

II-078 – APLICAÇÃO DE REUSO DE ÁGUA CINZA PARA USO EM COBERTURA VERDE

Danilo Rafael Lima Santos⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Escola Universidade Federal de Sergipe (UFS).

Denise Conceição de Gois Santos Michelin⁽²⁾

Doutora em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo (EESC – USP). Engenheira Civil pela Escola Universidade Federal de Sergipe (UFS).

Luciana Coêlho Mendonça⁽³⁾

Doutora e Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo (EESC – USP). Engenheira Civil pela Escola Universidade da Paraíba (UFPB).

Engenheiro Civil pela Escola Universidade Federal de Sergipe.

Débora de Gois Santos⁽⁴⁾

Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Engenheira Civil pela Escola Universidade Federal de Sergipe (UFS).

Endereço⁽²⁾: Av. Marechal Rondon s/n, Jardim Rosa Elze. São Cristóvão/SE - Brasil - Tel: (79) 21056700 - e-mail: denise_gois@yahoo.com.br

RESUMO

O homem vem buscando soluções para reverter os problemas ambientais surgidos ao longo dos tempos com o progresso tecnológico. Com isso, há a necessidade de criar tendências sustentáveis para buscar a renovação de técnicas e de materiais alternativos que possam abrir novos caminhos para um futuro mais viável a todos. O presente trabalho visa desenvolver duas dessas tendências, através da elaboração de um projeto, em um estudo de caso em edifício público, para propor a instalação de cobertura verde por meio do sistema de reúso de águas cinza para sua irrigação e investigar seus possíveis benefícios. Para a instalação do sistema proposto, foram analisados parâmetros de oferta e demanda de água para assim avaliar a possibilidade de executá-lo. Foram elaborados projetos para descrever o modo de instalação e possibilitar o levantamento dos custos de implantação. Por fim, foram analisados alguns custos e benefícios com a implantação do sistema projetado, obtendo por meio do cálculo do *Payback* simples o possível período de retorno do investimento em 15 meses. Como resultado, observou-se que além do retorno financeiro, apesar do período longo, as novas tecnologias precisam ser divulgadas para a melhor compreensão dos benefícios das mesmas. Um passo importante para incentivar a execução dessas novas tendências é a criação de leis de incentivo fiscal, como já foi dado início em alguns municípios.

PALAVRAS-CHAVE: Tendências Sustentáveis, Cobertura Verde, Reuso de Água Cinza.

INTRODUÇÃO

Este estudo propôs-se tratar da análise da instalação da cobertura verde e implantação do sistema de reúso de água. Apesar de prevista no projeto original a instalação da cobertura verde, o edifício público não foi executado de acordo com o mesmo. As premissas existentes no projeto arquitetônico que viabilizariam a construção da cobertura verde não foram seguidas sob alegação de que seriam desnecessárias e inviáveis em razão da dificuldade de manutenção pelo gasto excessivo de água. Assim, buscou-se fazer uma análise sobre a possibilidade de execução e os benefícios trazidos por este sistema.

Além disso, vale destacar a grande preocupação em relação à disponibilidade de água atual e das futuras gerações. A crise de abastecimento existente no presente momento no sudeste do país, principalmente, tornou-se um exemplo.

Desde meados do ano de 2013, a região Sudeste, especialmente a grande São Paulo, sofre com os baixos índices pluviométricos. Em consequência, ocorreu a redução do volume dos reservatórios e a vazão dos rios que abastecem diversos municípios da região. Em razão disso, diversas áreas da grande metrópole brasileira sofreram, no período do ano de 2014, com a falta de água. É neste cenário que tem sido intensificada a busca por novas soluções sustentáveis de reaproveitamento de água.

Nesse mesmo sentido, vale destacar que a cada ano que se passa a humanidade progride e se desenvolve tecnologicamente. Entretanto, há um grande descaso para com a natureza, gerando danos irreparáveis que poderiam ter sido prevenidos. Desta forma, sendo percebido que os recursos naturais são finitos, o homem busca soluções para reverter os problemas ambientais que surgiram. Na construção civil, também, as novas tendências são de buscar uma renovação de técnicas e materiais alternativos que possam abrir novos caminhos para um futuro mais viável.

