



PROPOSTA DE PROJETO DE UMA EDIFICAÇÃO SUSTENTÁVEL BASEADA NO CONCEITO DE NET ZERO WATER BUILDINGS

DA SILVA Amanda¹, ARGÔLO Ana Luzia¹, DO VALE Manuela¹, OKUMURA Celi², VERÓL Aline³

¹ Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Saneamento e Sistemas Prediais Hidrossanitários da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.

² Arquiteta, Programa de Pós Graduação em Arquitetura (PROARQ-FAU/UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil.

³ Doutora em Engenharia Civil, Programa de Pós Graduação em Arquitetura (PROARQ-FAU/UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil.

Informações do Artigo

Histórico:

Recebimento: 26 Nov 2019

Revisão: 05 Dez 2019

Aprovação: 17 Dez 2019

Palavras-chave:

Net Zero Water Building

Aparelhos economizadores

Reuso de águas cinza

Resumo:

O crescimento das cidades e o aumento da população trouxeram preocupações relacionadas à degradação ambiental e ao eventual esgotamento de recursos naturais. Nessa discussão, insere-se o conceito de Edifícios com Balanço Hídrico Nulo (do inglês, "Net Zero Water Buildings" - NZWB), que maximiza o uso de fontes alternativas de água, minimizando o consumo hídrico e o descarte de águas residuárias para o meio ambiente. Este trabalho tem como objetivo propor um projeto de edificação sustentável, baseada no conceito de NZWB, avaliando o percentual de economia gerada em relação à edificação tradicional. A metodologia de trabalho consiste em resgatar o projeto de edificação multifamiliar de padrão médio, previamente estudado pelos autores; propor a substituição dos aparelhos sanitários tradicionais por aparelhos economizadores; avaliar o percentual de economia que essa mudança produziria; avaliar a possibilidade de implantação de um sistema de reuso de águas cinza e de aproveitamento de águas pluviais, quantificando a vazão do efluente gerado e destacando quais usos poderiam ser cobertos por ele; calcular a economia de água potável considerando a implantação tanto do sistema de captação de água de chuva quanto do tratamento de águas cinza. Os resultados positivos indicam potenciais benefícios econômicos, sociais e ambientais.

1. Introdução

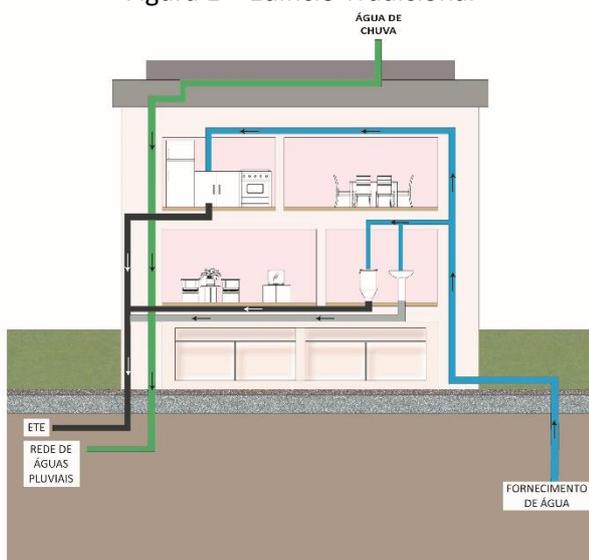
O interesse na aplicação de projetos sustentáveis em edificações cresce cada vez mais, considerando o índice de degradação dos recursos naturais, seu desperdício e,

consequentemente, a diminuição de sua disponibilidade. Dentro deste discurso, estratégias como as trabalhadas no conceito de Edifícios com Balanço Hídrico Nulo, em inglês Net Zero Water Buildings (NZWB)

surgem como uma alternativa. A Agência de Proteção Ambiental Americana (Environmental Protection Agency – EPA) define o conceito como um equilíbrio entre demanda e disponibilidade, onde um dado recurso poder ser consumido considerando a sua produção em escala local, independente de abastecimento externo [1]. Assim, visa a preservação da água, a diminuição do uso de energia e a erradicação da produção de resíduos sólidos, contribuindo para a saúde ambiental, promovendo economia, resiliência e sustentabilidade para a sociedade [2].

