

Proposta de dimensionamento de reservatório de águas cinzas e pluviais para uma residência unifamiliar em Teófilo Otoni/MG

Sizing proposal for gray and rainwater reservoir for a single-family residence by Teófilo Otoni/MG

João Victor Ferreira de Farias, Graduando em Engenharia Civil, UFVJM
joaovictor_126@hotmail.com

Iara Ferreira de Rezende Costa, Mestre em Engenharia Civil, UFVJM
iara.ferreira@ufvjm.edu.br

Alcino de Oliveira Costa Neto, Mestre em Engenharia Civil, UFVJM
alcino.neto@ufvjm.edu.br

Resumo

A água é um recurso fundamental para desenvolvimento de uma sociedade, e o Brasil apesar de ser um dos países com maior abundância de água doce no mundo, a distribuição desse recurso é desigual provocando impactos socioeconômicos. O gerenciamento dos recursos hídricos é de suma importância para que se mantenha a qualidade de vida dos brasileiros. Diante deste cenário, o presente trabalho apresenta uma proposta de projeto para os reservatórios de reaproveitamento de águas cinzas e pluviais para uma residência unifamiliar no município de Teófilo Otoni. As estratégias foram elaboradas baseando em aspectos normativos, bem como às características pluviométricas e de consumo de água local. Com os resultados apresentados, percebe-se que o sistema atua de forma eficaz reduzindo o consumo de água tratada proveniente da concessionária de água/esgoto e promovendo a educação ambiental.

Palavras-chave: Reaproveitamento; Águas pluviais; Águas cinzas; Teófilo Otoni

Abstract

Water is a fundamental resource for the development of a society, and Brazil, despite being one of the countries with the greatest abundance of fresh water in the world, the distribution of this resource is uneven, causing socioeconomic impacts. The management of water resources is of paramount importance for maintaining the quality of life of Brazilians. Given this scenario, the present work presents a project proposal for the gray and rainwater reuse reservoirs for a single family residence in the municipality of Teófilo Otoni. The strategies were developed based on normative aspects, as well as the rainfall characteristics and local water consumption. With the results presented, it is clear that the system works effectively by reducing the consumption of treated water from the water / sewage concessionaire and promoting environmental education.

Keywords: Reuse; Rainwater; Gray waters; Teófilo Otoni

1. Introdução

O desenvolvimento do ser humano sempre esteve atrelado à presença de recursos hídricos em abundância, como foi observado por Bruni (1993). O homem sempre buscou locais com a presença de água para habitar, civilizações se desenvolveram as margens de corpos hídricos, fazendo o uso dos mesmos para a sua sobrevivência, desenvolvimento das suas atividades, como o plantio e a pesca, e também para o descarte de todo tipo de dejetos.

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 2015), o Brasil pode ser classificado como um país privilegiado quando o assunto é a disponibilidade hídrica, visto que o mesmo possui aproximadamente 12% de todo o recurso do planeta. No entanto, pode se observar uma distribuição desigual dos recursos hídricos no país em relação à população.

Dados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2020) 80% da água está concentrada na região norte do Brasil que conta por sua vez com apenas 5% de toda população. Em detrimento, nas regiões mais próximas do Oceano Atlântico, com 45% da população do país, possui meramente 3% da disponibilidade de água doce do território nacional.

No Brasil, de acordo com a ANA (2018), a maior parte da água utilizada é destinada a irrigação, seguido da dessedentação de animais, indústria, abastecimento urbano, abastecimento rural, mineração e termelétricas. Para Veról, Garrido e Miguéis (2019), o alto crescimento populacional aliado ao desenvolvimento das nações e a crescente poluição dos mananciais, em decorrência do lançamento de águas residuárias, resultam num significativo aumento pela demanda do recurso hídrico. Face a isso, a falta da água há algum tempo vem sendo assunto de vários debates nas mais diferentes esferas e a preocupação com o fim deste recurso se torna cada vez maior. Diversas são as maneiras pelas quais tal problema pode ser solucionado ou amenizado, e dentre essas se destaca o método do reúso de águas servidas (conhecida também como águas cinzas) e o reaproveitamento das águas pluviais.

