

# IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE REÚSO DE ÁGUAS CINZAS EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS MULTIPAVIMENTOS

MARANGONI, Gustavo S. (1); BARRETO, Douglas (2)

(1) Mestrado em Habitação, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, gustavo\_marangoni2@yahoo.com.br; (2) Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Civil da UFSCar, Universidade Federal de São Carlos, dbarreto@ufscar.br

**Resumo:** A adoção de medidas de conservação de água em meio urbano se apresenta como uma prática fundamental para garantir o desenvolvimento sustentável da sociedade. Dentre as diversas medidas de conservação, a implantação de sistemas de reúso de águas cinzas em edifícios residenciais, para usos não potáveis, é uma prática particularmente interessante por se utilizar de tecnologia já aplicada no tratamento de esgoto convencional, reconhecidamente eficiente. Todavia para que a implantação aconteça de maneira harmônica é necessário um estudo detalhado sobre a interface dos sistemas de tratamento frente aos sistemas prediais, além de uma interação eficiente com a arquitetura e a estrutura do edifício, garantindo condições de implantação, operação e manutenção dos sistemas de reúso. Esse artigo apresenta características de aplicação de sistemas de reúso de águas cinzas em edifícios residenciais, assim como alguns dos principais aspectos envolvidos entre a concepção do edifício e os sistemas de reúso. São colocadas diretrizes visando orientar a etapa de planejamento e projeto. A análise e compatibilização multidisciplinar de projetos concebidos a três empreendimentos de uma construtora permitiu sintetizar uma lista de recomendações a serem observadas na fase de projeto, de forma a garantir condições adequadas para a implantação, operação e manutenção de sistemas de reúso. Essa lista de recomendações também poderá ser utilizada por empresas construtoras, com o objetivo de auxiliar na avaliação e recebimento de projetos em empreendimentos onde se pretenda implantar sistemas de reúso de águas cinzas para aplicação não potável.

**Palavras-chave:** Águas cinzas, reúso, inter-relações, sistemas prediais.

**Área do Conhecimento:** Engenharia Civil – Instalações Prediais

## 1 INTRODUÇÃO

A escassez de água potável vivenciada nos últimos anos no Estado de São Paulo acarretou uma mudança de hábitos e conceitos por parte da sociedade, podendo-se destacar dentre esses conceitos a necessidade de preservação desse recurso finito, assim como o reúso de água nas atividades cotidianas. Em média, 40% da água gasta em residências é utilizada em usos não potáveis, como descarga nas bacias sanitárias, lavagem de pisos, irrigação de jardins, entre outros (GONÇALVES, 2006). Analogamente, o emprego de água de reúso para tais aplicações contribui com a preservação de água potável onde sua qualidade é imprescindível. Além do mais, essa pode ser uma prática louvável do ponto de vista ambiental, pois além de contribuir na redução da captação, reduz também o lançamento de efluentes nas redes de esgoto (RAPOPORT, 2004).

As águas oriundas de uso doméstico, geradas pela utilização de chuveiros, lavatórios, máquinas de lavar roupas e tanque são denominadas águas cinzas. Em função da presença de óleos e gorduras alguns autores não consideram como água cinza o efluente oriundo da pia de cozinha, enquadrando esse efluente na categoria das águas negras (GONÇALVES, 2006). No caso de edificações residenciais, o reúso de águas cinzas é o mais recomendável, uma vez que essas águas possuem qualidade superior aos esgotos comuns. A água cinza é bastante eficiente na prática do reúso por apresentar alto volume disponível, baixa concentração de nutrientes e matéria orgânica de fácil degradação (COHIM e KIPERSTOK, 2007, apud SILVA, 2013).

O reúso planejado de águas cinzas leva em consideração a necessidade de tratamento do efluente bruto, cujas características físicas, químicas e biológicas finais precisam estar adequadas ao uso ao qual essa água tratada será proposta (MONTEIRO, 2009). Baseando-se nesse conceito, as Estações de Tratamento de Águas Cinzas (ETAC's) são unidades implantadas nos próprios edifícios, com o objetivo de devolver ao usuário um efluente adequado ao uso não potável interno, livre de odores, riscos à saúde e esteticamente agradável.

