

MODELAGEM HIDRÁULICA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA FINS NÃO POTÁVEIS DO CAP – UERJ DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Lívia de Oliveira Ganem^{1*} & Alfredo Akira Ohnuma Júnior² & Marcelo Obraczka³

Resumo – A crise hídrica observada em determinadas regiões do Brasil nos últimos anos, sobretudo de estiagens prolongadas, tem motivado a busca por soluções alternativas de sistemas de abastecimento de água. Este trabalho visa avaliar as condições operacionais de um sistema predial de captação, armazenamento e aproveitamento de água pluvial (SAP) para fins não potáveis em edificação pública urbana situada na cidade do Rio de Janeiro-RJ. A metodologia consiste de estimativa da demanda de água externa à edificação e análise da variação sazonal de volumes de precipitação efetiva armazenados no sistema. Para avaliação das condições de operação são realizadas simulações por modelagem hidráulica de um sistema real implantado no Colégio de Aplicação da UERJ, a partir de dados de monitoramento de volumes afluentes e de demanda. Conclui-se que o volume de água pluvial armazenado no reservatório possui quantidade e pressão adequada para suprir demanda específicas para fins não potáveis.

Palavras-Chave – Captação de água de chuva, modelagem hidráulica, demanda de águas para fins não potáveis.

HYDRAULIC MODELING OF WATER SUPPLY SYSTEM OF THE CAP UERJ FOR NON-POTABLE PURPOSES USING RAINWATER HAVING

Abstract – The water crisis observed in certain regions of Brazil in recent years, especially in prolonged droughts, has motivated the search for alternative solutions of water supply systems. This paper aims to evaluate the operational conditions of a rainwater harvesting, storage and utilization system (RWH) for non-potable purposes in public urban building located in the city of Rio de Janeiro-RJ. The methodology consists in estimating the external water demand for the building and analysis of the seasonal variation of effective rainfall volumes stored in the system. To evaluate the operating conditions, simulations are carried out using hydraulic modeling of a real system implemented at the School of Application of UERJ, based on data on the monitoring of effluent volumes and demand. It concluded that the volume of rainwater stored in the reservoir has adequate quantity and pressure to supply specific demand for non-potable purposes.

Keywords – Rainwater harvesting, hydraulic modeling, demand for water for non-potable purposes

INTRODUÇÃO

Entre os principais motivos da atual crise hídrica podem ser citados a distribuição desordenada da população no território nacional, a ocupação de loteamentos e os assentamentos irregulares, mau uso e desperdício de água, e ausência de uma gestão planejada e integrada das bacias hidrográficas.

¹ Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental da UERJ/ Ganem Engenharia LTDA EPP – liviaganem@hotmail.com

² Professor Adjunto do Programa de Pós-Graduação-UERJ - akira@uerj.br

³ Professor Adjunto do Programa de Pós-Graduação-UERJ - marcelobraczka@gmail.com

Técnicas de combate ao desperdício e uso da água, assim como de mecanismos de gestão racional dos recursos hídricos, contribuem no alcance dos benefícios desse bem vital de maneira mais sustentável, além da redução dos custos e conscientização sócio-ambiental.

Sistemas de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis, quando implementados de forma planejada, constituem-se como medidas alternativas ao consumidor e a sociedade, a medida que desonera não somente a operação de sistemas convencionais de abastecimento de água, e ameniza à sobrecarga de vazões afluentes nas redes de microdrenagem.

A tecnologia de captação, armazenamento e aproveitamento de água da chuva, embora praticada desde tempos remotos, tem sido bastante modernamente bem mais disseminada em diversos países, sobretudo os desenvolvidos como Japão e Alemanha (GHISI, 2006). No Brasil, somente nos últimos anos, esta prática tem recebido maior destaque (PROSAB, 2009).