Estes métodos reduzem o volume final a ser lançado na rede coletora, diminuindo dessa forma as vazões encaminhadas para o tratamento e o auxílio do controle do escoamento superficial, além de promoverem a conservação da água.

Contudo, o presente estudo objetiva a elaboração de um projeto de reservatórios pertencentes aos sistemas de reaproveitamento de águas cinzas e coleta de águas pluviais para uma residência unifamiliar no município de Teófilo Otoni/MG, visando melhorar a gestão de recursos hídricos e conseqüentemente a qualidade de vida dos usuários da localidade em questão.

2. Revisão bibliográfica

2.1 Coleta de águas pluviais

Apesar de retomar com toda força nos últimos anos o reúso da água não é algo tão recente. Segundo observado por Cunha (2011), desde a Grécia Antiga já se tinham relatos da disposição e reaproveitamento de efluentes pluviais como forma de irrigação na agricultura.

No Brasil a legislação que diz respeito ao reaproveitamento de águas pluviais é a NBR 15527 - Aproveitamento de Água da Chuva de Coberturas para Fins não Potáveis, que tem sua versão mais recente no ano de 2019. Em seu item 4.1.7 é apresentada as destinações para as águas pluviais coletadas, sendo que entre elas é possível citar a irrigação para fins

paisagísticos e as descargas de bacias sanitárias e mictórios, independente do sistema de acionamento.

Em locais com escassez de abastecimento de água, em áreas com a precipitação elevada, ou em lugares com um alto custo de extração de água subterrânea, torna-se atrativo o aproveitamento de águas pluviais. Além de apresentar as seguintes vantagens na sua utilização em áreas urbanas, como a redução do consumo de água potável e um beneficiamento na distribuição do volume de água de chuva no sistema de drenagem urbana.

Outro ponto importante a ser citado é que a legislação prevê que exista um sistema de pré-tratamento para essa água da chuva antes do seu armazenamento, e o reservatório deve ser dimensionado com base na área de captação, regime pluviométrico e demanda não potável a ser atendida.

2.2 Reaproveitamento de águas cinzas

Água cinza é o termo utilizado para águas residuais provenientes de lavatórios, chuveiros, máquinas de lavar roupas e louças, pias de cozinha e tanques. No entanto, como cita Carvalho (2014), não se tem um consenso internacional acerca desse conceito, e a reutilização dessas águas para uso não potável é possível desde que atenda se requisitos mínimos de qualidade e respeitando a destinação previstos em normas.

Diferentemente das águas pluviais no Brasil, ainda não há uma legislação nacional específica para reaproveitamento de águas cinzas, contudo alguns parâmetros de tratamento e destinação de águas podem ser observados em normas para tratamento de água.

O aproveitamento desse tipo de água reduz o volume final a ser lançado na rede coletora, diminuindo dessa forma as vazões encaminhadas para o tratamento e as pressões de poluição no ambiente.

3. Procedimentos metodológicos

3.1 Característica do local do projeto

Para edificação pertencente ao projeto foi escolhido um terreno de dimensões de 16 metros de frente e 19 metros de fundo, totalizando 304 m². O mesmo está localizado no bairro São Jacinto na zona norte do município de Teófilo Otoni, localizado no Vale do Mucuri, região nordeste do estado de Minas Gerais.

O bairro onde deverá ser alocada a residência unifamiliar é tipicamente residencial e segundo o código de obras uso e ocupação do solo do município, regulamentado na lei complementar nº 114 de 2016 o local se enquadra na ZPR1 (zona de uso predominantemente residencial 1) e deve atender aos índices dispostos na Tabela 1.

