1 Levantamento de dados das instalações hidráulicas

Com o objetivo de compreender as instalações existentes primeiramente foi realizada uma vistoria para identificar as instalações construídas, realizar levantamento das anomalias presentes e realizar anamnese para obter informações pertinentes sobre a edificação.

A vistoria se limitou ao sistema hidráulico relacionado a ampliação realizada no ano de 2015, objeto de manifestações patológicas apontadas pelos usuários, não se estendendo aos demais ambientes ou sistemas da edificação.

3.2 Levantamento das anomalias e/ou falhas existentes

Esta etapa teve como objetivo levantar as anomalias e falhas existentes na instalação hidráulica. Foram avaliados aspectos visuais de funcionamento, como traçado da tubulação e estado geral dos tubos e conexões aparentes, além de levantamento "como construído" para cálculo da pressão disponível no ponto de utilização mais desfavorável, neste caso o chuveiro.

Devido a inexistência de projeto hidrossanitário, o levantamento "como construído" foi elaborado por meio de anamnese com o proprietário, sendo ele próprio o construtor responsável desta instalação objeto de estudo.

O traçado da tubulação foi avaliado utilizando-se dos parâmetros da NBR-5626 (ABNT, 2020) vigente na data de construção da edificação.

Para cálculo da pressão disponível no ponto de utilização mais desfavorável foi utilizada a Equação 1 (Equação de Bernoulli).

$$Z_a + \frac{v_a^2}{2g} + \frac{P_a}{\gamma} - hf = Z_b + \frac{v_b^2}{2g} + \frac{P_b}{\gamma} \qquad \text{(Eq. 1)}$$

Sendo:
Za é a cota altimétrica do ponto (m);
v é a velocidade de escoamento (m/s);
g é a aceleração da gravidade (m/s²);
P é a pressão disponível (Pa);
γ é o peso específico da água (N/m³);
hf é a perda de carga (mca).

A cota altimétrica foi obtida através do levantamento "como construído". Para obter a velocidade de escoamento em determinado ponto, foi utilizado a Equação 2 (Equação da continuidade).

$$Q = Av \qquad \text{(Eq. 2)}$$

Sendo:
Q é a vazão (m³/s);
A é a área da seção do tubo (m²);
V é a velocidade (m/s).

A vazão pode ser calculada adotando-se a vazão estimada de cada equipamento hidráulico conforme presente na NBR-5626 (ABNT, 2020) e a área de seção do tubo é uma variável conhecida por meio do levantamento como construído.

A perda de carga pode ser obtida através das expressões de Fair-Whipple-Hsiao:

$$J = 8{,}69 \times 10^{6} \times Q^{1{,}75} \times D^{-4{,}75} \quad \text{(Eq. 3)}$$

Sendo:
J, perda de carga unitária (kPa/m);
Q, Vazão estimada na seção (L/s);
D, diâmetro interno do tubo (mm).

Para cálculo do comprimento total do trecho, foi considerado o comprimento equivalente das conexões de acordo com o catálogo técnico da fabricante Tigre.

3.3 Recomendação de ações

Esta etapa tem como objetivo apresentar as ações a serem tomadas para corrigir as anomalias e/ou falhas existentes. Foi dimensionado um novo traçado que atendesse às recomendações normativas e calculado a pressão disponível no ponto de utilização mais desfavorável deste novo traçado para garantir a pressão mínima disponível no ponto de consumo de 10 kPa NBR 5626 (ABNT, 2020).

4 RESULTADOS

4.1 Levantamento das instalações hidráulicas

A instalação hidráulica objeto deste estudo de caso faz parte de uma ampliação realizada em uma edificação residencial unifamiliar existente no município de São José, Santa Catarina. Esta ampliação consistiu na execução de um banheiro, sendo instalado um reservatório para atendimento exclusivo.

A instalação compreende um reservatório superior de água fria e um sistema de distribuição que alimenta os aparelhos sanitários de um banheiro. O reservatório de água fria é da marca Tigre, com capacidade para 500 litros, o sistema de distribuição aparente é através de tubos de PVC soldável com diâmetro de 50 mm.

4.2 Anamnese

Na anamnese foi identificado como principal problema das instalações pelos usuários desconforto durante o uso do chuveiro. Verificou-se a ausência de manutenções na rede ou no reservatório desde sua construção no ano de 2015.

Foi informado pelo proprietário que não houve contratação de engenheiro habilitado para elaboração de projetos de nenhuma espécie, tampouco para acompanhamento da execução da obra, ele próprio foi o construtor responsável, executando a parte civil e terceirizando com um profissional que se apresentou como encanador. O proprietário não possui nenhuma formação técnica e não soube informar se o encanador possuía.

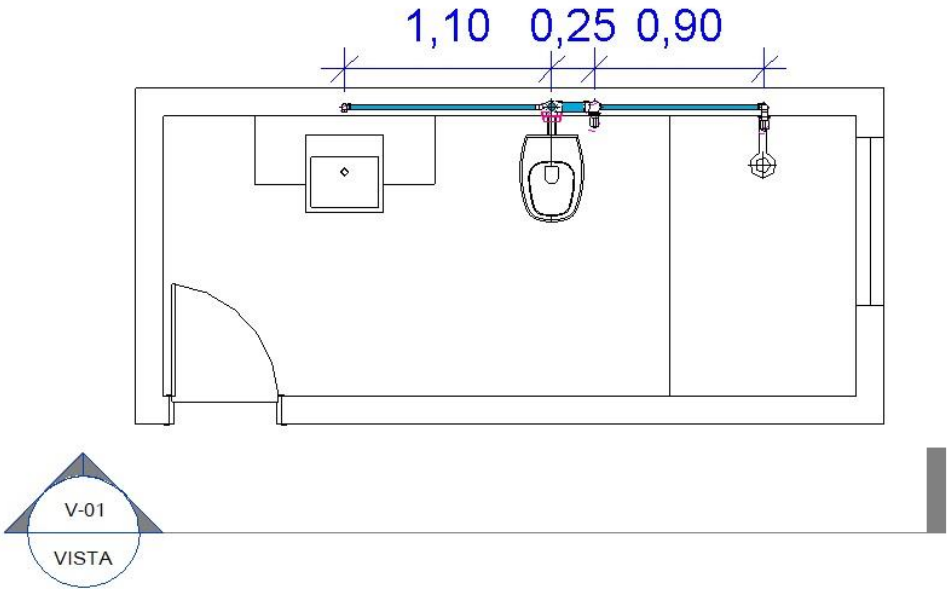
O proprietário identificou o traçado realizado pela tubulação a partir das lembranças da época da construção. Por meio dos apontamentos do proprietário foi elaborado o levantamento apresentado na Figura 1, identificando o provável traçado da tubulação, as conexões existentes e o croqui das instalações apresentado nas Figuras 2 a 4.

Figura 1 - Provável traçado



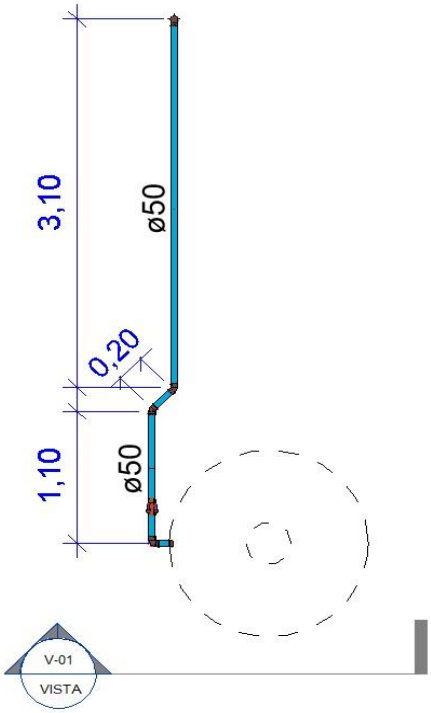
Fonte: O autor (2023).

Figura 2 - Croqui planta baixa térreo



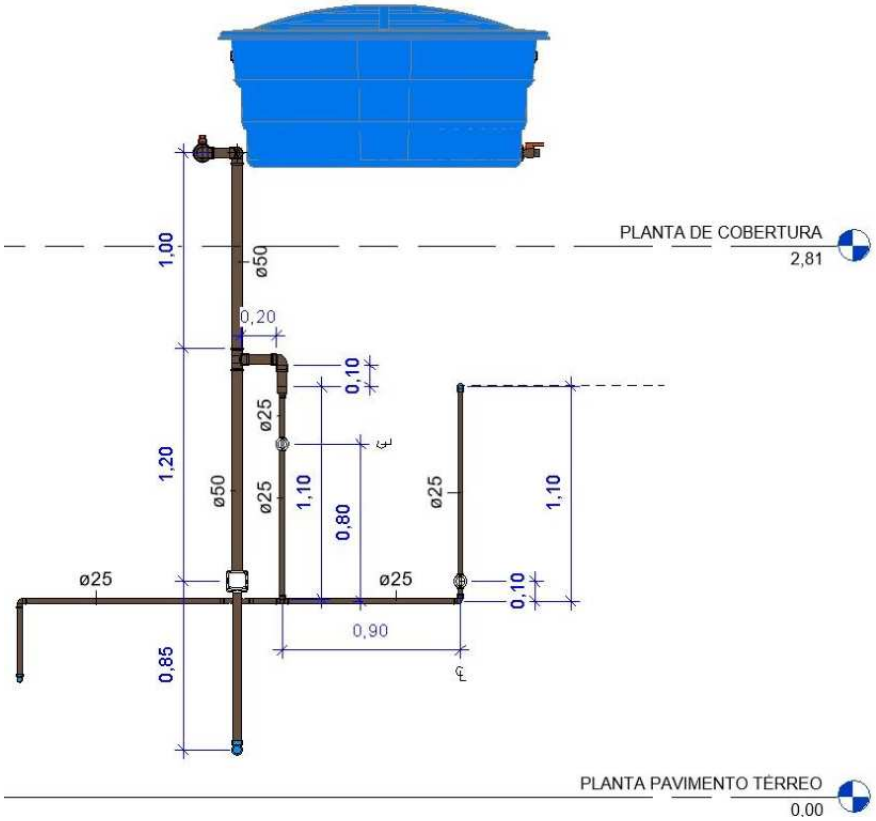
Fonte: O autor (2023).

Figura 3 - Croqui planta baixa cobertura



Fonte: O autor (2023).

Figura 4 - Croqui vista frontal



Fonte: O autor (2023).

4.3 Levantamento de anomalias e falhas

A partir da identificação na anamnese da ausência de projeto, iniciou-se o levantamento de anomalias a partir da verificação de dimensionamento do sistema hidráulico e do atendimento da norma quanto à pressão mínima admissível em qualquer ponto de consumo.

Utilizando-se das vazões mínimas de projeto para cada aparelho sanitário conforme NBR 5626 (ABNT, 1998), considerou-se a vazão do chuveiro de 0,10 L/s, da bacia sanitária com válvula de descarga de 1,70 L/s, e do lavatório de 0,15 L/s.

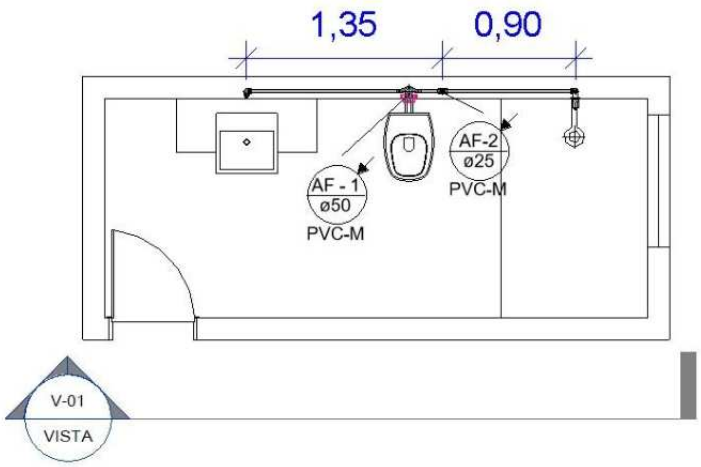
A pressão disponível no chuveiro foi estimada em 5,90 kPa, inferior aos 10 kPa mínimos especificados em norma. Outra falha de dimensionamento e execução constatada foi a de não utilizar sistemas independentes de distribuição para a válvula de descarga da bacia sanitária, visto que é um componente de alta vazão, sua instalação na mesma distribuição dos demais aparelhos sanitários prejudica a utilização simultânea de equipamentos.

Avaliando a questão de manutenibilidade, é possível constatar que as instalações existentes não favorecem a manutenção, não sendo possível percorrer o perímetro do reservatório para avaliação de estanqueidade por exemplo, além de o reservatório estar instalado em local com difícil acesso sobre a laje de cobertura. Não foi instalada tubulação exclusiva para realização de limpeza do reservatório.

4.4 Recomendações de ações

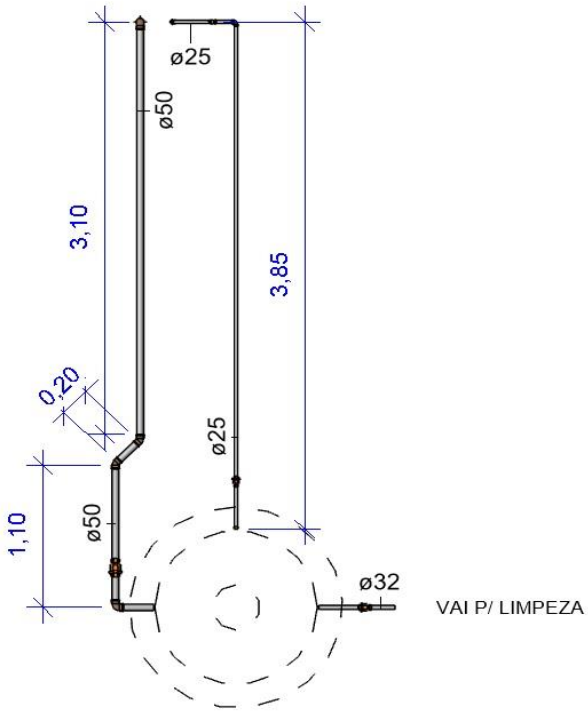
A partir da identificação das falhas de dimensionamento e traçado da tubulação, foi elaborado um croqui com sugestão de alteração da distribuição avaliando a pressão disponível no chuveiro com este novo traçado. A sugestão para o sistema de distribuição foi realizada considerando o menor nível de interferência possível na construção existente para que represente também o menor custo possível para viabilizar a alteração. Foi sugerido a separação do ramal que alimenta os pontos do chuveiro e do lavatório, daquele que alimenta a bacia sanitária com válvula de descarga, e também a instalação de um ramal para limpeza do reservatório.

Figura 5 - Croqui esquemático térreo alteração distribuição.



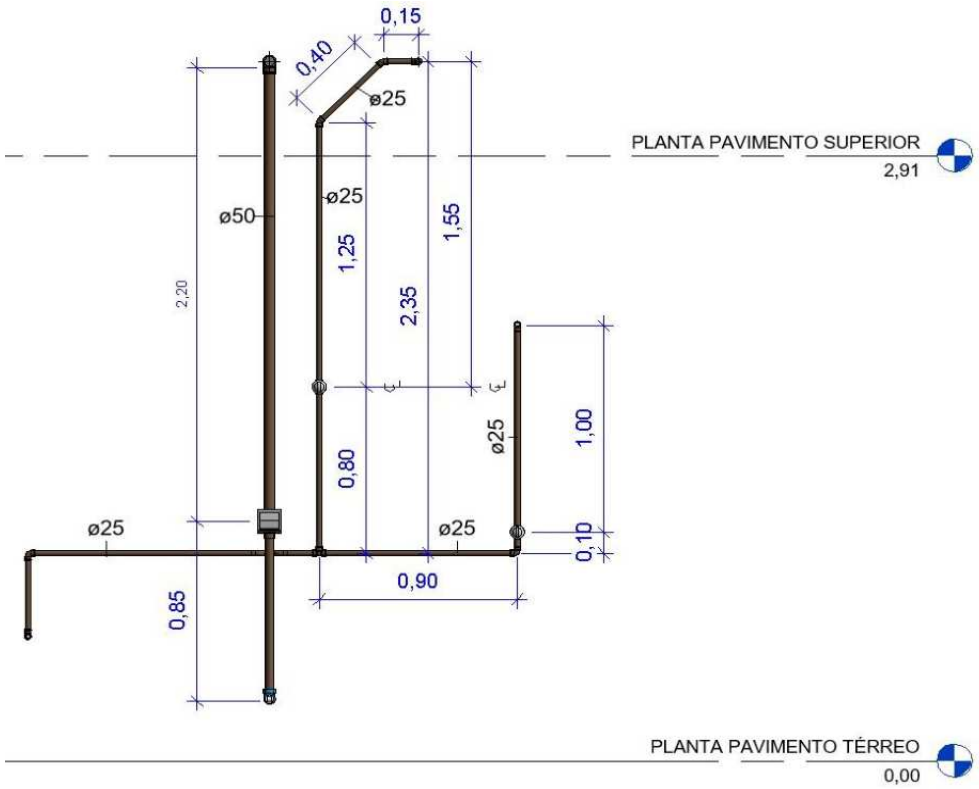
Fonte: O autor (2023).

Figura 6 - Croqui esquemático cobertura alteração distribuição.



Fonte: O autor (2023).

Figura 7 - Croqui esquemático alteração distribuição.



Fonte: O autor (2023).

A pressão disponível no chuveiro para o novo traçado foi de 10,27 kPa.

6 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, é possível concluir que o relato do usuário de desconforto durante o uso esteve relacionado com a pressão disponível no ponto de consumo, pois a pressão é inferior ao mínimo recomendado para o funcionamento correto do sistema. Conclui-se ainda que, além da falha relacionada ao desempenho do sistema, existe neste sistema hidráulico outras incompatibilidades com a norma, como o traçado inadequado, o não atendimento aos critérios de manutenibilidade e a falta de manutenção periódica.

Para o sistema alcançar o requisito mínimo de pressão disponível no ponto de consumo descrito em norma, é necessário a alteração do traçado, separando a distribuição hidráulica para a válvula de descarga da distribuição hidráulica para os demais pontos. Assim, a pressão disponível passa a ser maior que a mínima recomendada pela norma, porém os critérios de manutenibilidade continuam em desacordo, não sendo possível do ponto de vista econômico a execução de alterações que atendam o referenciado na bibliografia existente.

REFERÊNCIAS

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

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

AMORIM, S. V.; **Metodologia para estruturação de sistemas de informação para projeto dos sistemas hidráulicos prediais.** 1997. 213 f. Tese (Doutorado). São Paulo: Universidade de São Paulo, 1997.

GOMIDE, T. L. F.; [ET AL]. **Manual de engenharia diagnóstica: desempenho, manifestações patológicas e perícias na construção civil.** 2ª Edição. São Paulo: Leud, 2021. 432p.

GNIPPER, Sérgio Frederico. **Diretrizes para formulação de método hierarquizado para investigação de patologias em sistemas prediais hidráulicos e sanitários.** 2010, 283 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2010.

TIGRE, Manual Técnico. **Orientações técnicas sobre instalações hidráulicas prediais.** Tigre, Joinville, 2023.

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

ESTUDO DA INCIDÊNCIA DE FALHAS DE SISTEMAS PREDIAIS HIDROSANITÁRIOS (SPHS) EM MORADIAS SOCIAIS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO: MELHORIAS SANITÁRIAS DOMICILIARES EM TERRITÓRIOS POPULARES

Study of the Incidence of Failures in Hydrosanitary Building Systems (SPHS) in Social Housing in the City of Rio de Janeiro: Improvements Home Sanitary in Popular Territories

Ágatha Correia de Rezende Gomes [1]; Vinicius Masquetti Conceição [2]

Recebido em 11 de junho de 2023, aprovado em 25 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

Palavras-chave:
Sistemas prediais
Saneamento urbano
Moradias sociais
Patologias dos SPHS
Melhorias sanitárias

Keywords:
Building systems
Urban sanitation
Social housing
Plumbimb Systems Pathologies
Sanitary improvements

RESUMO: Os sistemas prediais em geral, são importantes para a habitação dos espaços, para o bem estar do usuário e saúde pública. No entanto, quando a atenção está voltada para territórios populares constituídos por sua grande totalidade de moradias sociais, se depara na maioria dos casos, com o desempenho desconforme de tais sistemas prediais e até mesmo, com a inexistência destes. A partir do exposto, este trabalho concentrou-se em duas etapas: a primeira etapa, trata do reconhecimento dos saberes construtivos em territórios populares; a segunda etapa, teve por objetivo investigar a incidência de falhas dos SPHS em moradias sociais, com um olhar direcionado para as residências estudantis, tipologia predominante no objeto de estudo, visando elaborar um diagnóstico e propostas terapêuticas, que possam ser aplicadas nessas localidades. Para tanto, foi realizado um estudo de caso na Comunidade da Vila Residencial da Universidade do Rio de Janeiro (UFRJ), que fica localizada dentro da Ilha do Fundão/RJ, na Cidade Universitária. Espera-se que os resultados advindos deste estudo possam contribuir para a geração e disseminação de informações técnico-científicas da incidência de manifestações patológicas em moradias sociais, visando melhorias sanitárias e promoção de saúde pública em territórios populares.