A Cobertura Verde e o Reuso de Água Cinza surgem como dois tipos de inovações sustentáveis. Foi proposta neste trabalho a instalação da cobertura verde em um edifício, onde sua irrigação será realizada através de um sistema de reúso de água cinza, originadas dos lavatórios e tanque de lavar roupa.

MATERIAIS E MÉTODOS

O parâmetro estimado para a rega do jardim da cobertura verde da edificação em estudo adotado foi proposto por Tomaz (2003 apud VIEIRA; MENDONÇA, 2011), correspondendo a 2 L/dia/m².

A finalidade de reuso da água nesse sistema é para a produção de hortaliças, frutas e plantas medicinais, plantadas na cobertura do prédio, proporcionando maior exigência no tratamento em comparação à finalidade do sistema do escolhido no trabalho. Assim, a área do jardim a ser irrigada foi obtida a partir das plantas baixas fornecidas pelo responsável pela administração do prédio. Para o cálculo do volume de água necessário adotou-se a rega em três dias por semana, realizada nos dias segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira, devido aos dias de funcionamento do prédio.

Kammers e Ghisi (2005) estudaram a distribuição da demanda de água em edifícios públicos, localizados em cidades litorâneas. Em função deste estudo, extraiu-se os parâmetros de demanda de água para aplicação no atual trabalho. Desta forma, os usos finais de água para vaso sanitário correspondeu a 55,8%, mictório 14,3%, torneira de banheiro 18,3% e outros 11,6 %. Assim, como na presente pesquisa adotou-se o lavatório para percentagem de uso final de 18,3%.

A contribuição diária de esgoto (C) adotada para edifício público baseou-se na norma NBR 7229 (ABNT, 1993), que estabelece 50 litros por pessoa.

Estimou-se a população do edifício em funcionamento em 65 pessoas e os dias de contribuição para o sistema de reuso em dias de funcionamento do prédio como sendo 20 dias por mês.

Com relação ao sistema de reuso de água cinza, o mesmo ficou definido como reuso direto planejado não potável de água. Foi observada a coleta dos efluentes dos lavatórios nos oito banheiros da edificação, realizando o tratamento, o armazenamento e a distribuição do esgoto tratado para a rega do jardim da cobertura verde a ser instalada. A coleta de água cinza fundamentou-se no método utilizado para o sistema de coleta na contagem das Unidades Hunter de Contribuição (UHC). Para iniciar, foram definidos todos os pontos de coleta de água cinza. Com o auxílio da NBR 8160 (ABNT, 1999), foi determinado o número de UHC de cada aparelho, obtendo assim o diâmetro nominal dos seus respectivos ramais de descarga. Com as contribuições dos aparelhos sanitários definidas, pode-se dimensionar as caixas sifonadas dos banheiros e os ramais de esgoto que saem das mesmas. Em relação ao reservatório de água tratada, multiplicou-se o parâmetro do consumo de rega, pela área de jardim e pela quantidade de dias de rega no mês, obtendo o volume de consumo mensal da rega na cobertura na quantidade de 10560 litros, acrescido 10% para possíveis mudanças climáticas. Este valor possibilitou encontrar o volume diário de consumo, que quando dividido pela quantidade de regas durante o mês resultou em 12 dias. Em seguida, encontrou-se um volume de 880 litros ou 0,88 metros cúbicos diários. O cálculo do reservatório foi dimensionado para dois dias de detenção já que a rega será realizada em

dias alternados durante a semana. Sabendo que sua vazão estimada de consumo é de 0,88 m³/dia, tem-se o volume útil necessário do reservatório que é de 1,76 m³ ou 1760 litros. Foi adotada a distância de 30 cm da altura da válvula de pé de crivo ao fundo do reservatório, conforme solicitado pela norma NBR 5626 (ABNT, 1993). Também em função desta norma, realizou-se o projeto de distribuição da água cinza tratada. Para o dimensionamento do conjunto elevatório, seguiu-se as recomendações da NBR 12214 (ABNT, 1992).

O sistema de irrigação proposto foi montado com mangueira de gotejamento, a cada 30 cm. A vazão por fileira foi de aproximadamente 1,5 L/hora de água, com pressão de trabalho é igual a 8 mca, o diâmetro da mangueira é de 1/2 polegadas ou 12,7 milímetros, com durabilidade e resistência a exposição ao sol de 5 anos.