Área mínima do lote	300,0m ²
Coefficiente de aproveitamento	1,0
Taxa de ocupação máxima	70,0%
Taxa de permeabilidade mínima	30,0%
Afastamentos mínimos frontal, fundo (com abertura de vão) e lateral (com abertura de vão)	2,0; 2,0; 1,5 m

Tabela 1: Índices para uso e ocupação do solo para a ZPR1. Fonte: Lei complementar nº 114 do município de Teófilo Otoni

3.2 Escopo técnico dos sistemas de coleta pluvial e reaproveitamento de águas cinzas

Para o projeto em questão tanto o sistema de coleta pluvial quanto o de reaproveitamento de águas cinzas deverão compartilhar os mesmos reservatórios de reaproveitamento (conforme o trabalho de Carvalho *et al.*, 2015). Ambos os sistemas devem passar por processos específicos, em especial, aqueles relacionados a limpeza. Para perfeito funcionamento do sistema e atendendo as normatizações, foi elaborado um fluxograma (Figura 1) que demonstra cada uma das etapas, desde a coleta até o ponto de utilização.

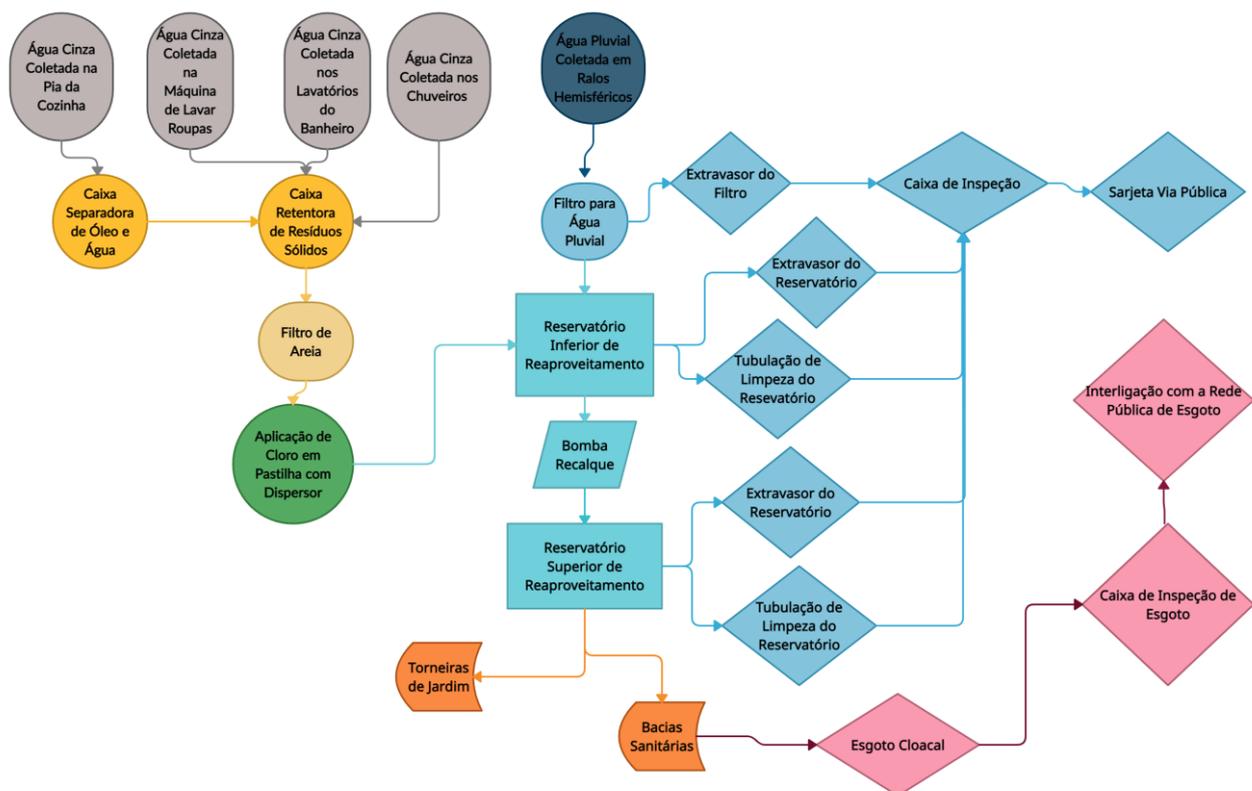


Figura 1: Fluxograma representando as etapas que as águas pluviais e cinzas deverão percorrer até chegar nos pontos de utilização. Fonte: elaborado pelos autores.