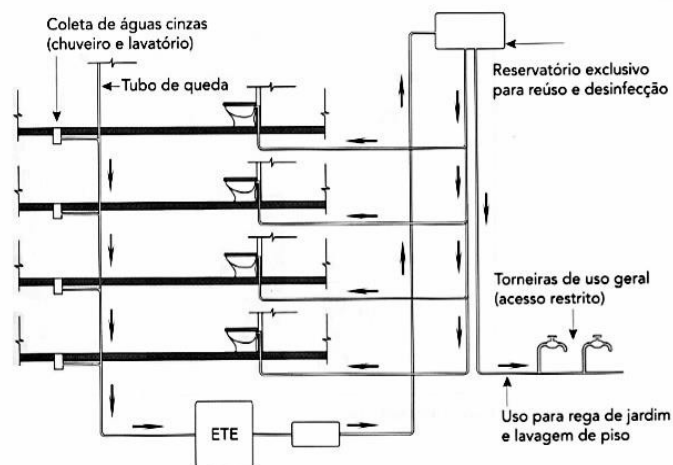
Países como Alemanha, Austrália, Japão e Estados Unidos possuem normas internas para reutilização de águas cinzas em uso não potável. Em relação ao Brasil, até o momento não se encontram normas técnicas nacionais direcionadas ao projeto de ETAC's, embora a literatura técnica estabeleça padrões de aceitação para água de reúso em aplicação não potável. A parte 1 da NBR 15575/13 cita que “as águas servidas provenientes dos sistemas hidrossanitários devem ser encaminhadas às redes públicas de coleta”, mas a mesma norma recomenda que se privilegie a adoção de soluções que minimizem o consumo de água e possibilitem seu reúso, refletindo tendências de aplicação de sistemas de reúso nos projetos de instalações atuais.

Diante disso, esse artigo tem o papel de apresentar diretrizes para a implantação de sistemas de reúso de águas cinzas em edifícios residenciais, sua interface com os sistemas prediais e com o edifício como um todo, de forma a garantir condições adequadas para a instalação, operação e manutenção de tais sistemas.

## 2 ÁGUAS CINZAS: APLICAÇÃO

As águas cinzas são recolhidas separadamente do esgoto e levadas para estações internas de tratamento, onde através de filtros, processos biológicos e desinfecção a qualidade da água é modificada a padrões aceitáveis para utilização não potável. A água, então tratada, é distribuída por redes independentes até pontos de utilização como descarga sanitária, torneiras para lavagem de pisos e irrigação de jardins, entre outros. Assim, o sistema exige dupla tubulação tanto para a coleta de águas cinzas quanto para a posterior distribuição de água de reúso. A Figura 1 ilustra um sistema convencional de reúso de águas cinzas.

Figura 1 – Esquema de um sistema de reúso de águas cinzas



Fonte: Carvalho Júnior, 2016

## 3 MÉTODO

Foi realizada uma análise sobre projetos concebidos a três empreendimentos distintos de uma construtora atuante na cidade de São Paulo. A análise foi concebida em caráter interdisciplinar, buscando-se identificar ainda na etapa de projeto um conjunto de restrições e oportunidades de melhoria. A análise foi conduzida sob a seguinte ótica:

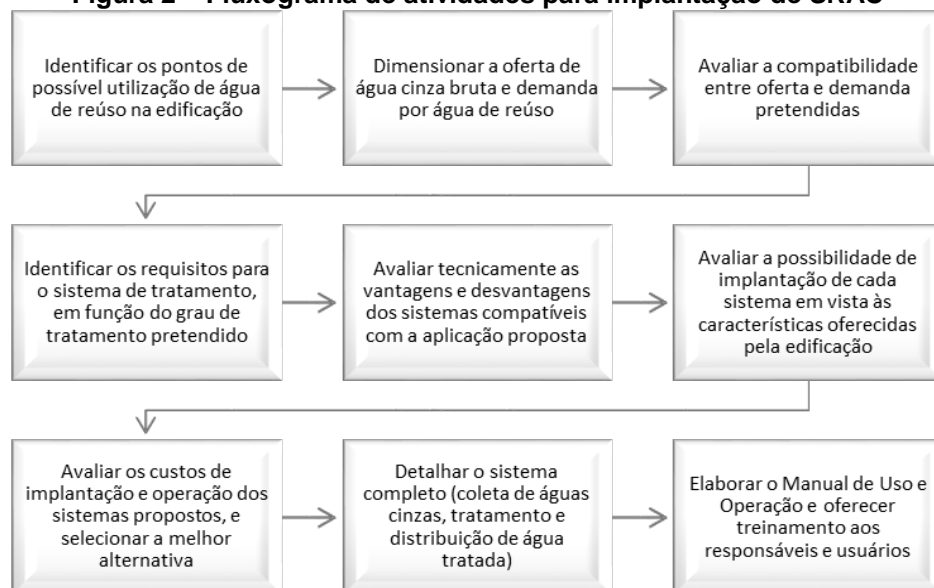
- Caracterização de sistemas tecnicamente viáveis para tratamento, distribuição e reúso de águas cinzas em edifícios residenciais multipavimentos;
- Identificação dos conceitos para projeto dos sistemas prediais segundo a normativa vigente, correlacionando o estado da arte ao reúso de águas cinzas;
- Avaliação das modificações necessárias no projeto arquitetônico e estrutural para a implantação de sistemas de reúso em edifícios;
- Identificação de restrições e oportunidades de melhoria a serem considerados na implantação de sistemas de reúso;

