

Autorização concedida a Biblioteca Central da Universidade de Brasília pelo Professor Daniel Richard Sant'Ana, em 24 de abril de 2021, para disponibilizar a obra, gratuitamente, de acordo com a licença conforme permissões assinaladas, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da obra.

A obra continua protegida por Direito Autoral e/ou por outras leis aplicáveis. Qualquer uso da obra que não o autorizado sob esta licença ou pela legislação autoral é proibido.

REFERÊNCIA

SANT'ANA, Daniel; MEDEIROS, Lídia Batista Pereira. **Reúso-DF**: viabilidade técnica e operacional do aproveitamento de águas pluviais e do reúso de água cinzas em edificações residenciais do Distrito Federal: relatório - R1. Brasília: Universidade de Brasília, 2016. 63p. Disponível em:
<https://drive.google.com/file/d/1KnMvt7GpZJJHbWJm0eInEXAmgwh3jOht/view>.
Acesso em: 27 abr. 2021.

Reúso-DF

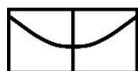
Viabilidade técnica e operacional do aproveitamento de águas pluviais e do reúso de água cinzas em edificações residenciais do Distrito Federal

RELATÓRIO – R1

Relatório técnico apresentado para a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal
Convênio ADASA/UnB – DODF: 197.000.977/2015

Autoria
Daniel Richard Sant’Ana
Lídia Batista P. Medeiros

Outubro de 2016



Universidade de Brasília

Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico

Coordenação: Daniel Richard Sant'Ana

Pesquisadores: Bruna Valverde de Morais
Claudiana Lopes Maciel
Jamil Tancredi Israel de Lima
Juliana Bona de Faria
Karla Cristina Ferreira Alvares
Lídia Batista P. Medeiros
Maiara Bezerra de Luz
Marco Antonio Almeida de Souza
Pierre Mazzega Ciamp
Susanna Almeida dos Santos

Apoio Técnico: Francisco Neto da Silva Junior
Valmor Pazos

Sumário

1. Introdução	7
1.1. Escopo	8
2. Análise de Viabilidade Operacional	10
2.1. Legislação e Instrumentos Normativos	10
2.2. Qualidade de Água Não Potável	15
2.2.1. Fatores que afetam a qualidade de águas pluviais	16
2.2.2. Fatores que afetam a qualidade de águas cinzas	18
2.2.3. Classificação de usos não potáveis de água	19
2.3. Sistemas Prediais de Água Não Potável	23
2.3.1. Rede coletora.....	24
2.3.2. Tratamento	26
2.3.3. Reservatório de retenção	28
2.3.4. Alimentação de água potável	29
2.3.5. Bomba d'água	31
2.3.6. Reservatório de distribuição.....	31
2.3.7. Rede de distribuição.....	32
2.3.8. Sinalização e segurança	32
2.4. Aproveitamento de Águas Pluviais	33
2.4.1. Características das águas pluviais	34
2.4.2. Sistemas de aproveitamento de águas pluviais	35
2.4.3. Manutenção	39
2.4.4. Análise de risco	40
2.5. Reúso de Águas Cinzas	40
2.5.1. Características das águas cinzas.....	41
2.5.2. Sistemas de reúso de águas cinzas	43
2.5.3. Manutenção	46
2.5.4. Análise de risco	47
3. Análise de Viabilidade Técnica	49
3.1. Levantamento quantitativo e qualitativo	49
3.1.1. Renda familiar.....	49
3.1.2. Número de moradores	50

3.1.3. Tipologia residencial.....	50
3.2. Adaptação Predial.....	52
3.2.1. Sistemas de aproveitamento de águas pluviais	52
3.2.2. Sistemas de reúso de águas cinzas	53
4. Conclusões e recomendações.....	56
Referências Bibliográficas	59

