

## ESTUDO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO

*Patrícia da Silva Figueirêdo Ferreira<sup>(1)</sup>; Patricia Constantino Motta<sup>(2)</sup>; Bruna Magalhães de Araujo<sup>(3)</sup>; Alfredo Akira Ohnuma Júnior<sup>(4)</sup>; Ana Silvia Pereira Santos<sup>(5)</sup>*

<sup>(1)</sup> Universidade do Estado do Rio de Janeiro, [patriciasff.eng@gmail.com](mailto:patriciasff.eng@gmail.com)

<sup>(2)</sup> Universidade do Estado do Rio de Janeiro, [patriciamotta.eng@yahoo.com](mailto:patriciamotta.eng@yahoo.com)

<sup>(3)</sup> Universidade do Estado do Rio de Janeiro, [brunamagalhaes5@gmail.com](mailto:brunamagalhaes5@gmail.com)

<sup>(4)</sup> Universidade do Estado do Rio de Janeiro, [ik.lahac@gmail.com](mailto:ik.lahac@gmail.com)

<sup>(5)</sup> Universidade do Estado do Rio de Janeiro, [anasilvia\\_santos@yahoo.com.br](mailto:anasilvia_santos@yahoo.com.br)

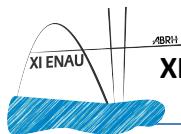
### RESUMO

Este trabalho visa avaliar a economia de água potável resultante da demanda do sistema de refrigeração a partir do aproveitamento de águas pluviais no Centro Cultural Justiça Federal do Rio de Janeiro (CCJF-RJ), Rio de Janeiro-RJ. A metodologia consiste da análise histórica de séries de volumes de chuva precipitados nas áreas de cobertura do CCJF-RJ, assim como do cálculo da demanda de água exigida pelo sistema de refrigeração da edificação. Com área de cobertura do telhado da instituição superior a 1000 m<sup>2</sup>, o local possui elevado potencial de captação de águas pluviais de modo a possibilitar o aproveitamento das áreas disponíveis e o armazenamento de volumes de reservatório, conforme métodos que consideram deflúvios acumulados, demandas em pontos de consumo (NBR 15527/2007) e estiagens prolongadas (GROUP RAINDROPS, 2002). Os resultados informam atendimento parcial da demanda em 8 dias úteis ao mês, no caso de se avaliar o cenário de aproveitamento da água da chuva para atender a demanda do sistema de refrigeração dos ambientes internos da edificação. Nessas condições, os dados pluviométricos analisados de série histórica entre 1997 e 2015 resultam volume de chuva efetiva cerca de 4 vezes menor que a demanda de água. Além disso, na operação do sistema de aproveitamento de águas pluviais, estima-se uma economia direta no valor da conta de água potável entre 14% e 12%, nos anos de 2014 e 2015, respectivamente.

**Palavras-chave:** aproveitamento de águas pluviais; demanda de água em sistemas de refrigeração; água da chuva.

### INTRODUÇÃO

O avanço do crescimento populacional somado a industrialização e ao consumo desenfreado de produtos e serviços tem provocado o aumento da demanda por água doce nos



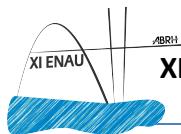
grandes centros urbanos, de modo que contribuem no comprometimento da qualidade dos mananciais superficiais e subterrâneos. Associado a isto, baixos índices pluviométricos agravam as crises de desabastecimento de água, uma vez que acarretam naturalmente na redução de volumes afluentes aos reservatórios de suprimento de água. Este fato pode ser observado no ano de 2015, por exemplo, cujo nível d’água registrado nos quatro principais reservatórios que abastecem o Rio de Janeiro atingiu o menor patamar dos últimos 36 anos anteriores ou em 2014 quando esses reservatórios registraram percentual de apenas 2,6% do volume útil disponível (OHNUMA JR *et al.*, 2015).

Esse contexto implica na necessidade de se avaliar mecanismos alternativos de economia no consumo de água, na expectativa de se desenvolver novas formas de captação e uso dos recursos hídricos (FERNANDES *et al.*, 2015). Sistemas de aproveitamento de águas pluviais têm ampliado a busca por fontes alternativas de abastecimento de água a medida que se consideram demandas associadas ao regime pluviométrico local, sobretudo quando disponível elevada área de captação em edificações públicas. Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar a economia de água potável resultante da demanda do sistema de refrigeração instalado no Centro Cultural Justiça Federal do Rio de Janeiro (CCJF-RJ), a partir do aproveitamento de águas pluviais.