- Elaboração de uma lista de recomendações, a ser utilizada para avaliação e aceitação de projetos de sistemas de reúso, baseado em aspectos de implantação, operação e manutenção desse tipo de sistema.

#### 4 IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE REÚSO DE ÁGUAS CINZAS EM EDIFÍCIOS

A implantação de sistemas de reúso abrange uma gama de variáveis, que precisam ser bem compreendidas ainda na etapa de planejamento. Apesar de se observar grande ênfase na importância da relação custo x benefício de sistemas de reúso, é preciso realizar ainda com maior profundidade um estudo sob o ponto de vista técnico, garantindo que os requisitos sanitários, assim como requisitos voltados a implantação e operação dos sistemas sejam atendidos. Partindo desse princípio, é preciso criar condições para que os sistemas de reúso escolhidos sejam os mais assertivos possíveis, e que possam se interligar aos diversos sistemas da edificação de maneira eficiente. Deve-se observar inicialmente quais os possíveis benefícios, limitações, vantagens e desvantagens que cada sistema em potencial pode oferecer. Para facilitar a compreensão do cenário, propõe-se a utilização do fluxograma apresentado na Figura 2.

**Figura 2 – Fluxograma de atividades para implantação de SRAC**



Fonte: Elaborado pelo autor

#### 5 CONDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA A IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE REÚSO

A seguir serão abordados os principais tópicos relacionados às condições que o edifício deve oferecer para implantação de sistemas de reúso, com enfoque a área de instalação da ETAC, condições para manutenção, disponibilização de espaço em shafts e as relações com os sistemas prediais. Logo, serão observadas condições voltadas ao espaço, a arquitetura e a estrutura do edifício que deverão ser consideradas ainda na fase de projeto.

##### 5.1 Disponibilização do espaço físico

A escolha do local para instalação da ETAC em um edifício deve considerar condições de operação e manutenção do sistema. Deve ser levado em consideração o seguinte cenário:

- Necessidade de monitoramento frequente do efluente na ETAC;
- Possibilidade de geração de odores na etapa biológica do tratamento;
- Geração de ruído em função do funcionamento de bombas e/ou motores;

- Entrada de água cinza bruta 24 horas/ dia, com vazão variando em função dos horários de pico;
- Geração de cargas concentradas sobre a estrutura do prédio, nos pontos de acumulação, tratamento e reservação de água.
- Em função dessas condições, recomenda-se que:
  - a área a ser disponibilizada para a instalação da ETAC esteja distante de áreas de convivência ou lazer;
  - a área destinada possua ventilação adequada, se possível em sentido cruzado, para dispersão de odores gerados no processo. Na impossibilidade de ventilação natural, sistemas de exaustão mecânica deverão ser considerados;
  - a ETAC esteja localizada nos pavimentos inferiores do edifício, garantindo a captação de água cinza bruta apenas por gravidade e pelas declividades das tubulações;
  - sejam utilizadas portas com ventilação permanente e chave, para restrição do ambiente, garantindo o acesso ao local apenas de pessoas autorizadas.