Lista de Tabelas

Tabela 1: <i>Os tipos de contaminantes presentes em águas da chuva</i>	17
Tabela 2: <i>Qualidade de água para usos restritivos não potáveis segundo ABNT NBR 15527</i>	20
Tabela 3: <i>Qualidade de água por classe de uso não potável segundo ABNT NBR 13969</i>	20
Tabela 4: <i>Qualidade de água por classe de uso não potável segundo ANA et al. (2005)</i>	21
Tabela 5: <i>Parâmetros de qualidade da água por uso não potável baseado na literatura internacional</i>	22
Tabela 6: <i>Categorias de usos finais não potáveis em edificações</i>	23
Tabela 7: <i>Parâmetros de qualidade para usos não potáveis em edificações</i>	23
Tabela 8: <i>Remoção de poluentes da água de acordo com o tratamento</i>	27
Tabela 9: <i>Recomendações para identificação de tubulações de instalações hidráulicas prediais</i> . ..	33
Tabela 10: <i>Características das águas pluviais</i>	34
Tabela 11: <i>Frequência de manutenção das atividades para sistemas de aproveitamento de águas pluviais</i>	40
Tabela 12: <i>Características da água distribuída no DF</i>	41
Tabela 13: <i>Parâmetros físico-químicos e microbiológicos encontrados em águas cinzas</i>	42
Tabela 14: <i>Frequência de manutenção de sistemas de reúso de águas cinzas</i>	46
Tabela 15: <i>Renda média por Região Administrativa</i>	49
Tabela 16: <i>Tipologias residenciais por faixas de renda</i>	51
Tabela 17: <i>Parâmetros de qualidade para usos não potáveis em edificações</i>	56
Tabela 18: <i>Frequência de manutenção de sistemas de aproveitamento de águas pluviais</i>	57
Tabela 19: <i>Frequência de manutenção de sistemas de reúso de águas cinzas</i>	57

Lista de Figuras

Figura 1: <i>Fotos gram-negativas de E. coli (a), S. typhi (b), Staphylococcus (c), Clostridium (d), Bacillus (e) e ovo de Ancylostoma duodenale (f) encontrados em água cinza bruta.</i>	19
Figura 2: <i>Fluxograma conceitual das instalações prediais de sistemas de água não potável</i>	24
Figura 3: <i>Elementos de inspeção instalados próximos aos condutores verticais para manutenção</i> .	24
Figura 4: <i>Coluna de ventilação do ramal de esgoto de águas cinzas separada.</i>	25
Figura 5: <i>Coluna de ventilação do ramal de esgoto de águas cinzas compartilhada.</i>	25
Figura 6: <i>Exemplo de configuração by-pass à jusante do sistema de tratamento de águas cinzas</i> ...	26
Figura 7: <i>Esquema de separação atmosférica padronizada.</i>	30
Figura 8: <i>Exemplo de instalação de um reservatório de distribuição de água pluvial.</i>	32
Figura 9: <i>Símbolo gráfico de água não potável em pontos de uso.</i>	33
Figura 10: <i>Configuração hidráulica de reservatórios de retenção (cisternas) de águas pluviais</i>	35
Figura 11: <i>Exemplo de filtros pluviais instalados em condutores verticais (a), condutores horizontais (b), ou dentro do reservatório (c).</i>	36
Figura 12: <i>Sistema isolado da edificação para o aproveitamento de águas pluviais em usos externos.</i>	38
Figura 13: <i>Sistema integrado à edificação para o aproveitamento de águas pluviais em pontos internos e externos.</i>	39
Figura 14: <i>Lavadora de alta pressão comercializada para o reúso de águas cinzas de máquinas de lavar roupas acumuladas em barril.</i>	43
Figura 15: <i>Sistema de desvio de águas cinzas para irrigação subsuperficial por gravidade</i>	44
Figura 16: <i>Corte transversal detalhado de uma vala de infiltração para irrigação subsuperficial</i> .	44
Figura 17: <i>Sistema integrado à edificação para o reúso de águas cinzas em pontos internos e externos.</i>	46
Figura 15: <i>Coluna de água independente (a) que permite fácil adaptação predial; e coluna de água ramificada (b) que necessita de reforma predial para o uso não potável de água.</i>	53
Figura 16: <i>Possíveis adaptações prediais para a coleta de águas cinzas</i>	54

Terminologia

Água cinzas: Efluentes gerados nos processos de limpeza e lavagem.

Águas cinzas claras: Efluentes domésticos provenientes de chuveiros, lavatórios e lavanderia.

Águas cinzas escuras: Efluentes domésticos provenientes de cozinha que contém óleo, gordura e restos de comida.

Água de reúso: Água residuária, que se encontra dentro dos padrões de qualidade para sua utilização nas modalidades pretendidas.