O tratamento das águas cinza proposto foi por meio de filtração, utilizando os mecanismos de impedimento físico e biológico dos resíduos presentes na água cinza, sendo a matéria orgânica biodegradada por uma população de microrganismos e por minhocas (*Eisenia foetida*) (SANTIAGO *et al.*, 2012).

RESULTADOS

Avaliação do Reuso na Edificação

Para avaliar o sistema de reuso da água cinza na edificação, foram comparadas as estimativas de oferta e demanda para o fim especificado.

Com a área de 400 m² de jardim, considerando rega 3 vezes por semana, o que corresponde a 12 dias ao mês, e consumo diário do jardim, por metro quadrado correspondendo a 2L, teve-se o consumo mensal de 9600 L. Foi acrescido também 10% do consumo mensal para suprir variação de mudanças climáticas locais e possíveis perdas no sistema.

A estimativa da oferta mensal de água cinza disponível no edifício, considerando 50 L/pessoa para 65 pessoas, durante 20 dias mensais, resultou em uma oferta mensal de 11895L. Foi verificado então que a oferta mensal de água cinza produzida pelos lavatórios do edifício atende ao consumo mensal da rega do jardim da cobertura.

A edificação estudada possui características arquitetônicas favoráveis à implantação do reuso, sua simetria e alinhamento dos ambientes provenientes da oferta de água cinza e sua proximidade com o reservatório propiciaram essa proposta para o projeto.

Projeto do sistema de coleta da água cinza

O projeto do sistema de coleta da águas cinza seguiu as recomendações contidas da NBR 8160 (ABNT, 1999). O ramal do lavatório, que corresponde a 1 UHC, foi dimensionado com diâmetro nominal de 40 mm, da mesma forma que o tanque de lavar roupa, com mudança apenas do número de contribuição, que correspondeu a 3 UHC. Em função destas contribuições, o diâmetro de saída dos banheiros foi de 50 mm e para caixa sifonada o diâmetro nominal foi de 100 mm com declividade de 2%. Todos os tubos de queda foram dimensionados para 50 mm, conforme NBR 8160 (ABNT, 1999). A mudança de direção desses tubos de queda ao alcançar o solo (térreo) ocorreu por meio de curvas longas de 90° para diminuir a sobrepressão e dificultar a formação de espumas, de acordo com a NBR 8160 (ABNT, 1999).

Devido à simetria dos ambientes, os tubos de queda foram alimentados pelas mesmas contribuições dos ramais de esgoto do pavimento térreo, possibilitando a ligação simplificada entre eles. Essa ligação pode ser feita por meio de uma junção a 45° de mesmo diâmetro, 50 mm.

Após a junção dos tubos de queda com os ramais de esgoto do térreo, o efluente segue horizontalmente para as caixas de inspeção localizadas na parte exterior ao prédio. Essas caixas são interligadas por coletores que, devido à recomendação da norma, tiveram diâmetros mínimos de 100 mm, conforme NBR 8160 (ABNT, 1999).

As tubulações de ventilação foram todas dimensionadas para o diâmetro nominal de 40 mm, já que nenhum dos casos ultrapassou 12 UHC. Utilizou-se na conexão do tubo de ventilação com os ramais de esgoto um tê e uma redução de 50 mm para 40 mm.

As caixas de inspeção foram dimensionadas na forma de um quadro e com seção mínima exigida pela norma. Sendo todas as caixas com dimensões em centímetros de 60 x 60 x variável (cm), e sua altura variável de acordo com a profundidade do coletor à montante e para garantir a saída do efluente no coletor à jusante.

Projeto do Sistema de Distribuição da Água Cinza Tratada

Para um volume útil do reservatório de 1,76 m³ ou 1760 litros, foi dimensionado um reservatório cilíndrico com dimensões de 2,0 metros de diâmetro e 1,0 metros de altura com capacidade de 3,1 m³ ou 3100 litros. Porém, seu volume útil, descontando os 30 cm da distância da válvula pé de crivo ao fundo e mais 10 cm do desconto da válvula pé de crivo, é 1,885 m³ ou 1885 litros.

Foi previsto para o reservatório um extravasor, levando o excesso de água cinza para a rede coletora. O reservatório fica no nível abaixo da saída da água tratada.