## **5.2 Criação e ampliação de shafts**

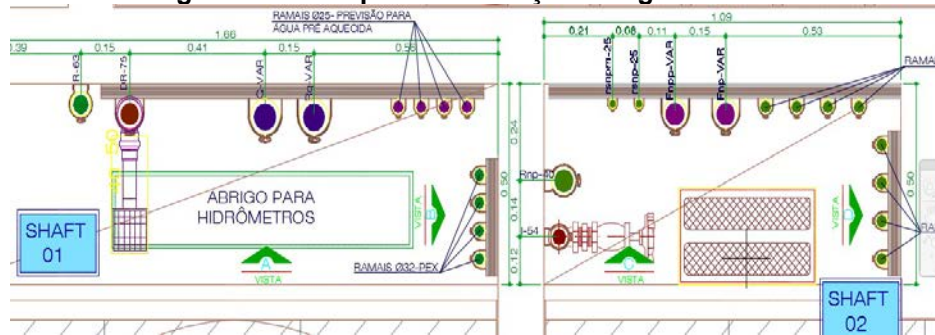
Por ser um sistema totalmente independente e isolado, a rede de coleta e distribuição de água de reúso necessita de espaço específico para sua implantação. Os shafts de coleta de águas cinzas poderão ser os mesmos utilizados para a passagem das colunas de coleta de esgoto e ventilação dos sistemas prediais de esgoto, no interior das unidades autônomas. Uma dificuldade encontrada nesse sentido deve-se a redução no tamanho dos banheiros. De acordo com Pastrello (2014), nos últimos 30 anos houve uma redução de área de 35% nesses ambientes, o que reflete na redução do espaço disponibilizado para que as instalações e conexões hidráulicas possam ser realizadas com o mínimo de conforto ao instalador. Deve-se atentar ao fato de que o espaço demandado para as tubulações do sistema de reúso nesses shafts será maior do que seria necessário em um sistema convencional, uma vez que a quantidade de tubulações é aumentada. Ao contrário do que seria ideal, as dimensões dos shafts estão vinculadas ao layout do ambiente onde se encontram, e não à quantidade de tubulações que abrigam, e geralmente são definidas pelo arquiteto e não pelo projetista de instalações hidráulicas. Nesse sentido, a interação entre ambos os projetistas é fundamental para que a implantação do sistema aconteça de forma harmônica.

### **5.2.1 Shaft central**

Para o shaft de distribuição de água de reúso, recomenda-se que seja independente do shaft de distribuição de água potável. Esse cuidado visa impedir a conexão acidental dos dois sistemas. Normalmente esses shafts não contemplam hidrômetros para medição individualizada do consumo de água de reúso, sendo os custos de operação do sistema rateados entre os condôminos por critérios definidos internamente. A supressão desses hidrômetros tem sido justificada em função da necessidade de diminuição nos custos de implantação do sistema de tratamento, porém não existe impedimento técnico para a instalação de hidrômetros, uma vez que a rede de distribuição também é pressurizada. Pode-se incorporar opcionalmente sistemas de medição remota, para que a leitura do consumo individual seja feita de forma mais rápida e eficiente.

Na Figura 3, observa-se em planta o shaft para distribuição de água fria potável à esquerda, e à direita, separado por alvenaria, o shaft para distribuição de água de reúso. Essa separação física é fundamental para garantir que não ocorra a conexão acidental do sistema de água de reúso ao sistema de água potável.

Figura 3 – Shaft para distribuição de água de reúso



Fonte: SPHE, 2016

### 5.2.2 Shaft de captação de águas cinzas

Não se dispõe de uma área absoluta necessária para shafts vinculados ao reúso de águas cinzas, uma vez que a quantidade de tubulações pode variar em função da disponibilidade e demanda. Todavia recomenda-se dimensionar os shafts do pavimento considerando a situação mais solicitada. As Figuras 4 e 5 exemplificam essa situação:

