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.

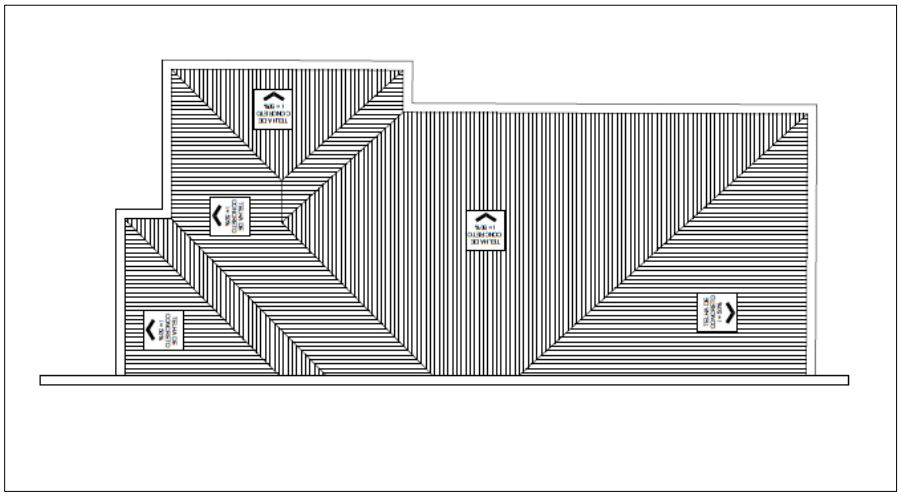
Diante do exporto, este artigo tem por objetivo a análise da economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial em uma residência.

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.