Água não potável: Água que não atende os parâmetros de qualidade estabelecidos pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, mas que pode ser utilizada em fins não potáveis como irrigação, limpeza, lavagem, descarga sanitária, elementos paisagísticos, combate a incêndio, torres de resfriamento, entre outros.

Águas negras: Água residual proveniente de descargas sanitárias.

Águas pluviais: Água provinda das chuvas e demais precipitações atmosféricas.

Água potável: Água própria para beber e preparar alimentos cujos parâmetros de qualidade atendem à Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde.

Águas residuárias: Esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, tratados ou não.

Água tratada: Água submetida a processos físicos, químicos e/ou biológicos para alcançar um determinado nível de qualidade das modalidades pretendidas.

Aproveitamento de águas pluviais: Utilização da água de chuva em usos não potáveis.

By-Pass: Configuração hidráulica que permite o desvio de efluente por um caminho alternativo ao principal.

Caixa de inspeção: Caixa destinada a permitir a inspeção, limpeza, desobstrução, junção, mudanças de declividade e/ou direção de tubulações.

Desconector: Dispositivo com fecho hídrico que veda a passagem de gases das canalizações do efluente.

Dispositivo de inspeção: Peça ou recipiente para inspeção, limpeza e desobstrução de tubulações.

Fecho hídrico: Camada líquida de nível constante que veda a passagem de gases.

Qualidade de água: É um conjunto de características físicas, químicas e biológicas que ela apresenta de acordo com sua utilização.

Rede coletora de água: Conjunto de tubulações responsáveis pela coleta e transporte de água para tratamento e/ou armazenamento.

Rede de distribuição de água: Conjunto de tubulações responsáveis pela distribuição de água a pontos de uso.

Reservatório de retenção: Reservatório utilizado para acumular e armazenar água tratada à montante da rede de distribuição.

Reservatório de distribuição: Reservatório utilizado para a distribuição indireta de água tratada para pontos de uso não potável na edificação.

Reúso de água: Utilização de águas residuárias.

Reúso de águas cinzas: Reutilização de efluentes gerados nos processos de limpeza e lavagem em usos não potáveis.

Sistema predial de água não potável: Instalação hidrossanitária que faz uso de fontes alternativas de água para abastecimento distinto em usos não potáveis. Sistema descentralizado de abastecimento capaz de promover conservação de água em edificações.

Usos não potáveis: Uso de água que não atende aos parâmetros de potabilidade, mas que a sua qualidade seja adequada a usos específicos como irrigação, limpeza, lavagem, descarga sanitária, elementos paisagísticos, combate a incêndio, torres de resfriamento, entre outros.

1. Introdução

Aproveitar a água da chuva de telhados ou até mesmo reutilizar água do enxague de máquinas de lavar roupa para molhar jardins e lavar pisos, é uma prática comum que vem sendo realizada há anos em muitas residências brasileiras de maneira rústica, como alternativa para reduzir os gastos com a conta de água. No desenrolar das últimas duas décadas, houve um aumento na procura e na oferta de sistemas hidráulicos que facilitem o aproveitamento de águas pluviais e o reúso de águas cinzas em diversos usos não-potáveis nas mais variadas tipologias de edificações. No Brasil, a comercialização de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e de reúso de águas cinzas iniciou-se no começo dos anos 2000 e, mesmo com uma viabilidade ainda não-comprovada, observamos, a cada ano, edificações implementando estes sistemas prediais de água não-potável em prol da sustentabilidade.

Dessa maneira, surge um novo modelo de abastecimento descentralizado no país, que faz uso de fontes alternativas de água em usos não-potáveis. Sistemas de aproveitamento de águas pluviais e de reúso de águas cinzas são capazes de promover reduções significativas no consumo predial e de garantir um abastecimento contínuo nas principais atividades consumidoras de água em caso de cortes no abastecimento público - como foi observado na crise hídrica de 2014 que assolou a região sudeste do país. Esta medida, tomada em larga escala, é capaz de reduzir os impactos gerados pela exploração de recursos hídricos. Se por um lado, a prática do aproveitamento e do reúso de água é impulsionada por questões relativas à baixa disponibilidade hídrica e pelo constante aumento na demanda por água, por outro lado, seus custos de investimento podem gerar uma barreira para sua implementação.