## METODOLOGIA

A edificação do CCJF-RJ localiza-se na Avenida Rio Branco, 241, no centro do município do Rio de Janeiro e apresenta uma área construída de 1,2 km<sup>2</sup>, distribuída em 4 pavimentos e 1 subsolo, sendo 14 galerias para exposições de arte, 1 cafeteria, 2 salas de leitura, 1 biblioteca, 1 cinema, 1 teatro, 4 gabinetes, 1 secretaria, 2 salões e 1 apoio administrativo. O prédio constitui-se de telhado de telhas cerâmicas e uma claraboia central de vidro, com área de captação de 1034 m<sup>2</sup>, cujas atividades são operadas com o apoio de 110 funcionários e recebe em média 358 visitantes por dia (FERREIRA e MOTTA, 2016).

Para determinação do volume efetivo de chuva foi utilizada a média histórica de 19 anos do volume de precipitação efetiva disponível para uma área de captação de 1034 m<sup>2</sup> e o valor adotado de 0,80 para o produto do coeficiente de runoff pela eficiência do sistema. A série histórica de dados de precipitação de 1997 a 2015 foi obtida do Sistema Alerta Rio da Prefeitura do Rio de Janeiro, registrada pela estação nº 15 Saúde, localizada no bairro Gamboa, Rio de Janeiro, distante cerca de 2,4 Km do CCJF-RJ.



O cálculo da demanda mensal de água da edificação foi realizado com base nas contas obtidas da Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro – CEDAE-RJ no período entre janeiro de 2009 e outubro de 2016.

A demanda de água para o sistema de refrigeração consiste do volume necessário para repor a quantidade perdida por evaporação na torre de resfriamento. Para se obter o volume de água utilizado pelo sistema de refrigeração optou-se por desagregar o consumo de água do prédio por atividade ou serviço. Com essa estimativa de consumo por atividade, obteve-se um indicador de consumo médio que relaciona o volume de água necessária para o funcionamento do sistema de refrigeração com o volume espacial ocupado por ambientes atendidos ou refrigerados.

Volumes de armazenamento das águas pluviais foram dimensionados conforme 4 métodos que consideram a demanda, baseados na NBR 15527 (2007) e Group Raindrops (2002), sendo os métodos: Rippl (RPL), Prático Australiano (AST), Simulação (SML) e Dias Consecutivos Secos (DCS). Para o descarte de volumes iniciais precipitados, considerou-se eliminar 1 mm correspondente ao *first-flush*, de modo a reduzir possíveis efeitos da poluição atmosférica no volume de água de chuva armazenado, seja por deposição seca ou úmida.

Como forma de se avaliar a viabilidade econômica do sistema foram estimados de maneira simplificada os custos de implantação do reservatório, assim como o período de retorno ou de recuperação do investimento projetado.

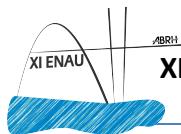
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 identifica usuários ou atividades finais consumidoras de água no CCJF-RJ e os valores de referência da literatura utilizados para estimar o volume médio mensal consumido por cada atividade. Sabe-se que o consumo médio mensal de água na instituição do CCJF-RJ é de 460 m<sup>3</sup>, de modo que ao subtraí-lo do volume de todas as demais atividades, obteve-se o volume médio consumido pelo sistema de refrigeração.

Tabela 1 – Consumo desagregado de água estimado por atividade/ serviço.

| Usuário ou atividade                                | Demandas Referência                    | Quant. | Vol. Méd. mensal (m <sup>3</sup> ) |
|---|--|--------|------------------------------------|
| Operacional   | 50 L/ funcionário/ dia <sup>a</sup>    | 110    | 147,4                              |
| Visitantes  | 2 L/ lugar/ dia <sup>b</sup>           | 358    | 18,6                               |
| Irrigação de jardins                                | 2 L/ m <sup>2</sup> / dia <sup>c</sup> | 483    | 11,6                               |
| Cafeteria   | 25 L/ refeição/ dia <sup>a</sup>       | 40     | 26,0                               |
| Sistema de refrigeração                             | -                                      | -      | 256,4 <sup>d</sup>                 |
| <b>Média de consumo mensal (m<sup>3</sup>/ mês)</b> |  |        | <b>460,0</b>                       |

<sup>a</sup> SABESP, 2016; <sup>b</sup> Macintyre, 1982 apud Tomaz, 2000; <sup>c</sup> PROSAB, 2006; <sup>d</sup> FERREIRA e MOTTA, 2016.