ABSTRACT: Building systems in general are of paramount importance for the sanitation of the environment, for the well-being of the user and public health. However, when we turn our attention to popular territories constituted by their large totality of social housing, we are faced, in most cases, with the non-compliant performance of such building systems and even with their non-existence. From the above, this work was concentrated in two stages: the first stage deals with the recognition of constructive knowledge in popular territories; the second stage aims to investigate the incidence of SPHS failures in social housing, with a focus on student residences, the predominant typology in our study object, in order to develop a diagnosis and therapeutic proposals that can be applied in these locations. To do so, a case study will be carried out in the Vila Residencial Community of the University of Rio de Janeiro (UFRJ), which is located in Ilha do Fundão/RJ, in Cidade Universitária. It is expected that the results from this study can contribute to the generation and dissemination of technical-scientific information on the incidence of pathological manifestations in social housing, aiming at sanitary improvements and public health promotion in popular territories.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **GOMES, Ágatha Correia de Rezende.** Graduanda em Arquitetura e Urbanismo pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (FAU-UFRJ). E-mail: agatha.gomes@fau.ufrj.br Orcid: 0009-0001-1725-9321

[2] **CONCEIÇÃO, Vinicius Masquetti.** Engenheiro Civil. Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela EESC-USP. Professor Adjunto da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (FAU-UFRJ). E-mail: vinicius.conceicao@fau.ufrj.br Orcid: 0000-0001-8714-3810

XV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais (SISPRED 2023)

1 INTRODUÇÃO.

No cenário que vivenciamos com a pandemia da COVID-19, ficou evidenciado a partir das medidas de isolamento social e/ou lockdown, a importância que a moradia desempenha na proteção da saúde e prevenção de doenças. Entretanto, a ocorrência de problemas patológicos em habitações pode comprometer não apenas o bem-estar e a estética construtiva, mas também, a saúde de seus moradores. Assim, o estudo das patologias das construções é de importância na busca de qualidade dos processos construtivos, na melhoria da habitabilidade e durabilidade das edificações.

Visando evitar o surgimento de manifestações patológicas, é necessário o estudo e levantamento detalhado das origens para melhor entendimento do fenômeno e auxiliar nas decisões de definição de conduta e planos de ação contra os problemas (NAZARIO; ZANCAN, 2011). Conhecer a vida útil, a curva de deterioração de cada material empregado na edificação, é fator de relevância para a elaboração de um programa de intervenção e manutenção predial.

A grande parcela das moradias sociais, por exemplo, é marcada pela ocorrência de diversos problemas construtivos, entre eles, destacam-se a inadequação das instalações hidráulicas e sanitárias, comprometendo não apenas o desempenho destas instalações, mas também, colocando em risco a saúde de seus usuários por meio do potencial de contaminação da rede/reservatório de água, quando mau posicionados ou sem a utilização da vedação adequada, por intempéries e/ou até mesmo por esgotamento sanitário, por exemplo.

Neste sentido, torna-se relevante os estudos e programas de melhorias sanitárias domiciliares. Estas, são intervenções promovidas nos domicílios, com o objetivo de atender às necessidades básicas de saneamento das famílias, por meio de instalações hidrossanitárias mínimas, relacionadas ao uso da água, à higiene e ao destino adequado dos esgotos domiciliares (FUNASA, 2019).

A partir do exposto, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma investigação sobre a incidência de falhas de sistemas prediais hidráulicos e sanitários (SPHS) em moradias sociais, visando melhorias sanitárias e a promoção da saúde pública em territórios populares. Pesquisas brasileiras envolvendo essa temática são ainda pontuais e em pequena quantidade. Assim, espera-se que este estudo possa contribuir para a geração e disseminação de informações técnico-científicas da incidência de manifestações patológicas em moradias sociais, visando melhorias sanitárias, habitacionais e a promoção de saúde pública em territórios populares.

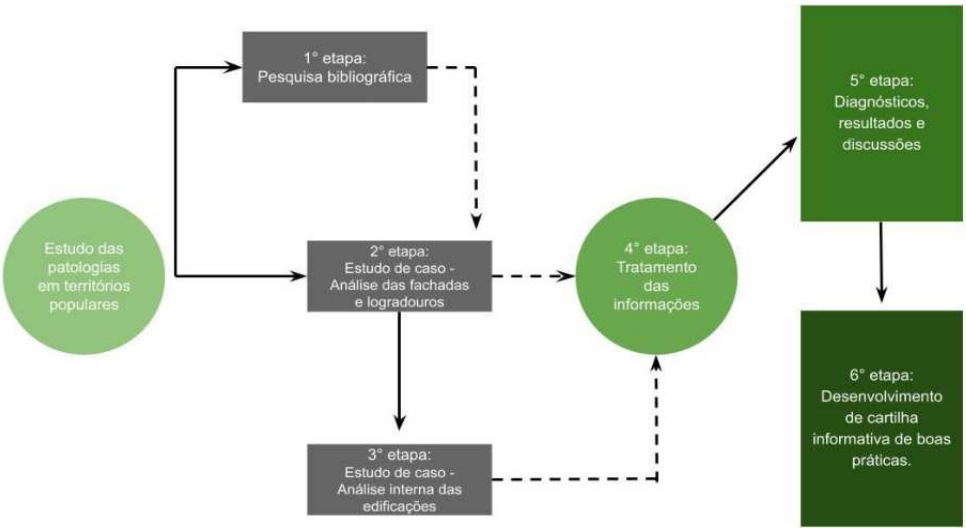
2 OBJETIVO

Essa pesquisa tem como objetivo principal estudar as patologias dos SPHS em territórios populares, com foco nas edificações estudantis, para entender suas causas e a relação com os métodos construtivos utilizados, tendo como área de estudo a Vila Residencial da UFRJ localizada na Ilha do Fundão/RJ.

3 METODOLOGIA

A metodologia empregada para a condução do presente trabalho consistiu em revisão da literatura científica e estudo de caso, por meio de visitas de campo. Para a condução do estudo de caso, foram adotados procedimentos adaptados de Amorim (1997) e Souza (2002). As etapas do trabalho estão apresentadas no fluxograma da Figura 1, mostrando que todo o processo de construção desta pesquisa não se deu de forma linear, mas de forma escalada.

Figura 1 – Etapas contendo a metodologia empregada na condução da pesquisa



Fonte: Os autores (2023).

2.1. Etapas da pesquisa

Inicialmente, na primeira etapa, foi realizada uma pesquisa bibliográfica visando compreender de que formas as regiões de interesse popular estavam sendo abordadas dentro do estudo dos sistemas hidrossanitários, e da percepção de uma escassez em relação a essa temática e principalmente da tentativa de tradução das normas para a autoconstrução. Partindo para a análise do estudo de caso, inicialmente realizou-se um reconhecimento da Vila residencial da UFRJ, sua história, formação e composição. A Vila Residencial fica localizada, como apresentado na Figura 2, dentro da Ilha do Fundão/RJ, na Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro, na borda sudeste da ilha, próximo ao Parque Tecnológico e às margens da Baía de Guanabara.

Figura 2 – Localização da Vila Residencial da UFRJ



Fonte: Adaptação do Google Earth pelos autores (2023).

A Vila Residencial, atualmente, é composta pelas famílias dos fundadores, trabalhadores dos prédios das unidades da UFRJ e de repúblicas de estudantes. Como observado nas visitas *in loco*, a Vila tem uma dinâmica de bairro residencial dentro da Cidade Universitária, com mercados, restaurantes, igrejas e bares. Nesta etapa, realizou-se o estudo das fachadas, a composição dos lotes e relação com os logradouros, para avaliar os *layouts*, bem como análise das instalações prediais hidrossanitárias e a avaliação dos usos das edificações existentes.

Após esse diagnóstico inicial, foram realizadas visitas em duas edificações, que desempenham função de residência para estudantes da UFRJ. Neste processo, buscou-se entender mais detalhadamente, como se dá a utilização dos sistemas hidráulicos e sanitários que compõem as residências de forma efetiva pelos moradores, as queixas e suas reclamações, bem como analisar a concepção dos sistemas hidrossanitários e frequência que são realizadas manutenções e reparos destes.

Posteriormente as etapas supracitadas, foi possível a realização de mapeamento das patologias, sua caracterização, causas e o desenvolvimento de possíveis soluções. Esse panorama das patologias encontradas, será essencial para as etapas futuras do presente estudo, pois será desenvolvido uma cartilha informativa, direcionada aos moradores de territórios populares e construtores, a serem adotadas na concepção, projeto, execução e manutenção dos sistemas prediais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Estudo de caso - análise das fachadas e logradouros

Inicialmente, com o intuito de elaborar um panorama sobre a Vila Residencial da UFRJ, localizada na Ilha do Fundão, na cidade do Rio de Janeiro, foram realizadas visitas de campo, visando entender primeiramente, quais tipologias construtivas eram predominantes na Vila (Figura 3).

Figura 3 – Fachadas observadas na Vila Residencial da UFRJ



Fonte: Os autores (2023).

Na primeira visita, foi possível avaliar que existia uma falha na ideia concebida pelos autores de que a Vila da UFRJ era composta majoritariamente por casas térreas e unifamiliares, foi identificado, como ilustrado na Figura 3, a predominância de casas com dois ou mais

pavimentos, alguns lotes divididos para várias famílias, além da peculiaridade da Vila, que são as moradias estudantis, lotes de dois ou três pavimentos, que inicialmente era casas unifamiliares, que foram sendo adaptados e crescidos em número de quartos e banheiros para abrigar estudantes da Cidade Universitária. Nessa visita, também foi possível analisar como se dá a dinâmica entre as casas e logradouros públicos, a percepção de potenciais patologias e a ligação com as redes públicas de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

No Quadro 1 são apresentadas algumas das principais falhas encontradas na análise das fachadas das residências da Vila Residencial da UFRJ.

Quadro 1 – Falhas observadas na análise das fachadas e logradouros da Vila Residencial da UFRJ

Falha identificada	Patologia possível
Tubulações expostas	Deterioração de materiais; vazamentos
Hidrômetros irregulares	Problemas nas medições
Tubulações com trajetos desalinhados	Problemas com pressão e entupimentos
Tubulação com muitas ramificações	Problemas com pressão, fissuras, ruídos e vibrações
Sistemas de bombeamento inadequados	Problemas com pressão e gasto desnecessário de energia.
Reservatórios e caixas d'água expostos	Alteração na qualidade da água
Despejo de resíduos nos logradouros públicos	Mau cheiro e exposição de resíduos

Fonte: Os autores (2023).

Como apresentado no Quadro 1, foi possível identificar uma série de patologias nas fachadas, que podem ser a causa de inúmeros problemas para os moradores, destacando-se grande número de tubulações aparentes expostas a radiação solar, intempéries, etc.; hidrômetros posicionados irregularmente; desalinhamento no trajeto das tubulações aparentes; posicionamento desconforme de bombas de recalque; entre outras.

Na Figura 4 são ilustradas algumas das falhas observadas na visita *in loco* da Vila Residencial da UFRJ.

Como identificado na Figura 4a, é possível também perceber a incidência de desalinhamentos dos traçados das tubulações em relação ao seu correto posicionamento angular, a quantidade excessiva de curvas e a quantidade de conexões. Ao se observar de forma externa as tubulações nas fachadas, verifica-se a presença de muitas ramificações, conexões entre tubulações e desvios, como observado na Figura 4b. Como mencionado anteriormente, essas falhas são recorrentes, e isso se dá principalmente em execuções com pouco conhecimento técnico e sem seguir as diretrizes básicas das normas regulamentadoras (NBR 5626:2020, normas da concessionária local, por exemplo).

Figura 4 – Falhas observadas na visita *in loco* da Vila Residencial da UFRJ



Fonte: Os autores (2023).

4.2 Estudo de caso - as Residências Estudantis

A partir do contato com estudantes que participam de outros projetos da UFRJ, foi possível a visita à duas residências, que funcionam como moradia estudantil. A primeira residência, se localiza na borda da ilha, fazendo margem com a Baía de Guanabara e a segunda, fica na área mais central da Vila, próximo ao ponto de ônibus circular da UFRJ e praça principal, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Vila Residencial com a localização das Residências visitadas e pontos importantes



Fonte: Os autores (2023).

As duas residências possuem características muito semelhantes, 3 pavimentos, com acesso alinhado a calçada, unifamiliar adaptada e modificada para receber mais quartos, banheiros e área de convivência e estudo. Compostas por em média 15 a 20 moradores fixos, de 3 a 4 banheiros, um ambiente de cozinha, área de jantar e espaço de lavanderia.

Nestas visitas, foi possível observar como as instalações hidrossanitárias foram executadas e mantidas ao longo dos anos, conhecer internamente como essas casas foram concebidas e como elas são vividas; além de conversar com os moradores, todos estudantes da UFRJ, entendo assim como é a dinâmica dentro das casas em relação ao uso das áreas molhadas. Algumas falhas foram identificadas, apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Falhas encontradas na análise das residências visitadas da Vila Residencial da UFRJ

Residência	Falha observada	Patologia possível
1 e 2	Tubulações expostas	Vazamento, ruídos e barulhos.
1 e 2	“Gambiarras” nos chuveiros	Perda de pressão, inconstância no abastecimento.
1	Hidrômetros irregulares	Problemas na medição.
1 e 2	Desnivelamento das tubulações	Problemas com pressão, fissuras, ruídos e vibrações.
1 e 2	Peças mal colocadas e com defeito	Desgaste das peças, vazamentos, alteração na qualidade da água
1	Despejo de resíduos nos logradouros públicos e na Baía de Guanabara	Problemas com pressão e gasto desnecessário de energia.
1 e 2	Sistemas de bombeamento inadequados	Mau cheiro e exposição de resíduos.
1 e 2	Descargas mal executadas	Retorno de resíduos, entupimentos e mau cheiro,

Fonte: Os autores (2023).

Ao entrar nas duas residências, foi possível identificar os sistemas de bombeamento de água, um conjunto motobomba para levar a água da rua para um reservatório superior (RS) e, outro para elevar de um reservatório inferior (RI) para um superior (RS). Ambos em condições precárias, como mostrado na Figura 6a, expostos sem nenhuma proteção. Na Figura 6b, é possível observar que os banheiros são compostos por chuveiros elétricos, que apresentam ligações hidráulicas e elétricas precárias, com tubulações e fios expostos, sem utilização das ligações/emendas adequadas.

Figura 6 – Falhas identificadas nas Residências



Fonte: Os autores (2023).

Um elemento importante do sistema predial de esgoto é a descarga, pois uma execução adequada evita que haja retorno de efluentes, desperdício de água, entupimento e vazamentos. Nas residências visitadas, foi possível perceber muitas descargas irregulares, com muitas adaptações malfeitas, como mostrado na Figura 6c.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A visita preliminar *in loco* na Vila Residencial da UFRJ, para análise das fachadas e das tipologias construtivas, possibilitou levantar por meio de registros fotográficos, bem como um panorama preliminar das recorrentes manifestações patológicas aparentes dos sistemas prediais hidrossanitários das moradias, visando compreender quais seriam os sistemas que mereciam maior atenção e que com maior recorrência de falhas (sistemas de abastecimento de água potável e de esgotamento sanitário).

Já à visita ao interior das residências, as falhas ficam mais evidentes e visíveis, pois muitas das casas vão sofrendo modificações e manutenções decorrentes ao processo de autoconstrução muito presente na Vila residencial da UFRJ, sem devido planejamento e correta execução das instalações hidrossanitárias.

Em sumo, é evidente a necessidade de conhecimento das normas e a sua execução prática no momento da concepção dos projetos dos SPHS e principalmente, no processo de modificação das construções existentes. Para tanto, se faz necessário um contato direto com os moradores e o desenvolvimento de formas de conscientização, como a futura proposta desta pesquisa, o desenvolvimento de cartilha informativa de boas práticas para execução e manutenção dos SPHS, com ênfase nos sistemas prediais de água potável, esgoto sanitário e águas pluviais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo fomento, a partir da concessão de bolsa (proc. E-26/203.594/2021), ao Laboratório de Saneamento e Sistemas Prediais Hidrossanitários (LabHidro) da UFRJ por abrigar e incentivar este projeto e a toda UFRJ por ser berço desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

AMORIM, S.V. **Metodologia para estruturação de sistemas de informação para projeto dos sistemas hidráulicos prediais**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997. 213p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15575-6:2013**: Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários. Rio de Janeiro, ABNT, 2013, 31p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5626:2020**: Sistemas prediais de água fria e água quente – projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro, ABNT, 2020, 52p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 8160:1999**: Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário - Projeto e Execução. Rio de Janeiro, ABNT, 1999, 74p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10844:1989**: Instalações Prediais de Águas Pluviais. Rio de Janeiro, ABNT, 1989, 13p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13714:2000**: Sistemas de Hidrantes e de Mangotinhos para Combate a Incêndio. Rio de Janeiro, ABNT, 2000, 25p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15575:2013**: Desempenho das edificações. Rio de Janeiro, ABNT, 2013.

BERTOLINI, L. **Materiais de construção: patologia, reabilitação, prevenção**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.v. 414p.

BOTELHO, M. H. C.; RIBEIRO Jr., G. A. **Instalações hidráulicas prediais: usando tubos de PVC e PPR**. 2ed. São Paulo, Edgard Blucher, 2006.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de orientações técnicas para elaboração de propostas para o programa de melhorias sanitárias domiciliares** - Funasa/Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. Brasília: Funasa, 2014. 44p.

BRASIL. **Lei 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº. 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 15 jun. 2021.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 19 jul. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n.º 2.914, 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: SVS, 2011. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html> Acesso em: 08 jun. 2021.

CARVALHO JUNIOR, R. **Patologia em sistemas prediais hidráulico-sanitário**. 3ª Ed. ed., São Paulo: Edgard Blucher, 2015.

CONCEIÇÃO, A.P. **Estudo incidência de falhas visando a melhoria da dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários**. Dissertação (mestrado em construção civil), Universidade Federal de São Carlos, UFSCar. São Carlos/SP, 2007. 128p.

CONCEIÇÃO, V.M. **Avaliação preliminar de patologias dos sistemas prediais em edificações históricas tombadas – estudo de caso: casa do Barão do Rio Branco**. In: V Congresso Internacional de Recuperação, Manutenção e Restauração de Edifícios. V CIRMARE, Rio de Janeiro, 2020.

CREDER, H. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

ERAT, D.; BRATFISCH, M.; RAITZ, N.; FLORIANI, R. **Análise de patologias da construção civil**. Rev. Maiêutica, Indaial, v. 2, n. 1, p. 25-35, 2016.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de saneamento**. 5ª ed. Brasília: FUNASA, 2019. 545p. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/Manual_de_Saneamento_Funasa_5a_ Edicao.pdf/278113a8-2cda-4b9f-8611-9087912c9dff> Acesso em: 08 jun. 2021.

MONTEIRO, J.H.P. et al. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. Disponível em: <http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2021.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – **SNIS.** Portal Eletrônico. Brasília: Disponível em: < http://www.snis.gov.br>. Acessado em 08 jul. 2021.

SOUZA, K.E. **Melhoria da qualidade dos sistemas prediais hidráulicos prediais através do estudo da incidência de falhas – estudo de caso construtora 1**. São Carlos: UFSCar. Departamento de Engenharia Civil, 2002. 105p.

VERÓL, A.P.; VAZQUEZ, E.G.; MIGUEZ, M.G. **Sistemas prediais hidráulicos e sanitários: projetos práticos e sustentáveis**. 1ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019. 427p.

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

NÃO CONFORMIDADES NOS SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICO E SANITÁRIO DE UMA INSTITUIÇÃO PÚBLICA DE ENSINO

Non-compliances in the hydraulic and sanitary building systems of an educational institution

Larissa Felix de Jesus Cunha [1]; Bruna Fioramonte [2]; Ricardo Prado Abreu Reis [3]

Recebido em 10 de junho de 2023, aprovado em 23 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

RESUMO: Os aspectos burocráticos para contratação de equipe de manutenção predial em instituições públicas acabam contribuindo com o alto número de não conformidades nesses edifícios. De forma a analisar quais podem ser encontradas, este trabalho teve como objetivo estudar e identificar ocorrências de não conformidades no sistema predial hidráulico e sanitário (SPHS) de uma instituição pública de educação. O levantamento foi realizado nos ambientes sanitários dos blocos do Instituto Federal de Ciência, Tecnologia e Educação de Goiás – Campus Aparecida de Goiás. Com a detecção de não conformidade nos SPHS, foi realizada a documentação, contabilização e análise das condições de funcionamentos dos dispositivos sanitários. Mais de 75% das não conformidades foi em relação ao sistema predial de esgoto sanitário e a outra parcela foi referente ao sistema predial de água fria. As não conformidades mais frequentes foram vazamentos em bacias sanitárias e sifões instalados inadequadamente. Diante os resultados, ficou evidente a necessidade de uma equipe técnica com conhecimentos em operação de sistemas prediais hidráulicos e sanitários para identificar e reparar não conformidades nesses sistemas.

Palavras-chave:

Não conformidades

Sistemas prediais

Estudo de caso

ABSTRACT: The bureaucratic aspects involved in hiring a building maintenance team in public institutions contribute significantly to the high number of unconformities in these buildings. In order to analyze what can be found, this study aimed to investigate and identify occurrences of unconformities in the hydraulic and sanitary building system (HSBS) of a public educational institution. The survey was conducted in the restroom facilities of the blocks at the Federal Institute of Science, Technology, and Education of Goiás - Campus Aparecida de Goiânia. Upon detecting unconformities in the HSBS, documentation, quantification, and analysis of the operational conditions of the sanitary devices were carried out. Over 75% of the unconformities were related to the sanitary sewer system, while the remaining portion pertained to the cold-water plumbing system. The most frequent unconformities identified were leaks in toilet bowls and improperly installed traps. Based on the results, the need for a technical team with knowledge in the operation of hydraulic and sanitary building systems to identify and repair these unconformities became evident.