3.3 Dimensionamento dos reservatórios de reaproveitamento pluvial

O volume disponível para a coleta das águas pluviais, conforme a NBR 15527, é descrita na Equação 1.

$$V_{disp} = P.A.C.\eta \quad (1)$$

Onde V_{disp} representa o volume disponível diário [L], P , a precipitação média diária [mm], A é a área de coleta [m²], C é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura e η é o fator de captação, adimensional (na falta de dados suficientes, utilizar 0,85).

3.4 Dimensionamento dos reservatórios de reúso para as águas cinzas

Para o cálculo do volume diário de águas cinzas gerado na edificação é necessário inicialmente obter o consumo diário de água potável (Equação 2), que de acordo a NBR 5626 (1998).

$$CD = P.C \quad (2)$$

Em que CD designa o consumo diário de água na edificação, P o número de pessoas que serão atendidas e C , o consumo médio diário de água por pessoa.

De posse do valor do consumo diário de água e fazendo uso dos valores de consumo por aparelho sanitário desenvolvido por Silva (2017) é possível obter o quantitativo de água cinza gerada produzido por cada aparelho ou peça sanitária, conforme Tabela 2.

Aparelhos	Média consumo diário
Chuveiro	43,90%
Lavatórios	9,15%
Pia da Cozinha	6,47%
Máquina de Lavar roupas	6,28%

Tabela 2: Volume de água cinza produzido por aparelho sanitário. Fonte: Silva (2017).

4. Resultados

4.1 O projeto

Seguindo com o programa de necessidades dos usuários e as características previstas na Lei Complementar nº 114 do município de Teófilo Otoni, a edificação unifamiliar apresenta uma área construída 107,95 m², com os seguintes cômodo: 2 (quartos), 1 (uma) suíte, 1 (um) banheiro compartilhado, 1 (uma) sala, 1(uma) cozinha, 1 (uma) lavanderia e 1 (um) local para varal, evidenciado na Figura 2.