De acordo com a Tabela 1, observa-se que a maior demanda de água na instituição é do sistema de refrigeração com aproximadamente 60% da demanda total de água utilizada na edificação. O indicador de demanda diária de 0,018 m<sup>3</sup> de água/m<sup>3</sup> de ambiente refrigerado é calculado pela relação entre a demanda mensal de água para refrigeração de 256,4 m<sup>3</sup> e a volumetria total de 14335,83 m<sup>3</sup> dos ambientes atendidos pelo sistema (FERREIRA e MOTTA, 2016). Na tabela 2, é possível verificar a demanda média mensal de água não potável para irrigação e sistema de refrigeração.

Tabela 2 – Demanda média mensal e diária de água não potável para irrigação e sistema de refrigeração.

| Mês                   | Água potável<br>(m <sup>3</sup> /mês) | Água não potável<br>(m <sup>3</sup> /mês) | Nº de dias<br>do mês | Água não potável<br>(m <sup>3</sup> /dia no mês) |
|-----------------------|---------------------------------------|---|----------------------|--|
| Janeiro               | 467                                   | 281                                       | 31                   | 9,1  |
| Fevereiro             | 664                                   | 400                                       | 28                   | 14,3   |
| Março                 | 508                                   | 306                                       | 31                   | 9,9  |
| Abril                 | 498                                   | 300                                       | 30                   | 10,0   |
| Maio                  | 476                                   | 286                                       | 31                   | 9,2  |
| Junho                 | 427                                   | 257                                       | 30                   | 8,6  |
| Julho                 | 419                                   | 252                                       | 31                   | 8,1  |
| Agosto                | 393                                   | 236                                       | 31                   | 7,6  |
| Setembro              | 397                                   | 239                                       | 30                   | 8,0  |
| Outubro               | 426                                   | 256                                       | 31                   | 8,3  |
| Novembro              | 433                                   | 261                                       | 30                   | 8,7  |
| Dezembro              | 416                                   | 250                                       | 31                   | 8,1  |
| <b>Somatório/Méd.</b> | <b>5523 m<sup>3</sup>/ano</b>         | <b>3325 m<sup>3</sup>/ano</b>             | <b>30</b>            | <b>9,1 m<sup>3</sup>/dia</b>                     |

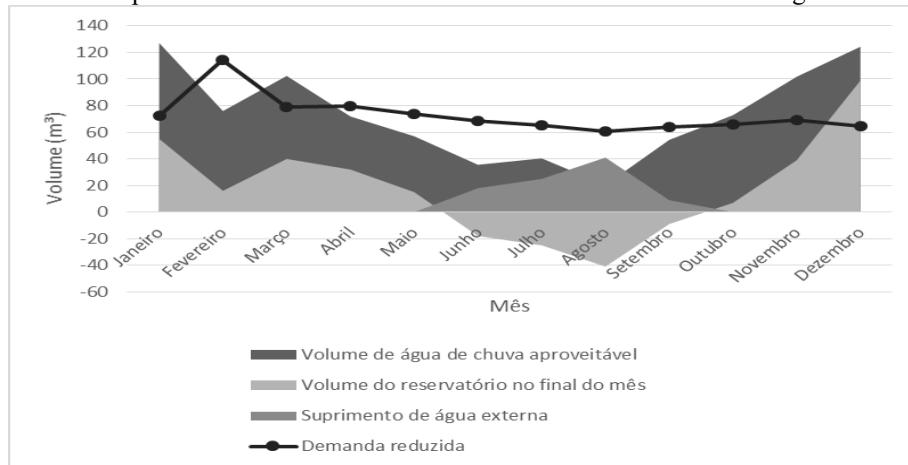
Fonte: FERREIRA e MOTTA, 2016.

O volume de água de chuva efetiva de 884 m<sup>3</sup> (FERREIRA e MOTTA, 2016) não atende à demanda anual de água não potável de 3325 m<sup>3</sup> (Tabela 2) se considerada 100% da demanda. Dessa forma, calculou-se o número médio de dias no mês em que a demanda pode ser suprida com o volume de água de chuva conforme a área de captação disponível. Como a demanda de água para fins não potáveis é aproximadamente 4 vezes maior que o volume de chuva efetiva, resultou-se na redução do atendimento da demanda para 8 dias ao mês.

