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.