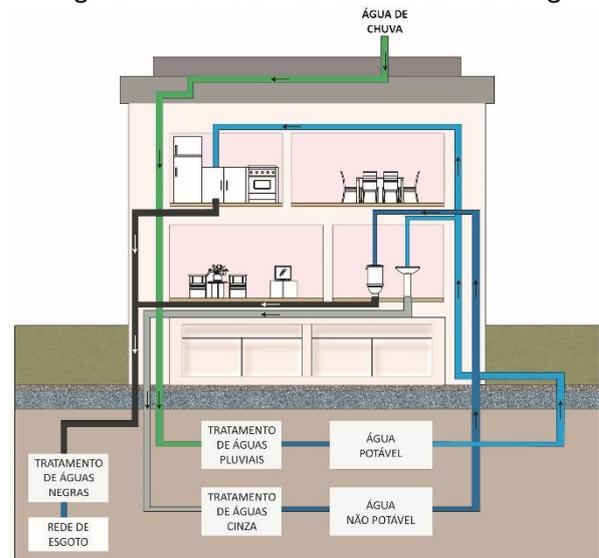
As Figuras 1 e 2 comparam dois sistemas, o tradicional (Figura 1), onde a água potável suprida pela concessionária vigente abastece o edifício, o efluente gerado (águas cinza e águas negras) é conectado à rede de esgoto, e a água de chuva é direcionada para a rede de drenagem, sem nenhum aproveitamento; e o sistema considerando o conceito de NZWB (Figura 2), onde ocorre o aproveitamento da água de chuva, o reaproveitamento das águas cinza, proveniente de torneiras de lavatórios, tanques, máquinas de lavar roupa e chuveiros, e o tratamento prévio das águas negras.

Figura 1 – Edifício Tradicional



Fonte: Adaptado de SILVA et al. (2019) [3]

Figura 2 – Edifício Net Zero Water Building



Fonte: Adaptado de SILVA et al. (2019) [3]

Este trabalho tem como objetivo propor um projeto de sistema predial para uma edificação sustentável, baseada no conceito de NZWB, visando um melhor aproveitamento dos recursos hídricos disponíveis, a manutenção dos recursos gastos e a minimização do desperdício. Além disso, avalia-se o percentual de economia gerada em relação a uma edificação tradicional, bem como, calcula-se o tempo de retorno do investimento (payback). Pretende-se definir orientações para a concepção de projetos de arquitetura que levem em conta um projeto de NZWB e que possa ser adaptável a diferentes tipos de edificações.

2. Metodologia

O método seguiu as seguintes etapas: 1. revisão bibliografia sobre NZWB; 2. resgate da pesquisa de aproveitamento de água pluvial para o projeto de uma edificação multifamiliar de padrão médio, produzida anteriormente pelo grupo; 3. identificação de possíveis alternativas de consumo por meio de diferentes combinações de uso racional da água; 4. quantificação da vazão do efluente sanitário gerado pelo edifício; 5. avaliação do percentual de economia de água de cada

alternativa; 6. realização da estimativa de custo de implantação de cada alternativa; 7. cálculo do tempo de retorno do investimento (*payback*) por alternativa.

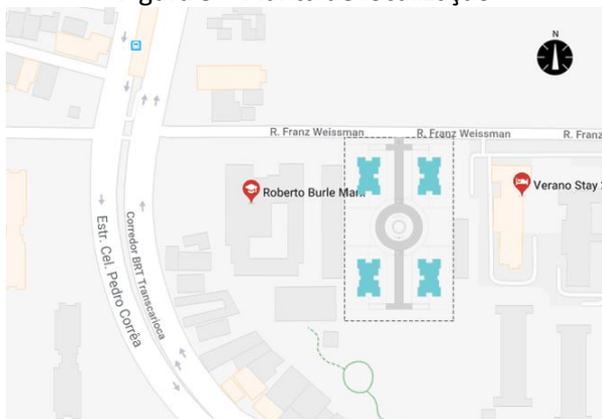
3. Resultados e discussão

3.1 Apresentação do caso de estudo

Silva et al. [3] desenvolveram um estudo de aproveitamento de água de chuva baseado em um projeto da NBR 12721:2006 [4], considerando o conceito NZWB. O edifício de médio padrão é composto por 10 pavimentos: pavimento térreo, oito pavimentos tipo e cobertura técnica, totalizando uma área construída de cerca de 6.000 m². Ele possui 32 unidades habitacionais, compostas por sala, cozinha, área de serviço, 2 banheiros e 2 quartos.

