



IV-050 - AVALIAÇÃO DO POTENCIAL PARA REUSO DE ÁGUAS CINZAS E APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM UM SHOPPING CENTER

Alysson Santos de Souza⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Sergipe (UFS). Mestrando em Engenharia e Ciências Ambientais pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais (PPGECIA) da UFS.

Bruno Santos Souza⁽²⁾

Pós-Doutorado em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ/COPPE) e pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) – Portugal. Doutorado em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ/COPPE) - modalidade doutorado sanduíche com a Universidade de Barcelona (UB) - Espanha. Mestrado em Química e Bacharelado em Engenharia Química pela Universidade Federal Fluminense (UFF).

Endereço⁽¹⁾: Av. Marechal Rondon, s/n - Jd. Rosa Elze, São Cristóvão - SE, 49100-000 - e-mail: alysson_santos0608@hotmail.com

RESUMO

O Brasil e o mundo veem enfrentando uma crise hídrica e uma das tentativas mais promissoras de solucionar este problema é o estímulo ao reuso da água como fonte alternativa de consumo. A prática do reuso de águas cinzas e do aproveitamento de águas pluviais já é difundida no setor industrial, contudo no setor comercial urbano ainda é considerada retraída e enfrenta uma série de dificuldades para se estabelecer. Neste contexto, este estudo avaliou o potencial de um sistema para reuso das águas cinzas provenientes dos lavatórios de banheiros, combinado com o aproveitamento da água da chuva em um Shopping Center no estado de Sergipe. Neste trabalho as variáveis avaliadas foram a demanda hídrica da edificação (irrigação de jardim e descarga de vasos sanitários) e as ofertas de água de reuso (água cinza) e da água pluvial. Os resultados indicaram que para fins não-potáveis o sistema consegue atender parcialmente a demanda de água da edificação quando direcionada para suprimento em descargas de banheiros e rega em gramado. A produção média estimada de águas cinzas provenientes dos lavatórios e de águas pluviais foram de 827 e 739 m³/mês, respectivamente. E desse modo foi estimado com a implantação do sistema uma economia média de água potável variando entre 9,3 e 26,4% ao longo dos meses do ano.

PALAVRAS-CHAVE: Aumento de Capacidade, Melhoria da Qualidade, Água com Alcalinidade, Coagulante Adequado, Auxiliares de Flocculação.

INTRODUÇÃO

A distribuição desigual da água ao redor do planeta somada com as alterações climáticas, o aumento da demanda por água pelos setores doméstico, agrícola e industrial, o lançamento de poluentes nos mananciais, e o desperdício de água potável, são sem dúvida os fatores mais críticos que influenciam na redução da disponibilidade e no agravamento da crise hídrica ao redor do planeta. Nesse sentido, ocorre um cenário de desequilíbrio, havendo sempre um déficit de atendimento para a sociedade e uma baixa disponibilidade do insumo, o que causa impactos diretos e indiretos aos seres vivos e ao meio ambiente.

O que vem sendo defendido por muitos pesquisadores como sendo uma solução interessante para reduzir o impacto na demanda hídrica é a utilização racional da água (NUNES, 2006; OLIVEIRA, 1999; ZENG et al., 2003). No entanto, verifica-se como uma necessidade da sociedade moderna a exploração de outras fontes mudando os paradigmas tradicionais do uso da água. Como exemplo de fontes alternativas de provimento de água para fins não potáveis estão as águas cinzas e as águas pluviais.

As chamadas águas cinzas consistem nas águas residuárias provenientes de lavatórios, chuveiros, tanque e máquina de lavar roupas que são segregadas do efluente das bacias sanitárias e das pias de cozinha. Já as águas pluviais são aquelas provenientes da precipitação atmosférica. A vantagem da utilização destas águas em

sistemas de reuso está relacionada com a menor presença de poluentes, principalmente se comparadas com o esgoto bruto, permitindo assim o emprego de processos de tratamentos mais simplificados.