Figura 4 Lavabo com captação de águas cinzas

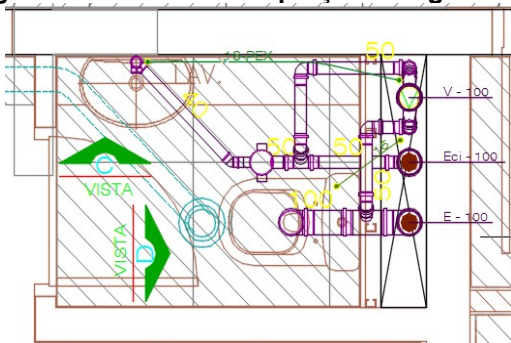
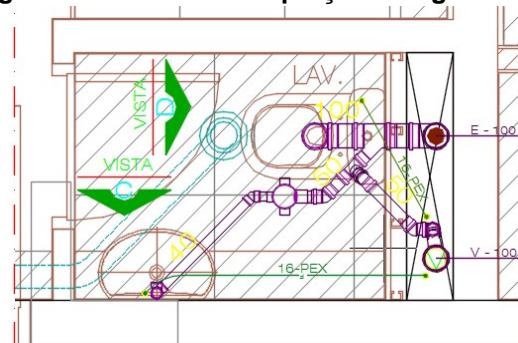


Figura 5 Lavabo sem captação de águas cinzas



Fonte: adaptado pelo autor, com dados de SPHE, 2016

Na Figura 4, observa-se um shaft com uma coluna adicional para captação de água cinza do lavatório (Esgoto cinza - Eci), assim como as conexões para a coluna de ventilação. Na Figura 5, tem-se uma situação onde não existe coleta de água cinza, e todo o esgoto é direcionado para a mesma prumada, refletindo em um número menor de tubulações e conseqüentemente resultando em maior espaço disponível. Assim, percebe-se que o shaft apresenta condições adequadas para ambas situações, favorecendo inclusive a implantação do sistema de reúso.

### 5.3 Interface com os sistemas prediais

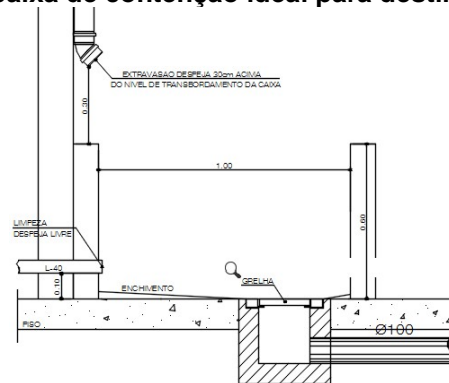
Ainda não se dispõe, até o presente momento, de uma norma técnica brasileira prescritiva para dimensionamento específico de sistemas de tratamento e reúso de águas cinzas. Todavia o projeto de instalações hidráulicas para essa aplicação tem sido norteador pelos modelos clássicos, obedecendo as recomendações das normas NBR 5626 (Instalação predial de água fria), NBR 8160 (Sistemas prediais de esgoto sanitário) e NBR 13969 (Tanques sépticos).

Dentre os aspectos analisados nos projetos de instalações hidráulicas, um de grande importância e que merece destaque trata da destinação do excedente de água cinza bruta e do encaminhamento do material sólido produzido durante as etapas de tratamento na ETAC. No caso dos sistemas de reúso, o volume excedente de água cinza bruta é descartado para a rede de esgoto. Além desse, existe a necessidade de destinação do material sólido decantado no fundo dos reservatórios, e do biofilme excedente que se desprende

nas etapas de tratamento aeróbio. Em regiões onde se dispõe de rede de coleta local, considerando o estado da arte, esse lodo residual poderá ser descartado na rede.

Assim, é necessário prever no projeto dos sistemas prediais de esgoto sanitário um ramal de esgoto para a coleta do efluente proveniente da etapa de tratamento, a ser localizado no interior do ambiente destinado à ETAC. Recomenda-se a utilização de caixas de contenção com grelha em alumínio (Figura 6), possibilitando a visualização da qualidade do efluente descartado no momento da operação da ETAC. Em função do efluente conter material sólido, recomenda-se que no dimensionamento do ramal sejam aplicados os valores de Unidades Hunter de Contribuição (UHC) para bacia sanitária, assim como os diâmetros mínimos de tubulação previstos em norma, uma vez que esse é o único aparelho sanitário tabelado que apresenta material sólido nas condições normais de uso. A inclinação deve obedecer às prescrições em norma.

**Figura 6 – Corte da caixa de contenção ideal para destinação de esgoto em ETAC**



Fonte: SPHE, 2016

## 6 RECOMENDAÇÕES PARA A IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE REÚSO EM EDIFÍCIOS

A partir da análise dos projetos concebidos, e das ações aplicadas para sua melhoria, gerou-se uma relação de recomendações que pode ser utilizada na concepção de sistemas de reúso, cuja síntese é apresentada a seguir.