Keywords:

Unconformities

Building systems

Case study

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **CUNHA, Larissa Felix de Jesus**: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, larissa.felix.eng@gmail.com.

[2] **FIORAMONTE, Bruna**: Univ. Federal de Goiás e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, bruna.fioramonte@ifg.edu.br

[3] **REIS, Ricardo Prado Abreu**: Eng. Civil, Doutor, Docente da Universidade Federal de Goiás, ricardo_reis@ufg.br

1 INTRODUÇÃO

Entre os sistemas que compõem um edifício, destaca-se os sistemas prediais hidráulico e sanitário (SPHS), que engloba várias subdivisões como o sistema predial de água fria e água quente NBR 5626 (ABNT, 2020) e o sistema predial de esgoto sanitário NBR 8160 (ABNT, 1999). Todos os componentes desses sistemas devem atender a requisitos de desempenho e critérios prescritos nas normas específicas, devendo os profissionais envolvidos nas etapas de projeto e execução estarem atentos às necessidades de configurações, tipologias e particularidades de cada sistema a ser concebido e implementado (ARAÚJO, 2008).

Para garantir uma experiência satisfatória ao usuário, é essencial que os componentes hidráulicos e sanitários dos edifícios funcionem de acordo com as suas necessidades. Uma vez que uma edificação é ocupada, os SPHS entram em operação de acordo com os diferentes hábitos dos usuários, devendo atender ao desempenho esperado para todos os cenários de operação e utilização (AMORIM, 1989). Assim, durante a fase de operação do edifício, os usuários têm a possibilidade de relatar eventuais problemas identificados nos sistemas prediais (TEIXEIRA *et al.*, 2011), possibilitando uma retroalimentação da cadeia produtiva definida como Comissionamento, prática que visa melhorar a qualidade e desempenho dos projetos e execuções de empreendimentos na construção civil (ISHIDA & OLIVEIRA, 2017; YAMADA & OLIVEIRA, 2020).

Dentre as falhas identificadas nos sistemas prediais, tem-se as não conformidades que são problemas ou defeitos que comprometem o desempenho adequado de partes ou do sistema como um todo. Estas, podem afetar a usabilidade e o conforto do usuário devido ao mau funcionamento dos componentes dos sistemas. Em edifícios públicos, as ocorrências de não conformidades tendem a ser mais frequentes em comparação com os edifícios privados, pois as medidas de manutenção requerem processos mais burocráticos para serem efetivadas (KALBUSCH *et al.*, 2018). Diante disso, o objetivo deste trabalho é estudar e identificar ocorrências de não conformidades no sistema predial hidráulico-sanitário de uma instituição pública de educação na cidade de Aparecida de Goiânia, estado de Goiás.

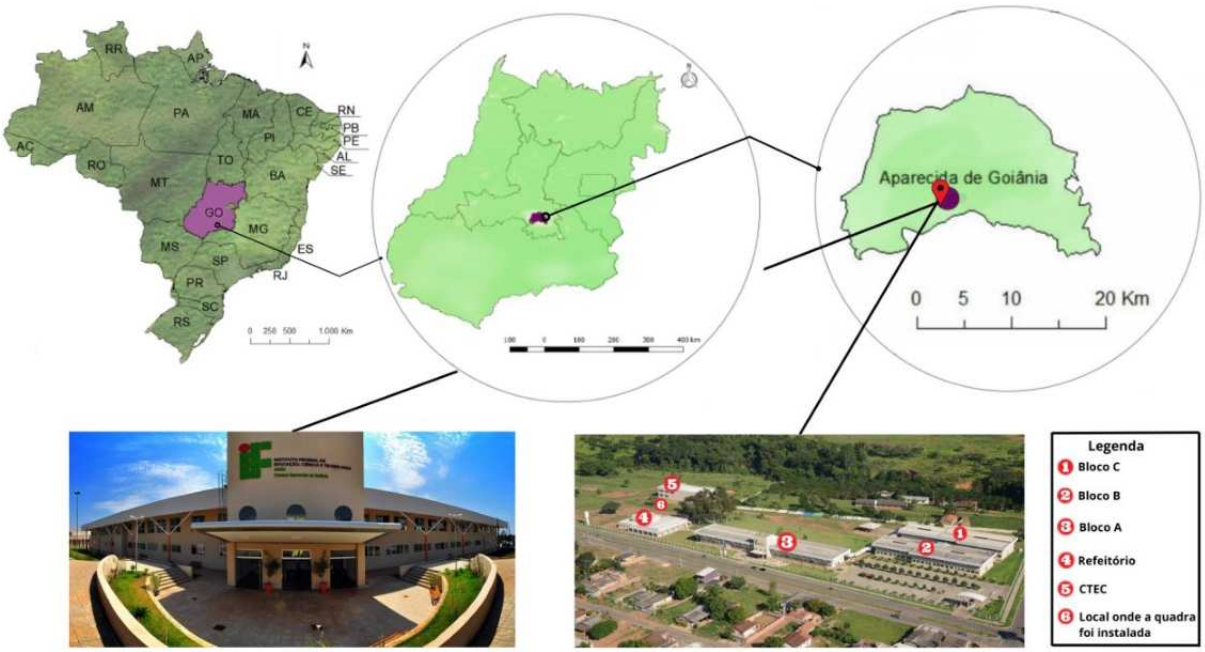
2 METODOLOGIA

2.1 Caracterização do local de estudo

A fim de identificar possíveis não conformidades nos SPHS de um edifício educacional, foi selecionado o campus de Aparecida de Goiânia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG, ilustrado na Figura 1. De maneira geral, o Bloco A contempla a biblioteca e os setores administrativos do campus. Os Blocos B e C possuem salas de aula e laboratórios, assim como o Complexo Tecnológico de Engenharia Civil (CTEC). O refeitório

atende alunos, servidores e terceirizados e a quadra é utilizada para atividades esportivas e eventos.

Figura 1- Localização do campus Aparecida de Goiânia do IFG



Fonte: autoria própria (2023).

A escolha deste local foi feita devido à facilidade de acesso às suas instalações e à existência de uma quantidade considerável de ambientes sanitários para análise, conforme apresentado no Quadro 1. Os ambientes inspecionados incluíram banheiros, copas e, também, bebedouros localizados fora das copas.

Quadro 1- Quantitativo de ambientes sanitários em cada edifício.

Edifício		Banheiros	Copas	Bebedouros*
Bloco A	Pavimento Inferior	8	2	-
	Pavimento Superior	5	3	1
Bloco B	Pavimento Inferior	2	-	1
	Pavimento Superior	2	-	1
Bloco C	Pavimento Inferior	2	-	1
	Pavimento Superior	2	-	-
Complexo Tecnológico de Engenharia Civil (CTEC)	Pavimento Inferior	2	2	1
	Pavimento Superior	2	1	1
Quadra esportiva	Pavimento Inferior	-	-	1
Refeitório estudantil	Pavimento Inferior	4	4	1
Total		**29**	**12**	**8**

*instalado fora da copa

Fonte: autoria própria (2023).

2.2 Identificação e levantamento de não conformidades

Antes da realização da inspeção predial hidráulica-sanitária, foi conduzido um estudo preliminar para identificar não conformidades em SPHS descritas na literatura. Uma pesquisa abrangendo trabalhos de conclusão de curso de graduação em engenharia civil, artigos científicos, dissertações e normas técnicas relevantes foi realizada. Com base nas informações coletadas, as não conformidades identificadas foram documentadas, categorizando-as de acordo com o tipo de sistema predial e a fonte consultada.

Tomando como base as informações contidas na NBR 16747 (ABNT, 2020), que define as diretrizes básicas para procedimentos de inspeção predial, foi elaborada uma *Ficha de Cadastro de Não conformidades* para ser preenchida durante a inspeção das unidades do Campus, contemplando as seguintes informações:

- identificação do edifício/bloco;
- pavimento (inferior ou superior);
- unidade inspecionada (biblioteca, departamento de áreas acadêmicas, dentre outras);
- ambiente sanitário (banheiro ou copa);
- sistema predial (hidráulico, sanitário);
- componente hidráulico (bacia sanitária, mictório, torneira, sifão, chuveiro, ralo e bebedouro)
- não conformidade identificada;
- código do registro fotográfico;
- observações.

O procedimento de inspeção foi realizado apenas por meio de observação visual, sendo que para cada componente do SPHS, foram levantados pontos específicos quanto a condição de operação, sendo:

- bacia sanitária: tipo de descarga (caixa acoplada ou válvula); condição da válvula (normal ou quebrada); vazamento na válvula (sim ou não); presença de filetes (sim ou não); conservação (boa, regular ou ruim); condição do assentamento (normal ou quebrado) e acionamento da válvula (“simples” se tiver apenas uma liberação de volume de água para dejetos líquidos/sólidos ou “duplo” se tiverem duas opções diferentes de volume de água para dejetos líquidos ou sólidos).
- com duas opções de volume sendo o maior para dejetos sólidos e o menor para os dejetos líquidos).
- mictório: acionamento (manual ou automático); vazamento na válvula (sim ou não); presença de filetes (sim ou não); conservação (boa, regular ou ruim).
- torneira: classificação (pia, lavatório); acionamento (manual ou automático); presença de arejador (sim ou não); conservação (boa, regular ou ruim); vazamento (sim ou não).
- sifão: tipo (P, garrafa ou copo); instalação correta (sim ou não); vazamento (sim ou não).
- chuveiro: tipo de aquecimento (elétrico, solar ou gás); vazamento (sim ou não); vazamento no registro (sim ou não); conservação (boa, regular ou ruim).
- ralo: grelha deformada ou quebrada (sim ou não).

- bebedouros: classificação (coluna única, suspenso de parede, industrial); tipo de acionamento (manual ou automático); função do jato (copo ou boca); conservação (boa, regular ou ruim); vazamento (sim ou não).

Além das informações coletadas, foram observadas a ocorrência de vazamentos visíveis nos equipamentos do SPHS, sendo observados os filetes (pequenos fluxos constantes de água) formados quando da ocorrência de vazamentos ou observada a presença de gotejamento. No caso das bacias sanitárias e mictórios, utilizou-se o teste da caneta (Figura 2) para auxiliar na identificação dos filetes.

Figura 2- Aplicação do método da caneta na bacia sanitária.



Fonte: autoria própria (2023).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificadas 151 não conformidades no sistema predial de água fria e de esgoto sanitário. Desse total, a maior parcela está relacionada ao sistema predial de esgoto sanitário, como pode ser visto no Quadro 2.

Quadro 2- Percentual de ocorrências de não conformidades por SPHS

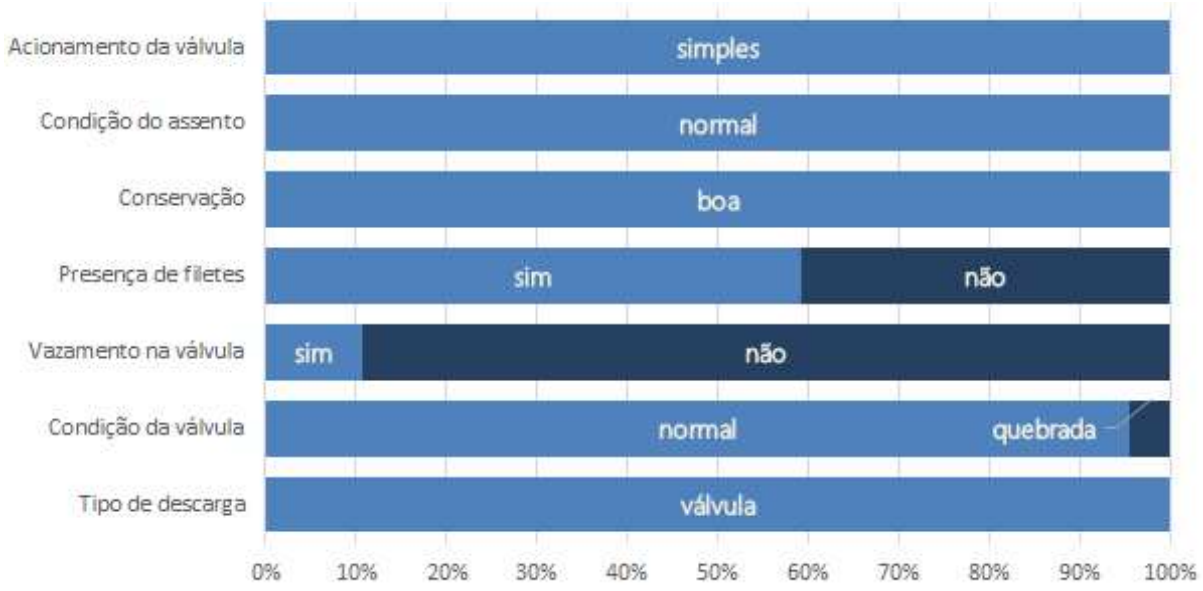
SPHS	Quantidade de não conformidades	Percentual de não conformidades
Água fria	75	49,67%
Esgoto Sanitário	76	50,33%
Total	151	100%

Fonte: autoria própria (2023).

No sistema predial de água fria, as não conformidades mais frequentes foram os vazamentos nos dispositivos de descarga (39 casos) e vazamentos nas torneiras (4 casos). Em relação ao sistema predial de esgoto sanitário as não conformidades mais comuns foram sifão de lavatórios instalados inadequadamente (35 casos) e ralo com grelha deformada impossibilitando o encaixe adequado (5 casos). No caso das torneiras, bacias sanitárias e sifões, elementos com maior ocorrência de não conformidades em relação a cada um dos sistemas prediais considerados, observou-se uma variação nas características referentes à conservação e qualidade desses itens.

Com base nos resultados das condições das bacias sanitárias, conforme ilustrado na Figura 3, é evidente que uma grande parte dos vazamentos ocorre devido à presença de filetes. Isso pode estar relacionado à dificuldade de percepção por parte dos usuários, visto que os vazamentos observados não comprometem completamente a capacidade de descarga e arrastamento dos sólidos, demorando para manifestar alguma insatisfação junto ao setor responsável ou mesmo registrar solicitação de manutenção. Além disso, a grande ocorrência desses vazamentos pode estar associada à falta de capacitação da equipe contratada para a manutenção desses equipamentos, impossibilitando identificar adequadamente os vazamentos.

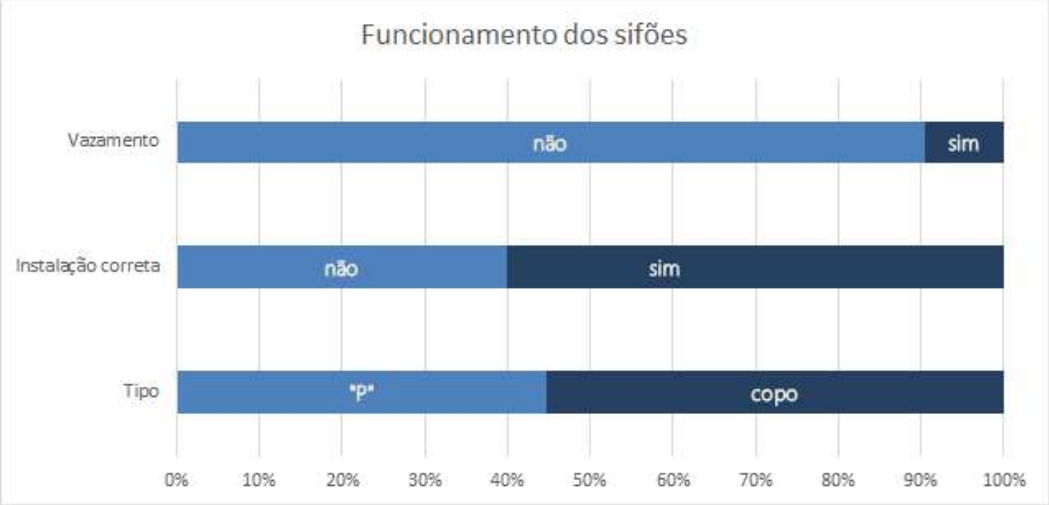
Figura 3 – Condição de operação das bacias sanitárias



Fonte: autoria própria (2023).

Foram levantados dois modelos de sifão: o tipo "P" (com 47 unidades) e o tipo copo (com 58 unidades). Observou-se que o tipo "P" apresentou um maior número de instalações incorretas em comparação com o outro modelo. Além disso, os vazamentos identificados foram exclusivamente encontrados nesse tipo de sifão. Esse resultado pode ser atribuído ao fato de que o sifão tipo "P" requer uma modelagem manual específica para garantir a altura adequada do fecho hídrico, o que depende diretamente do conhecimento técnico do operador responsável pela instalação e/ou manutenção do desconector.

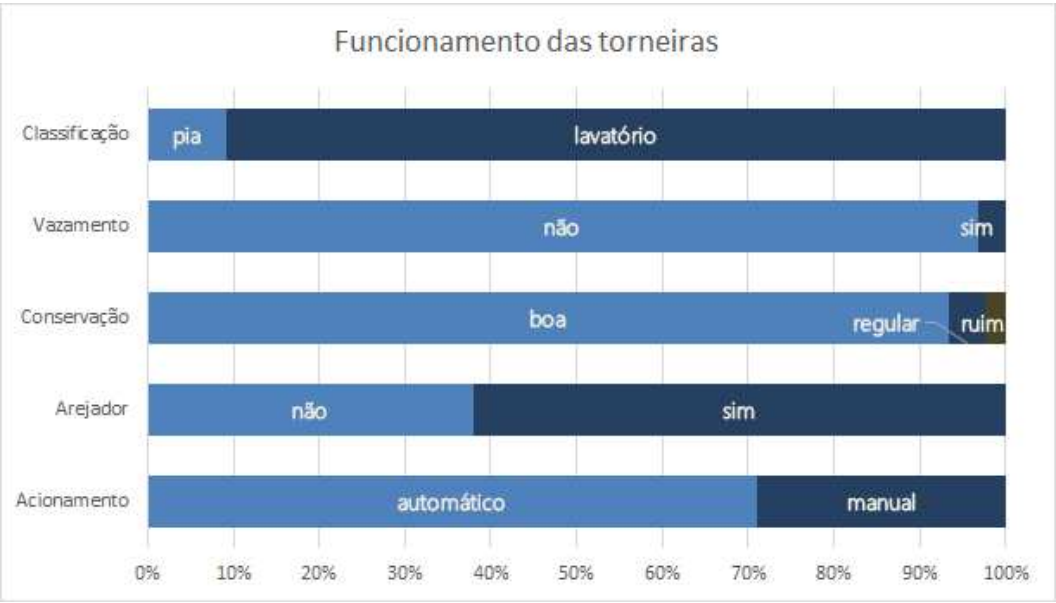
Figura 4 - Condição de operação dos sifões



Fonte: *autoria* própria (2023).

Quanto as torneiras, a maioria está em bom estado de conservação e foram observados poucos vazamentos, como pode ser observado na Figura 5. Grande parte apresenta arejadores, contudo aproximadamente 40% não possui. Mesmo o escopo do estudo não abordando a medição de vazão, sabe-se que esse quantitativo de torneiras sem arejadores pode ocasionar consumo maior de água.

Figura 5 - Características do funcionamento das torneiras



Fonte: autoria própria (2023).

4 CONCLUSÕES

A presença de não conformidades nos sistemas prediais de água fria e esgoto sanitário acarreta condições desfavoráveis para os usuários e compromete a eficiência desses sistemas. Por meio das análises realizadas neste estudo, conclui-se que os ambientes sanitários apresentam uma quantidade significativa de dispositivos com vazamentos e instalados de

maneira inadequada. Além disso, é observado que a maioria dos vazamentos está localizada nas bacias sanitárias e os sifões que apresentaram maior quantidade de instalação inadequada foi o tipo “P”. Assim, fica evidente a necessidade de manutenção realizada por profissionais com conhecimento técnico em sistemas prediais hidráulicos e sanitários. Essa abordagem é essencial, uma vez que os filetes de água podem passar despercebidos pelos usuários ou por operadores não capacitados e o mesmo pode acontecer quanto a adequada instalação dos dispositivos.

REFERÊNCIAS

AMORIM, S. V. **Instalações prediais hidráulico-sanitárias: desempenho e normalização.** São Carlos, 1989. 168 p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1989.

ARAÚJO, L.S.M. **Avaliação durante operação dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários em edifícios escolares.** 2004. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15097-1**: Aparelhos sanitários de material cerâmico – Parte 1: Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2011.

ABNT. **NBR 8160 –** Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário - Projeto e execução, 1999.

ABNT. **NBR 5626 –** Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção., 2020.

ABNT. **NBR 16747 –** Inspeção predial - Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento., 2020.

ISHIDA, Christiane S. F.; OLIVEIRA, Lúcia Helena; Escopo para comissionamento de Sistemas Prediais. **Revista Hydro**, ano XII, n° 130 – Agosto de 2017. Editora Andara. Acessado em: 07 de maio de 2023. Disponível em: https://www.arandanet.com.br/assets/revistas/hydro/2017/agosto/index.php.

KALBUSCH, A.; GONÇALVES, F.; CUREAU, R. J.; DEFAVERI, D.; RAMOS, D. A. Avaliação das condições de operação de equipamentos hidrossanitários em edificações públicas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 393-408, jan./mar. 2018. DOI: 10.1590/s1678-86212018000100228

TEIXEIRA, P. C.; REIS, R. P. A.; GNIPPER, S. F.; MONTEIRO, J. V. F. Estudo de patologias nos sistemas prediais hidráulicos e sanitários do prédio do ciclo básico ll da UNICAMP. **REEC - Revista eletrônica de Engenharia Civil.** Goiânia, v.1, n. 3, p34-50, mar./jul. 2011.