Devido aos aspectos do aumento de potenciais fontes de poluição, contaminação, e diferenciação dos setores de demandas de água, os sistemas de saneamento (abastecimento) atuais requerem um maior conhecimento das condições de operação permitindo se obter os subsídios técnicos necessários, e a partir deles, propor-se alternativas para sua otimização. O gerenciamento da quantidade de água consumida requer o pleno conhecimento dos sistemas existentes, utilização das instalações, dos mecanismos de aquisição e economia de água. Dessa forma, é fundamental uma análise da quantidade de água consumida em instalações prediais, para fins potáveis e/ou não potáveis.

Como ferramenta de tomada de decisão e otimização na elaboração de projetos e obras de engenharia, tem sido frequente a utilização de modelos matemáticos capazes de representar a realidade em ambiente virtual a partir das simulações computacionais. Segundo Fleck, *et. al.* (2013), sistemas de abastecimento de água para a população em quantidade e qualidade ideais podem ser dimensionados a partir do uso de determinados modelos matemáticos como ferramenta de apoio à gestão dos recursos hídricos.

Nas resoluções de determinados problemas ambientais e de saneamento, por exemplo, gestores se deparam com um número crescente de tecnologias potencias e programas de modelagem. Definir qual a alternativa mais apropriada para cada caso pode ser uma tarefa difícil, com implicações financeiras e ambientais (ZHANG, 2012).

OBJETIVO

O objetivo do presente estudo é avaliar o funcionamento hidráulico de um sistema predial de abastecimento de água pluvial para fins não potáveis no Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira ou CAp –UERJ, , Rio de Janeiro-RJ, a partir da captação de águas de chuva, utilizando-se para essa finalidade uma modelagem hidráulica (EPANET).

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia desenvolveu-se a partir de dados obtidos de um sistema de captação, armazenamento e aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis implantado no Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira ou CAp-UERJ, no bairro Rio Comprido, zona central da cidade do Rio de Janeiro. O colégio atende cerca de 1 100 alunos, desde o Ensino Fundamental, Médio, além do curso de Mestrado Profissional de Ensino em Educação Básica.

A fase inicial consiste na análise das plantas arquitetônicas e cortes esquemáticos da edificação, além de dados do sistema de água de chuva existente no local.

Com área de 80 m² de captação do telhado da quadra poliesportiva, o sistema utiliza também calhas e condutores verticais além de barreiras de proteção inicial, como sistema de filtração e descarte inicial de volumes precipitados ou *first-flush*. O reservatório de armazenamento de águas pluviais com capacidade de 2460 litros possui dimensões de 2,30 x 0,70 x 2.10 situado na cota de piso da área lateral à edificação secundária ou posterior ao prédio principal.

Detalhes do sistema da captação e armazenamento de água de chuva são apresentados na Figura 1.

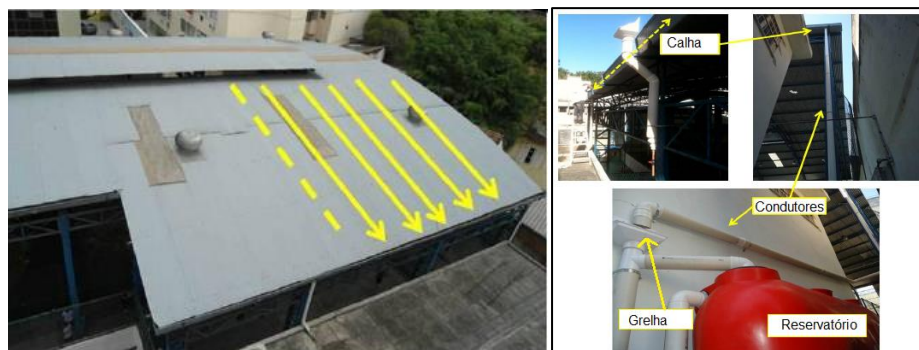


Figura 1 – Detalhes dos sistema, incluindo a cobertura da quadra poliesportiva, com a área de captação de águas pluviais e seu caimento, as respectivas calhas, condutores/conduitos, grelha, First Flush e reservatório. Fonte: Adaptado, PEREIRA (2014).