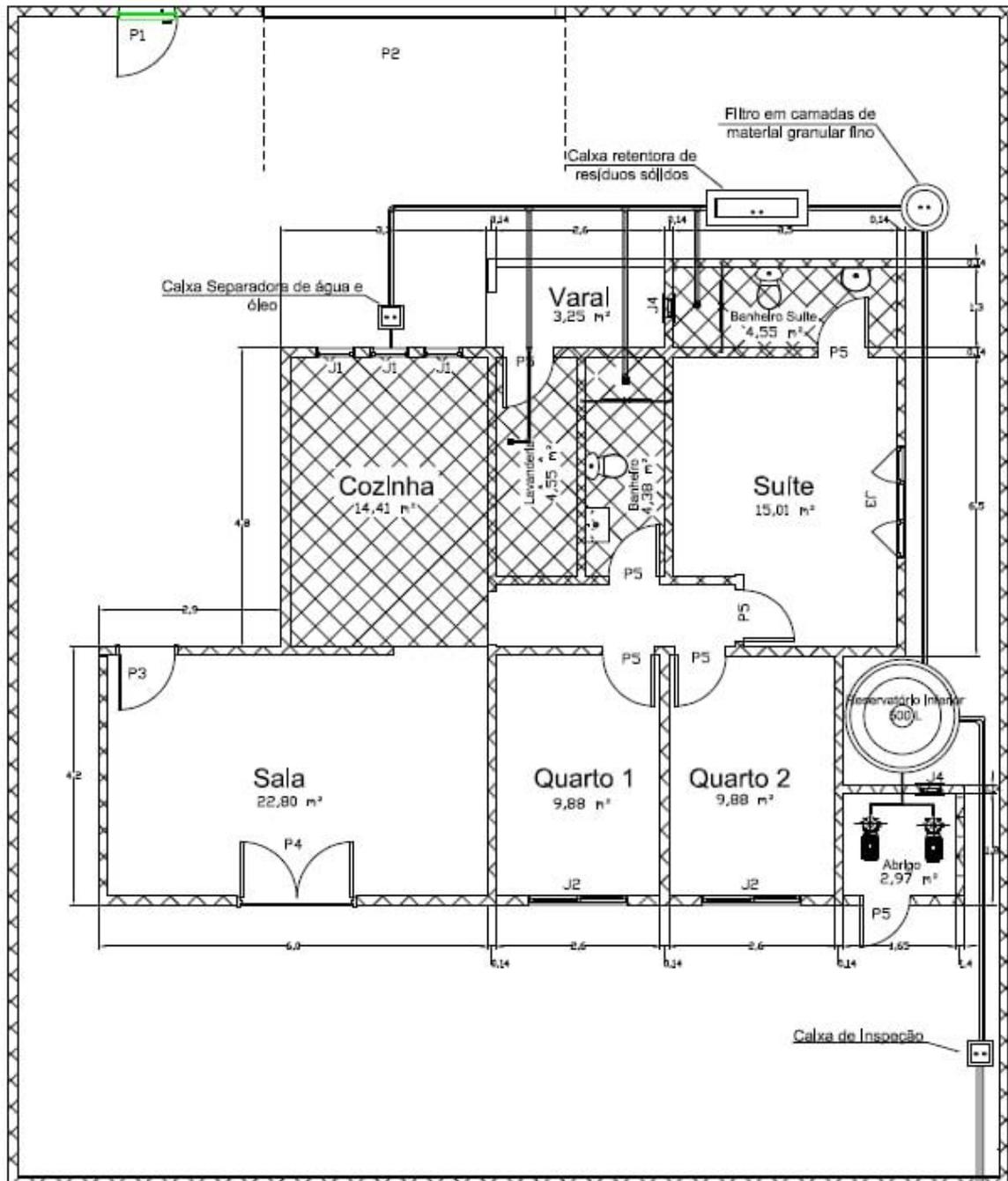


Figura 2: Planta baixa da edificação (unidades em metros). Fonte: elaborado pelos autores.

A Figura 2 apresenta também a localização do reservatório inferior, o abriço das bombas, a posição do filtro, da caixa retentora, bem como a caixa separadora pertencente ao sistema de reaproveitamento.

4.2 Sistema de água pluvial

4.2.1 Volume do reservatório

Para o cálculo do reservatório de água pluvial, segundo o boletim de pesquisa desenvolvido por Guimarães (2010), a cidade de Teófilo Otoni tem a média de precipitação anual de 1050mm, o que acarreta uma média diária de aproximadamente 2,88mm. A área de coleta é de aproximadamente 85,46m², o coeficiente de escoamento superficial para coberturas de concreto é de 0,87 (Brito e Silva, 2014) e o fator de captação utilizado será de 0,85 (quando não se tem muitos detalhes sobre a operação do sistema).

Portanto, considerando a Equação 1, o volume disponível diário é de 182,01L para o sistema de água pluvial.

4.2.2 Coleta de água

A coleta de água pluvial será feita a partir de ralos hemisféricos dispostos na cobertura da edificação, com a primeira separação da água dos sólidos mais grosseiros como galhos, folhas e outras impurezas que podem prejudicar a qualidade da água coletada.

4.2.3 Filtro para água pluvial

Como previsto em norma, o sistema de aproveitamento de água pluvial necessita passar por um pré-tratamento. Para isso será utilizado um filtro do tipo vórtex, apresentado na Figura 3, com um sistema extravasor, bem como um freio de água no fundo do reservatório para evitar possíveis danos à rede de tubulações.