YAMADA, M. A. F.; OLIVEIRA, L. H. de. **Comissionamento de sistemas prediais de água quente – requisitos de projeto do proprietário**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 18., 2020. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2020. p. 1–8. doi: 10.46421/entac.v18i.1260. Acessado em 07 de maio de 2023. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/1260. acesso em: 7 maio. 2023.

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

ESTUDO DAS CONTRIBUIÇÕES PLUVIAIS PARASITÁRIAS NA SUB-BACIA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO 4-A1 DO MUNICÍPIO DE JOINVILLE – SC

Study of parasitic rainwater contributions in the 4-A1 sanitary sewage sub-basin in the city of Joinville – SC

Vinicius Gon [1]; Michela Steluti Poleti Faria [2]

Recebido em 14 de maio de 2023, aprovado em 25 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

Palavras-chave:

Sistema de esgotamento sanitário

Águas pluviais parasitárias

Ligações clandestinas

Vazão de esgoto sanitário

Keywords:

Sanitary sewage system

Parasitic rainwater

Clandestine connections

Sanitary sewer flow

RESUMO: Atualmente no Brasil o sistema de coleta e transporte de esgoto sanitário é do tipo separador absoluto, no qual o encaminhamento do esgoto e das águas pluviais são realizados de maneira independentes. Contudo, a maioria das grandes cidades brasileiras sofre com problemas de sobrecarga no sistema de esgoto sanitário, por vários motivos, principalmente devido as ligações clandestinas de drenagem pluvial das residências na rede de esgoto sanitário. A entrada de águas pluviais no sistema de esgotamento sanitário em volume superior ao previsto nos dimensionamentos, pode ocasionar problemas operacionais e ambientais. Diante do exposto, o objetivo principal deste trabalho é realizar um estudo das contribuições pluviais parasitárias na sub-bacia 4-A1 pertencente ao sistema de esgotamento sanitário do município de Joinville – SC. Para isso, as metodologias empregadas foram divididas nas seguintes etapas: obtenção dos dados técnicos, constatação da contribuição pluvial parasitária na região em estudo, mensuração da contribuição pluvial parasitária e avaliação dos resultados. A partir do presente estudo de caso, foi possível constatar um aumento significativo na vazão de esgoto sanitário da bacia 4-A1 nos dias que foram registradas ocorrências de chuva, comprovando dessa forma, a real presença da contribuição de águas pluviais parasitárias no sistema de esgotamento da sub-bacia 4-A1 no município de Joinville.

ABSTRACT: Currently in Brazil, the sanitary sewage collection and transport system is of the absolute separator type, in which sewage and rainwater are forwarded independently. However, most large Brazilian cities suffer from problems of overload in the sanitary sewage system, for several reasons, mainly due to clandestine connections of rainwater drainage of the residences in the sanitary sewage network. The entry of rainwater into the sanitary sewage system in a volume greater than that foreseen in the sizing can cause operational and environmental problems. Given the above, the main objective of this work is to carry out a study of parasitic rainfall contributions in sub-basin 4-A1 belonging to the sanitary sewage system of the city of Joinville - SC. For this, the methodologies employed were divided into the following steps: obtaining technical data, finding the parasitic rainfall contribution in the region under study, measuring the parasitic rainfall contribution and evaluating the results. From the present case study, it was possible to verify a significant increase in the flow of sanitary sewage of the basin 4-A1 in the days that occurrences of rain were registered, proving in this way, the real presence of the contribution of parasitic rainwater in the sewage system of sub-basin 4-A1 in the municipality of Joinville.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **GON, Vinicius**: Engenheiro Civil, Centro Universitário Sociedade Educacional de Santa Catarina (UNISOCIESC) – Campus Anita Garibaldi, Joinville -SC. engenheiroviniciusgon@gmail.com.
[2] **FARIA, Michela Steluti Poleti**: Engenheira Civil, Mestre, Centro Universitário Sociedade Educacional de Santa Catarina (UNISOCIESC) – Campus Anita Garibaldi, Joinville -SC. michela.steluti@unisociesc.com.br.

1 INTRODUÇÃO

Segundo dados oficiais da Companhia Águas de Joinville (2022), o monitoramento e controle da vazão de entrada de esgotos sanitários em dias de chuva nas estações de tratamento da cidade de Joinville é muito maior que à vazão de entrada em períodos de tempo seco, ou seja, sem chuva. Ademais, tem-se observado, com frequência nos dias de períodos chuvosos, à ocorrência de altos índices de extravasamentos e refluxos de esgoto em várias regiões da cidade de Joinville, sendo uma delas na sub-bacia 4-A1.

De acordo com Bertolino (2013), tal problema, prejudica significativamente o sistema de esgoto, pois à entrada de águas pluviais no sistema de esgotamento sanitário pode ocasionar problemas operacionais como à perda de eficiência em estações de tratamento de esgoto, extravasamentos de esgoto para o meio ambiente, refluxo de esgoto nas ligações domiciliares, aumento da despesa operacional associada à manutenção das redes coletoras e ainda o aumento do consumo de energia elétrica nas estações de recalque.

Segundo a NBR 9648 (ABNT, 1986), compreende-se por contribuição pluvial parasitária, à parcela de deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede coletora de esgoto sanitário e a água de infiltração, toda água proveniente do subsolo, não desejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações.

Desse modo, percebe-se que os custos associados à contribuição pluvial parasitária são elevados e os riscos ambientais são muitos, o que torna necessário e justifica os investimentos em sua redução.

Isto posto, o presente trabalho tem por objetivo principal estudar as contribuições pluviais parasitárias na sub-bacia de sistema de esgotamento sanitário 4-A1 do município de Joinville – SC.

2 METODOLOGIA

O tema de estudo proposto neste artigo, deu-se em virtude do grande número de extravasamentos de esgoto em dias de chuva na Rua Ernesto Friedrichsen (Figura 1), localizada no bairro Glória na cidade de Joinville-SC, região pertencente ao sistema de esgotamento sanitário da sub-bacia 4-A1.

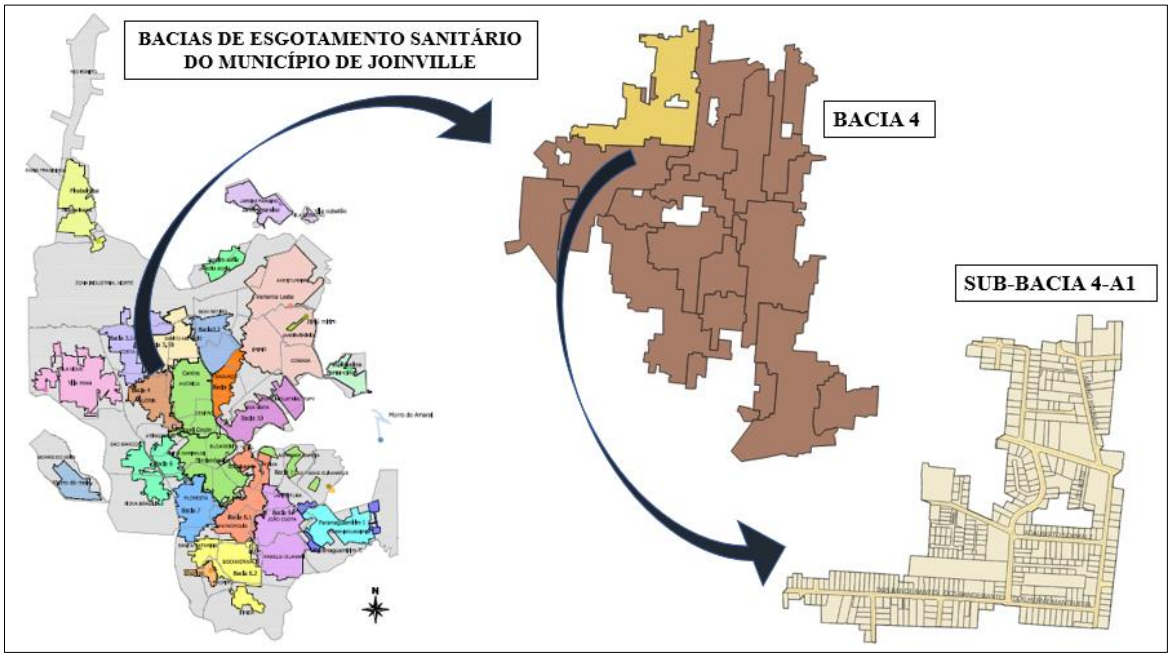
Figura 1 – Pontos de extravasamentos de esgoto na Rua Ernesto Friedrichsen



Fonte: Companhia Águas de Joinville (2022)

O estudo de caso foi realizado na sub-bacia de esgotamento sanitário 4-A1, situada na região centro-norte da cidade de Joinville - SC e compreende os bairros Costa e Silva e Glória conforme a Figura 2 e a Figura 3.

Figura 2 - Localização da Sub-Bacia 4 A-1



Fonte: Autoral (2023)

Figura 3 - Delimitação da Sub-Bacia 4 A-1



Fonte: Autoral (2023)

A Figura 4, demonstra às etapas da pesquisa que consolidaram o processo do início até sua finalização, que visa realizar a mensuração e avaliação da contribuição pluvial parasitária no sistema de esgotamento sanitário da sub-bacia 4-A1.

Figura 4 – Fluxograma das etapas do estudo de caso



Fonte: Autoral (2023)

A metodologia exposta acima, foi construída com base no plano de combate às infiltrações pluviais elaborado pela Companhia Águas de Joinville, somado o método de cálculo proposto por METCALF & EDDY Inc. (1991) que serão exemplificados com mais detalhes nos resultados e discussões.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Dados técnicos

Com base nos dados obtidos no sistema da Companhia Águas de Joinville (2022), o Quadro 1 apresenta o número de matrículas (ligação predial do ramal de água com hidrômetro ativo) com ligação de esgoto ativa, além das economias (unidades consumidoras) residenciais, comerciais, industriais e públicas que contribuem para o sistema de esgotamento sanitário da sub-bacia 4-A1.

Quadro 1 – Número de matrículas e economias da Sub-bacia 4-A1

Número de matrículas e economias da sub-bacia 4 - A1					
Matrículas com ligação de esgoto ativa	Economias Residenciais	Economias Comerciais	Economias Industriais	Economias Públicas	Total de economias ativas
368	667	29	0	0	696

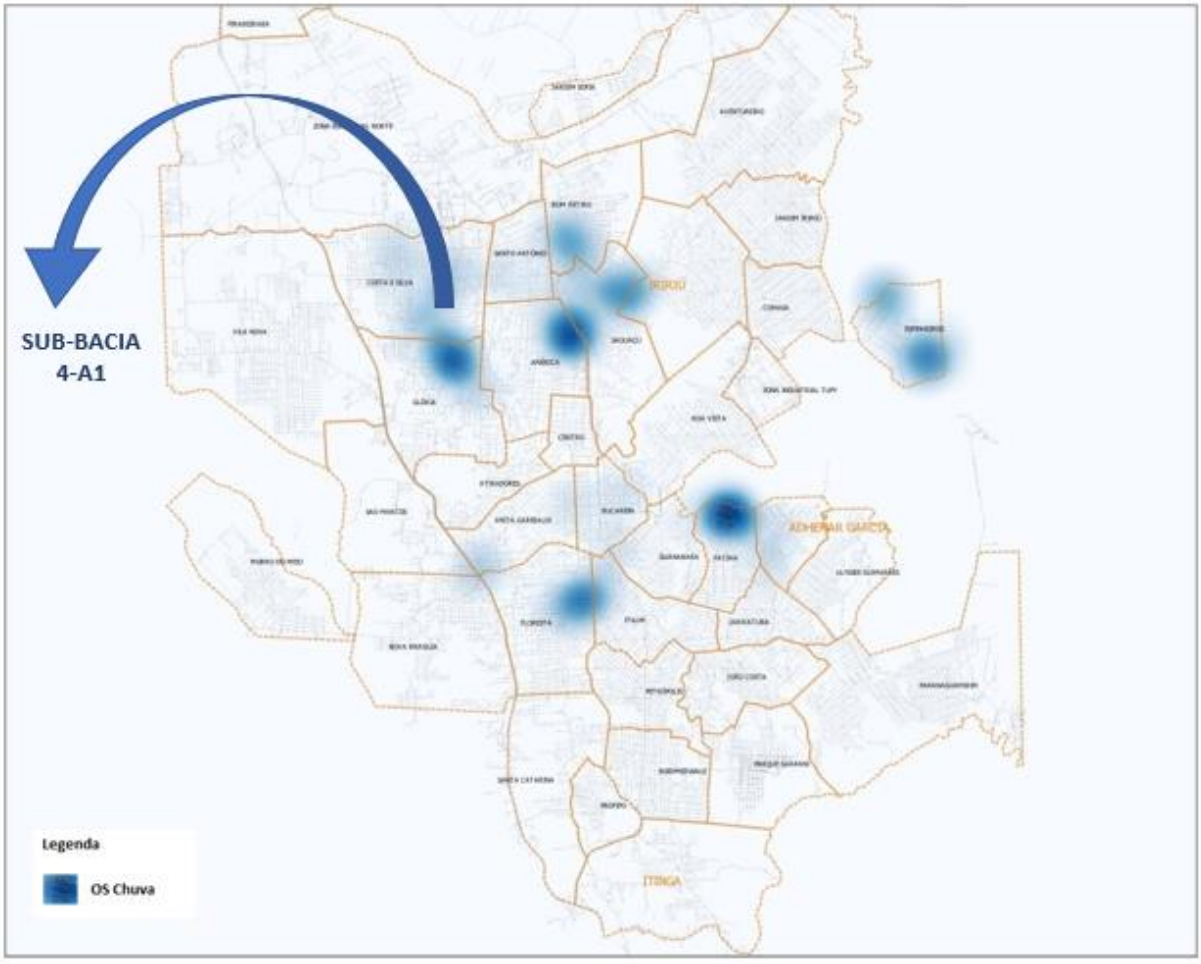
Fonte: Companhia Águas de Joinville (2022)

3.2 Número de extravasamentos

O mapa de calor da Figura 5, representa às regiões do município de Joinville com maiores intensidades de reclamações de extravasamentos de esgoto entre 2021 até 2022.

Dessa forma, percebe-se que à região na qual a sub-bacia 4-A1 está localizada, possui uma relevância muito significativa em relação ao número de reclamações por extravasamentos de esgoto sanitário em dias de chuva na cidade de Joinville-SC.

Figura 5 - Mapa de calor dos pontos de maior extravasamento de esgoto causados pela chuva em Joinville-SC



Fonte: Companhia Águas de Joinville (2022)

3.3 Comportamento hidráulico da estação elevatória de esgoto

O Quadro 2 representa a avaliação do comportamento hidráulico por meio de uma comparação dos valores de correntes nas bombas da elevatória Guilherme Manteuffel presente na sub-bacia 4-A1 em dias secos e chuvosos bem como o tempo em que a mesma ficou com volume de esgoto acima de seu nível crítico.

Quadro 2 – Comportamento hidráulico da elevatória Guilherme Manteuffel

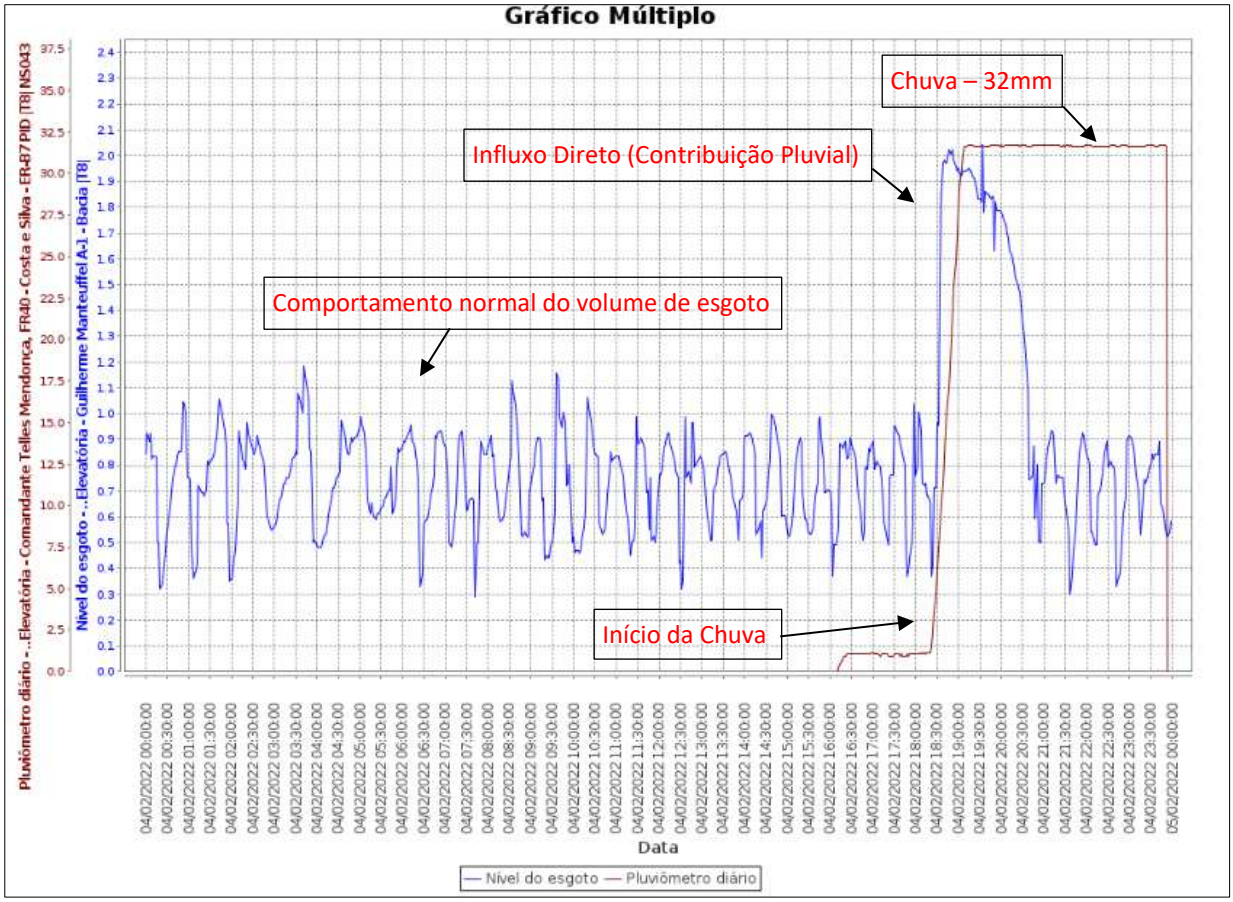
AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO HIDRÁULICO DA ELEVATÓRIA GUILHERME MANTEUFFEL NA SUB-BACIA 4-A1									
Nível Superior Crítico (m)	Período de Chuva 27/01/2022 (66,64mm acumulado no dia)			Tempo seco (03/01/2022) (0,0mm acumulado no dia)			RESULTADOS		
	Tempo acima do nível superior crítico (horas)	Corrente B1 (A)	Corrente B2 (A)	Tempo acima do nível superior crítico (horas)	Corrente B1 (A)	Corrente B2 (A)	% de aumento da Corrente B1	% de aumento da Corrente B2	% de aumento da Correte TOTAL
1,50	02:42:00	6,46	3,62	00:00:00	3,30	0,76	96%	376%	**472%**

Fonte: Autoral (2023)

Desse modo, verificou-se que o valor das correntes das bombas da elevatória é maior em períodos de chuva, isso significa que as bombas precisam trabalhar mais para conter uma maior vazão de esgoto na elevatória, pois o nível de efluente é maior em dias de chuva quando comparado o nível de efluente em dias sem precipitação.

No dia 04 de fevereiro de 2022, verificou-se via telemetria que após um evento de chuva com precipitação acumulada de 32mm, ocorreu um pico de influxo direto na elevatória Guilherme Manteuffel a partir do início da chuva. Ou seja, antes do evento de chuva o nível de esgoto na elevatória apresentava um comportamento padrão, e a partir do início da chuva, o nível de esgoto teve um aumento muito significativo conforme a Figura 6.

Figura 6 – Nível de esgoto da elevatória Guilherme Manteuffel, no momento da chuva no dia 04/02/2022.



Fonte: Companhia Águas de Joinville (2022)

3.4 Dados pluviométricos

Os Quadros 3, 4, 5, 6, 7 e 8 apresentam o comportamento das chuvas por meio do valor de precipitação acumulada em milímetros na região em estudo do município de Joinville-SC ao longo dos meses de janeiro de 2021 até junho de 2022 no qual o estudo foi realizado.

Quadro 3 - Índice de pluviometria registrada na região de Janeiro à Março de 2021.