Cálculo de demanda de água para uso nas áreas externas à edificação compreende entrevistas diretas aplicadas junto aos usuários finais e funcionários da limpeza. Conforme relatos dos responsáveis por esses serviços, as principais demandas de uso externos são: regas de jardim, lavagem de piso, lavagem/limpeza de panos de chão e diluição de produtos de limpeza.

A determinação sazonal dos volumes de chuva precipitados no local compõe-se de dados obtidos pelo pluviômetro instalado na cobertura do prédio posterior do colégio, associado de forma simultânea aos dados de monitoramento da variação do volume da precipitação efetiva registrada por um linígrafo instalado dentro do reservatório. Dessa forma, é possível verificar a variação de nível do reservatório, dados do pluviômetro, e dos volumes acumulados de modo atender demandas específicas.

Para a modelagem hidráulica do sistema de abastecimento de água para fins não potáveis foi utilizado o *software* EPANET (EPA, 2017). O modelo EPANET compreende um conjunto de funções que permitem efetuar simulações estáticas e dinâmicas do comportamento hidráulico e de qualidade da água em sistemas de distribuição de água sob pressão. São utilizados como *inputs* na simulação hidráulica do sistema de abastecimento de água para fins não potáveis do CAP – UERJ dados de: demanda, volumes armazenados, cotas das instalações hidráulicas prediais, quantidade de horas do dia há consumo de água, e diâmetros de tubulações para o abastecimento.

RESULTADOS

Demandas de água para atividades externas

A fim de investigar e definir as demandas existentes na edificação para os usos não potáveis externos foram obtidas informações por meio de entrevistas realizadas com os funcionários da limpeza, sendo os resultados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Demanda das atividades para fins não potáveis do Cap UERJ. Fonte: Autoria própria.

Atividade	Tempo Gasto (min)	Frequência	Dias da Semana	Vazão demanda (l/dia)	Vazão demanda (l/s)
Diluição dos produtos de limpeza	-	Uma vez na semana	Segunda	250	0.00289
Lavagem dos panos de chão	30	Duas Vezes ao dia	Segunda a sexta	234	0.00270
Rega de Jardim	-	Uma vez ao dia	Segunda a sexta	30	0.00034

Variação das alturas de chuva e dos níveis d'água do reservatório

Foram analisados os dados do período de 01 de março de 2016 a 01 de março de 2017, de modo a compor um ano completo de série histórica. Dados obtidos do pluviômetro existente no local na cobertura do CAP-UERJ registram alturas de chuva a cada 15 minutos, com cálculo da precipitação diária acumulada. Foram também determinadas as variações diárias do nível do reservatório de armazenamento de águas pluviais (Figura 2).