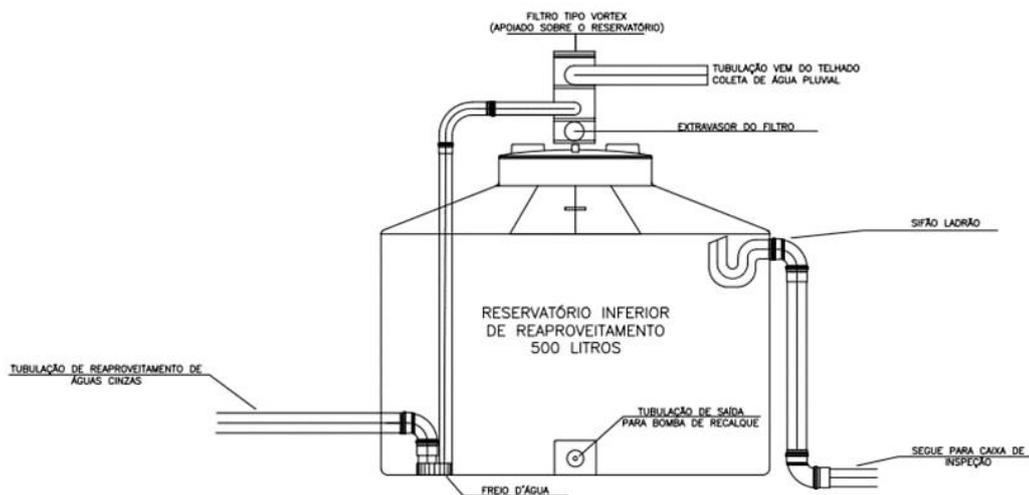


Figura 3: Detalhamento do filtro no reservatório inferior de reaproveitamento. Fonte: elaborado pelos autores.

Segundo a NBR 5626 (1998) em seu item 6.5.6.2 cita que os reservatórios de água potável devem possuir um volume que seja suficiente para abastecimento de pelo menos 24 horas de consumo normal, além de prever um volume reserva para casos de incêndio quando os reservatórios estiverem armazenados conjuntamente, no entanto para os reservatórios de reaproveitamento de água não se faz necessário seguir esse critério uma vez que se trata de reservatório de água de uso não potável, além disso são citados nos itens 6.5.9.1 o sistema

de limpeza do reservatório e no item 6.5.9.3 que cita sobre o sistema de extravasão para casos onde o volume de água destinado ao reservatório supere o volume suportado pelo mesmo que podem ser utilizados de forma análoga para o sistema de reaproveitamento.

4.3 Sistema de reaproveitamento de águas cinzas

4.3.1 Volume do reservatório

Admitindo 2 habitantes/dormitório (6 habitantes no total), e adotando o consumo médio diário de 150L/habitante (CREDER, 1995), o valor do consumo diário da edificação apresentada é de 900L.

Considerando os valores apresentados na Tabela 2, é possível obter o quantitativo de água cinza gerada na edificação, consoante a Tabela 3.

Aparelhos	Volume de água cinza produzido (Litros)
Chuveiro	395,10
Lavatórios	82,35
Pia da Cozinha	58,23
Máquina de Lavar roupas	56,52

Tabela 3: Volume de água cinza produzido pelos aparelhos na edificação. Fonte: elaborado pelos autores.

Consequentemente, o valor total é de 592,2L de água cinza produzida diariamente na edificação unifamiliar.

Como o reservatório será utilizado por ambos os sistemas, o volume final do reservatório será de 774,21L. Adotando a dimensão comercial, o valor encontrado será de 500L para o reservatório inferior e 310L para o superior.

4.3.2 Caixa separadora de água e óleo

Para as águas coletadas na pia da cozinha, a caixa separadora de água e óleo, atuará de forma bem parecida com uma caixa de gordura, sendo separada em três compartimentos. Cada compartimento apresenta as dimensões de 30x50x50cm. Recomenda-se que sejam feitas manutenções periódicas nesse dispositivo, com o intuito de retirar o excesso de gordura e óleo acumulados.

4.3.3 Caixa retentora de resíduos sólidos

Tanto a água residuária proveniente da caixa separadora de água e óleo quanto a dos demais aparelhos sanitários (chuveiros, máquina de lavar e lavatórios) devem seguir para a caixa retentora de resíduos sólidos. Nesse dispositivo de pré-tratamento (Figura 4) serão

retidos boa parte dos sólidos suspensos na água e facilitando as próximas etapas do processo de reaproveitamento de águas cinzas.