DATA	ACUMULADO (MM)	DATA	ACUMULADO (MM)	DATA	ACUMULADO (MM)
01/01/2021	15,88	01/02/2021	0,00	01/03/2021	22,94
02/01/2021	1,45	02/02/2021	0,00	02/03/2021	10,66
03/01/2021	20,08	03/02/2021	0,00	03/03/2021	9,12
04/01/2021	0,00	04/02/2021	1,25	04/03/2021	3,09
05/01/2021	9,43	05/02/2021	1,86	05/03/2021	2,78
06/01/2021	6,37	06/02/2021	0,00	06/03/2021	9,64
07/01/2021	39,53	07/02/2021	0,00	07/03/2021	3,29
08/01/2021	8,21	08/02/2021	9,74	08/03/2021	1,86
09/01/2021	4,52	09/02/2021	0,00	09/03/2021	5,13
10/01/2021	1,45	10/02/2021	0,00	10/03/2021	0,00
11/01/2021	13,43	11/02/2021	54,16	11/03/2021	0,00
12/01/2021	0,00	12/02/2021	6,87	12/03/2021	0,00
13/01/2021	13,53	13/02/2021	9,85	13/03/2021	0,00
14/01/2021	17,42	14/02/2021	19,76	14/03/2021	53,75
15/01/2021	2,47	15/02/2021	5,64	15/03/2021	0,00
16/01/2021	0,00	16/02/2021	13,33	16/03/2021	0,00
17/01/2021	1,45	17/02/2021	0,00	17/03/2021	44,75
18/01/2021	37,27	18/02/2021	0,00	18/03/2021	0,94
19/01/2021	20,39	19/02/2021	0,00	19/03/2021	6,06
20/01/2021	3,50	20/02/2021	4,52	20/03/2021	0,00
21/01/2021	41,37	21/02/2021	0,00	21/03/2021	0,00
22/01/2021	22,43	22/02/2021	0,00	22/03/2021	3,80
23/01/2021	0,52	23/02/2021	5,03	23/03/2021	7,69
24/01/2021	0,52	24/02/2021	0,00	24/03/2021	2,78
25/01/2021	2,26	25/02/2021	40,85	25/03/2021	1,25
26/01/2021	0,73	26/02/2021	33,38	26/03/2021	4,42
27/01/2021	0,63	27/02/2021	53,75	27/03/2021	4,11
28/01/2021	6,57	28/02/2021	40,54	28/03/2021	8,41
29/01/2021	2,78	<>	<>	29/03/2021	13,43
30/01/2021	0,00	<>	<>	30/03/2021	0,00
31/01/2021	0,00	<>	<>	31/03/2021	0,00
TOTAL	**294,19**	**TOTAL**	**300,53**	**TOTAL**	**219,90**

Fonte: Companhia Águas de Joinville (2022)

Quadro 4 - Índice de pluviometria registrada na região de Abril à Junho de 2021.

DATA	ACUMULADO (MM)	DATA	ACUMULADO (MM)	DATA	ACUMULADO (MM)
01/04/2021	0,00	01/05/2021	0,00	01/06/2021	0,00
02/04/2021	1,86	02/05/2021	0,00	02/06/2021	0,00
03/04/2021	9,43	03/05/2021	0,00	03/06/2021	0,00
04/04/2021	2,78	04/05/2021	0,00	04/06/2021	0,00
05/04/2021	0,00	05/05/2021	0,00	05/06/2021	0,00
06/04/2021	16,39	06/05/2021	33,07	06/06/2021	3,29
07/04/2021	0,00	07/05/2021	0,00	07/06/2021	26,83
08/04/2021	10,25	08/05/2021	0,00	08/06/2021	9,74
09/04/2021	0,00	09/05/2021	2,06	09/06/2021	0,00
10/04/2021	0,00	10/05/2021	4,21	10/06/2021	0,00
11/04/2021	0,00	11/05/2021	2,58	11/06/2021	0,00
12/04/2021	0,00	12/05/2021	25,30	12/06/2021	0,00
13/04/2021	0,00	13/05/2021	0,00	13/06/2021	0,00
14/04/2021	0,00	14/05/2021	0,00	14/06/2021	0,00
15/04/2021	0,52	15/05/2021	1,25	15/06/2021	0,00
16/04/2021	0,00	16/05/2021	0,00	16/06/2021	0,00
17/04/2021	15,47	17/05/2021	0,00	17/06/2021	0,00
18/04/2021	1,35	18/05/2021	0,00	18/06/2021	3,70
19/04/2021	2,78	19/05/2021	0,00	19/06/2021	34,71
20/04/2021	0,00	20/05/2021	0,00	20/06/2021	2,47
21/04/2021	8,72	21/05/2021	0,00	21/06/2021	3,39
22/04/2021	6,16	22/05/2021	9,85	22/06/2021	0,00
23/04/2021	0,00	23/05/2021	0,00	23/06/2021	1,04
24/04/2021	0,00	24/05/2021	0,00	24/06/2021	0,00
25/04/2021	0,73	25/05/2021	0,00	25/06/2021	0,73
26/04/2021	0,00	26/05/2021	0,00	26/06/2021	1,15
27/04/2021	0,00	27/05/2021	0,00	27/06/2021	0,00
28/04/2021	0,00	28/05/2021	0,00	28/06/2021	9,33
29/04/2021	0,00	29/05/2021	0,00	29/06/2021	3,19
30/04/2021	1,96	30/05/2021	10,35	30/06/2021	0,00
<>	<>	31/05/2021	0,00	<>	<>
TOTAL	**78,40**	**TOTAL**	**88,67**	**TOTAL**	**99,57**

Fonte: Companhia Águas de Joinville (2022)

Quadro 5 - Índice de pluviometria registrada na região de Julho à Setembro de 2021.

DATA	ACUMULADO (MM)	DATA	ACUMULADO (MM)	DATA	ACUMULADO (MM)
01/07/2021	0,00	01/08/2021	0,00	01/09/2021	0,00
02/07/2021	0,00	02/08/2021	0,00	02/09/2021	0,00
03/07/2021	0,00	03/08/2021	0,00	03/09/2021	0,00
04/07/2021	0,00	04/08/2021	0,63	04/09/2021	0,00
05/07/2021	0,00	05/08/2021	1,15	05/09/2021	7,38
06/07/2021	2,99	06/08/2021	0,00	06/09/2021	0,00
07/07/2021	1,25	07/08/2021	4,52	07/09/2021	sem dados
08/07/2021	0,00	08/08/2021	0,00	08/09/2021	3,29
09/07/2021	0,00	09/08/2021	0,00	09/09/2021	0,00
10/07/2021	0,00	10/08/2021	0,00	10/09/2021	0,00
11/07/2021	0,00	11/08/2021	6,26	11/09/2021	0,00
12/07/2021	0,00	12/08/2021	14,44	12/09/2021	0,00
13/07/2021	0,00	13/08/2021	24,98	13/09/2021	0,00
14/07/2021	0,00	14/08/2021	0,00	14/09/2021	2,16
15/07/2021	1,15	15/08/2021	0,00	15/09/2021	1,15
16/07/2021	16,08	16/08/2021	2,47	16/09/2021	24,07
17/07/2021	0,00	17/08/2021	0,00	17/09/2021	31,13
18/07/2021	0,00	18/08/2021	0,00	18/09/2021	1,76
19/07/2021	0,00	19/08/2021	0,00	19/09/2021	0,00
20/07/2021	0,00	20/08/2021	0,00	20/09/2021	0,00
21/07/2021	0,00	21/08/2021	0,00	21/09/2021	0,00
22/07/2021	0,00	22/08/2021	0,00	22/09/2021	0,00
23/07/2021	0,00	23/08/2021	0,00	23/09/2021	0,00
24/07/2021	0,00	24/08/2021	0,00	24/09/2021	0,00
25/07/2021	0,00	25/08/2021	0,00	25/09/2021	0,00
26/07/2021	0,00	26/08/2021	0,00	26/09/2021	0,00
27/07/2021	7,80	27/08/2021	0,00	27/09/2021	0,00
28/07/2021	0,00	28/08/2021	22,03	28/09/2021	15,57
29/07/2021	0,00	29/08/2021	4,21	29/09/2021	4,52
30/07/2021	0,00	30/08/2021	1,25	30/09/2021	2,78
31/07/2021	0,00	31/08/2021	1,45	<>	<>
TOTAL	**29,27**	**TOTAL**	**83,39**	**TOTAL**	**93,81**

Fonte: Companhia Águas de Joinville (2022)

Quadro 6 - Índice de pluviometria registrada na região de Outubro à Dezembro de 2021.

DATA	ACUMULADO (MM)	DATA	ACUMULADO (MM)	DATA	ACUMULADO (MM)
01/10/2021	12,80	01/11/2021	37,06	01/12/2021	0,00
02/10/2021	0,00	02/11/2021	0,00	02/12/2021	6,26
03/10/2021	4,32	03/11/2021	0,00	03/12/2021	0,84
04/10/2021	9,12	04/11/2021	4,63	04/12/2021	0,94
05/10/2021	0,00	05/11/2021	0,00	05/12/2021	5,54
06/10/2021	5,03	06/11/2021	0,00	06/12/2021	20,59
07/10/2021	0,00	07/11/2021	0,63	07/12/2021	9,33
08/10/2021	2,26	08/11/2021	1,04	08/12/2021	0,00
09/10/2021	10,15	09/11/2021	1,35	09/12/2021	0,00
10/10/2021	12,70	10/11/2021	1,55	10/12/2021	0,00
11/10/2021	10,96	11/11/2021	5,03	11/12/2021	25,50
12/10/2021	6,77	12/11/2021	14,04	12/12/2021	0,00
13/10/2021	0,52	13/11/2021	1,15	13/12/2021	0,00
14/10/2021	0,00	14/11/2021	0,00	14/12/2021	12,40
15/10/2021	21,72	15/11/2021	0,00	15/12/2021	2,47
16/10/2021	0,00	16/11/2021	0,00	16/12/2021	0,00
17/10/2021	17,72	17/11/2021	sem dados	17/12/2021	1,04
18/10/2021	9,12	18/11/2021	206,54	18/12/2021	35,63
19/10/2021	6,67	19/11/2021	2,58	19/12/2021	1,76
20/10/2021	2,89	20/11/2021	0,00	20/12/2021	0,00
21/10/2021	0,00	21/11/2021	0,00	21/12/2021	1,76
22/10/2021	0,00	22/11/2021	0,00	22/12/2021	4,93
23/10/2021	3,19	23/11/2021	8,31	23/12/2021	0,00
24/10/2021	0,00	24/11/2021	0,00	24/12/2021	2,06
25/10/2021	0,00	25/11/2021	0,00	25/12/2021	0,00
26/10/2021	0,00	26/11/2021	4,52	26/12/2021	19,46
27/10/2021	0,00	27/11/2021	0,00	27/12/2021	0,00
28/10/2021	4,83	28/11/2021	0,00	28/12/2021	0,00
29/10/2021	32,77	29/11/2021	0,00	29/12/2021	0,00
30/10/2021	20,89	30/11/2021	0,00	30/12/2021	11,38
31/10/2021	47,09	<>	<>	31/12/2021	8,51
TOTAL	**241,52**	**TOTAL**	**288,43**	**TOTAL**	**170,40**

Fonte: Companhia Águas de Joinville (2022)

Quadro 7 - Índice de pluviometria registrada na região de Janeiro à Março de 2022.

DATA	ACUMULADO (MM)	DATA	ACUMULADO (MM)	DATA	ACUMULADO (MM)
01/01/2022	0,00	01/02/2022	0,00	01/03/2022	46,38
02/01/2022	0,00	02/02/2022	0,00	02/03/2022	74,01
03/01/2022	0,00	03/02/2022	0,00	03/03/2022	2,89
04/01/2022	34,00	04/02/2022	31,74	04/03/2022	0,00
05/01/2022	25,40	05/02/2022	0,00	05/03/2022	0,00
06/01/2022	2,68	06/02/2022	1,35	06/03/2022	0,00
07/01/2022	0,00	07/02/2022	0,00	07/03/2022	sem dados
08/01/2022	0,00	08/02/2022	0,00	08/03/2022	0,00
09/01/2022	2,06	09/02/2022	0,00	09/03/2022	4,93
10/01/2022	32,77	10/02/2022	0,00	10/03/2022	5,13
11/01/2022	13,02	11/02/2022	0,00	11/03/2022	37,37
12/01/2022	0,00	12/02/2022	0,00	12/03/2022	22,33
13/01/2022	0,00	13/02/2022	0,00	13/03/2022	8,11
14/01/2022	4,21	14/02/2022	33,48	14/03/2022	2,68
15/01/2022	0,00	15/02/2022	0,00	15/03/2022	8,11
16/01/2022	0,00	16/02/2022	0,00	16/03/2022	3,70
17/01/2022	0,00	17/02/2022	33,79	17/03/2022	0,00
18/01/2022	0,00	18/02/2022	0,00	18/03/2022	13,53
19/01/2022	0,00	19/02/2022	0,00	19/03/2022	4,93
20/01/2022	0,00	20/02/2022	0,00	20/03/2022	4,21
21/01/2022	0,00	21/02/2022	2,68	21/03/2022	35,94
22/01/2022	0,00	22/02/2022	19,46	22/03/2022	5,03
23/01/2022	0,00	23/02/2022	0,63	23/03/2022	0,00
24/01/2022	0,00	24/02/2022	0,00	24/03/2022	19,76
25/01/2022	0,00	25/02/2022	0,00	25/03/2022	0,00
26/01/2022	0,00	26/02/2022	0,00	26/03/2022	0,00
27/01/2022	66,64	27/02/2022	0,00	27/03/2022	0,00
28/01/2022	25,30	28/02/2022	0,00	28/03/2022	0,00
29/01/2022	6,37	<>	<>	29/03/2022	0,00
30/01/2022	4,73	<>	<>	30/03/2022	9,64
31/01/2022	1,15	<>	<>	31/03/2022	17,42
TOTAL	**218,33**	**TOTAL**	**123,13**	**TOTAL**	**326,10**

Fonte: Companhia Águas de Joinville (2022)

Quadro 8 - Índice de pluviometria registrada na região de Abril à Junho de 2022.

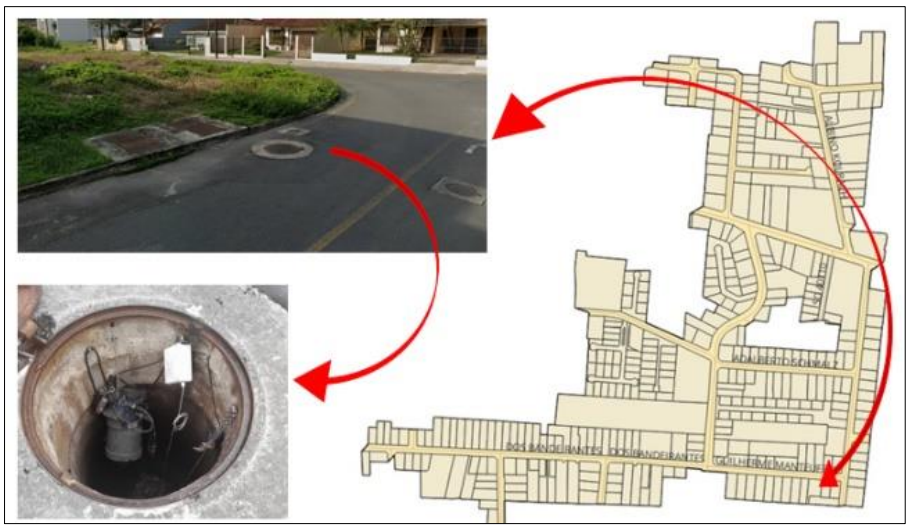
DATA	ACUMULADO (MM)	DATA	ACUMULADO (MM)	DATA	ACUMULADO (MM)
01/04/2022	11,99	01/05/2022	0,00	01/06/2022	27,24
02/04/2022	4,73	02/05/2022	16,70	02/06/2022	31,23
03/04/2022	0,52	03/05/2022	53,14	03/06/2022	0,52
04/04/2022	2,99	04/05/2022	36,15	04/06/2022	0,00
05/04/2022	0,00	05/05/2022	0,00	05/06/2022	1,15
06/04/2022	2,68	06/05/2022	0,00	06/06/2022	12,50
07/04/2022	3,50	07/05/2022	0,00	07/06/2022	16,70
08/04/2022	11,17	08/05/2022	0,00	08/06/2022	1,76
09/04/2022	0,00	09/05/2022	0,00	09/06/2022	6,26
10/04/2022	0,00	10/05/2022	3,09	10/06/2022	0,00
11/04/2022	1,15	11/05/2022	0,00	11/06/2022	0,00
12/04/2022	6,87	12/05/2022	0,00	12/06/2022	0,00
13/04/2022	12,80	13/05/2022	0,00	13/06/2022	0,00
14/04/2022	22,23	14/05/2022	0,00	14/06/2022	0,00
15/04/2022	0,00	15/05/2022	0,00	15/06/2022	0,00
16/04/2022	0,00	16/05/2022	0,00	16/06/2022	0,00
17/04/2022	0,00	17/05/2022	0,00	17/06/2022	0,00
18/04/2022	4,11	18/05/2022	0,00	18/06/2022	0,00
19/04/2022	0,00	19/05/2022	0,00	19/06/2022	0,00
20/04/2022	0,00	20/05/2022	0,00	20/06/2022	0,00
21/04/2022	0,00	21/05/2022	0,00	21/06/2022	0,00
22/04/2022	2,89	22/05/2022	0,00	22/06/2022	0,00
23/04/2022	12,70	23/05/2022	0,00	23/06/2022	0,00
24/04/2022	0,00	24/05/2022	0,00	24/06/2022	0,00
25/04/2022	0,00	25/05/2022	0,00	25/06/2022	0,00
26/04/2022	0,00	26/05/2022	0,00	26/06/2022	0,00
27/04/2022	0,00	27/05/2022	0,00	27/06/2022	0,00
28/04/2022	0,00	28/05/2022	0,00	28/06/2022	0,00
29/04/2022	0,00	29/05/2022	39,01	29/06/2022	0,00
30/04/2022	0,00	30/05/2022	12,50	30/06/2022	0,00
<>	<>	31/05/2022	2,37	<>	<>
TOTAL	**100,33**	**TOTAL**	**162,96**	**TOTAL**	**97,36**

Fonte: Companhia Águas de Joinville (2022)

3.5 Medição de vazão

O medidor de vazão da Sub-bacia 4-A1 foi instalado no poço de visita de chegada da elevatória Guilherme Manteuffel localizado na Rua Guilherme Manteuffel no bairro Glória conforme mostra a Figura 7. Ademais, como o medidor de vazão já estava instalado no local desde o ano de 2020, a sub-bacia 4-A1 possui um histórico de vazão muito significativo para a realização do estudo. Para o estudo em questão foram utilizados os dados de vazão coletados de janeiro de 2021 até junho de 2022 fornecidos pela Companhia Águas de Joinville.

Figura 7 - Localização do medidor de vazão da sub-bacia 4-A1

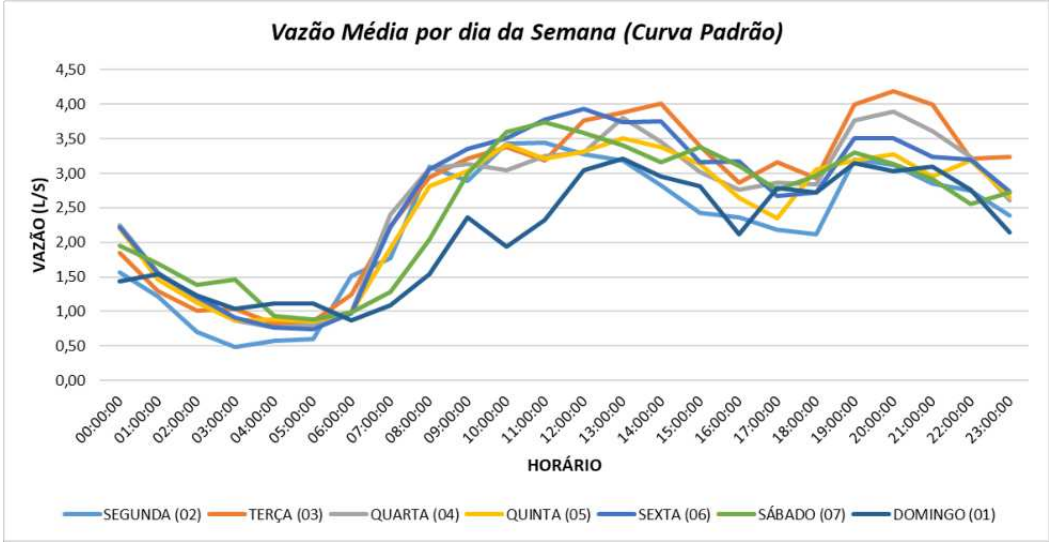


Fonte: Autoral (2023)

3.6 Relação dos dados de vazão e pluviometria da região

Com os dados de vazão registrados, montou-se o gráfico de comportamento padrão de vazão de entrada de esgoto por dias da semana na região em períodos secos conforme a Figura 8.