O projeto foi inserido em um terreno de 9500 m², localizado na Rua Franz Weissman no bairro de Jacarepaguá, Rio de Janeiro. Em virtude da amplitude do terreno e do contexto tipológico local, decidiu-se implantar quatro edifícios, com instalação de um reservatório semienterrado de águas brutas na área central do pavimento térreo reservada para instalação do reservatório semienterrado de águas brutas (Figuras 3 e 4).

Figura 3 – Planta de localização



Fonte: SILVA et al. (2019) [3]

Figura 4 – 3D do conjunto



Fonte: SILVA et al. (2019) [3]

3.2 Alternativas de consumo

A etapa de estudo das alternativas de consumo caracteriza-se pela análise de diferentes medidas de manejo sustentável da água relacionadas com os usos propostos. Considerando a possibilidade de uso de aparelhos economizadores, da captação de água de chuva e do reúso de águas cinza, foram definidos o reúso da água para fins não potáveis, considerando a legislação vigente, para abastecimento das áreas comuns (irrigação de jardins e lavagem de pisos) e bacias sanitárias. Foram formuladas, então, 8 diferentes alternativas de consumo: 1. Sistema tradicional; 2. Uso de aparelhos economizadores; 3. Sistema tradicional com tratamento de efluentes para reúso em áreas comuns; 4. Uso de aparelhos economizadores com tratamento de efluentes para reúso áreas comuns; 5. Instalação tradicional com tratamento de efluentes para reúso em áreas comuns e bacias sanitárias.; 6. Uso de aparelhos economizadores com tratamento de efluentes para reúso áreas comuns e bacias sanitárias; 7. Sistema tradicional com aproveitamento de águas pluviais para reúso em áreas comuns; e 8. Uso de aparelhos economizadores com aproveitamento de águas pluviais para reúso em áreas comuns.

Após a definição das alternativas iniciou-se o processo de estudo de viabilidade de

cada uma delas, partindo da estimativa de consumo diário e, posteriormente, mensal que cada uma apresentaria. Em seguida, foi levantada a oferta de água produzida pelos sistemas alternativos de abastecimento de água. As estimativas de consumo para cada opção foram relacionadas com a oferta de água mensal obtida através dos sistemas de captação de água de chuva e/ou reuso de águas cinza e, assim, foi possível analisar a economia que cada uma resultaria.

A estimativa de consumo de água considerou valores de estudos recentes acerca dos hábitos de consumo e densidade populacional dos edifícios no Rio de Janeiro, cujo consumo diário é de 253 litros por habitante [5]. De acordo com o Censo de 2010 [6], a população da cidade do Rio de Janeiro era de 6.320.446 habitantes, vivendo em 2.083.317 domicílios, o que representa cerca de 3 hab/domicílio. Aplicado ao edifício em questão, isso resulta em um consumo diário de 759 litros por residência e 24.288 litros por edifício. Assim, mensalmente são consumidos no edifício 728,64 m³ de água. Este valor foi utilizado como referência para as etapas seguintes.

4. Medidas de conservação da água – O projeto

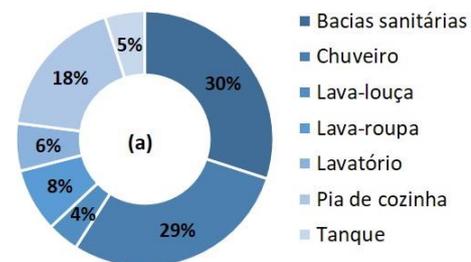
4.1 Adoção de aparelhos economizadores

Com relação às medidas voltadas para a conservação da água, observa-se que a adoção dos aparelhos economizadores se trata da opção que apresenta o menor impacto de implantação, por não modificar os prazos da obra, apenas aumentando o valor do próprio aparelho. Ademais, essa medida é responsável pela redução na fonte do consumo de água potável e, por conseguinte, na redução do efluente gerado.