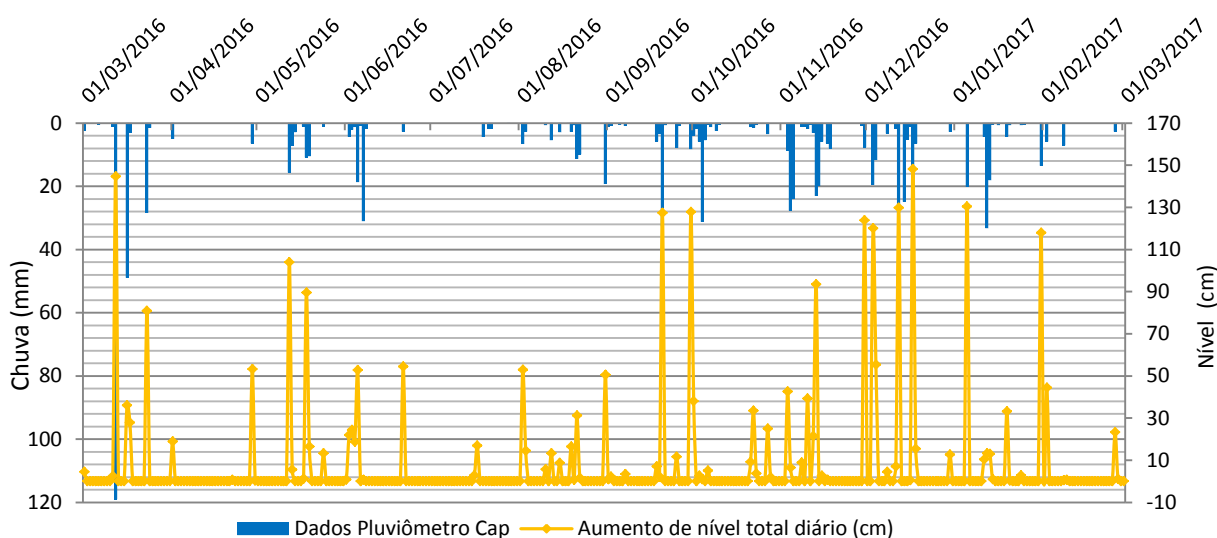


Figura 2 – Variação das alturas de chuvas e diárias do nível do reservatório no CAP UERJ. Fonte: autoria própria.

De modo complementar, foi analisado o histórico de variações de nível do reservatório de águas pluviais nesse mesmo período, conforme apresentado na Figura 3.

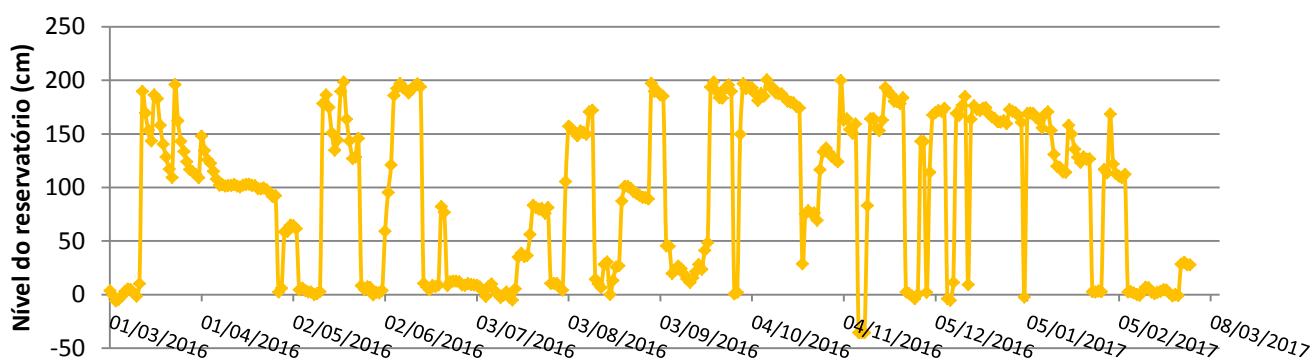


Figura 3 – Variação de nível do reservatório do CAP UERJ. Fonte: autoria própria.

A variação de nível do reservatório ao longo do período analisado é de 0 até 2 metros, como nível máximo do reservatório. No entanto, observam-se alguns pontos (níveis) menores que zero, e

acima de 2 metros, sendo que esses valores ocorrem pela imprecisão do aparelho usado. Para a medição do nível do reservatório é descartado o volume inicial armazenado no *first flush*, devido a qualidade dessa água apresentar determinados contaminantes inapropriado ao uso (GUIMARÃES *et al.*, 2016). A média de nível obtida durante esse período de análise foi de 0,94 metros (93,68 cm).

Modelagem Hidráulica do Sistema Predial

Como dados de entrada da modelagem hidráulica do sistema de abastecimento do CAP-UERJ foram utilizadas as dimensões da área do colégio, e as distâncias dos pontos de abastecimento pela água não potável captada pelo sistema pluvial.