Recomendações relativas ao projeto de Arquitetura:

- Posicionar a ETAC distante de áreas de convivência e recreação;
- Garantir condições de acesso dos componentes até a entrada na ETAC;
- Prever ventilação na ETAC, podendo ser natural ou exaustão mecânica;
- Prever portas metálicas ventiladas, se possível com abertura em folha dupla (vão livre da ordem de 2,00m), ou telas metálicas removíveis no ambiente da ETAC;
- Prever acessos para remoção / substituição de componentes e reservatórios durante a operação do condomínio;
- Prever shaft central para distribuição de água de reúso, e validar as dimensões do(s) shaft(s) com o projetista de instalações hidráulicas;
- Proporcionar área suficiente nos shafts relacionados a rede de captação de águas cinzas, e validar as dimensões dos shafts com projetista de instalações hidráulicas;
- Verificar com projetista de instalações hidráulicas o(s) local (is) necessário(s) para instalação de redutora de pressão (instalação em shafts nos pavimentos ou em solos);
- Orientar no projeto a identificação dos pontos de utilização de água de reúso com placas de comunicação visual.

Recomendações relativas aos sistemas prediais:

- Dimensionar ramais de captação, tubos de queda, coletores, ramais e colunas de ventilação de águas cinzas por UHC;
- Evitar captação de águas cinzas de tanque e pia de cozinha;

- Quando se desejar a captação de água cinza da máquina de lavar roupas, verificar se o ramal de esgoto da máquina encontra-se separado do ramal de coleta do tanque;
- Para condutores de lodo e material sólido dos reservatórios da ETAC, dimensionar tubos condutores de esgoto pelos critérios de UHC usados para bacia sanitária;
- Prever caixa de contenção para a captação do efluente dos extravasores e drenos da ETAC;
- Prever sifonamento nas caixas de passagem da rede;
- Não utilizar ralo com caixa sifonada como captação em caixas de contenção, em função da presença de material sólido no sistema;
- Encaminhar a água cinza bruta coletada até a entrada da ETAC;
- Prever ralo no ambiente destinado a ETAC, para lavagem de piso;
- Dimensionar e detalhar o sistema de recalque, pressurização e distribuição de água não potável;
- Especificar bombas de recalque e pressurização, que poderão ser do mesmo tipo utilizado para recalque de água potável;
- Dimensionar e detalhar a estação redutora de pressão de água não potável. As válvulas poderão ser do mesmo tipo utilizado para água potável;
- Verificar a aplicabilidade de filtro no sistema de distribuição de água não potável, a ser instalado na saída do barrilete, para proteção da válvula redutora de pressão, minimizando manutenções;
- Detalhar o shaft central de distribuição de água não potável;
- Impedir conexão cruzada (entre a água potável e água não potável);
- Garantir a proteção contra retrossifonagem nos reservatórios e aparelhos abastecidos com água não potável;
- Garantir complementação do sistema com água potável para situações emergenciais;
- Prever infraestrutura para individualização de medição do consumo de água não potável;
- Especificar torneiras com cadeado para os pontos de utilização de água de reúso;
- Orientar no projeto (vistas e detalhamentos) as cores para pintura de tubulação nos shafts, tetos de subsolos ou outras áreas com tubulação aparente
- Disponibilizar carga elétrica para a alimentação do painel de comando da ETAC, cuja potência deverá ser dada pelo fornecedor do sistema de tratamento de águas cinzas;
- Dimensionar o circuito de alimentação do painel de comando da ETAC;
- Prever carga elétrica para alimentação de bombas e pressurizadores relacionados ao sistema de distribuição de água não potável, apresentados no projeto de instalações hidráulicas. Dimensionar circuitos relacionados.
- Detalhar no painel de comando os componentes relacionados a ativação e desativação de bombas e pressurizadores.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A implantação de sistemas de reúso de águas cinzas em edificações residenciais já é uma realidade no mundo, e gradativamente alcança espaço também no Brasil. A vigoração de leis que amparam o reúso de água nos grandes centros urbanos, como no caso do município de São Paulo, pode ser vista como um passo importante do poder público no intuito de incentivar essa prática.