A implantação de sistemas de reuso utilizando águas cinzas e águas pluviais para fins não potáveis, seja no setor industrial, agrícola ou urbano, traz um grande número de benefícios não só ambiental, mas também econômico e social, como a redução do volume de água a ser captada de mananciais e consequente alívio no lançamento de efluentes na rede pública de esgoto, além da redução nos gastos com os tratamentos (ERICKSSON et al., 2002). Assim, a implementação em larga escala de sistemas de reuso em edificações residenciais, comerciais e industriais representariam uma grande contribuição para a redução na demanda por a água potável, permitindo o seu direcionamento para atividades que realmente necessitem de um nível de qualidade mais elevado. Alguns pesquisadores focaram suas investigações somente em águas cinzas (ABDULLA & AL-SHAREEF, 2009; MOURAD et al., 2011), outros em águas da chuva coletadas de telhados (COOK et al., 2013; MOREIRA et al., 2012; YOSHINO et al., 2014), e ainda utilizando ambas as fontes (GHISI & FERREIRA, 2007).

Um aspecto importante a ser levado em consideração na implantação de um sistema de reuso em edificações comerciais é a contribuição das águas cinzas, uma vez que na maioria destes empreendimentos a contribuição ocorre apenas de lavatórios, o que resulta em um pequeno volume de efluentes passível de ser tratado e reutilizável, necessitando assim de uma complementação, o qual frequentemente utiliza-se em conjunto com o aproveitamento de água da chuva coletada pelo telhado.

Diante da grande demanda por água potável, da significativa geração de efluentes, e da existência de poucos estudos deste tipo realizados em empreendimentos comerciais, este trabalho teve como objetivo realizar um estudo de caso em um centro comercial (Shopping Center) no estado de Sergipe avaliando o consumo de água potável e o potencial para o reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais, coletadas pelo telhado, para fins não potáveis.

OBJETIVO

Diante da grande demanda por água potável, da significativa geração de efluentes sanitários e industriais, e da disposição indevida destes resíduos em corpos hídricos este trabalho teve como objetivo principal realizar um estudo de caso em um centro comercial (Shopping Center) no estado de Sergipe, avaliando o consumo de água potável e o potencial para o reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais, coletadas pelo telhado, para fins não potáveis, visando assim a redução dos custos e do consumo de água potável.

METODOLOGIA

Para a realização do estudo foram coletadas informações junto a administração do Shopping Center referentes a forma de abastecimento, consumo de água por setores, fluxo de pessoas e dimensões físicas da edificação. Também foram coletados dados pluviométricos junto ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) referente a Aracaju, município onde está situada a área de estudo. Todos os dados obtidos e utilizados referem-se aos anos de 2014 e 2015.

ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi conduzido em um Shopping Center inserido na região urbana do município de Aracaju, Sergipe, apresentando uma área construída de 61.965 m² e a área bruta locável (ABL) de 40.942 m², sendo portanto, classificado pela ABRASCE (Associação Brasileira de Shopping Centers) como um centro comercial de porte regional. O local recebe um grande número de pessoas diariamente, formado por uma população fixa, constituída pelos funcionários, e por uma população flutuante, constituída pelos clientes, os quais frequentam a edificação em média de 951 mil pessoas por ano. O complexo comercial funciona todos os dias da semana, com horário reduzido somente aos domingos e conta com duas praças de alimentação (compostos por um total de 29 restaurantes) e com 192 lojas, das quais 8 são classificadas como lojas âncora, 3 como megalojas e 181 como lojas satélites, além de possuir uma unidade de cinema (5 salas de projeção).

Os ambientes significativos de consumo de água e geração de águas cinzas avaliados foram os 3 banheiros de uso comum dos clientes (cada um com atendimento ao público masculino, feminino e infantil, havendo apenas um fraldário), os banheiros localizados no interior de lojas, nos restaurantes e lanchonetes, sendo desconsiderados restaurantes e lojas como farmácias de manipulação e salões de beleza devido a presença de resíduos de matéria orgânica, medicamentos ou produtos químicos. Todos os banheiros possuem torneiras de fechamento automáticas acionadas por pressão.

ANÁLISE DA GESTÃO DA ÁGUA

Neste trabalho foi utilizada a metodologia específica de análise do consumo de água para sistemas de edifícios proposta por Nunes (2006). Esta metodologia, avalia índices relacionados com a eficiência de conservação da água em edifícios, sendo relativamente fácil de ser aplicada, tendo como resultado o diagnóstico do sistema e o que permite a sua avaliação para a aplicação de sistemas de reuso e aproveitamento da água. A visita para coleta dos dados de campo no Shopping Center ocorreu em novembro de 2015 e o trabalho foi realizado de acordo com as etapas apresentadas por Nunes (2006).