Apesar da ausência de incentivos fiscais e econômicos para subsidiar uma rápida disseminação destas tecnologias, o poder legislativo e os órgãos públicos (federais, estaduais e municipais) vêm apresentando uma série de leis e resoluções que estimulam, direta ou indiretamente, o aproveitamento de águas pluviais e o reúso de água em edificações. Como por exemplo, a Resolução nº 54/2005 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, que oferece um respaldo legal para a prática do reúso de água no ambiente construído. Ou no caso do Distrito Federal, com Leis Distritais que tornam obrigatório a captação, armazenamento e utilização das águas pluviais em novas construções urbanas para a concessão de habite-se.

Com isso, gestores públicos vêm direcionando sua atenção a essa nova realidade com o intuito de avaliar o nível de contribuição que estas tecnologias são capazes de promover nos serviços de saneamento e na gestão sustentável de recursos hídricos. O sucesso destes sistemas depende, não apenas de fatores econômicos, mas também da saúde e bem-estar de usuários, que está diretamente ligada aos critérios de segurança e qualidade de água, operação e manutenção do sistema hidráulico. Em prática, observa-se que proprietários, empreiteiros, projetistas e gestores prediais têm tido relativamente pouca orientação sobre os cuidados necessários para o aproveitamento de águas pluviais e para o reúso de águas cinzas em edificações, o que dificulta a tomada de decisões sobre a seleção e concepção dos sistemas, podendo levar, à sua rejeição ou a uma instalação predial inadequada.

Este documento é o primeiro de uma série de relatórios resultantes do projeto de pesquisa *Reúso-DF*, fruto de um convênio entre a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal – ADASA e a Universidade de Brasília – UnB, que busca verificar a viabilidade de sistemas prediais voltados ao aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas nas diferentes tipologias edilícias do Distrito Federal. O projeto de pesquisa *Reúso-DF* está dividido em duas fases para uma análise de viabilidade de diferentes sistemas prediais de aproveitamento de águas pluviais e de reúso de águas cinzas em diversas tipologias de edificações urbanas, categorizadas de acordo com sua função:

- **Fase I: Edificações Residenciais**
 - Edificações Residenciais Unifamiliares
 - Edificações Residenciais Multifamiliares

- **Fase II: Edificações Não-Residenciais**
 - Edificações Hoteleiras
 - Edificações Comerciais
 - Edificações de Escritórios
 - Edificações de Ensino
 - Edificações de Saúde
 - Edificações de Transporte
 - Edificações Industriais

Os resultados desta pesquisa servirão de respaldo para a normatização e regulamentação desta prática, apresentando subsídios técnicos para a construção de uma política pública voltada à gestão da demanda urbana de água, desenvolvimento de um guia de boas-práticas e ferramentas *online* que possam auxiliar a população geral na tomada de decisões para a implementação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas.

1.1. Escopo

Dentro deste contexto, este relatório técnico apresenta resultados parciais da primeira fase do projeto *Reúso-DF*, que tem como objetivo analisar a viabilidade operacional e a viabilidade técnica de sistemas de aproveitamento de águas pluviais (AAP) e de reúso de águas cinzas (RAC) em edificações residenciais do Distrito Federal.

Água pluvial, ou água de chuva, é um recurso renovável que abastece, direta ou indiretamente, reservatórios, rios e aquíferos com água doce. O aproveitamento de águas pluviais é um conceito simples, que, ao invés de deixar escoar, a água da chuva captada por uma superfície impermeável é armazenada e utilizada como fonte alternativa de abastecimento. O termo ‘reúso’ ou ‘reutilização’ é popularmente usado para expressar o aproveitamento de águas pluviais em edificações. Porém, é importante ressaltar que águas pluviais não são submetidas ao reúso, pois ainda não foram utilizadas. Em função da qualidade da água, este projeto tem foco na captação de águas pluviais de coberturas para aproveitamento em usos não-potáveis.

Águas cinzas são efluentes gerados nos processos de limpeza e lavagem. O reúso de águas cinzas é um conceito que está relacionado ao reaproveitamento de efluentes domésticos com baixo grau de contaminação, provenientes de chuveiros, lavatórios e lavanderia. Efluentes de pias de cozinha e

máquinas de lavar louças contém um alto índice de carga orgânica de restos de comida e de gordura, o que exige um tratamento elevado para seu reúso – o mesmo tipo de tratamento voltado para o reúso de águas residuárias. Portanto, os efluentes dessas fontes foram desconsiderados para análise, por fugir do escopo da pesquisa. Este relatório não contém informações relativas ao tratamento de águas residuárias para reúso não-potável.