Os pontos de consumo de água não potável incluem locais específicos determinados por cada atividade de lavagem/limpeza das áreas, identificados junto aos responsáveis pelos serviços ou funcionários do CAP-UERJ.

De modo atender as condições correspondentes ao abastecimento de água nesses pontos de consumo, foram projetadas tubulações de saída do reservatório de águas pluviais como alternativa de distribuição. De acordo com as vazões estimadas/demandadas por essas atividades, pode ser adotado o diâmetro de ½" (meia polegada) para a tubulação projetada.

Na modelagem hidráulica o EPANET utilizou o dia 07/06/2017 como evento selecionado por apresentar precipitação acumulada nesse dia de 31 mm, altura considerada limite da capacidade de armazenamento de volumes afluentes ao reservatório (Figura 2 e Figura 3).

Para que ocorra a validação, ou seja, a calibração do modelo hidráulico é necessário que os pontos medidos do reservatório no dia 07/06/2017 (pontos verdes na Figura 4), sejam iguais aos pontos calculados do modelo hidráulico (linha vermelha na Figura 4).

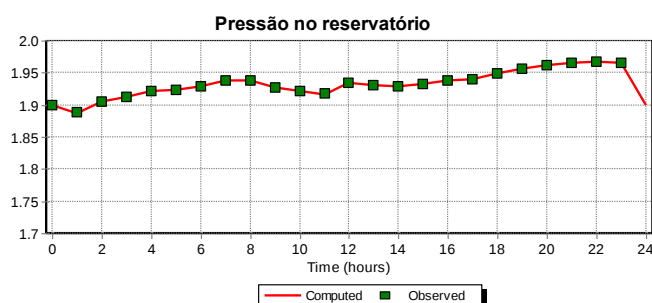


Figura 4 – Pressões medidas e calculadas pelo modelo hidráulico.

A partir dos resultados apresentados na Figura 4, observa-se que os dados são satisfatórios, pois os pontos medidos (pontos verdes) são iguais aos pontos calculados pelo modelo hidráulico (linha vermelha). Pode-se considerar que o modelo está calibrado. Dessa forma, com o modelo hidráulico validado, é possível propor cenários para o abastecimento das demandas de água para fins não potáveis do CAP- UERJ.

Proposição de cenários de abastecimento e avaliação hidráulica

Os cenários foram definidos e modelados de acordo com o dia da semana: um para segunda feira (Cenário 1), e outro (2) para os demais dias úteis da semana (de terça a sexta), cujas demandas consideram as atividades externas que consomem água não potável, sendo cada uma especificada para atender a demanda água em determinadas horas do dia, de acordo com as necessidades dos usuários do local.

Para a avaliação hidráulica do sistema é fundamental verificar: (i) a pressão mínima dinâmica disponível nos pontos de abastecimento do sistema de 0,5 mca (NBR 5626/1998) e (ii) a quantidade

de água armazenada no reservatório ser capaz de suprir as demandas não potáveis nos pontos de consumo estabelecidos.

No cenário 1 considera-se a demanda de diluição de produtos de limpeza, lavagem dos panos de chão e rega de jardim num total 514 L/dia. Nessas condições, para que o reservatório de armazenamento de águas pluviais atinja esse volume, exige-se um nível d'água mínimo de cota de 0,40 metros.

No entanto, a carga hidráulica disponível no reservatório com um nível de 0,40 metros não é suficiente para fornecer a pressão adequada indicada por norma nos pontos de consumo. Dessa forma, foi simulado no modelo hidráulico um nível mínimo no reservatório de modo a garantir as pressões requeridas nos pontos de consumo de no mínimo 0,50 mca.

Assim sendo, foi verificado que esse valor mínimo é de 1,30 metros. O valor de 1,30 metros foi obtido variando o nível de 0,40 metros no reservatório até que chegasse ao nível mínimo de 1,30 metros para que haja pressão suficiente nos pontos de consumo. (Figura 5).