Etapa 1 – Seleção das áreas: Consiste na definição das áreas que serão monitorados para determinação do consumo de água e possibilidade de reutilização;

Etapa 2 – Planejamento: Consiste na organização de vistorias e entrevistas para a coleta de dados junto a administração do Shopping;

Etapa 3 – Realização de Visitas: Consiste na inspeção das características físicas, análise arquitetônica, hidráulica, identificação dos agentes consumidores, investigação do consumo histórico mensal de água e setorização do Shopping.

Etapa 4 – Diagnóstico Inicial: Consiste no cálculo dos índices reais e estimados relacionados com o consumo de água, com perdas durante o abastecimento

Etapa 5 – Análise crítica dos dados: Consiste na avaliação dos dados e dos índices obtidos;

Etapa 6 – Planejamento de ações: Consiste na identificação e seleção das medidas que deverão ser adotadas para implantação do sistema de reuso e aproveitamento de água e redução do consumo médio.

Neste estudo de caso foi proposto a aplicação de um sistema de água de resuo destinado ao abastecimento dos vasos sanitários dos banheiros de uso comum dos clientes e para a irrigação das áreas verdes externas (gramado). A Figura 1 apresenta um diagrama ilustrando de maneira geral a composição da água de reuso e sua finalidade.

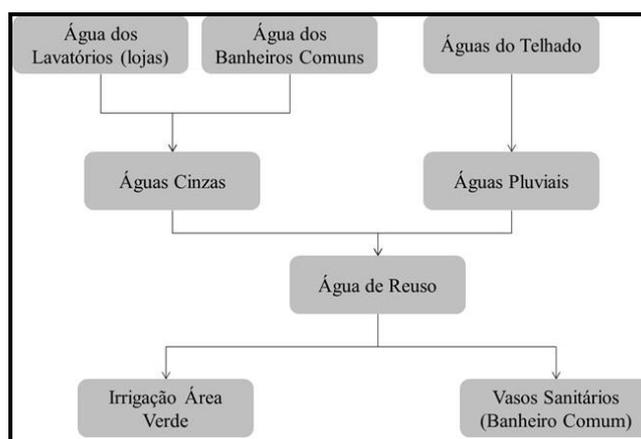


Figura 1: Composição do sistema da água de reuso e sua finalidade

A Figura 2 apresenta um esboço elaborado para ilustrar a localização das áreas verdes irrigadas, dos banheiros de uso comum dos clientes, dos reservatórios utilizados para armazenamento da água potável e da água de reuso e a área superficial do telhado selecionada para captação da água de chuva (Área II).