O estudo tem como foco para análise, sistemas AAP e RAC descentralizados, que realizam o aproveitamento de águas pluviais ou de reúso de águas cinzas a nível da edificação, e desconsidera sistemas centralizados de grande escala – estações de tratamento para abastecimento público. Vale a pena ressaltar que águas pluviais e águas cinzas, podem passar por processos de tratamento de água capazes de alcançar níveis de potabilidade para consumo humano segundo critérios estabelecidos pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Porém, dadas as restrições estabelecidas pela Lei Federal nº 11.445/2007, que proíbe a ligação de fontes alternativas de abastecimento de água em instalações prediais urbanas conectadas à rede pública, este relatório não aborda esta temática.

Esta investigação, de caráter imparcial, não pretende recomendar ou desacreditar qualquer tipo de sistema em particular, mas sim, de fornecer informações e orientações gerais para apoiar na tomada de decisões voltadas para a regulamentação da prática do aproveitamento de águas pluviais e do reúso de águas cinzas.

2. Análise de Viabilidade Operacional

Para a análise de viabilidade operacional, foi realizado um levantamento do estado da arte em sistemas de aproveitamento de águas pluviais e de reúso de águas cinzas, considerando seus aspectos legais e normativos, saúde e segurança dos usuários, composição e instalações hidráulicas, tratamento, dimensionamento, critérios de qualidade da água para fins não-potáveis e de efluentes descartados nas redes urbanas e, com isso, este relatório apresenta os requisitos mínimos para a instalação e manutenção dos sistemas.

2.1. Legislação e Instrumentos Normativos

Apesar do Brasil não possuir uma Lei Federal específica voltada ao aproveitamento de águas pluviais ou ao reúso de águas cinzas em edificações, este tema é abordado pela Resolução nº 54/2005 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, estabelecendo modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática do reúso de água em usos não potáveis. Dentro do contexto urbano, o termo *‘água residuária’* pode ser definida como todos efluentes líquidos descartados de edificações. A resolução define *‘reúso de água’* como a utilização de água residuária. A Resolução esclarece que o termo *‘água de reúso’*, é toda água residuária que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas.

Em geral, as modalidades de reúso de água expressas na Resolução CNRH nº 54/2005 são, dentro do ambiente urbano, voltados para fins não potáveis em irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações e combate a incêndio. A Resolução não apresenta padrões de qualidade de água para reúso nestas modalidades, mas determina que *“as diretrizes, critérios e parâmetros específicos para as modalidades de reúso definidas... serão estabelecidos pelos órgãos competentes”* (BRASIL, 2005, Art.3º). Segundo a Resolução, os órgãos integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH, avaliarão os efeitos sobre os corpos hídricos decorrentes da prática de reúso, devendo estabelecer instrumentos regulatórios e de incentivo para as diversas modalidades de reúso.

A Resolução CNRH nº 54/2005 estabelece que os Planos de Recursos Hídricos devem contemplar, entre os estudos e alternativas para conservação de água, os efeitos sobre a disponibilidade hídrica pela a prática do reúso de água. Seu Art. 8º, determina que os Comitês de Bacia Hidrográfica devem considerar, na proposição de mecanismos de cobrança e de aplicação dos seus recursos provenientes da cobrança, incentivos para a prática do reúso de água. Segundo o Art. 8º, os Comitês de Bacia Hidrográfica devem integrar, no âmbito do Plano de Recursos Hídricos da Bacia, a prática de reúso com as ações de saneamento ambiental.

Segundo a Resolução, a atividade de reúso de água deve ser informada, quando requerida, ao órgão gestor de recursos hídricos, para fins de cadastro, contemplando, no mínimo:

- A identificação do produtor, distribuidor ou usuário;
- Localização geográfica da origem e destinação da água de reúso;
- Especificação da finalidade da produção e do reúso de água; e
- Vazão e volume diário de água de reúso produzida, distribuída ou utilizada.