Para avaliar o potencial de economia de água, foram considerados dispositivos economizadores das marcas Deca e Docol

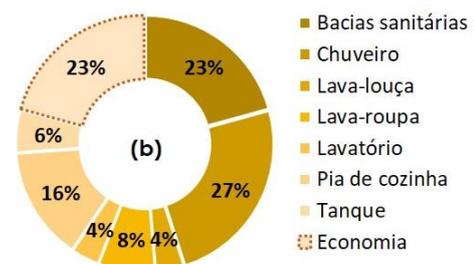
para bacias sanitária, chuveiro, lavatório e pia de cozinha. Considerando dados de vazão e expectativa de consumo em residências citada no PNCD -DTA-B1 (1998) [7], pode-se estimar a demanda de água que cada dispositivo economizador produziria sobre o consumo diário, bem como, comparar o percentual de redução no consumo em relação aos aparelhos tradicionais, resultando em uma economia de 23% sobre o consumo total de água. As Figuras 5 e 6 apresentam a compilação dos resultados obtidos quanto ao consumo dos aparelhos sanitários tradicionais e aparelhos sanitários.

Figura 5 – Percentual de consumo com aparelhos tradicionais



Fonte: Elaborado pelas autoras.

Figura 6 – Percentual de consumo com aparelhos economizadores



Fonte: Elaborado pelas autoras.

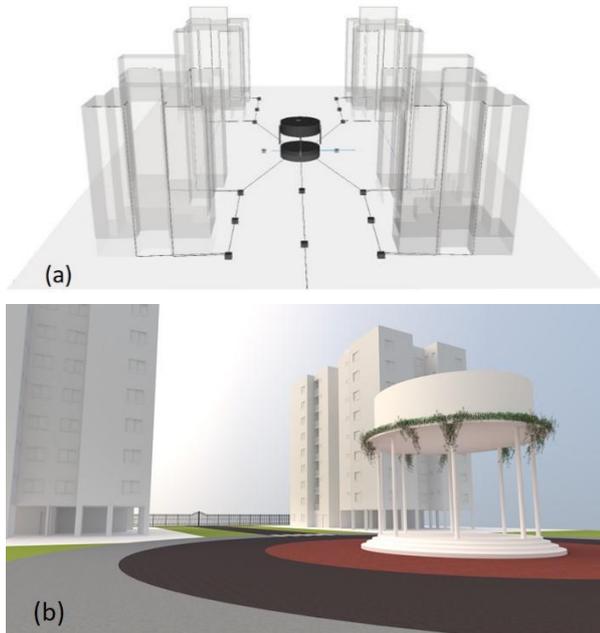
4.2 Projeto de aproveitamento de águas pluviais

O projeto de aproveitamento de águas pluviais foi baseado nos usos cobertos pela NBR 15527 [8], tais como: bacias sanitárias, irrigação de jardim, lavagem de veículos, limpeza de pisos, espelhos d'água e usos industriais. A NBR 15527 restringe a área de

captação apenas às coberturas, ou seja, aos telhados das edificações. A captação oriunda de outras superfícies impermeáveis, como pisos, pode ser reservada para auxílio à drenagem urbana e mitigação de cheias [8].

A chuva captada na cobertura é direcionada para o reservatório semienterrado (RSE), passando antes por uma primeira filtragem (first flush) e pela caixa de areia mais próxima. Do RSE, o volume captado é bombeamento através de um conjunto moto bomba para o reservatório de água tratada, que está elevado no térreo, onde permanecerá armazenada para alimentar quatro pontos de água por meio da própria gravidade. Para a água excedente, os extravasores nos dois reservatórios permitem drenar o volume excedente para as galerias pluviais, auxiliando a diminuição da velocidade do escoamento da água de chuva (Figura 7).

Figura 7 – (a) Perspectiva da implantação dos reservatórios de águas pluviais. (b) 3D do reservatório de águas pluviais



Fonte: SILVA et al. (2019) [3]

Para implantar o sistema de aproveitamento de água de chuva, analisou-se a série histórica pluviométrica fornecida pelo Alerta Rio para o local, obtida no posto

pluviométrico de Jacarepaguá/Cidade de Deus, localizado na Estrada Mal. Salazar de Moraes, 1409.