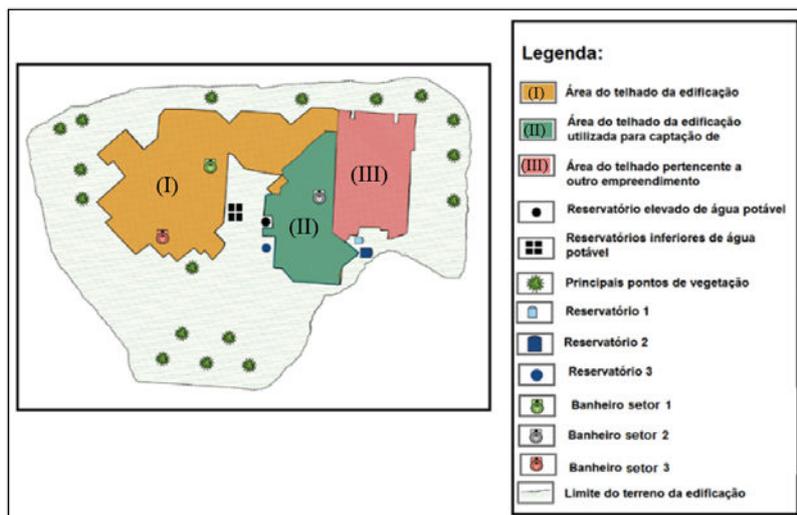


Figura 2: Esboço das diferentes áreas do Shopping Center

RESULTADOS OBTIDOS

Após a avaliação dos dados foi verificado que o estabelecimento apresenta um consumo médio de água potável, proveniente do sistema de abastecimento público, de $286 \text{ m}^3.\text{dia}^{-1}$. Foi verificado também que a irrigação das áreas de gramado externas é realizada por meio de água não-potável adquirida por meio de caminhão-pipa, sendo que o consumo médio com esta operação é em média $600 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$. Com os dados obtidos por meio da administração do centro comercial foi possível gerar os índices pertinentes à fase de diagnóstico inicial, permitindo assim a comparação dos índices reais e estimados. Abaixo são apresentados os índices calculados.

Índices e dados reais

Consumidores: 955.000 pessoas. mês^{-1} ;
Consumo médio mensal de água (I_{CMA}): $8.740 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$;
Consumo médio diário de água (I_{CAD}): $9,15 \text{ m}^3.\text{dia}^{-1}$;

Índices estimados

Consumo médio mensal de água (I_{CM}): $7436 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$;
Consumo médio diário de água (I_{CA}): $7,79 \text{ m}^3.\text{dia}^{-1}$;
Perdas diárias (E_{PAD}): 1,37;
% de Perdas diárias ($\%E_{\text{PAD}}$): 14,92;

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Foi possível verificar que o consumo mensal do empreendimento apresenta um valor acima do consumo estimado ICMA, indicando que existem perdas durante o processo de abastecimento. Isto pode ser confirmado pelos valores positivos de EPAD e $\%EPAD$, indicativos de possíveis perdas hipotéticas de água na edificação. Neste estudo, os valores dos índices de consumo de água real do centro comercial, ICMA ($8.740 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$) e ICAD ($9,15 \text{ L/ag. consumidor.dia}$), foram considerados significativamente baixos em comparação com os do estudo realizado por Nunes (2006), cujo ICMA ($18,634 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$) e ICAD ($19,69 \text{ L/ag. consumidor.dia}$) indicaram alto consumo de água no estabelecimento estudado.

A avaliação prévia referente ao quantitativo de geração de águas cinzas associadas a cada segmento locável do centro comercial permitiu estabelecer um valor médio deste tipo de efluente gerado mensalmente, sendo igual a $354,9 \text{ m}^3$. Este valor foi obtido com base no consumo de água proveniente das torneiras, uma vez que as águas cinzas provenientes de ambientes comerciais são provenientes quase que em sua totalidade das torneiras dos banheiros.

Ainda que a edificação possua uma considerável área livre para a captação de água da chuva, foi selecionado uma área captável de 10.439 m², isso devido a presença de possíveis agentes poluidores no telhado da edificação, como maquinários e prováveis pontos de convivência habitual de aves, que poderiam causar contaminação fecal ou por óleos e graxas na água captada. Em relação a precipitação pluviométrica local, foram considerados os valores entre os anos de 2010 e 2014 coletados do INMET, obtendo um valor médio de 83,2 mm de chuva por ano. Com a aplicação da equação racional e dos dados de área captável e pluviometria anual foi obtido um valor estimado médio anual de 739,58 m³ de água da chuva colhida.

Após a estimativa do quantitativo médio de águas cinzas geradas pela edificação e do seu potencial de captação de água pluvial, foi possível estimar o volume mensal de água de reuso com base nas simulações realizadas, e deste modo foi possível determinar a média anual como sendo igual a 1.567 m³.

Foi realizado uma avaliação para definir quais setores poderiam fazer uso das águas reuso e qual a sua demanda. Foram selecionados três banheiros de uso comum aos clientes da edificação, denominados de Banheiro 1, Banheiro 2 e Banheiro 3, os quais foram contabilizados uma quantidade de 14, 16 e 20 vasos sanitários, respectivamente. Ao total, os três banheiros necessitariam de uma média mensal de 4.759 m³ de água de reuso, variando de 4.334 – 5.149 m³, superando em cerca de 3 vezes a oferta mensal estimada. Dessa forma, claramente nem todos os banheiros poderiam ser atendidos com o sistema de água de reuso proposto. Assim, foram escolhidos para serem abastecidos com essa prática apenas os vasos sanitários do Banheiro 1, além da área externa do jardim. Realizando cálculos de custos com a água potável e a redução em seu uso com o sistema de reuso foi observado uma economia média mensal com os gastos hídricos pelo Shopping Center em torno de 15,8%.