De um modo geral, o Plano Nacional de Recursos Hídricos - PNRH estabelece normas federais acerca do gerenciamento das bacias hidrográficas, de forma que cabe aos Estados e Municípios criar leis específicas para o reúso e aproveitamento de águas pluviais de sua região. Como exemplo, algumas leis estaduais e municipais já foram sancionadas, tais como:

- A Lei Estadual nº 6.034/2011, do Rio de Janeiro, que dispõe sobre a obrigatoriedade dos postos de combustíveis, lava rápidos, transportadoras e empresas de ônibus urbanos intermunicipais e interestaduais, localizados no Estado do Rio de Janeiro, instalarem equipamentos de tratamento e reutilização da água usada na lavagem de veículos;
- A Lei Estadual nº 9.439/2010, do Espírito Santo, que dispõe sobre a obrigatoriedade dos postos de combustíveis, lava-jatos, transportadoras, empresas de ônibus e locadoras de veículos instalarem equipamentos de tratamento e reutilização da água usada na lavagem de veículos;
- Lei Municipal nº 16.174/2015, do Município de São Paulo-SP, estabelece regramento e medidas para fomento ao reúso de água para aplicações não potáveis, oriundas do polimento do efluente final do tratamento de esgoto, de recuperação de água de chuva, da drenagem de recintos subterrâneos e de rebaixamento de lençol freático;
- A Lei Municipal nº 12.474/2006, do Município de Campinas-SP cria o Programa Municipal de Conservação, Uso Racional e Reutilização de Água em Edificações;
- A Lei Municipal nº 6.793/2010, do Município de Guarulho-SP, dispõe sobre o lançamento, arrecadação e fiscalização do Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana – IPTU, onde em seu art. 61 concede o desconto de 3% no imposto para os imóveis edificados que adotem sistemas de reuso de água;
- A Lei Municipal nº 10.578/2010, de São José do Rio Preto-SP, cria o sistema de reúso de água de chuva no município, para utilização não potável em condomínios, clubes, entidades, conjuntos habitacionais e demais imóveis residenciais, industriais e comerciais;
- A Lei Municipal nº 10.785/2003, do Município de Curitiba-PR, estabelecendo o Programa de conservação e uso racional da água nas edificações – PURAE;
- A Lei Municipal nº 2.630/2009, do Município de Niterói-RJ, que estabelece os procedimentos relativos ao armazenamento de águas pluviais para reaproveitamento e retardo da descarga na rede pública;
- A Lei Municipal nº 348/2011, do Município de São Gonçalo-RJ, cria o sistema de reúso de água de chuva para utilização não potável em órgãos públicos como escolas, hospitais, postos médicos e outros;

- A Lei Municipal nº 2.856/2011, também de Niterói-RJ, que institui mecanismos de estímulo à instalação de sistema de coleta e reutilização de águas servidas em edificações públicas e privadas.

No Distrito Federal, existem duas Leis Distritais publicadas no Diário Oficial do Distrito Federal relativas ao aproveitamento de águas pluviais em edificações. Enquanto a Lei Distrital nº 4.181/2008 cria o ‘Programa de Captação de Água de Chuva’, cujos objetivos são a captação, o armazenamento e a utilização das águas pluviais pelas edificações urbanas, a Lei Distrital nº 4.671/2011, dispõe sobre a obrigatoriedade da instalação de reservatórios de captação de águas pluviais para as unidades habitacionais e comerciais do Distrito Federal.

Por um lado, a Lei Distrital nº 4.181/2008 estabelece que novas edificações com área construída superior a 200m² devem, para concessão de habite-se, instalar um sistema de aproveitamento de águas pluviais composto por coletores e armazenadores para utilização da água coletada em atividades que dispensem o padrão de potabilidade. Por outro lado, a Lei Distrital 4.671/2011 determina que novos empreendimentos imobiliários residenciais, comerciais e industriais com área construída igual ou superior a 300m² são obrigados a dispor de coletores, caixa de armazenamento e distribuidores de águas pluviais para utilização em “*usos secundários como lavagem de prédios, lavagem de automóveis, irrigação de jardins, limpeza, descarga de vaso sanitário, entre outros*”, porém, para concessão de habite-se, apenas a instalação do reservatório é necessário (BRASIL, 2011, Art. 1º).