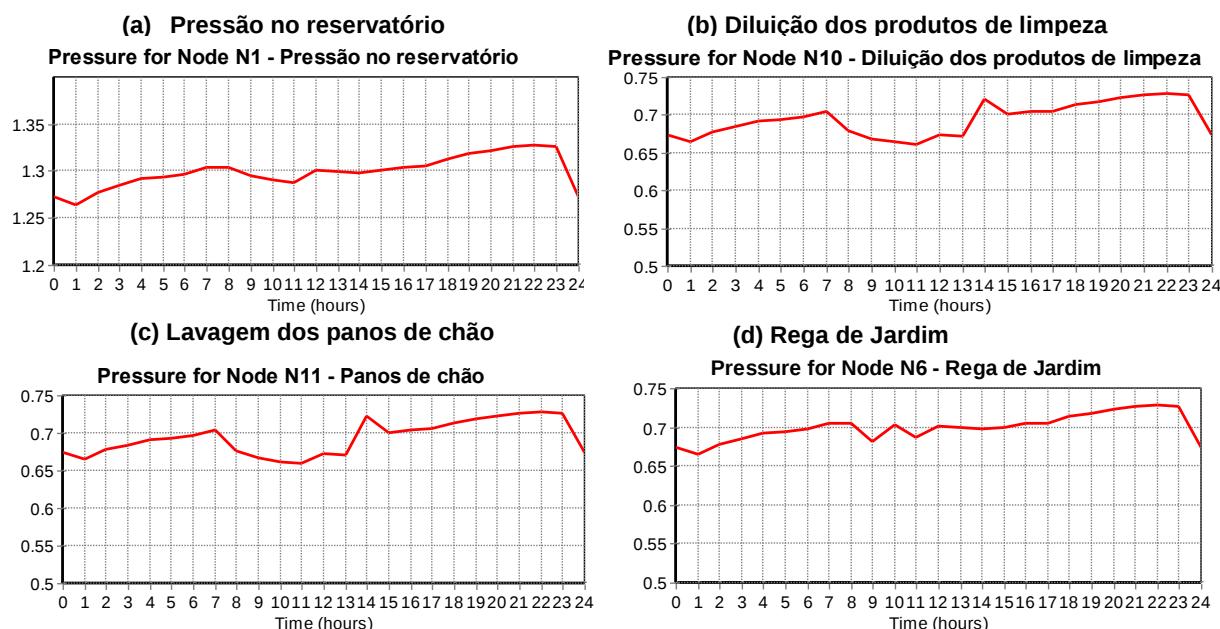


Figura 5 – Variação de Pressão diária nos pontos de consumo (Cenário 1). (a) Reservatório, (b) Diluição dos produtos de limpeza (c) Lavagem dos panos de chão, (d) Rega de jardim

Constata-se que as pressões mínimas encontradas no sistema se situam próximas a 0,65 mca, mas optou-se por manter esse valor, e não abaixar a cota de nível do reservatório, como alternativa de operação do sistema em condições favoráveis de segurança.

Em dias chuvosos, caso o reservatório esteja no nível de 1,70 m, a diferença de volume entre o nível de 1,70 m a 1,30 m é de 537 litros. Ainda assim, é possível abastecer as demandas de limpeza nesse cenário, exigida de 514 litros. Sendo assim, a avaliação hidráulica do sistema, fica da seguinte maneira, com o nível de 1,70 m até o nível de 1,30 metros é possível atender a demanda de limpeza do cenário 1, quanto a pressão necessária, e quantidade de água. Níveis baixo de 1,30 metros não possuem pressão suficiente para abastecerem os pontos de consumo.

No o **cenário 2**, a demanda de água corresponde a lavagem dos panos de chão e rega de jardim, com total consumidos de 234 litros. Nessas condições, obteve-se os mesmos resultados do **cenário 1**, quanto ao fator limitante da pressão de 1,30 m no reservatório.