Figura 8 – Vazão média horária em tempo seco por dia da semana na sub-bacia 4-A1

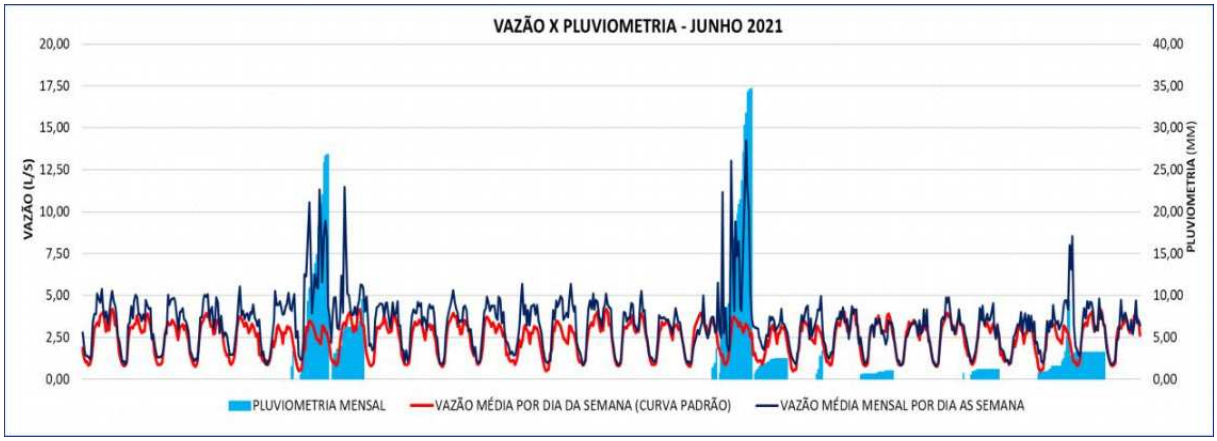


Fonte: Autoral (2023)

Com os eventos de chuva, identificou-se que a o comportamento padrão da vazão em período de tempo seco sofria influência direta com à chuva, caracterizando influxo direto.

Na Figura 9, é possível verificar que há incremento de vazão devido às chuvas no mês de junho de 2021. Ou seja, percebe-se que conforme ocorrem os eventos de precipitação durante o mês de junho de 2021, à linha de tendência de vazão média mensal aumenta significativamente, divergindo da curva padrão na qual deveria se aproximar.

Figura 9 – Gráfico vazão x pluviometria da sub-bacia 4-A1 no mês de Junho de 2021



Fonte: Autoral (2023)

3.6.1 Taxa de Infiltração

Para estimar à parcela que infiltra pelo solo através de juntas das tubulações, por defeito das tubulações, conexões ou pelo poço de visita, foram selecionados os dias úmidos e comparados com os dias secos. O Quadro 9 descreve a classificação dos dias conforme os eventos de chuva.

Quadro 9 – Classificação dos dias conforme os eventos de chuva.

EVENTO	DESCRIÇÃO
Chuvoso significativo	Precipitação total diária superior a 10mm
Chuvoso não significativo	Precipitação total diária superior a 4mm e inferior a 10mm
Úmido	Dois dias subsequentes às datas de ocorrência de qualquer evento chuvoso significativo
Seco	Todos os dias em que não se enquadram nas três classificações anteriores e que apresentam precipitação inferior a 4mm

Fonte: Adaptado de Metcalf e Eddy (1991)

A taxa de infiltração estimada foi dada pela diferença entre a vazão de esgoto doméstico média no dia úmido (Q médio úmido do dia) e à vazão média em dias secos do mês (Q médio seco do mês), onde o resultado foi divido pela extensão de rede coletora da sub-bacia 4-A1. O Quadro 10 apresenta os valores calculados para o ano de 2021.

Quadro 10 – Taxa de infiltração da sub-bacia 4-A1

TAXA DE INFILTRAÇÃO MENSAL - DADOS DOS DIAS ÚMIDOS					
DATA	Precipitação (mm)	Q médio úmido do dia (l/s)	Q médio seco do mês (l/s)	Extensão da rede coletora de esgoto (Km)	Taxa de infiltração (l/s.km)
25/05/2021	0	3,76	3,67	4,55	0,02
11/06/2021	0	3,30	3,12	4,55	0,04
02/07/2021	0	3,09	2,88	4,55	0,05
30/07/2021	0	3,39	2,88	4,55	0,11
16/11/2021	0	3,23	2,89	4,55	0,07
22/11/2021	0	3,43	2,89	4,55	0,12
MÉDIAS	**0**	**3,37**	**3,06**	**4,55**	**0,07**

Fonte: Autoral (2023)

Assim, à taxa de infiltração média na área de estudo foi de 0,07 l/s.km. Sendo que, para fins de dimensionamento para a área de estudo o valor adotado em projeto foi 0,2 l/s.km. Além disso, a NBR 9649 (ABNT,1986) admite valores entre 0,05 e 1,0 l/s.km, com devida justificação do valor utilizado.

3.6.2 Análise dos Influxos

Devido à variabilidade dos eventos chuvosos, para avaliar o aumento da vazão na rede coletora, foram definidas faixas de precipitação horária para comparar às leituras de vazão em dias de tempo seco e em dias chuvosos.

O influxo máximo foi dado pela diferença entre a vazão de pico do dia chuvoso (Q pico do dia chuvoso) e à vazão no mesmo horário do dia anterior à chuva (Q mesmo horário do dia anterior a chuva). E o aumento da vazão, deu-se pela razão entre o influxo máximo e vazão no mesmo horário do dia anterior à chuva. Os dados obtidos estão apresentados no Quadro 11.

Quadro 11 – Influxos diretos em determinados dias de chuva da sub-bacia 4-A1

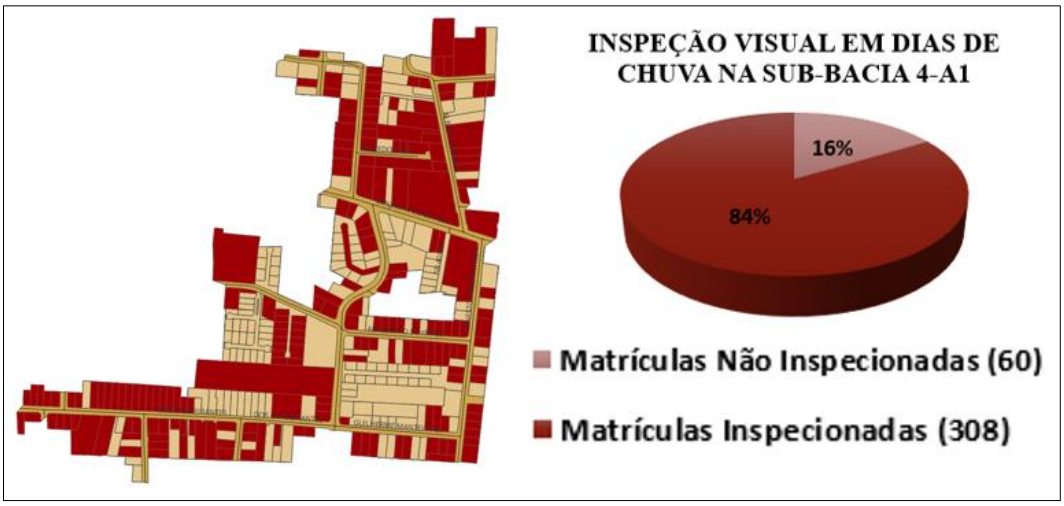
INFLUXO DIRETO - SUB BACIA 4 - A1									
Faixa de precipitação (mm/h)	Extensão da rede coletora (Km)	Data dia seco	Data dia chuvoso	Pluviometria acumulada no dia (mm)	Horário de pico de vazão	Q pico do dia chuvoso (l/s)	Q mesmo horário do dia anterior à chuva (l/s)	Influxo máximo (l/s)	Aumento de Vazão (%)
~ 5	4,55	08/05/2021	10/05/2021	4,21	19:24:00	6,79	5,19	1,60	**31**
	4,55	17/06/2021	18/06/2021	3,70	00:00:00	6,63	2,68	3,95	**147**
	4,55	06/08/2021	07/08/2021	4,52	14:08:00	6,58	4,79	1,79	**37**
~ 10	4,55	29/05/2021	30/05/2021	10,35	07:14:00	11,54	2,19	9,35	**427**
	4,55	02/10/2021	04/10/2021	9,12	11:14:00	13,02	4,65	8,37	**180**
	4,55	22/11/2021	23/11/2021	8,31	16:30:00	16,06	4,97	11,09	**223**
15-20	4,55	27/09/2021	28/09/2021	15,57	21:58:00	4,64	0,86	3,78	**440**
20-30	4,55	27/08/2021	28/08/2021	22,03	08:56:00	14,59	2,09	12,50	**598**
35-50	4,55	03/01/2022	04/01/2022	34,00	14:05:00	22,25	0,58	21,67	**3736**
	4,55	03/02/2022	04/02/2022	31,74	19:00:00	12,46	0,37	12,09	**3268**
>50	4,55	26/01/2022	27/01/2022	66,64	17:40:00	23,04	0,67	22,37	**3339**

Fonte: Autoral (2023)

3.7 Inspeção visual de caixas de inspeção em dias de chuva

Durante os meses de março até agosto de 2022, realizou-se inspeções visuais nas caixas de inspeção de esgoto das matrículas na sub-bacia 4-A1. Das 368 matrículas pertencentes a região de estudo, foi possível realizar inspeções visuais em apenas 308 matrículas (84% das matrículas região). Nas 60 matrículas restantes (16% das matrículas região), não foi possível a execução das inspeções visuais por alguns motivos, como por exemplo: a não localização ou inexistência da caixa de inspeção no imóvel, o difícil acesso à caixa de inspeção, imóvel não conectado à rede coletora de esgoto, caixa de inspeção afogada ou obstruída. A Figura 10, ilustra a representatividade das inspeções visuais realizadas na região.

Figura 10 – Inspeções visuais em dias de chuva na sub-bacia 4-A1.



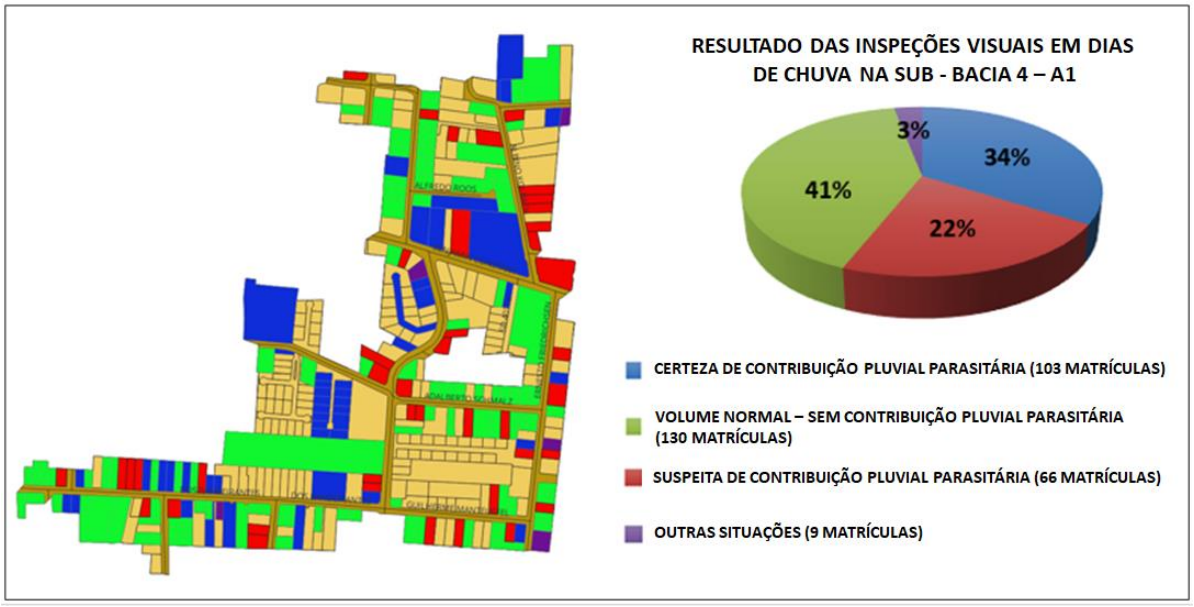
Fonte: Autoral (2023)

Das 308 matrículas inspecionadas, constatou-se que 41% das matrículas estavam com o fluxo de esgoto na caixa de inspeção com volume normal, ou seja, sem a presença de contribuição pluvial parasitária. Além disso, 22% das matrículas foram classificadas com suspeita de contribuição pluvial parasitária, ou seja, o fluxo de esgoto na caixa de inspeção não estava nem muito elevado e nem tão baixo como deveria estar em eventos com chuva.

Ademais, em 34% das matrículas, verificou-se que fluxo de esgoto na caixa de inspeção estava constante, em grandes proporções e limpo, caracterizando dessa forma, certeza da presença de contribuição pluvial no imóvel.

Por fim, em 3% das matrículas não foi possível a classificação adequada, pois foram identificadas situações que impossibilitassem a visualização do fluxo de esgoto, como por exemplo, a obstrução da caixa de inspeção. A Figura 11 mostra os resultados das inspeções visuais realizadas na região:

Figura 11 – Resultado das inspeções visuais em dias de chuva na sub-bacia 4-A1.



Fonte: Autoral (2023)

4. CONCLUSÕES

Com os dados obtidos no estudo, foi possível estimar à vazão de chegada de esgoto da estação elevatória de esgoto Guilherme Manteuffel e observou-se um aumento das vazões de esgoto sanitário bombeadas nos dias com picos de chuva em diferentes faixas de precipitação.

Calculou-se uma taxa de infiltração de 0,07 l/s.km para sub-bacia 4-A1. Sendo assim, constatou-se que o valor calculado estava dentro dos padrões, ou seja, coerente com o valor adotado em projeto para a área de estudo (0,2 l/s.km) e o valor normativo segundo NBR 9649/1986, que admite valores entre 0,05 e 1,0 l/s.km. Dessa forma, pode-se concluir que à região não possui defeitos significativos de estanqueidade nas tubulações, peças e acessórios do sistema de esgotamento sanitário.

Por meio dos cálculos de influxo direto no sistema de esgotamento sanitário da sub-bacia 4-A1, pode-se perceber que conforme às faixas de precipitação aumentam, a porcentagem do aumento da vazão aumenta proporcionalmente. Os dados obtidos demonstraram que a partir de uma precipitação de 10mm, à vazão sofre interferência acima de 100% de aumento na vazão de esgoto. Além disso, entre 15 à 20mm de precipitação esse aumento se encontra acima de 400%, entre 20 e 30mm o aumento se encontra acima de 500% e nas faixas acima de 35mm de precipitação à porcentagem de aumento na vazão é superior à 3000%. Evidenciando, portanto, a grande presença das ligações clandestinas da rede pluvial conectadas na rede de esgoto.

Além disso, verificou-se na prática que 34% das matrículas da região em estudo estavam com ligações irregulares e 22% com suspeita de ligações irregulares. Dessa forma, 56% das matrículas analisadas na sub-bacia 4-A1 precisam ser fiscalizadas e orientadas a corrigir à ligação irregular.

Portanto, os resultados apresentados, permitiram evidenciar tanto em cálculos teóricos quanto na inspeção visual prática, o aumento significativo da vazão de esgoto sanitário que chega na elevatória Guilherme Manteuffel em dias de chuvas, comprovando dessa forma, a real presença da contribuição de águas pluviais parasitárias no sistema de esgotamento da sub-bacia 4-A1 no município de Joinville.

Desse modo, os resultados obtidos sugerem que o sistema de esgotamento sanitário desta região, perde sua característica de separador absoluto cujo mesmo foi projetado para ser, haja vista que em precipitações acima de 35mm, temos um aumento maior que 3000% de infiltração pluvial, que por sua vez, colabora com o aumento dos custos operacionais, aumenta a insatisfação dos clientes, além de provocar extravasamentos de esgoto para o meio ambiente.

Por fim, para amenizar este grande problema, é de suma importância que os sistemas prediais de esgotamento sanitário “SPES” e os sistemas prediais de águas pluviais “SPAP” sejam executados e dimensionados de acordo com suas respectivas normativas: NBR 8160 (ABNT,1999) Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução e a NBR 10844 (ABNT,1989) Instalações prediais de águas pluviais. Dessa forma, com cada sistema executado e dimensionado de forma correta e independente conforme o sistema de coleta separador total absoluto, às contribuições pluviais parasitárias seriam reduzidas de forma significativa.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com a parceria da Companhia Águas de Joinville, concessionária responsável pelo atendimento de saneamento básico da cidade de Joinville-SC.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9648. **Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário** – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9648. **Instalações prediais de águas pluviais** – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9649. **Projeto de Redes Coletoras de Esgoto** – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9648. **Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução**. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

BERTOLINO, Murilo. **Avaliação das contribuições de água de chuva provenientes de ligações domiciliares em sistema de esgotamento sanitário separador absoluto.** 2013. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial., Centro Tecnológico, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

Companhia Águas de Joinville. **Plano de combate às infiltrações pluviais na rede coletora de esgoto.** 2019. 44 f. Coordenação de Coleta e Transporte de Esgoto - Cct, Gerência de Esgoto - Ges, Joinville, 2022.

METCALF & EDDY Inc. (1991). Wastewater Engineering: treatement, disposal and reuse. 3ª ed., McGraw-Hill International Editions, 1334p.

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

ANÁLISE DO POTENCIAL DE DISPERSÃO DE SARS-COV-2 POR MEIO DE AEROSSÓIS DE BACIAS SANITÁRIAS

Analysis of the dispersion potencial of SARS-CoV-2 through aerosols from toilets

Ludmila Souza Vieira [1]; Lúcia Helena de Oliveira[2]; Fernando Akira Kurokawa [3]

Recebido em 11 de junho de 2023, aprovado em 22 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

Palavras-chave:

Fluidodinâmica computacional

SARS-CoV-2

Bacia sanitária

Keywords:

Computational fluid dynamics

SARS-CoV-2

Toilet

RESUMO: A pandemia da COVID-19, causada pelo vírus SARS-CoV-2, provocou profundas transformações e desafios à ciência e às relações sociais. Embora os primeiros estudos sobre o modo de transmissão da doença apontassem que ela ocorra por meio de gotículas e secreções respiratórias, pesquisadores passaram a levantar a hipótese de que a infecção também poderia ocorrer por via fecal-oral. Evidências da presença do SARS-CoV-2 no esgoto residual recolhido de ambientes cujos usuários foram diagnosticados com a COVID-19 surgiram, especialmente em sanitários de uso público e de locais de assistência à saúde. Esses locais são considerados críticos pelo potencial de disseminação da doença, principalmente devido à dinâmica do acionamento da descarga. Isso se deve ao fato da descarga ser capaz de provocar a suspensão de partículas de aerossóis e gotículas de água que podem conter esse agente infeccioso. Assim, este trabalho analisa o potencial de dispersão do SARS-CoV-2, por meio de bacias sanitárias, empregando os conceitos de fluidodinâmica computacional (CFD). Adota-se um modelo simplificado para representar a geometria de uma bacia sanitária convencional em que foi observado o comportamento do fluxo multifásico para um modelo de turbulência k-ε. Os resultados preliminares indicam a dispersão de aerossóis até a borda da bacia sanitária.

ABSTRACT: The COVID-19 pandemic, caused by the SARS-CoV-2 virus, caused transformations and challenges to science and social relations. Although the first studies on the mode of transmission of the disease indicated that it occurs through droplets and respiratory secretions, researchers began to hypothesize that the infection could also occur through the faecal-oral route. Evidence of the presence of SARS-CoV-2 in wastewater collected from environments whose users have been diagnosed with COVID-19 has emerged, especially in public toilets and healthcare facilities. These locations are considered critical for the potential spread of the disease, mainly due to the dynamics of flushing. This is due to the fact that flushing is capable of causing the suspension of aerosol particles and water droplets that may contain this infectious agent. Thus, this paper analyzes the potential of dispersion of SARS-CoV-2, through toilet flushing, employing the concepts of computational fluid dynamics (CFD). A simplified model is adopted to represent the geometry of a conventional toilet basin in which multiphase flow behaviour has been observed for a k-ε turbulence model. Preliminary results indicate the dispersion of aerosols to the edge of the toilet.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **VIEIRA, Ludmila Souza**: Arquiteta e Urbanista, Mestranda no Programa de Inovação na Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), ludmila.vieira@usp.
[2] **OLIVEIRA, Lúcia Helena de**: Engenheira Civil, Doutora em Ciências, Professora Associada do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), lucia.helena@usp.br.
[3] **KUROKAWA, Fernando Akira**: Bacharel em Matemática, Doutor em Ciências, Professor Associado do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), fernando.kurokawa@usp.br.

XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS (SISPRED 2023)

1 INTRODUÇÃO

Pandemias e emergências de saúde pública não são fenômenos raros para a humanidade e desafiam a ciência ao longo do tempo. Historicamente, infecções em larga escala provocaram inúmeras mortes ao redor do mundo, além de perdas financeiras incalculáveis.

Esses tipos de eventos são notoriamente difíceis de estudar, em parte, devido à sua natureza inerentemente transitória e repentina, dificultando o teste de hipóteses e a determinação de estratégias de mitigação verdadeiramente bem-sucedidas (BOUROUIBA, 2021).

Embora os primeiros estudos sobre o modo de transmissão da COVID-19 indicassem a sua ocorrência por meio de gotículas e secreções respiratórias, pesquisadores passaram a levantar a hipótese de que a infecção também poderia ocorrer por via fecal-oral. A suspeita sobre esse novo meio de contaminação começou no início de 2020, após um indivíduo, nos EUA, se apresentar a uma clínica com histórico de náuseas e vômitos por dois dias, além da queixa comum de tosse seca persistente, demonstrando que o vírus poderia estar presente também no sistema gastrointestinal do paciente (HOLSHUE, 2020)

Ressalta-se que um estudo “in vitro” de Wang (2005), identificou a presença do SARS-CoV em água de torneira, sem adição de cloro, em efluentes de hospitais e em esgoto doméstico, verificando que a sua sobrevivência nesses ambientes poderia ser de até dois dias, e a permanência em fezes e em urina de, respectivamente, 3 e 17 dias. Assim, considerando a grande semelhança entre os dois coronavírus, o SARS-CoV e o SARS-CoV-2, verifica-se a hipótese de que ambos tenham o mesmo comportamento no meio.