A escolha pela captação de águas cinzas é particularmente interessante por apresentar disponibilidade constante ao longo do ano, ao contrário do que acontece em sistemas que se utilizam de águas pluviais. Porém, apesar das águas cinzas apresentarem carga orgânica inferior ao esgoto convencional, seu uso deve ser criteriosamente planejado para que a saúde dos usuários não seja exposta a riscos. Assim, é obrigatório que o efluente proveniente da estação de tratamento atenda a parâmetros físicos, químicos e microbiológicos estabelecidos em norma nacional para que possa ser disponibilizado ao uso, mesmo para aplicações não potáveis.

Na fase de concepção do projeto, é fundamental garantir a adequação entre a aplicação desejada, refletindo no nível de tratamento necessário, e os custos de implantação e operação dos sistemas, afim de que a implantação dos sistemas de reúso possa ser de fato viabilizada. Embora não exista até o presente momento uma norma técnica nacional que oriente a composição e etapas básicas na estação de tratamento para essa

aplicação, algumas considerações são fundamentais como a presença de etapa biológica de tratamento para conversão da matéria orgânica, de forma especial a etapa aeróbia para remoção de turbidez, a possibilidade de recirculação de lodo e ampliação dos sistemas como um recurso para ajustes na fase de operação, a análise de aplicabilidade de sistemas de tratamento avançado (como membranas filtrantes, por exemplo) para usos mais restritivos, a presença de etapa terciária para filtração de resíduos sólidos e melhoria do aspecto estético e ainda uma etapa de desinfecção eficiente para a eliminação de agentes patógenos do efluente, sendo a cloração o método de maior aplicação no país até esse momento.

A interface entre o sistema de reúso e os diversos subsistemas que compõe o edifício deve ser considerada um ponto chave para que a implantação e operação do sistema ocorra da forma esperada. Assim é fundamental uma interação eficiente com os projetos dos sistemas prediais, arquitetura e estrutura do edifício, para que estejam compatíveis e para que também esses projetos correlatos sejam otimizados em função das necessidades do sistema de reúso, considerando as etapas de coleta, transporte, tratamento, reservação e distribuição da água de reúso.

Dentre as modificações necessárias nos projetos, sem dúvida o de instalações hidráulicas é o que sofre maior impacto, uma vez que precisa prever ramais e colunas adicionais para captação de águas cinzas, subcoletores para transporte, além do dimensionamento de um sistema de distribuição de água não potável completamente independente e livre de conexão cruzada, provido de bombas de recalque, redutoras de pressão e/ou pressurizadores quando necessário. Na mesma intensidade, é fundamental que o projeto de arquitetura considere as necessidades de disponibilidade de área nos shafts de coleta, shafts centrais para a distribuição de água, espaços destinados a implantação das estações de tratamento, reservatórios de água tratada e barrilete para a instalação de bombas e pressurizadores onde necessário.

Por fim, é importante considerar a necessidade de conscientização e treinamento dos usuários de água de reúso em aplicações não potáveis. O manual de uso e operação deve conter todas as informações necessárias à operação do sistema, os cuidados durante a utilização da água e também as limitações de uso em função do grau de tratamento, visando sempre a preservação da saúde do usuário final.

## **8 REFERÊNCIAS**

CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura. 10. ed. São Paulo: Blucher, 2016. 373 p.

GONÇALVES, Ricardo Franci (Coordenador). Uso Racional da Água em Edificações. Vitória: Abes, 2006. 352 p. (Projeto PROSAB).

MONTEIRO, Rodrigo Cesar de Moraes. Viabilidade técnica do emprego de sistemas tipo "wetlands" para tratamento de água cinza visando o reúso não potável. 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de mestrado em Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

PASTRELLO, Tatiane de Lima. Banheiros de apartamento: proposta de projetos das instalações prediais de esgoto. 2014. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2014

RAPOPORT, Beatriz. Águas cinzas: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reúso domiciliar e condominial. 2004. 71 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências e Tecnologia, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2004.

SILVA, Léa Marina. Estudo da demanda de água não potável e desenvolvimento de um sistema de reúso de água cinza para habitações de interesse social. 2013. 170 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saneamento Ambiental, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.

SPHE ENGENHARIA DE INSTALAÇÕES. Instalações Hidráulicas, projeto Place Madalena. São Paulo: SPHE, 2016. 21 f.