No entanto, como a demanda de terça a sexta é menor, caso o reservatório esteja no nível de 1,55 m, a diferença de volume entre o nível de 1,55 m a 1,30 m é de 325 litros ainda assim, é possível abastecer as demandas de limpeza nesse cenário, que demandam 234 litros. Dessa forma, a avaliação hidráulica do sistema, fica da seguinte maneira, com o nível de 1,55 m até o nível de 1,30 metros é possível atender a demanda de limpeza do cenário 2, quanto a pressão necessária, e quantidade de água. Níveis baixo de 1,30 metros não possuem pressão suficiente para abastecerem os pontos de consumo.

Ocorrência dos níveis mínimos para o abastecimento

Durante o ano de 2016 estudado, também foi calculada a quantidade de dias em que ocorreram os níveis mínimos de abastecimento de água, ou seja, de 1,70 metros, e 1,55 metros para os cenários de segunda (1), e terça a sexta (2), respectivamente.

A Figura 6 apresenta a variação de nível do reservatório durante o ano, e os níveis mínimos para o atendimento dos **cenários 1 e 2**, segunda, e terça à sexta respectivamente.

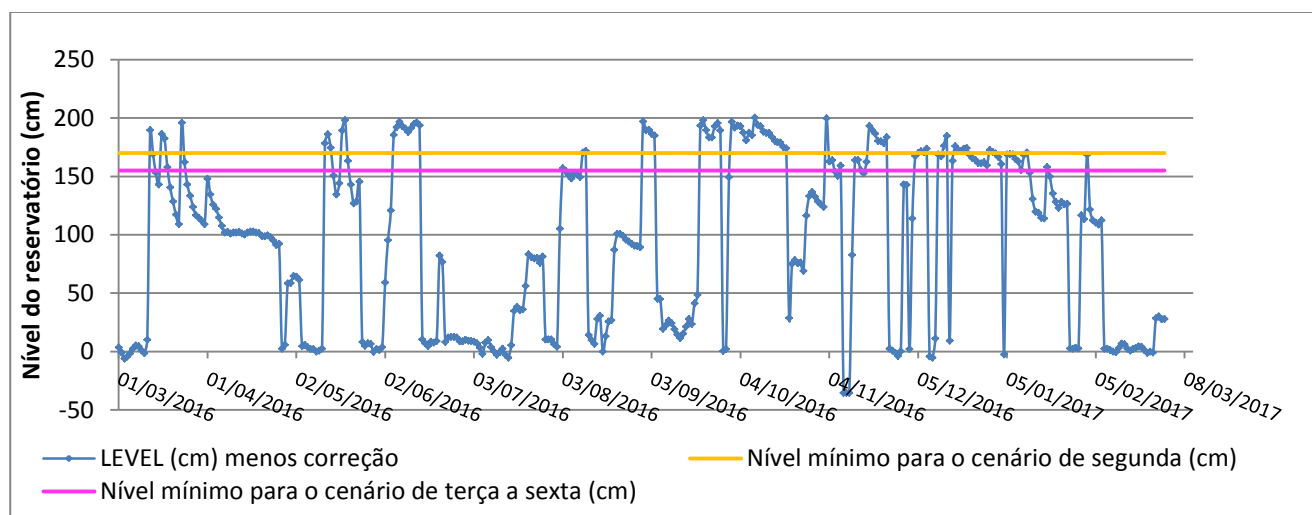


Figura 6 – Variação de Nível durante o ano estudado e patamares dos níveis mínimos para atendimento das demandas

O nível de 1,70 m ocorreu 75 vezes durante o ano estudado, o que significa uma porcentagem de 20,55% no ano. Já o nível de 1,55 m ocorreu 111 vezes durante o ano estudado, o que significa uma porcentagem de 30,41% no ano.