Com relação ao conjunto elevatório, para a vazão de recalque de 0,000367 m³/s e diâmetro comercial de 20 mm e velocidade de 1,17 m/s, obteve-se tempo para rega de 0,67 horas ou 40 minutos. Com relação à tubulação de sucção, como o diâmetro desta tubulação corresponde ao diâmetro comercial superior ao do recalque, foi considerado de 25 mm, para velocidade de 0,75 m/s.

A altura estática de sucção foi de 1,60 m e a do recalque de 7,39 m, o que correspondeu a uma altura geométrica de 8,99 m. Para a altura na sucção, considerou-se a altura do eixo da bomba até 10 cm acima da válvula pé de crivo, descontando os 30 cm da válvula ao fundo do reservatório. A perda de carga unitária obtida foi de $J_s = 0,0345$ m/m e $J_r = 0,0994$ m/m. Com base na perda de carga nas conexões, que contemplou tês, joelhos de 90°, junções, curvas de 90°, válvulas de retenção, registros gaveta, união e válvulas de pé de crivo, totalizou o comprimento equivalente de recalque e sucção em 12,7 m e 16,6 m, respectivamente, e o comprimento real de recalque e sucção foi de 23,423 m e 5,15 m, respectivamente, gerando assim a altura manométrica de 11,88 m.c.a.

Para o sistema de irrigação da cobertura verde, foi calculado o comprimento necessário de mangueira para atender ao jardim. Essa mangueira deve ser esticada no comprimento e espaçada a cada metro na largura do jardim, totalizando 260 metros. Sendo o espaçamento entre as válvulas de 30 cm, totalizou-se aproximadamente 867 válvulas. Com vazão liberada pela válvula de 1,5 L/hora, verificou-se que a vazão total liberada pela mangueira em uma hora é de 1300 litros. Porém, a grama necessita apenas de 880 litros por dia de rega, proporcionando um tempo de irrigação de aproximadamente 0,67 horas ou 40 minutos.

Projeto do Sistema de Tratamento da Água Cinza

Segundo Santiago *et al.* (2012), o dimensionamento do filtro foi feito para o tratamento de até 400 litros diários de água cinza, possuindo dimensões de 1,50 m de diâmetro e 1,0 m de profundidade. Porém, o edifício em estudo possui uma carga de aproximadamente 550 litros diários, necessitando de um redimensionamento.

Então, o filtro foi dimensionado com dimensões de 2,0 m de diâmetro e 1,0 m de profundidade para assim aumentar a área superficial dos húmus das minhocas e suprir esse acréscimo de carga. O deslocamento do fluxo no filtro foi realizado por fluxo descendente, composto por duas camadas de material orgânico (húmus e serragem de madeira) e duas camadas de material inorgânico (cascalho e seixo rolado), distribuídas em sua profundidade. Ainda, de acordo com Santiago *et al.* (2012), é necessário realizar a troca das rasps de madeira a cada doze meses e os húmus de minhoca a cada seis meses para o funcionamento adequado do sistema. Há a necessidade de cobrir o filtro para evitar a incidência direta de sol e água da chuva.

Custos relacionados ao projeto

Com base na avaliação dos custos do projeto, obteve-se que os custos com tubulações para os projetos predial de esgotamento e o hidráulico (R\$ 606,68) e o custo das conexões (R\$ 707,33). Para o conjunto elevatório, foram previstas duas bombas (sendo uma para a reserva), sendo o custo individual de R\$ 377,30 e custo de

instalação de R\$ 1704,68. Como foi prevista a implantação de abrigo para o conjunto moto bomba, incluindo abrigo em alvenaria (1,20 x 1,0 m), chapisco, reboco, esquadria de ferro e cobertura com telha calha, obteve-se o custo de R\$ 1028,13, o que totalizou R\$ 3575,10. Estes custos foram levantados no mês de outubro de 2014.

O custo referente ao tratamento e à reserva totalizou R\$ 2068,79, que englobou as camadas do filtro, húmus de minhoca, telhas e manilhas para o filtro.

A cobertura verde foi orçada em R\$70,00 por m² aplicado. Esse preço foi estimado, considerando a parte de impermeabilização já aplicada. Com área total de aplicação de 400 m² de jardim, o preço total para a instalação será de R\$28000,00.

O custo com a irrigação foi calculado para a compra de 300 metros de mangueira, o que abrangeu o custo de R\$105,00 de mangueira mais R\$30,50 de frete, totalizando R\$135,50.