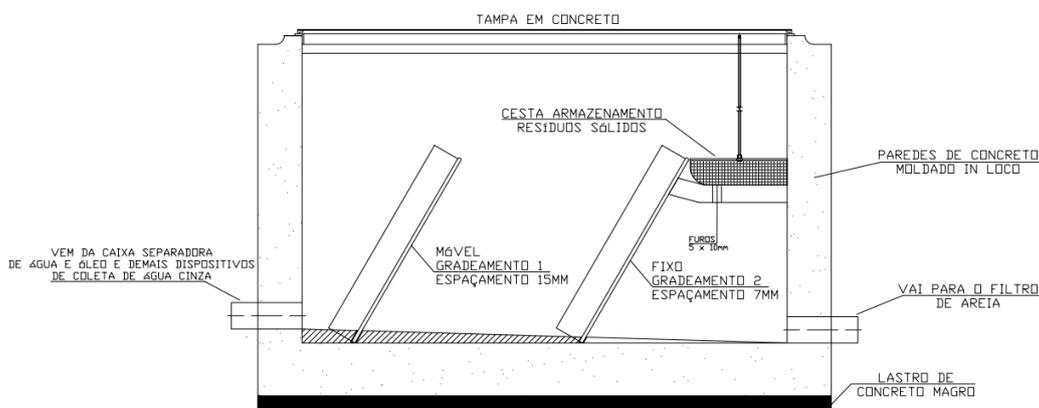


Figura 4: Detalhe da caixa retentora de resíduos sólidos. Fonte: elaborado pelos autores.

A caixa terá dimensões de 100x50x50cm, onde há um compartimento interno composto por dois gradeamentos: o primeiro móvel, com espaçamento de 15mm que reterá os sólidos mais grossos e que poderá ser retirado para uma melhor manutenção, e um segundo, fixo, com espaçamento de 7mm que irá deter os sólidos mais finos. Outro importante elemento é a cesta de armazenamento de resíduos que tem como objetivo acumular os sólidos decantados dentro do dispositivo.

4.3.4 Filtro em camadas de material granular fino

O filtro em camadas de material granular fino, muito conhecido como filtro de areia, será o primeiro responsável pela redução da demanda bioquímica orgânica (DBO). Normalmente convencionado como pós-tratamento, os filtros possuem uma grande eficácia na redução de DBO segundo cita Tonetti (2004), onde foi possível observar que os mesmos chegam na eficiência de aproximadamente 90%. Outro ponto observado por Castilhos Junior (2010) é a expressiva redução de cor e turbidez que esse dispositivo proporciona, o que já traria ao sistema capacidade de atingir os valores de qualidade da água para uso não potável. Nesse caso, o filtro possuirá diâmetro e altura de 50cm e 80cm, respectivamente, subdividido em 4 camadas de materiais com granulometrias diferentes. Para esse dispositivo é recomendado também manutenções e troca do material granular de forma periódica.

4.3.5 Desinfecção com pastilhas de cloro

Com a finalidade de garantir uma maior segurança ao sistema, foi previsto a utilização de um dosador automático de pastilhas de cloro. Este elemento atua como agente desinfectante, pois o além de promover a eliminação de microrganismos que ainda permaneçam após os tratamentos nos dispositivos anteriores, o cloro residual evita futuras proliferações de microrganismos enquanto a água estiver armazenada nos reservatórios.

4.3.6 Bombas de recalque

Depois de armazenadas no reservatório inferior, é necessário o bombeamento da água para o reservatório superior, a partir da utilização de bombas centrífugas. Para romper uma altura manométrica de aproximadamente 7 m.c.a, uma bomba com potência de 1/4 CV seria a mais apropriada para o sistema, uma vez que promoveria a elevação da água em uma vazão de aproximadamente $0,75 \text{ L s}^{-1}$ o que seria suficiente para encher todo o reservatório superior em aproximadamente 15 minutos, tornando uma alternativa econômica tanto no consumo de energia quanto na aquisição. Para a presente edificação será empregado o conjunto de duas bombas, sendo que a principal estará constantemente em operação, e a outra será mantida como reserva para casos de manutenção e possíveis problemas enfrentados na bomba principal.

Após recalçada para o reservatório superior a água de reaproveitamento será disponibilizada para uso nas bacias sanitárias da edificação e nas torneiras de jardim, que são usos não potáveis como prevê as normatizações citadas no início desse documento. A água de reaproveitamento deverá possuir características como turbidez, cor e cheiro muito próximas da água potável.