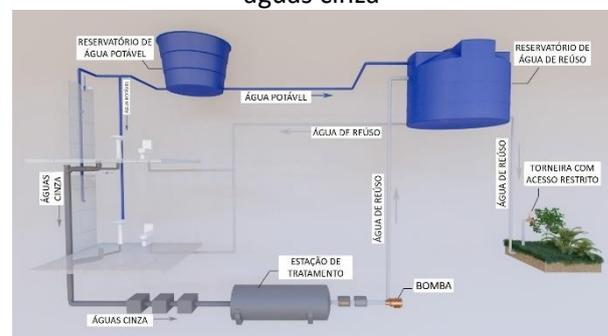
4.3 Projeto de reuso de águas cinza

Outra medida estudada como forma de promover a economia de água potável foi o reaproveitamento das águas cinza - oriundas de chuveiros, lavatórios, máquinas de lavar roupa e tanques. O desenvolvimento do estudo considerou a NBR 13969 [9].

Para quantificação do efluente gerado pelo edifício, foram adotados valores para a instalação tradicional e com uso de aparelhos economizadores. Considerando-se o consumo de chuveiros, lavatórios, máquinas de lavar roupa e tanques, verificou-se que a instalação tradicional geraria cerca de 350 m³/mês de águas cinza, enquanto a instalação com uso de aparelhos economizadores, 280 m³/mês.

Para implantação do sistema de reuso é necessário que haja a separação entre as águas cinzas dos aparelhos citados dos demais efluentes. Após sua coleta, a água é conduzida a estação de tratamento, onde aplicam-se processos de purificação até que se torne sanitariamente segura. Posteriormente, a água é bombeada para o reservatório e, por fim, abastece os pontos de água para fins não potáveis (Figura 8).

Figura 8 – 3D esquemático do projeto de reuso de águas cinza

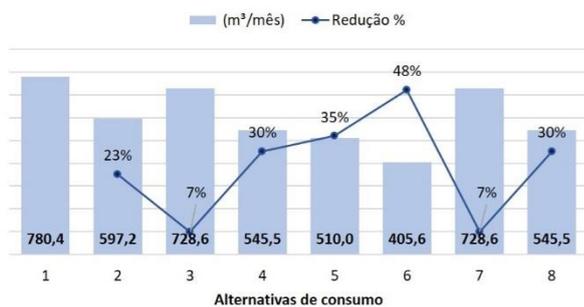


Fonte: Elaborado pelas autoras.

4.4 Estudo do consumo mensal de água

Ao fim da elaboração dos projetos e da determinação dos usos a serem contemplados, foi possível calcular a demanda mensal de água referente a cada alternativa e compará-las com a Alternativa 1. Destaca-se o desempenho da alternativa 6 que utiliza aparelhos economizadores, trata e reutiliza os efluentes (Figura 9).

Figura 9 – Demanda de água gerada por cada alternativa



Fonte: Elaborado pelas autoras.

5. Estudo da viabilidade econômica para implantação das alternativas

O estudo de viabilidade foi dividido em três etapas: cálculo da tarifa de água, desenvolvimento de orçamento e cálculo do payback de cada alternativa. O primeiro traz a investigação do percentual de economia anual gerado. No orçamento é possível observar quais alternativas demandam mais alterações de projeto, insumos e recursos financeiros. Por fim, o payback demonstra o nível de atratividade econômica que elas podem ter.

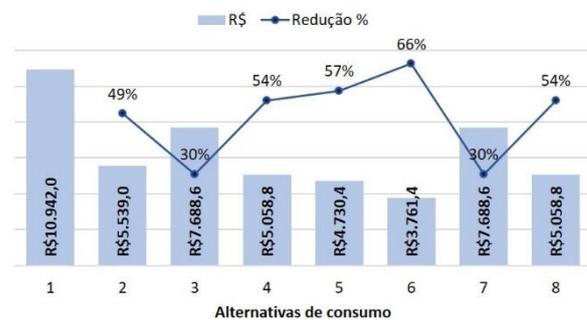
5.1 Cálculo da tarifa de água

Segundo a Lei nº 11.445/2007 [10], são previstas tarifas diferenciadas relativas às categorias dos imóveis e faixas de consumo. Além disso, a CEDAE, concessionária que administra o recurso na cidade do Rio de Janeiro, estabelece tarifas diferentes de acordo com a localidade, seguindo o Decreto nº 23.676 de 04 de novembro de 1997 [11]. O cálculo da tarifa é feito sobre a média

diária de consumo multiplicada pelo valor da faixa de consumo da categoria. A tarifa domiciliar possui uma tarifa mínima de 0,5 m³/dia/economia (referente a uma economia [domicílio] por um período de 30 dias), seguida de 5 faixas de consumo: 0-15; 16-30; 31-45; 46-60; >60 m³. A cobrança do esgoto é igual à cobrança da água.