Os volumes de reservatório pelos métodos de RPL, AUS, SML e DCS foram respectivamente, em m<sup>3</sup> de: 147, 149, 100 e 112, com valor médio de 127 m<sup>3</sup>. Verificou-se que o reservatório não pode possuir dimensões elevadas, já que o prédio se trata de um patrimônio histórico e possui espaço disponível restrito para a instalação do reservatório. Assim, foi analisado o comportamento de um reservatório de 80 m<sup>3</sup> pelo Método SML, conforme Gráfico 1, onde o mesmo precisará apenas de suprimento de água externo nos meses de maio a agosto, onde a oferta de água de chuva é reduzida para 8 dias ao mês. Logo, foi adotado o volume de reservatório de 80 m<sup>3</sup> e 1 m<sup>3</sup> de volume de descarte de first flush

(FERREIRA e MOTTA, 2016).

Gráfico 1 – Comportamento do reservatório de 80 m<sup>3</sup> e demanda reduzida de água no CCJF-RJ.



Fonte: Adaptado FERREIRA e MOTTA, 2016.

Pela análise econômica simplificada, foi obtida uma economia direta de água potável estimada de 878 m<sup>3</sup> que equivale a R\$ 11.864,25 para o ano de 2014 e R\$12.741,82 para o ano de 2015, ou seja, 14% e 12% de economia, respectivamente, caso o sistema de aproveitamento de águas pluviais estivesse em operação. Estes percentuais equivalem a quantidade de água que deixaria de ser consumida da concessionária.

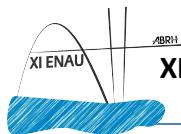
O custo de implantação do sistema calculado é de R\$ 102.720,00 com base no valor de US\$ 400/m<sup>3</sup> (OHNUMA JR e MENDIONDO, 2015). Dessa forma, resulta um período de retorno do investimento de 8 anos.

## CONCLUSÕES

Conclui-se que o aproveitamento da água de chuva para usos não potáveis utilizados no sistema de refrigeração representa aproximadamente 60% da demanda total de água da edificação. Caso o sistema estivesse em funcionamento nos anos de 2014 e 2015, a economia direta seria de R\$ 11.864,25 e R\$ 12.741,82, respectivamente, ou seja, 14% e 12% do valor da conta de água.

Para o sistema de refrigeração calculado o indicador de demanda diária foi obtida de 0,018 m<sup>3</sup> de água/m<sup>3</sup> de ambiente refrigerado, que pode ser utilizado para outros estudos.

O valor de 80 m<sup>3</sup> para o reservatório foi escolhido a partir da análise do Método da Simulação para atender à demanda proposta junto com o reservatório de descarte de 1 m<sup>3</sup>. O valor do reservatório ficou abaixo da média encontrada uma vez que é necessário analisar variáveis como local disponível para a instalação do novo reservatório.



O aproveitamento de águas pluviais se apresenta como uma prática econômica e racional que contribui para o combate da crise hídrica, sobretudo quando planejado o uso de forma adequada aos aspectos combinados de quantidade e de qualidade da água da chuva.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALERTA RIO. Sistema Alerta Rio da Prefeitura do Rio de Janeiro. Registro de dados pluviométricos. Disponível em: <<http://alertario.rio.rj.gov.br/>>. Acesso em 25 set. 2016.

ABNT - 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.

CCJF RJ – CENTRO CULTURAL JUSTIÇA FEDERAL. Divisão de Planejamento e Administração. Rio de Janeiro, 2016.

FERNANDES, *et al.* Águas do Rio: um panorama geral da disponibilidade hídrica no Estado fluminense. Revista Ineana/ Instituto Estadual do Ambiente. v. 03, n.1, p. 6-25 – Rio de Janeiro-RJ, 2015.

FERREIRA, P.; MOTTA, P. Estudo para aproveitamento de águas pluviais no sistema de refrigeração e irrigação de jardins do Centro Cultural Justiça Federal, Rio de Janeiro, RJ. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2016.

GROUP RAINDROPS. Aproveitamento da água da chuva. Tradução de Masato Kobiyama et al. Curitiba: Organic Trading, 2002. 196 p.

OHNUMA JR., A. A.; MENDIONDO, E. M. Estudo de técnicas compensatórias de drenagem urbana como proposta de gestão das águas pluviais. In: XI Congresso Brasileiro de Defesa do Meio Ambiente, 2015, Rio de Janeiro, 2015. v. 1. p. 27-47.

PROSAB. Uso racional da água em edificações. GONÇALVES, R. F. (coord.), Rio de Janeiro: ABES, 2006.

SABESP. Uso racional da água, 2016. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=138>>. Acesso em: 8 abr. 2017.

TOMAZ, P. Previsão de consumo de água. São Paulo: Navegar Editora, 2000.