Um estudo de Weidhaas (2021), relacionou a presença do SARS-CoV-2 no esgoto residual recolhido de áreas cujos usuários foram diagnosticados com a COVID-19, corroborando com a reflexão de que o vírus estaria presente nos aparelhos sanitários.

Desta forma, os banheiros, especialmente os de uso público e de locais de assistência à saúde, como hospitais e ambulatórios, seriam locais críticos pelo enorme potencial de disseminação da doença.

A preocupação se torna ainda maior devido à dinâmica do acionamento da descarga na bacia sanitária, já que a força da água em turbilhão é capaz de provocar a suspensão de partículas de aerossóis que poderiam conter o agente infeccioso.

Surtos da COVID-19 relacionados ao transporte aéreo de aerossóis contendo o coronavírus, em edifícios habitacionais, foram observados em Hong Kong e Guangzhou (WANG et al., 2022).

Para analisar a dinâmica da produção de bioaerossóis, Liu et al. (2020) realizaram uma simulação utilizando como metodologia a dinâmica computacional de fluidos (CFD) e demonstraram que, durante a descarga da bacia sanitária, pode ocorrer o transporte massivo e ascendente de partículas de aerossol, supostamente infectadas com o SARS-CoV-2.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é analisar o potencial de dispersão do SARS-CoV-2 por meio de aerossóis de bacias sanitárias com o emprego dos conceitos de fluidodinâmica computacional (CFD).

2 MÉTODO NUMÉRICO

É possível simular qualquer escoamento em canais, tubulações e ao redor de um corpo, seja ele rígido ou móvel, por meio do processamento das equações que regem a dinâmica dos fluidos de maneira rápida, proporcionando resultados altamente precisos, com uma margem de erro minimizada e, ainda, simulando cenários fidedignos com a realidade (KUROKAWA, 2019).

Apesar das grandes vantagens da técnica CFD, Kurokawa (2019) também ressalta que existem situações muito complexas de serem modeladas como, por exemplo, o fenômeno da turbulência. McDonough (2007), reitera que a maioria dos escoamentos de fluidos encontrados na prática de engenharia são turbulentos e afirma que seu estudo e compreensão é “um dos problemas mais intrigantes, frustrantes e importantes da física clássica”.

Assumindo-se a hipótese de o escoamento ser incompressível, as equações necessárias para resolver problemas de escoamento de fluidos newtonianos e isotérmicos são as equações de conservação de massa e quantidade de movimento, dadas respectivamente, pelas Equações 1 e 2.

$$\nabla \cdot \mathbf{u} = 0 \qquad \text{(Eq. 1)}$$

$$\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \nabla(\mathbf{u}\mathbf{u}) = \frac{1}{\rho}\nabla p + \nu \nabla^2 \mathbf{u} + F \qquad \text{(Eq. 2)}$$

em que, $\mathbf{u}$ é o vetor velocidade, t é o tempo, ρ é a densidade do fluido, p é a pressão, ν o coeficiente de viscosidade e, F representa as forças externas.

Optou-se, neste artigo, por utilizar a ferramenta de simulação computacional denominada OpenFOAM, em que as equações governantes são resolvidas numericamente no solver do software. A escolha deste software representa uma alternativa de baixo-custo, sobretudo ao levar em conta a sua disponibilidade, em código aberto.

Na ferramenta OpenFOAM estão disponíveis vários modelos de turbulência do tipo RANS (Reynolds Average Navier Stokes) e LES (Large Eddy Simulation). Estes modelos abrangem um conjunto relativamente grande de problemas de escoamento que incluem variáveis dependentes do tempo, interação de fluido-estrutura e transferência de calor.

O modelo de turbulência adotado para realizar as simulações foi o k-ε Padrão (LAUNDER; SPALDING, 1974). Esse modelo é semi-empíricos baseados na modelagem das equações de transporte da energia cinética turbulenta (k) e na taxa de dissipação de energia (ε) dadas respectivamente, pelas Equações 3 e 4.

$$\frac{\partial \kappa}{\partial t} + \nabla \cdot (\kappa \mathbf{u}) = \nabla \left(\left(\mu + \frac{\nu_t}{\sigma_\kappa} \right) \nabla \kappa \right) + P - \varepsilon \quad \text{(Eq. 3)}$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \nabla \cdot (\varepsilon \mathbf{u}) = \nabla \left(\left(\mu + \frac{\nu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \nabla \varepsilon \right) + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{\kappa} P - C_{2\varepsilon} \frac{\varepsilon^2}{\kappa} \quad \text{(Eq. 4)}$$

em que P é o termo de produção de energia cinética turbulenta média, σ_κ e σ_ε são os coeficientes de difusão turbulentos, e $C_{1\varepsilon}$e $C_{2\varepsilon}$ são constantes empíricas. A viscosidade turbulenta, ν_t é calculada pela Equação 5.

$$\nu_t = C_\mu \frac{k^2}{\epsilon} \quad \text{(Eq. 5)}$$

em que C_μ também é uma constante empírica. As demais constantes são obtidas a partir da correlação de dados experimentais de diversos escoamentos turbulentos, sendo dadas por: $C_\mu = 0.09$, $C_{1\varepsilon} = 1.44$, $C_{2\varepsilon} = 1.92$, $\sigma_\kappa = 1.0$ e $\sigma_\varepsilon = 1.3$.

As equações diferenciais de (1) a (4), juntamente com as condições de contorno, são resolvidas numericamente no ambiente *OpenFOAM* usando o método dos volumes finitos (MVF), em que o domínio de interesse é subdividido em um número finito de partes menores, denominadas volumes de controle, e as grandezas de interesse são calculadas de forma aproximada em cada um desses volumes. A solução resultante satisfaz a conservação de quantidades como massa, quantidade de movimento, energia em qualquer volume de controle finito.

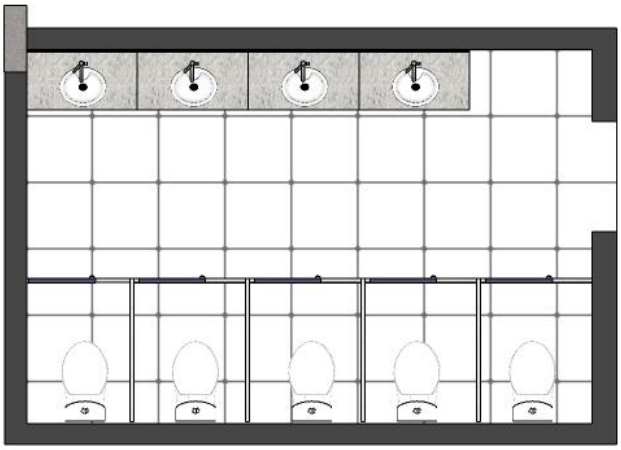
O método de cálculo da solução numérica empregado pela ferramenta é o PISO (Pressure-Implicit with Splitting of Operators) (ISSA, 1986). No entanto, foi realizado uma modificação no solver da ferramenta (pisoFoam) para o cálculo da solução numérica. O objetivo foi de alterar o passo de tempo on-the-fly a partir de condicionantes de estabilidade e convergência, ou seja, reduzir o número de iterações com o ajuste automático do passo de tempo durante o processamento condicionado pela análise do número de Courant (COURANT *et al*., 1967).

O esquema de interpolação adotado para discretização das derivadas temporais de 1ª ordem foi Euler Implícito e, para a discretização dos termos difusivos e advectivos foi adotado o esquema diferenças centrais. No caso da solução do sistema algébrico da variável pressão, foi utilizado o método iterativo *Geometric-algebraic multi-grid* (GAMG) com amortecedor Gauss-Seidel.

3 METODOLOGIA

O campo de análise desta pesquisa são banheiros públicos, tendo como elemento-chave bacia sanitária. Na Figura 1 está apresentado um sanitário público e na Figura 2, uma elevação dos boxes das bacias sanitárias.

Figura 1 - Planta de um sanitário público



Fonte: Vieira (2022)

Figura 2 - Vista dos boxes das bacias sanitárias



Fonte: Vieira (2022)

Considera-se que este banheiro esteja localizado na cidade de São Paulo, onde a aceleração gravitacional é de 9,81 m/s² e a temperatura do ar foi assumida de 27 graus Celsius.

O modelo de referência de bacia sanitária adotado possui volume de descarga nominal (VDN) de 6 litros. A água entra na bacia lateralmente, produzindo um fluxo tipo vórtice, potencializando a descarga de resíduos sólidos. É de uma marca consolidada no mercado, com sifão oculto, sendo muito utilizada em estabelecimentos públicos. Nas Figuras 3 e 4 estão ilustradas as vistas e as seções transversal e longitudinal, respectivamente.

Figura 3 - Vistas da bacia sanitária



Fonte: Vieira (2022)

Figura 4 - Seções da bacia sanitária

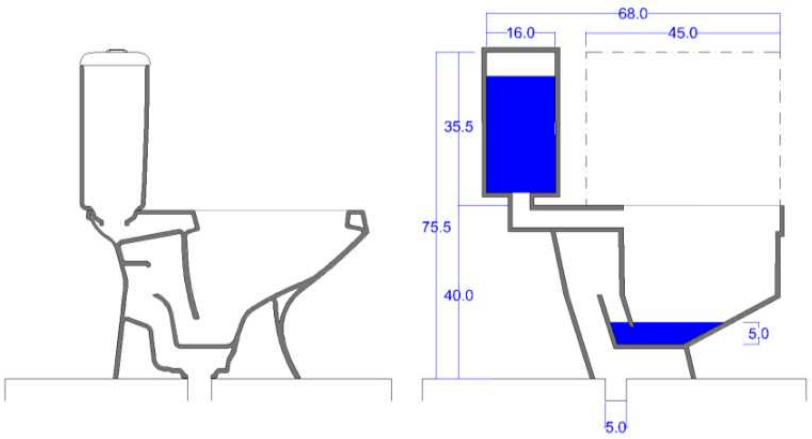


Fonte: Vieira (2022)

Partindo deste referencial de bacia sanitária, Figura 5 (a), para a validação dos parâmetros e das condições da simulação computacional, adotou-se um modelo geométrico simplificado de bacia sanitária, conforme ilustrado na Figura 5 (b), sendo que a região delimitada pela linha tracejada corresponde a área em que avalia-se a possibilidade de dispersão de aerossóis, após o acionamento da descarga.

Figura 5 - Bacia original (a) e bacia simplificada (b)

(a) (b)



Fonte: Vieira (2022)

Com relação aos recursos computacionais, foram utilizados para validação do modelo:

- Notebook com processador Intel Core i5-7200U e função Turbo Boost, placa gráfica NVIDIA GeForce 940MX com 2GB de RAM dedicada e memória 8GB DDR4;
- Versão do software OpenFOAM-v2106, de junho de 2021, instalada em uma máquina virtual com sistema operacional Linux (Ubuntu); e
- Para a etapa de pós-processamento, utilizou-se o software Paraview (que já vem acoplado no pacote OpenFOAM), na versão 5.4.1., que permite a visualização interativa dos resultados.

Simular fluxos multifásicos também não é uma tarefa fácil. A natureza complexa dos fluxos multifásicos se deve à natureza transitória dos fluxos; à existência de interfaces que mudam dinamicamente; às descontinuidades; às interações de estruturas de pequena escala tais

como bolhas e partículas; às interações partícula-partícula; à transferência de massa e mudança de fase; à turbulência; dentre outros fatores (BERLEMONT, 1995).

Neste estudo, para avaliar a interface entre as duas fases é utilizado o Método de Volume de Fluido (Volume of Fluid - VOF), desenvolvido por Hirt e Nichols (1981), em que as fases de um sistema multifásico são matematicamente tratadas como contínuas e interpenetrantes, na qual o volume de cada fase não pode ocupar o volume de outra fase, introduzindo, assim, o conceito de fração volumétrica de fases (α – alpha), utilizando uma função indicadora escalar, que varia de zero (sem material) a um (completamente preenchido com material), conforme a seguir:

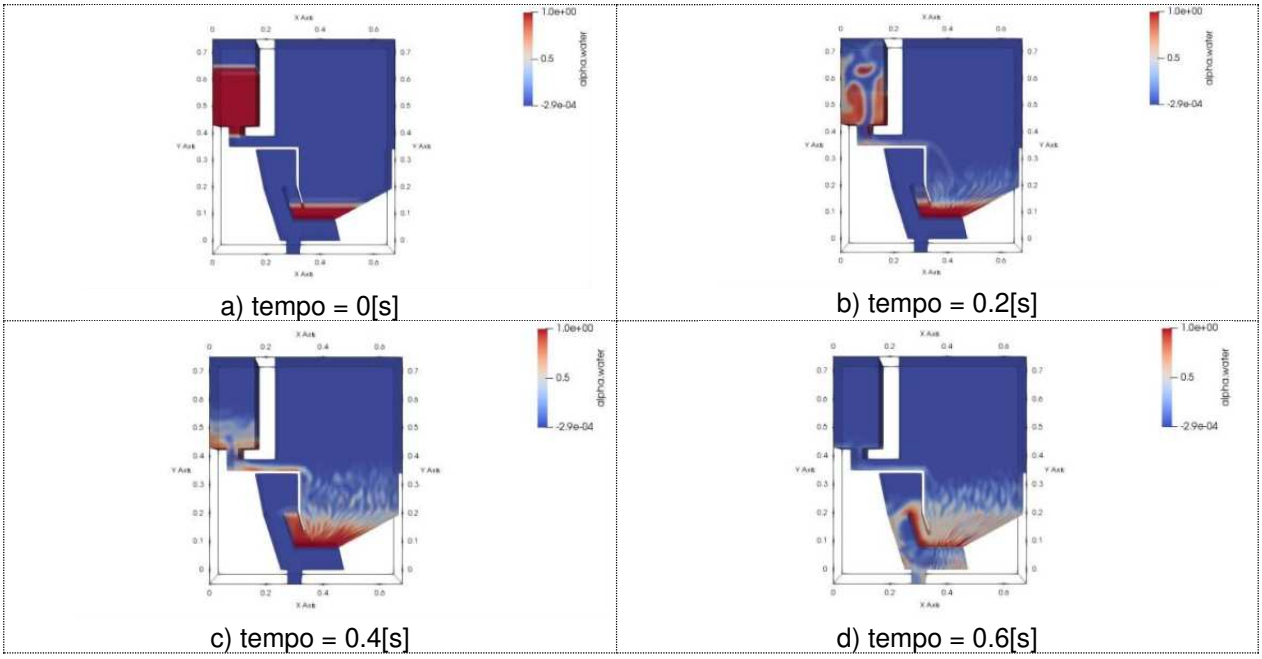
αq =0: sem fluido;
0 > αq > 1 interface; e
αq =1 com fluido.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Considera-se, para esta simulação computacional, a análise de um sistema multifásico, já que se verifica a presença de duas fases: água em estado líquido e o ar. No modelo não é considerada a presença de sólidos.

A solução do sistema de equações composto das equações da fração volumétrica de cada fase combinadas a uma única equação da quantidade de movimento, são todas integradas em cada célula da malha do modelo. Utilizando recursos computacionais convencionais, a malha deste modelo foi gerada com refinamento de aproximadamente 67.000 células. Como apresentado na Figura 6, foram visualizados os seguintes comportamentos dos fluidos para cada um dos tempos da simulação identificados a seguir.

Figura 6 – Resultados visualizados no Paraview



Na Figura 6 (c), observa-se a presença de aerossóis até o nível da borda da bacia sanitária. Ressalta-se que o estudo está em sua fase inicial e que na próxima etapa serão propostos

outros tipos de escoamento propiciados pelas descargas nas bacias sanitárias para analisar se os aerossóis vão além da borda da bacia sanitária.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando o resultado da simulação, embora tenha sido adotada uma geometria simplificada e uma malha grosseira, conclui-se que, após o acionamento da descarga de bacias sanitárias, existe a possibilidade de suspensão de aerossóis além dos limites do assento da bacia sanitária, situação que pode representar novo potencial de disseminação de doenças por meio de aerossóis.

Assim, se houver SARS-Cov-2 presentes na bacia sanitária pode-se afirmar que há um grande potencial de disseminar a Covid-19 nos usuários do sanitário.

REFERÊNCIAS

BERLEMONT, Alain; GRANCHER, M. S.; GOUESBET, Gérard. Heat and mass transfer coupling between vaporizing droplets and turbulence using a Lagrangian approach. **International journal of heat and mass transfer**, v. 38, n. 16, p. 3023-3034, 1995.

BOUROUIBA, L. The fluid dynamics of disease transmission. **Annual Review of Fluid Mechanics**, v. 53, p. 473-508, 2021.

COURANT, R..; FRIEDRICHS K.; LEWY, H. On the partial differential equations of mathematical physics. **IBM Journal Research and Development**, v.11, p. 215-234, 1967.

HIRT, Cyril W.; NICHOLS, Billy D. Volume of fluid (VOF) method for the dynamics of free boundaries. **Journal of computational physics**, v. 39, n. 1, p. 201-225, 1981.

HOLSHUE, Michelle L. et al. First case of 2019 novel coronavirus in the United States. **New England Journal of Medicine**, 2020.

ISSA, R. I. Solution of the Implicitly Discretised Fluid Flow Equations by Operator-Splitting. J. **Comput. Phys.**, v. 62, p. 40–65, 1986.

KUROKAWA, F.A. Contribuições das investigações de técnicas numéricas para o desenvolvimento de modelagens em CFD para problemas de engenharia civil. 2019. **Tese de Livre Docência.** Universidade de São Paulo.

LAUNDER, Brian Edward; SPALDING, Dudley Brian. The numerical computation of turbulent flows, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. 1974. p. 269-289.

LIU, Yuan et al. Aerodynamic analysis of SARS-CoV-2 in two Wuhan hospitals. **Nature**, v. 582, n. 7813, p. 557-560, 2020.

MCDONOUGH, J.M. Introductory lectures on turbulence: physics, mathematics and modeling. 2007.

WANG, Qun et al. Aerosol transmission of SARS-CoV-2 due to the chimney effect in two high-rise housing drainage stacks. **Journal of hazardous materials**, v. 421, p. 126799, 2022.

WANG, Xin-Wei et al. Concentration and detection of SARS coronavirus in sewage from Xiao Tang Shan Hospital and the 309th Hospital. **Journal of virological methods**, v. 128, n. 1-2, p. 156-161, 2005.

WEIDHAAS, Jennifer et al. Correlation of SARS-CoV-2 RNA in wastewater with COVID-19 disease burden in sewersheds. **Science of the Total Environment**, v. 775, p. 145790, 2021.

SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

CONTROLE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM LOTEAMENTO URBANO POR EMIO DE POÇOS DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL

Control of runoff in urban allotments by stormwater infiltration dry-wells

Tales Dias Aguiar [1]; Ricardo Padro Abreu Reis[2]

Recebido em 25 de abril de 2023, aprovado em 05 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

Palavras-chave:
Stormwater
Poço de infiltração
Drenagem na fonte
Cheias urbanas

Keywords:
Stormwater
Dry-Well
Source Drainage
Urban flooding

RESUMO: O processo crescente de urbanização intensifica a impermeabilização das superfícies das cidades resultando em impactos no balanço hídrico e elevação das ocorrências de cheias urbanas. Este fenômeno está associado ao aumento do volume de escoamento superficial e redução do tempo de concentração, que resulta em picos mais elevados de vazão na bacia de contribuição. Os sistemas de drenagem na fonte visam reestabelecer ou preservar o balanço hídrico nas áreas edificadas, promovendo a retenção ou detenção da pluviometria incidente. Assim, utilizando um loteamento hipotético foram avaliados 4 cenários de implantação do loteamento considerando diferentes implantações de poços de infiltração de águas pluviais nas áreas edificadas e cenários de referência (terreno natural e urbanizado sem drenagem na fonte). Os poços de infiltração foram implantados individualmente e coletivamente e comparou-se a redução de pico de vazão e de aumento de tempo de concentração notando-se que a implantação coletiva teve maior eficiência de infiltração do escoamento, diminuindo o volume escoado, e que os poços de infiltração individuais foram os que mais diminuíram a vazão de pico.

ABSTRACT: The growing process of urbanization intensifies the waterproofing surfaces of cities resulting in impacts on the water balance and increase of urban flooding. This phenomenon is associated with a runoff increase and a concentration time reduction, which results in higher flow peaks in the contribution basin. Source drainage systems aim to reestablish or preserve the water balance in built-up areas, promoting the retention or detention of incident rainfall. Thus, using a hypothetical urban allotment, 4 implementation scenarios were evaluated, considering different installations of dry-wells in built-up areas and reference scenarios (natural and urbanized land without any drainage system). The dry-wells were implemented individually and collectively and the reduction in peak flow and increase in concentration time was compared. It was noted that the dry-wells collective implementation had a greater impact on runoff control, reducing the flow volume more efficiently, and that the dry-wells implemented individually in the lots were the ones that most decreased the peak flow.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **AGUIAR, Tales Dias**: Eng. Civil, doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Goiás (PPGCIAMB – UFG), tales_aguiar@hotmail.com.

[2] **REIS, Ricardo Prado Abreu**: Eng. Civil, Doutor, Docente da Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás (EECA – UFG), ricardo_reis@ufg.br

1 INTRODUÇÃO

A população mundial continua crescendo, passando de 2,6 bilhões de pessoas em 1950 para expectativas de 8,5 bilhões em 2030 e 9,7 bilhões em 2050 (ONU, 2022), com essa tendência sendo acompanhada pelo Brasil, estipulando-se uma população total de 225 milhões de pessoas em 2030 (IBGE, 2022). Concomitantemente, o processo histórico de ocupação do solo através dos movimentos de êxodo rural com instalação da população em zonas urbanas fez com que houvesse um aumento significativo da impermeabilização do solo natural desses locais, devido à mudança da densidade habitacional dos municípios, sendo que se estimava que uma pessoa contribuía com 50 m² de área impermeável nos anos 90 para 90 m² nos anos 2000 (Menezes Filho e Tucci, 2012).