Segundo a Lei Distrital 4.181/2008, cada edificação deverá conter uma caixa ou reservatório de água destinado unicamente ao armazenamento de água pluvial, com tampa parcialmente removível e que permita a liberação do excesso de água acumulada para rede de drenagem urbana. A Lei Distrital 4.671/2011 define que o volume do reservatório de águas pluviais deve ser proporcional ao número de unidades habitacionais nos empreendimentos residenciais ou área construída nos empreendimentos comerciais, mas ela não fornece o embasamento necessário para esse cálculo.

Segundo a Lei Distrital 4.181/2008, cada edificação deverá conter uma caixa ou reservatório de água destinado unicamente ao armazenamento de água pluvial, com tampa parcialmente removível, e que permita a liberação do excesso de água acumulada para rede de drenagem urbana. A Lei Distrital 4.671/2011 define que o volume do reservatório de águas pluviais deve ser proporcional ao número de unidades habitacionais nos empreendimentos residenciais ou área construída nos empreendimentos comerciais, mas ela não apresenta maiores informações relativas a esse procedimento.

Com o intuito de estabelecer os procedimentos de avaliação para emissão de habite-se de novas construções que apresentam, em suas instalações prediais, sistemas de aproveitamento de águas pluviais ou de reúso de água, a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal - CAESB publicou, em dezembro de 2012, a Norma ND.SCO-013. A Norma ressalta que as águas provenientes dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais ou de reúso de água, apenas poderão ser utilizadas para (CAESB, 2012, p.2):

- Irrigação não pressurizada de jardins e áreas verdes;
- Lavagem de veículos automotores, de pisos e calçadas;
- Tanques e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes;

- Torres de resfriamento de sistemas de ar condicionado central; e
- Descarga em vasos sanitários, desde que submetida a um tratamento simplificado;

Com o intuito de preservar a saúde e bem-estar de usuários, a fiscalização da CAESB deverá exigir: i) a impossibilidade de ocorrer conexão cruzada com o sistema público de abastecimento de água; ii) a existência de reservatórios e sistemas hidráulicos independentes e identificados; iii) a existência de registros e torneiras de acesso restrito e devidamente identificadas (CAESB, 2012). Para a Lei do Saneamento Básico (Lei Federal nº 11.445/2007), a prestadora de abastecimento público deve garantir a qualidade da água potável até as ligações prediais. Uma conexão cruzada no sistema predial de água potável poderá afetar os padrões de potabilidade da água exigidos pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde nas instalações hidráulicas da edificação, ou até mesmo na rede de abastecimento público.

A Norma ND.SCO-013 busca também, identificar e quantificar o lançamento de efluentes adicionais na rede pública de coleta de esgoto, como por exemplo, águas pluviais utilizadas em descarga sanitária ou na lavagem de roupas. Tradicionalmente, o volume de esgoto que é lançado na rede pública é quantificado pelo volume de água medido no cavalete de entrada da unidade. Porém, no momento em que uma edificação aproveita águas pluviais em usos internos, esses efluentes adicionais lançados na rede pública de coleta de esgoto acabam não sendo quantificados pelo hidrômetro e, conseqüentemente, não é cobrado na conta de água e esgoto da concessionária.

Em contrapartida, o volume de águas cinzas reutilizadas em atividades que não geram efluentes sanitários lançados na rede pública de esgoto (como irrigação, lavagem de veículos, pisos e calçadas, torres de resfriamento, etc.), acaba sendo contabilizado no valor da tarifa de esgoto da unidade. Neste caso, para evitar uma cobrança indevida ao consumidor, o volume de águas cinzas que não são lançadas na rede pública de coleta de esgoto devem ser quantificados para descontar o seu valor da tarifa de esgoto.

Segundo a Norma ND.SCO-013, o efluente oriundo de sistemas de aproveitamento de águas pluviais ou de reúso de água devem atender aos padrões de lançamento de efluentes líquidos na rede pública de esgotos, conforme Decreto nº 18.328/1997. Caso este efluente apresentar uma concentração acima dos limites máximos previstos, a Norma estabelece que deverá ser aplicada uma Tarifa Especial na conta de água e esgoto. Esta sobretaxa para esgotos com concentrações acima dos limites máximos estabelecidos é calculada em função do nível de sólidos totais (ST), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio presentes no efluente (DQO). A Tarifa Especial baseia-se na elevação dos custos para tratamento dos efluentes cujas características extrapolam os limites legais, sobrecarregando os sistemas públicos de tratamento ao demandarem maior consumo de energia elétrica, produtos químicos e recursos humanos.