Considerações finais

Para que o sistema de aproveitamento de água de chuva implantado no CAP UERJ possa ser utilizado nas condições apresentadas, sugerem-se marcações externas visíveis no reservatório, nos níveis 1,30, 1,55, e 1,70 m, de modo a oferecer aos funcionários da limpeza condições de leitura dos volumes armazenados, como forma de atendimento no aproveitamento de água pluviais, de acordo com o volume armazenado no sistema e a respectiva demanda.

No reservatório, abaixo do nível 1,30 m, existe um volume remanescente de 1617 litros que podem ser aproveitadas em outras demandas não potáveis do colégio. No entanto, não há pressões suficientes para o abastecimento até os pontos de consumo. Dessa forma, sugere-se que em próximos estudos, seja avaliado o emprego de uma elevatória na saída do reservatório para que toda a água do reservatório possa ser utilizada.

CONCLUSÃO

Quando associado a determinados modelos matemáticos, o conhecimento real da quantidade de água consumida, os pontos de consumo e tipos de uso, constituem-se em instrumentos de trabalho na proposição de melhorias e na implantação de sistemas de captação, armazenamento e aproveitamento de águas pluviais.

Esse trabalho avaliou as condições de operação de um sistema de captação, armazenamento e aproveitamento de águas pluviais como alternativa para atender demandas não potáveis identificadas em pontos de consumo de áreas externas no CAP-UERJ, como diluição de produtos de limpeza, lavagem de panos e regas de jardim.

Concluiu-se que o sistema existente é capaz de atender as demandas estipuladas nos pontos de consumo com volumes e pressões adequadas para as situações do cenário 1 (segunda feira), e cenário 2 (terça à sexta).

No entanto, foi detectada a possibilidade de algumas melhorias, tais como dotar o sistema (reservatório) de medições de nível de fácil identificação por parte dos operadores e ainda a existência de um volume “morto” que poderá ser utilizado mediante a incorporação de um sistema de recalque.

Em cenários de escassez de água que se avizinham, a disponibilidade de sistemas confiáveis que possam ser utilizados como alternativas de fornecimento de água se constitui em uma ferramenta estratégica de engenharia deve ser melhor explorada.

REFERÊNCIAS

ABNT – NBR 5626 – Instalação predial de água fria, 1998.

ABNT – NBR 15527 Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos, 2007 .

EPA – U. S. Environmental Protection Agency – Download e manual do Software EPANET - Disponível em: <https://www.epa.gov/water-research/epanet>– Acesso em 13/01/2017.

FLECK, L., TAVARES, M. H. F, EYNG, E. (2013) Conceitos e importância da modelagem matemática de qualidade da água para gestão dos recursos hídricos. *Ambiência Guarapuva* (PR). v.9 n.3 p.487-503, 2013.

GHISI, E.; MONTIBELLER, A.; SCHMIDT, R. W. (2006). Potential for potable water savings by using rainwater: An analysis over 62 cities in southern Brazil, *Building and Environment* 41: 204-210.

GUIMARÃES, R.M., OHNUMA JR., A.A., PIMENTEL DA SILVA, L. BILA, D.M.; JACOB, R.V.B.; ROCHA, B.C. Qualidade da água da chuva com barreira de proteção instalada em um sistema de captação e armazenamento de águas pluviais. In: X Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água da Chuva. Belém-PA. 18-20 nov. 2016.

PEREIRA, S.S. (2014) - Percepção Socioambiental Aplicada em Instituição de Ensino no Âmbito da Racionalização do Uso da Água a Partir de Aproveitamento de Águas Pluviais, Dissertação de Mestrado – UERJ.

PROSAB. Programa de pesquisa em saneamento básico. (2009) Uso racional da água em edificações, Ricardo Franci Gonçalves (coordenador). Editora ABES, Rio de Janeiro - RJ.

ZHANG, 2012 –ZHANG, R.; QIAN, X.; LI, H.; YUAN, X.; YE, R. Selection of optimal river water quality improvement programs using QUAL2K: A case study of Taihu Lake Basin, China. *Science of The Total Environment*, v.431, p. 278-285, 2012.