Através das estimativas de consumo elaboradas para cada alternativa pode-se calcular o custo de suas respectivas contas de água e avaliar seu percentual de redução em relação ao sistema tradicional de instalação predial. A Figura 10 apresenta os valores estimados das tarifas mensais por tipo de alternativa e o percentual de redução das alternativas 2 a 8 quando comparadas ao valor da tarifa de uma instalação tradicional. Destacam-se as alternativas 4, 5, 6 e 8 com redução superior a 50%.

Figura 10 – Tarifa por alternativa de consumo e percentual de redução



Fonte: Elaborado pelas autoras.

5.2 Orçamento

Para a composição do orçamento fez-se a quantificação de todos os insumos e serviços necessários para implantação de cada medida. O estudo considera apenas as quantidades, valores e serviços que excedam ao processo tradicional de obra. No Quadro 1 (Anexo A) são discriminados os serviços empregados e seus respectivos valores. O orçamento foi elaborado de acordo com a alternativa, observando-se as

particularidades de cada uma, como demonstrado no Quadro 2 (Anexo A).

5.3 Payback

A etapa final do trabalho caracteriza-se pela estimativa do tempo de retorno do investimento relativo à implementação das alternativas. Para esse cálculo foi considerado o valor da implantação sobre a economia anual gerada na conta de água, apresentado no Quadro 2 (Anexo A).

Para validar os valores de payback obtidos no estudo, avaliou-se o trabalho precedente de Ghisi e Ferreira [12], que analisa o potencial de economia de água potável através do emprego dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinza em edificação residencial multifamiliar, em Florianópolis/SC, apesar de diferenças em função de localidade e tempo. No entanto, uma série de similaridades o aproxima do presente trabalho, como: a quantidade de áreas molhadas no interior das unidades, a população por apartamento e o número de habitações, que é múltiplo da quantidade de habitações no projeto padrão utilizado no presente estudo. Essas características facilitam a aproximação e comparação dos resultados obtidos. O Quadro 3 (Anexo A) apresenta as alternativas relacionadas com o precedente, e as respectivas comparações em função do custo de implantação, economia gerada na conta de água anual decorrente do emprego da medida de conservação e tempo de retorno.

6. Considerações Finais

A Legislação Brasileira, referente à qualidade da água, não permite que o conceito de Net Zero Water seja implementado integralmente, de modo a obter autonomia em relação às concessionárias de água. Sendo assim o conceito que melhor se aplica a realidade brasileira é o Nearly Zero Water, no qual o balanço hídrico se aproxima de zero.

Todas as alternativas apresentaram resultados positivos, tanto na economia de água potável quanto na economia sobre a conta de água. Por conseguinte, os resultados de payback também foram favoráveis, o que reforça a alta atratividade para implantação das medidas de conservação. Vale ressaltar que a tarifa cobrada pela concessionária apresenta papel relevante nesse cálculo, portanto, quanto maior, mais rápido o retorno.

A adoção dos aparelhos economizadores apresentou o melhor custo benefício, tendo seu investimento pago em 0,42 anos. Nesse sentido, sugere-se que novos projetos considerem aparelhos sanitários eficientes em suas especificações. O aumento da demanda, incentiva uma produção maior e consequente redução dos custos.

Quanto à adoção da coleta e aproveitamento de águas pluviais, o benefício extrapola o lote, abrangendo o coletivo, a cidade, pois diminui a crescente pressão por aumento de demanda de água potável e contribui para atenuar o escoamento pluvial, mitigando cheias urbanas.

O sistema de reúso de águas cinza apresentou reduções de 54% a 57% com aparelhos hidrossanitários tradicionais, e atingiu 66% quando combinado a aparelhos economizadores. Embora trate-se do sistema pouco explorado e que produz alterações significativas no projeto e na futura rotina de manutenção, sua implantação representa uma redução na demanda de água potável e na geração de efluentes.

Sugere-se, portanto, que novos projetos incorporem práticas que potencializem a economia de água, pois o tempo de retorno do investimento é baixo e os ganhos ambientais, sociais e econômicos altos.