O sistema de água de reuso foi proposto com uma necessidade de um armazenamento próprio e um tratamento simplificado, além de modificações no sistema de coleta de água cinza dos banheiros e de drenagem das águas da chuva. Os custos e materiais necessários para essas modificações não serão abordadas por este trabalho, contudo vale ressaltar a sua importância para a implantação do sistema. Os principais poluentes presentes neste tipo de água são os microrganismos, visto que as águas cinzas e as águas pluviais apresentam baixos valores de matéria orgânica. Dessa maneira, não será realizado tratamento biológico para o abatimento da carga orgânica, mas sim um tratamento de desinfecção por hipoclorito de sódio (NaClO). Estudos realizados por Soethe (2013) verificaram que a adição de no mínimo 15 mg.L⁻¹ de cloro ativo em águas cinzas para um tempo de contato entre 36 – 60 minutos apresentaram um decaimento da ordem de 10⁶ no número de E.coli (sem crescimento significativo mesmo após 24hs).

Em relação ao armazenamento da água de reuso, são sugeridos três reservatórios distintos (2 inferiores e 1 elevado) esquematizados conforme apresenta a Figura 3. O primeiro reservatório, de menor porte, seria destinado à coleta das primeiras águas da chuva (água para descarte), chamado de Reservatório 1. O seu volume foi dimensionado de acordo com o volume de água pluvial captado como sendo de 21 m³. Enquanto que o Reservatório 2, de maior porte, seria destinado a mistura das águas cinzas com as águas pluviais coletadas após o descarte, ocorrendo neste reservatório a aplicação do hipoclorito de sódio. O seu volume foi definido considerando a maior geração de água de reuso (mês de abril), o qual foi admitido um valor de 85 m³.dia⁻¹ e um fator de segurança de 50%, de forma a ser projetado um volume de armazenamento da ordem de 128 m³. No entanto, segundo a administração do centro comercial o empreendimento já apresenta um reservatório desativado com capacidade volumétrica de 140 m³, assim sugere-se que este seja utilizado como Reservatório 2 afins de evitar gastos com a aquisição ou construção de um sistema novo de reservação. O terceiro reservatório, denominado como Reservatório 3, consiste em um tanque elevado com a finalidade de acumular e realizar a distribuição da água de reuso por gravidade para as bacias sanitárias do Banheiro Comum 1. Sendo seu volume admitido com igual valor ao do Reservatório 2.