Para a Manutenção, propôs-se aparador de grama no valor de R\$125,91 mais frete de R\$32,74, totalizando um custo de aquisição de R\$163,71.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

O reuso de água é o aproveitamento de águas previamente utilizadas em alguma atividade humana. Devido a uma das maiores crises hídricas da história do país e ao cenário deficitário de abastecimento de água, este tema tornou-se um dos mais discutidos na atualidade. Além disso, há a questão do aquecimento global que também é um fenômeno evidenciado na atualidade, sendo a cobertura verde uma nova tendência que minimiza esse impacto. Esta é uma técnica usada cujo objetivo principal é o plantio de árvores e plantas nas coberturas de residências e edifícios.

Foi avaliada neste estudo, em um edifício público com foco no aspecto tecnológico, a instalação da cobertura verde com sua manutenção de irrigação realizada através de um sistema de reuso de águas cinza. Alguns parâmetros como oferta de água cinza e demanda de consumo para manutenção do sistema foram utilizados, sendo verificado que a oferta mensal de água cinza produzida pelos lavatórios do edifício atende ao consumo mensal da rega do jardim da cobertura.

Para a instalação do sistema, foram elaborados projetos de coleta da água cinza e distribuição da água tratada. Os projetos de coleta e distribuição do sistema foram elaborados segundo recomendações das respectivas normas, tornando-se simples sua elaboração devido à simetria e locação dos pontos de coleta no edifício estudado. A disponibilidade de área foi benéfica, pois possibilitou a instalação do filtro e reservatório em pontos estratégicos, e assim também facilitou a elaboração dos projetos.

Com base na avaliação dos custos do projeto, obteve-se que os custos com tubulações para os projetos predial de esgotamento e o hidráulico foi orçado em R\$ 606,68 e o custo das conexões em R\$ 707,33. Para o conjunto elevatório, foram previstas duas bombas, a um custo de R\$ 2081,98. Como foi prevista implantação de abrigo para o conjunto moto bomba, seu custo foi de R\$ 3575,10.

A cobertura verde foi orçada em R\$70,00 por m² aplicado. Esse preço foi estimado, considerando a parte de impermeabilização já aplicada. Com área total de aplicação de 400 m² de jardim, o preço total para a instalação será de R\$ 28000,00. O custo com a irrigação foi calculado em R\$135,50.

Para a Manutenção, propôs-se aparador de grama no valor de R\$ 125,91 mais frete de R\$32,74, totalizando um custo de aquisição de R\$163,71. O complemento de custo foi voltado ao mobiliário para a área de lazer associada à cobertura verde.

Com a elaboração dos projetos, foram levantados os custos totais de R\$47605,36 e os custos evitados de R\$3298,20 mensais da implantação do sistema (economia de energia). Para avaliar o custo benefício foi

proposto o cálculo por *Payback* simples, sendo verificado que serão necessários de 15 meses para que o investimento tenha retorno. Esse cálculo foi realizado apenas para uma simples análise, pois o mesmo não considera a atualização dos valores para o tempo presente. Foram expostos também os principais benefícios com a implantação do sistema, como exemplo da economia de energia, do ganho de uma área de lazer no edifício e da contribuição ao meio ambiente.

O trabalho possibilitou analisar que as novas tecnologias precisam ser divulgadas para a melhor compreensão dos benefícios das mesmas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. Associação brasileira de normas técnicas. NBR 12214: Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público, Rio de Janeiro, 1992.
2. ABNT. Associação brasileira de normas técnicas. NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos, Rio de Janeiro, 1993.
3. ABNT. Associação brasileira de normas técnicas. NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução, Rio de Janeiro, 1999.
4. KAMMERS, P. C.; GHISI, E. Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, sc. Ambiente Construído, v. 6, n. 1, p. 75-90, jan./mar. 2006.
5. SANTIAGO, F. dos S. et al. Bioágua familiar: Reúso de água cinza para produção de alimentos no semiárido. Projeto Dom Helder Camera, 2012.
6. TOMAZ, P. Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução. [S.l.]: Navegar Editora, 2003.
7. VIEIRA, A. de M.; MENDONÇA, L. C. Aproveitamento da Água da chuva, estudo de caso no município de Aracaju-se. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2011.