7. Referências

- [1] EPA - United States Environmental Protection Agency (2018). Net Zero Concepts and Definitions. Disponível em: <<https://www.epa.gov/water-research/net-zero-concepts-and-definitions>>. Acesso em: 28 março 2018.
- [2] JOUSTRA, C.M., YEH, D.H. Framework for net-zero and net-positive building water cycle management. *Building Research and Information*, n 43, p. 121–132, 2015.
- [3] SILVA, A.O.; ARGÔLO, A.L.L.; MELLO, L.B.M.D.; CUNHA, T.D., FIGUEIREDO, K.; HADDAD, A.N.; MIGUEZ, M.G.; VERÓL, A.P. Aproveitamento de água de chuva em edificações multifamiliares considerando o conceito de Net Zero Water Buildings. EUROELECS, Santa Fé-Paraná, Argentina, 2019.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12721: Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios. Rio de Janeiro. 2006.
- [5] MINISTÉRIO DAS CIDADES. Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB, Brasília, 2013.
- [6] IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico e Contagem Populacional 2010.
- [7] PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA – PNCDA. Documento Técnico de Apoio n.º B1. Brasília, 1998.
- [8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro. 2007.
- [9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro. 1997.
- [10] BRASIL. Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 8 jan. 2007.
- [11] RIO DE JANEIRO (Estado). Decreto nº 23.676 de 04 de novembro de 1997. Altera a estrutura tarifária da companhia estadual de água e esgoto – CEDAE.
- [12] GHISI, E.; FERREIRA, D. F. Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil. *Building and Environment*, v. 42, n. 7, p. 2467-2796, Jul. 2006.

8. Anexos e Apêndices

ANEXO A

Quadro 1 – Preço por serviço

| Serviço | Custo (R\$) |
|--|-------------|
| 1. Adoção de Aparelhos Economizadores | 13.472,00 |
| 2. Movimentação de terra p/construção de reservatório | 446,28 |
| 3. Construção de reservatório | 24.244,00 |
| 4. Rede de captação de efluente | 31.330,97 |
| 5. Tratamento da água | 6.211,44 |
| 6. Rede de abastecimento de água tratada no nível térreo | 2.429,22 |
| 7. Rede de alimentação de bacias sanitárias | 17.691,29 |
| 8. Sistema de Captação de Água Pluvial | 903,06 |

Fonte: Elaborado pelas autoras.

*Os valores referentes aos serviços foram retirados de composições do SINAPI.

**Os valores dos aparelhos economizadores foram pesquisados em lojas de construção, adotando-se os de menor custo.

Quadro 2 – Payback

| Alternativa | Serviço empregado | Custo de Implantação (R\$) | Economia anual (R\$) | Tempo de Retorno (anos) |
|-------------|---------------------|----------------------------|----------------------|-------------------------|
| 2 | 1 | 13.472,00 | 66.467,64 | 0,20 |
| 3 | 2, 3, 4, 5, 6 | 64.662,67 | 29.731,92 | 2,17 |
| 4 | 1, 2, 3, 4, 5, 6 | 78.134,67 | 70.597,56 | 1,11 |
| 5 | 2, 3, 4, 5, 6, 7 | 82.353,96 | 74.538,60 | 1,10 |
| 6 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 | 95.825,96 | 86.167,32 | 1,11 |
| 7 | 2, 3, 5, 6, 8 | 34.234,77 | 35.906,52 | 0,95 |
| 8 | 1, 2, 3, 5, 6, 8 | 47.706,77 | 69.172,92 | 0,69 |

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Quadro 3 – Estudo Comparativo de Payback

| Categoria de Comparação | Reuso de águas cinza | | | Aproveitamento de água pluvial | |
|-------------------------|----------------------|---------------|----------------|--------------------------------|----------------|
| | Alternativa 3 | Alternativa 5 | Precedente (*) | Alternativa 7 | Precedente (*) |
| Custo da implantação | R\$ 64.662,67 | R\$ 82.353,96 | R\$ 13.121,00 | R\$ 34.234,77 | R\$ 22.900,51 |
| Economia anual (%) | 30% | 57% | 35% | 27% | 31% |
| Payback | 2,17 anos | 1,1 anos | 2,1 anos | 0,95 anos | 2,4 anos |

Fonte: Elaborado pelas autoras.

*Os valores obtidos por Ghisi e Ferreira [11] foram atualizados através do INCC - Índice Nacional de Custo da Construção, para valores referentes a agosto de 2019.