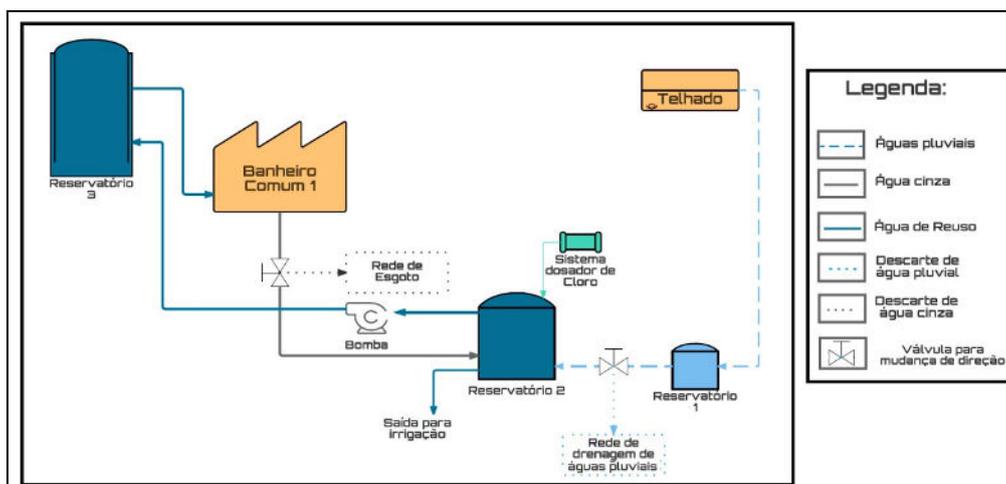


Figura 3: Fluxograma do Sistema de Reuso proposto para o Shopping Center

CONCLUSÕES

O diagnóstico das características, forma de abastecimento e dados de consumo de água do Shopping Center foram de fundamental importância para o desenvolvimento da proposta de sistema de reuso. Por meio deles foi possível avaliar o gerenciamento da água e desenvolver uma metodologia para estimar o potencial de geração e demanda da água de reuso. Uma das limitações neste estudo foi a falta de hidrômetros em diversos locais, como banheiros e nos segmentos locais do empreendimento, fazendo com que o volume de águas cinzas geradas fosse estimado com base no consumo de água potável. No entanto, os resultados mostraram que a instalação de sistemas de coleta de água de chuva é uma opção viável para economizar água potável, pois claramente verifica-se que o potencial deste tipo de água (água cinza + água pluvial) possui uma grande contribuição, ainda que esta prática sofra grandes flutuação de volume em função dos meses do ano. Por outro lado, a contribuição proveniente das águas cinzas é menor, mas relativamente constante ao longo dos meses do ano. Como melhorias para o sistema, sugere-se a recuperação de uma maior área de coleta do telhado visando um maior aproveitamento de águas pluviais, uma vez que a sua implantação não envolve grandes alterações no sistema hidráulico do empreendimento reduzindo assim o custo com o projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 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.
2. ABDULLA, F. A., AL-SHAREEF, A. W. Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan. Desalination, v. 243, n. 1, p. 195-207, 2009.
3. ANDRÉ, P. T. A., PELIN, E. Elementos de análise econômica relativas ao consumo predial. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretaria da Política Urbana, p. 46, 1998.
4. ABRASCE - Associação Brasileira de Shopping Centers. Disponível em <<http://abrasce.com.br/monitoramento/definicoes-e-convencoes>>. Acesso em: 25 set. 2015.
5. BILLINGS, R. B., JONES, C. V. Forecasting Urban Water Demand. American Water Works Association, Denver-Colorado, p. 360, 1996.
6. COOK, S., SHARMA, A., CHONG, M. Performance analysis of a communal residential rainwater system for potable supply: a case study in Brisbane, Australia. Water Resourch Management, v. 27, n. 14, p. 4865-4876, 2013.
7. ERIKSSON, E., AUFFARTH, K., HENZE, M., LEDIN, A. Characteristics of grey wastewater. Urban water, v. 4, n. 1, p. 85-104, 2002.
8. 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. 2512-2522, 2007.
9. INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. Estações Convencionais/Dados Curitiba. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 18 jun. 2015.



10. MOURAD, K. A., BERNDTSSON, J. C., BERNDTSSON, R. Potential fresh water saving using greywater in toilet flushing in Syria. *Journal Environmental Management*, v. 92, n. 10, p. 2447-2453, 2011.
11. MOREIRA NETO, R. F., CARVALHO, I. D. C., CALIJURI, M. L., SANTIAGO, A. D. F. Rainwater use in airports: a case study in Brazil. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 68, p. 36-43, 2012.
12. NUNES, R.T.S. Conservação da Água em Edifícios Comerciais: Potencial de uso racional e reuso em Shopping Center. 2006. 144 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
13. OLIVEIRA, L. H. Metodologia para implantação de programa de uso racional da água em edifícios. 1999. 344 f. Tese (Doutorado em Engenharia da Construção Civil). Escola Politecnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
14. SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Equipamentos Economizadores. Disponível em <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=145>>. Acesso em: 10 ago. 2015.
15. YOSHINO, G. H., FERNANDES, L. L., ISHIHARA, J. H., DA SILVA, A. I. M. Use of rainwater for non-potable purposes in the Amazon. *Environment, Development and Sustainability*, v. 16, n. 2, p. 431-442, 2014.
16. ZENG, S., DONG, X., CHEN, J., LI, P. Planning an urban wastewater system with centralised greywater reuse: a case in Beijing. *Civil Engineering and Environmental Systems*, v. 30, n. 1, p. 40-55, 2013.