Tal situação altera o ciclo hidrológico das cidades, e com toda essa mudança, as discrepâncias entre as vazões de previstas e as vazões reais acontecem cada vez com mais diferenças e com mais frequência, incorrendo em cheias urbanas (Tucci, 2013). Enquanto em um solo natural a parcela de escoamento superficial seria em torno de 10%, para uma superfície com grau de impermeabilização de 75 a 100%, têm-se um escoamento superficial elevado para 55% do evento chuvoso (Muth *et al.*, 2016). Assim, o aumento da impermeabilização das áreas urbanas, com o aumento da área urbana, provoca um aumento do escoamento superficial, incorrendo em cheias urbanas maiores, sendo necessário, portanto, sistemas convencionais mais robustos, eficientes e onerosos para coleta dessa vazão de escoamento superficial gerada. Em uma realidade onde ainda há necessidade de universalização do sistema de drenagem urbana por falta de recursos, ter que se fazer com estruturas cada vez mais robustas, para comportar os crescentes picos de vazão da bacia, deixa mais distante ainda esse objetivo.

Como alternativa para amenizar ou até mesmo evitar os efeitos deletérios causados pela impermeabilização cada vez maior das superfícies urbanas no sistema de drenagem convencional, existem os sistemas de drenagem na fonte, também conhecidos como medidas compensatórias de controle de escoamento superficial. Esta prática promove, por meio da implantação de soluções de detenção e retenção de água pluvial, o armazenamento, a redução de vazão de pico ou a infiltração da água de chuva interceptadas dentro do próprio limite das áreas edificadas, diminuindo assim a descarga total a ser conduzida pelo sistema de drenagem urbano convencional, além de diminuir os picos de vazão (ARAUJO, 2010). Dentre as inúmeras possíveis estruturas usadas para se implementar um sistema de drenagem na fonte em áreas edificadas, o poço de infiltração ganha notoriedade por ser uma solução que têm uma construção relativamente simples, pontual e integra a detenção e a retenção de água pluvial, além de promover a recarga do lençol subterrâneo por meio da infiltração. Os poços de infiltração são amplamente utilizadas na região metropolitana de Goiânia – GO, fazendo com que se tenha a expertise na utilização dessa solução (Reis, 2005).

Nesse contexto, esse trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho de poços de infiltração quanto à redução do escoamento superficial em quatro cenários de implantação de um loteamento hipotético.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para determinar o escoamento superficial gerado pelo evento chuvoso de modo a conseguir avaliar o desempenho dos poços de infiltração na redução do volume e dos picos de escoamentos retidos e propagados por um loteamento, é necessário definir parâmetros de

projeto, estando estes relacionados ao solo do loteamento no que tange à infiltração, declividade de terreno e tamanho da bacia, bem como intensidade pluviométrica da região, coeficientes de rugosidade devido à urbanização, tempo de retorno e definições relativas aos métodos utilizados (Figura 1). O loteamento, objeto deste estudo, é composto por 20 lotes onde apresenta-se um percentual de 4,34% de calçamentos em concreto, 6,51% de arruamento asfáltico, 72,32% de área impermeável dentro dos lotes, relativo à cobertura da casa, 16,83% de área permeável, já contando as áreas comuns. A declividade média do loteamento foi adotada em 7% após análise das cotas do mesmo, e foi respeitado dentro de cada lote o mínimo de 15% conforme legislação municipal de Goiânia. O lote 20 que é o exutório dessa bacia será utilizado como ponto de área permeável, com implantação de uma praça totalmente permeável, e, também, será ponto de instalação de estruturas de microdrenagem coletiva. O ponto mais desfavorável foi considerado no lote 9 para cálculo de tempo de concentração. A chuva de projeto foi determinada através da equação de chuva proposta por Costa e Prado (2003) com tempo de retorno maior que 8 anos, sendo os valores dos parâmetros da equação apresentados no Quadro 1, equivalente a uma intensidade pluviométrica 170,18 mm/h.

Quadro 1 – Parâmetros da chuva de projeto

Parâmetros de Goiânia	
α	0,14710
b	0,01
c	1,00
B2	0,07

Fonte: Costa e Padro (2003)

Figura 1 – Fluxograma de pesquisa



Fonte: Autores

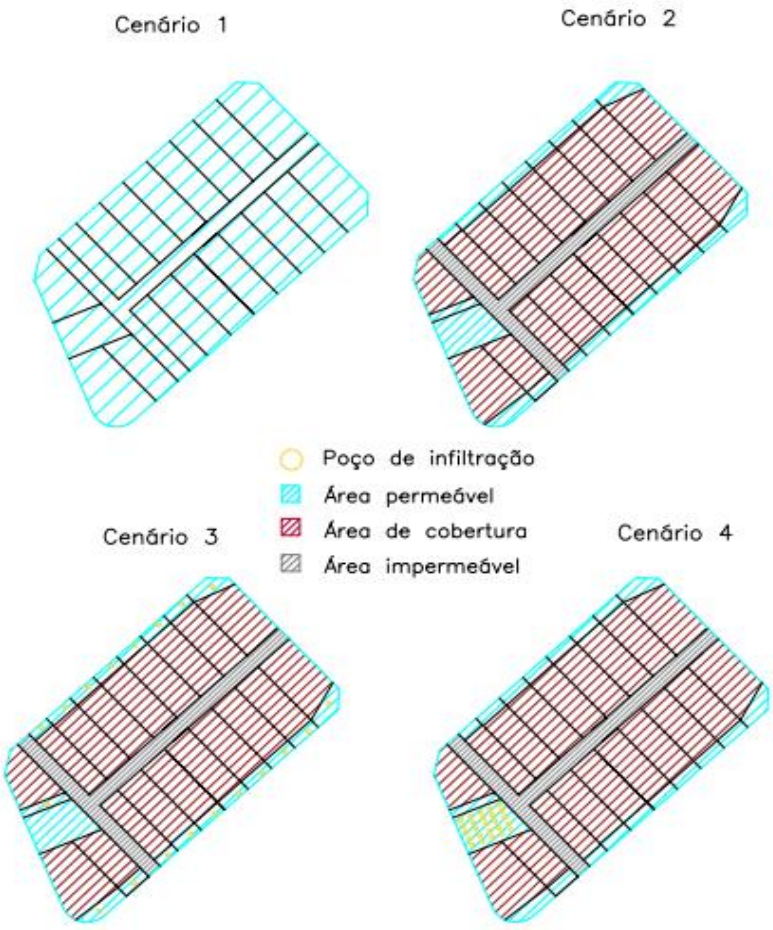
Os quatros cenários estudados estão mostrados na Figura 2, passando de um cenário do loteamento com a sua vegetação natural (Cenário 1) para um cenário com a urbanização máxima permitida dentro dos lotes em três possibilidades: sem drenagem na fonte (Cenário 2), com drenagem na fonte de forma individual (poços de infiltração dentro de cada lote - Cenário 3) e com drenagem na fonte de forma coletiva (poços de infiltração no lote 20 - Cenário 4). Foi considerada uma cobertura padrão em todos os lotes de 8 m x 20 m, com 50 cm de calhas. Valendo-se dos valores do *coeficiente de manning* de Brow *et al*. (2001), e retirando-se os demais dados do próprio loteamento, construiu-se o Quadro 2.

Quadro 2 – Parâmetros da bacia do loteamento

Caminhamento	Material	n *Manning*	Comprimento (m)	Declividade (m/m ou %)
Telhado	Cerâmica	0,015	7,00	0,30
Calhas	Concreto	0,012	20,00	0,01
Tubo de queda	Ferro fundido	0,015	3,00	1,00
Calçada da Casa	Concreto	0,012	22,50	0,07
Calçada passeio	Concreto	0,012	86,70	0,07
Via asfaltada	Asfalto	0,011	85,30	0,07
Lote 20	Grama bermuda	0,41	20,00	0,07

Fonte: Autores

Figura 2 – Cenários de implantação do sistema de microdrenagem no loteamento



Fonte: Autores

Para análise desses cenários deve-se calcular o escoamento superficial. O tempo de concentração foi calculado como escoamento normal (*sheet flow*) (Brow *et al*., 2001) com tempo de retorno escolhido de 10 anos, que é maior do que o padrão aplicado na região, para conseguir verificar o desempenho com maiores incidências pluviométricas. O hidrograma foi fabricado utilizando o método NCRS (Costa *et al.*, 2007) transformando o hidrograma triangular em um hidrograma em curva transformado para produção do hietograma, com solo de qualidade B. Ainda, há considerações como: solo do loteamento homogêneo e taxa de infiltração constante e igual $2{,}655.10^{-4}$ m³/m²/s (Reis, 2005).

A avaliação do controle de escoamento superficial foi feita analisando o volume reduzido e o amortecimento dos picos de vazão do escoamento após utilizar os poços de infiltração nos Cenários 3 e 4. Considerou-se afastamento entre poços e estruturas de divisa do lote e as casas de 1,5 m no cenário 3, e afastamento de 3 m entre poços de infiltração no lote 20 do cenário 4, respeitando, analogamente a NBR 7229 (ABNT, 1993), que versa sobre sumidouros para infiltração de esgoto tratado. As dimensões dos poços de infiltração foram feitas considerando 4 possibilidades, para reter 25%; 50%; 75% e 100% da água gerada pelo telhado padrão, observando a profundidade máxima de 1,5 metros, camada de brita de 30 cm, e porosidade de 40%. Apesar da água a ser infiltrada nos poços só poder ser proveniente dos telhados, o Cenário 4 teve também contribuição do escoamento do arruamento e do calçamento. Os cenários tiveram os seus hidrogramas comparados para demonstração da amortização do pico de vazão. Especificamente no cenário 4, houve cinco possibilidades de implantação de poços de infiltração: cinco poços coletivos de 2,20 m de diâmetro, dois poços circulares coletivos 6,40 m, um poço circular de 12 m de diâmetro, um poço cúbico e um poço prismático (acompanhando o lote).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O hidrograma da Figura 3 demonstra o aumento de pico de vazão e a diminuição do tempo de concentração da bacia do loteamento após urbanização (Cenário 2) em comparação com o escoamento no estado natural do mesmo (Cenário 1) e o abrandamento do pico de vazão e o maior espaçamento do escoamento no Cenário 3. O Quadro 2 apresenta os valores dos parâmetros utilizados para confecção do hidrograma pelo modelo do NCRS comparando o Cenário 1 e 2, sendo a diminuição do tempo de concentração da bacia explicado pela mudança do substrato de grama para superfícies impermeabilizadas. Por fim, o Quadro 3 mostra os valores dos parâmetros utilizados nos Cenários 3 e 4 em comparação com o Cenário 2.

Figura 3 – Hidrograma comparativo do Cenários 1, Cenário 2 e Cenário 3

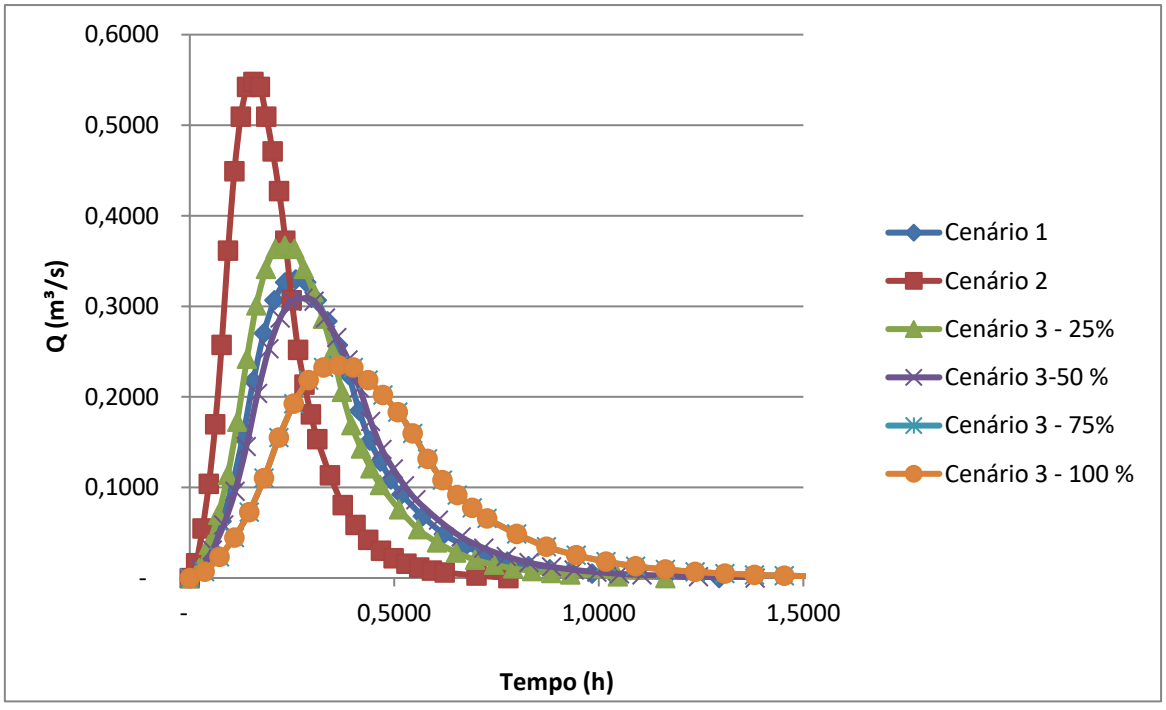
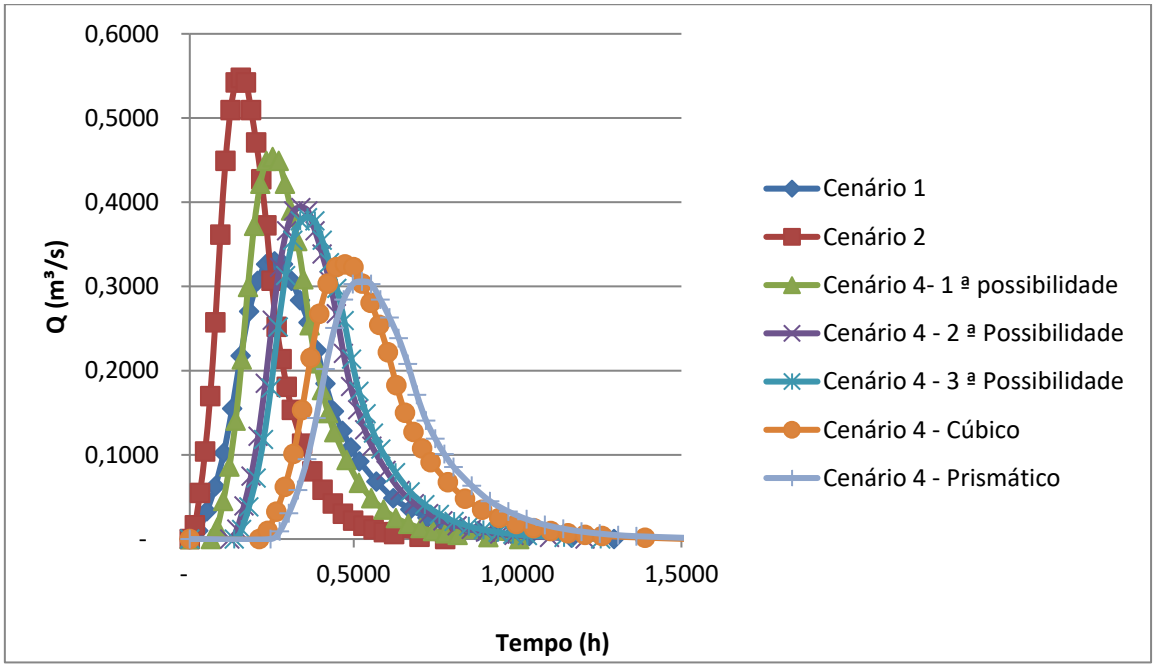


Figura 4 – Hidrograma comparativo do Cenários 1, Cenário 2 e Cenário 4



O cenário 2 teve o menor tempo de concentração, enquanto o cenário 3 com a condição de poços de infiltração com 25% do escoamento do telhado e no cenário 4 com poços circulares, apresentaram tempos de concentração menores do que com o loteamento com ocupação virgem. Além disso, todos cenários demonstraram aumento do tempo de concentração após a drenagem na fonte em comparação com o cenário 2 (drenagem convencional). Ainda, os maiores tempos de concentração encontrados foram para o cenário 3 com 75% e 100% de volume de retenção, com os poços individuais nos lotes.

Quadro 2 – Parâmetros do hidrograma do NCRS para cenário 1 e 2

Cenário	Tempo de pico (min)	Redução Tp (%)	Tempo de base (h)	Redução Tb (%)	Vazão de pico (m³/s)	Aumento (%)
1	15,53	0	41,47	0	0,33	0
2	9,35	39,81	24,96	39,81	0,55	66,14

Quadro 3 – Parâmetros do hidrograma do NCRS para cenário 3 e 4

Cenário	Tempo de pico (min)	Aumento (%)	Tempo de base (h)	Aumento (%)	Vazão de pico (m³/s)	Redução (%)
2	9,35	-	24,96	-	0,55	-
3 - 25%	13,95	49,24	37,25	49,24	0,37	32,99
3 - 50%	16,59	77,40	44,28	77,40	0,31	43,63
3 - 75%	21,80	133,20	58,21	133,20	0,23	57,12
3 100%	21,80	133,20	58,21	133,20	0,23	57,12
4- 1ª Poss.	11,29	20,74	30,14	20,74	0,45	17,18
4- 2ª Poss.	13,01	39,14	34,73	39,14	0,39	28,13
4- 3ª Poss.	13,42	43,54	35,83	43,54	0,38	30,33
4- Cúbico	15,70	67,94	41,92	67,94	0,33	40,45
4- Prismático	16,74	79,09	44,71	79,09	0,31	44,16

Complementarmente à análise de redução do pico de vazão, é interessante verificar qual a parcela de infiltração que cada cenário apresentou com a implantação dos poços de infiltração, estando demonstrados no Quadro 4. A maior parcela de infiltração ocorreu com os sistemas coletivos em formato cúbico e prismático por conta da maior superfície de contato.

Quadro 4 – Eficiência de infiltração do escoamento gerado

Cenário	Condição	Eficiência total (%)
3	25%	25,81
	50%	39,67
	75%	52,17
	100%	52,17
4	1ª Possibilidade	9,11
	2ª Possibilidade	30,01
	3ª Possibilidade	37,23
	Cúbico	73,35
	Prismático	84,96

4 CONCLUSÃO

O estudo demonstrou que a urbanização de uma bacia que tinha vegetação natural incorre em aumento do volume de escoamento e da vazão de pico e que a implantação de sistemas de drenagem na fonte são uma solução para essa situação já que há diminuição da vazão de pico e o volume de descarga da bacia hidrográfica. Com os cenários desenvolvidos, nota-se que o cenário 4 apresentou maior infiltração do escoamento, contudo, foi o cenário 3 que demonstrou uma maior redução da vazão de pico.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio recebido de auxílio à pesquisa.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, A.G. **Análise do desempenho de poços de infiltração na cidade de Goiânia** –GO.2010.133 p. Dissertação. Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás.2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos.** Rio de Janeiro, 15, 1993.

BROWN, S. A.; STEIN, S. M.; WARNER, J. C.; Urban Drainage Design Manual: Hydrauic Engineering Circular 22, Second Edition. Colorado-EUA, 478 p, 2001.

COSTA, A. R. da; PRADO, L. A. Espacialização de chuvas intensas para o Estado de Goiás e o sul de Tocantins**. Revista Engenharia Agrícola**, 2003; 268-273.

COSTA, A. R. da; SIQUEIRA, E. Q. de; MENEZES FILHO, F. C. M. de; Curso Básico de Hidrologia Urbana: Nível 3. Brasília – DF. **ReCesa**, 2007, 130.

IBGE – Instituto brasileiro de geografia e estatística. **Censo demográfico 2022.** Disponível em: Panorama do Censo 2022 (ibge.gov.br)

MENEZES FILHO, F. C. M. de; TUCCI, C. E. M. Alteração na relação entre densidade habitacional x área impermeável. **REGA**, 2012; 49-55.

MUTH, C.; BRISON, L.; BERNHARDT, EMILY. Inquiry-based exploration of human impacts on stream ecosystems: The Mud Creek case Study. Disponível em: <http://www.learnnc.org/lp/editions/mudcreek/6394>Acesso em: 29/06/2016, às 11:45.

ONU Organização das Nações Unidas. 2022. ONU NEWS: Perspectiva Global Reportagens Humanas: População Mundial. Disponível em: https://news.un.org/pt/tags/populacao-mundial. Acessado em 07 de outubro de 2023.

REIS, R. P. A. **Proposição de Parâmetros de Dimensionamento e Avaliação de Desempenho de Poço de Infiltração de Água Pluvial**. 2005. 174 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - CEMEC) - Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO. 2005

TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas. In: TUCCI, Carlos E. M.; BERTONI, Juan Carlos (Org.) Inundações Urbanas na América do Sul. **ABRH,** 2013; 11-44.

BOOK OF PAPERS
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS [SISPRED 2023]

ISBN: 978-65-996726-1-3
Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina (CCT-UDESC)
● 2023