5. Considerações finais

No decorrer dessa proposta de projeto buscou se atender todos os aspectos normativos que padronizam parâmetros de qualidade da água tanto para reutilização de águas cinzas quanto para coleta de água pluvial, além disso foi levada em consideração as características próprias da cidade onde a edificação foi alocada. Foi possível constatar que o sistema em questão seria funcional e traria grandes benefícios tanto para os residentes quanto para a gestão pública, reduzido o consumo de água tratada para fins não potáveis em cerca de 775L por dia. Caso seja adotado em larga escala, o impacto na redução seria considerável e facilitaria à gestão dos recursos hídricos no município, uma vez que a escassez de água é uma realidade enfrentada na região escolhida para o empreendimento.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5626: Instalação Predial de Água Fria**. Rio de Janeiro. 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 15527: **Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis - Requisitos**. Rio de Janeiro. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil, 2018**. Disponível em < <http://conjuntura.ana.gov.br/quantiquali> >. Acesso em: 17 de abril de 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. 2020.

BRITO, Luiza Teixeira de Lima; SILVA, Aderaldo de Souza. **Coefficiente de escoamento superficial em diferentes áreas de captação de água de chuva**. In: Simpósio brasileiro de captação e manejo de água de chuva, 9, 2014, Feira de Santana.

Água de chuva: segurança hídrica para o século XXI. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2014.

BRUNI, José Carlos. **A água e a vida.** *Tempo social*, v. 5, n. 1-2, p. 53-65, 1993.

CARVALHO, Nathália Leal; HENTZ, Paulo; SILVA, Josemar Marques; BARCELLOS Afonso Lopes. **Reutilização de águas residuárias.** *Revista Monografias Ambientais*, v. 13, n. 2, p. 3164-3171, 2014.

CARVALHO, Sebastião Tomas; PEREIRA, Gabriela Soares; OLIVEIRA, Vanessa Silva; SABARÁ, Millôr Godoy; FLORES, Milton Edgar Pereira. **Aproveitamento de águas pluviais e águas cinzas no ambiente doméstico.** VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Porto Alegre/RS, 2015.

CASTILHOS JUNIOR, Armando Borges de; DALSSASSO, Ramon Lucas; ROHERS, Fabio. **Pré-tratamento de lixiviados de aterros sanitários por filtração direta ascendente e coluna de carvão ativado.** *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 15, n. 4, p. 385-392, 2010.

CREDER, Hélio. **Instalações hidráulicas e sanitárias.** *Livros Técnicos e Científicos* Editora, 5ª Edição. 1995.

CUNHA, Ananda Helena Nunes; OLIVEIRA, Thiago Henrique; FERREIRA, Rafael Batista; MILHARDES, André Luiz Mendes; SILVA, Sandra Máscimo da Costa. **O reúso de água no Brasil: a importância da reutilização de água no país.** *Enciclopédia Biosfera*, v. 7, n. 13, p. 1225-1248, 2011

GUIMARAES, Daniel Pereira; DOS REIS, R. J.; LANDAU, E. C. **Índices pluviométricos em Minas Gerais.** *Embrapa Milho e Sorgo-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)*, 2010.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA (UNESCO). **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2015.** *Water for a Sustainable World*.

PREFEITURA DE TEÓFILO OTONI. **Lei Complementar nº 114, de 09 de agosto de 2016. Dispõe normas e condições para parcelamento, ocupação e uso do solo urbano no Município de Teófilo Otoni e dá outras providências.** Disponível em: Acesso em: 11 de maio de 2020.

SILVA, Patrick Gonçalves. **Dimensionamento de um sistema hidráulico predial para reúso de águas cinzas em uma edificação residencial.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia.

TONETTI, Adriano Luiz. **O emprego do filtro de areia no pós-tratamento de efluente de filtro anaeróbio.** 2004. Dissertação de Mestrado apresentada à Comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas.

VERÓL, Aline Pires; GARRIDO, Elaine; MIGUES, Marcelo Gomes. **Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários: Projetos Práticos e Sustentáveis.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.