A Norma especifica que o consumidor/usuário que implementar sistemas de aproveitamento de águas pluviais ou de reúso de água, passa a condição de produtor de água e, conseqüentemente, torna-se responsável pela sua gestão qualitativa. Com isso, o consumidor/usuário deverá (CAESB, 2012, p. 3):

- Solicitar à CAESB a avaliação do projeto e do sistema de reúso de água e/ou de aproveitamento de água pluvial;
- Apresentar o projeto do sistema incluindo detalhes executivos, especificações das tecnologias selecionadas, esquemas verticais e outros necessários para subsidiar a adequada verificação do sistema pela CAESB;
- Apresentar Anotação de Responsabilidade Técnica – ART do responsável pelo projeto e pela operação do sistema, registrada no Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Distrito Federal (CREA-DF);
- Apresentar Licença Ambiental emitida pelo órgão ambiental competente referente ao sistema, nos casos em que for obrigatório.

O responsável técnico pelo projeto ou operação dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais ou de reúso de água deve apresentar instruções de manutenção, como a periodicidade de execução de limpeza e desinfecção do sistema, prevendo os cuidados necessários à proteção da saúde pública, e garantir a estanqueidade do ramal de ligação e da rede de abastecimento de água potável da CAESB.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) apresenta uma série de Normas Brasileiras (NBR) que podem servir como documento-referência para responsáveis técnicos por projetos e operação de sistemas AAP e RAC, por apresentarem diretrizes e soluções técnicas aplicáveis à prática do aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas. Entre as Normas ABNT mais relevantes ao tema, destacam-se a NBR 5626/1998, NBR 15527/2007 e a NBR 1369/1997.

A ABNT NBR 5626 *Instalação predial de água fria*, tem como objetivo apresentar recomendações relativas ao projeto, execução e manutenção predial de instalações de água fria. Esta Norma procura apresentar princípios de bom desempenho de instalação predial para garantir a potabilidade da água do sistema de água potável. Esta Norma é aplicável a instalações prediais que possibilitem o uso de água potável e o uso de água não potável em edificações residenciais ou não-residenciais. Nesse caso, quando houver a utilização simultânea de água não potável e água potável de abastecimento público em uma edificação, a Norma sugere que a concessionária deve ser notificada previamente.

A Norma recomenda que o sistema predial de água não potável seja totalmente separado e independente das instalações de água potável evitando, dessa maneira, uma possível conexão cruzada. Em outras palavras, a edificação que utilizar uma fonte de água não potável, deverá evitar em sua configuração hidráulica, qualquer ligação física de peça, dispositivo ou arranjo entre a rede de água não potável e da rede de água potável. Medidas de proteção contra refluxo são necessárias para evitar uma possível contaminação da rede de água potável.

A ABNT NBR 15527 *Água de chuva* apresenta algumas recomendações para o aproveitamento de águas pluviais provenientes de coberturas em áreas urbanas para usos não potáveis como, por exemplo, descargas sanitárias, irrigação, lavagem de veículos, limpeza de pisos, espelhos d'água e usos industriais. Esta Norma faz referência à NBR 5626, NBR 10844 e NBR 12217 para a elaboração do projeto hidráulico. A Norma apresenta diferentes métodos para dimensionamento de reservatórios e manutenção do sistema de aproveitamento de águas pluviais. Segundo a Norma, os padrões de

qualidade da água não potável devem ser definidos pelo responsável de acordo com a utilização prevista.

Apesar de não haver uma Norma ABNT específica ao reúso de águas cinzas em edificações, a ABNT NBR 13969 *Tanques sépticos* apresenta alternativas para o tratamento e reúso de efluentes domésticos em fins que não exigem qualidade de água potável como “*irrigação de jardins, lavagem dos pisos e veículos automotivos, na descarga dos vasos sanitários, na manutenção paisagística dos lagos e canais com água, na irrigação dos campos agrícolas e pastagens, etc.*” (ABNT, 1997, p.21). Segundo a Norma, o sistema de reúso deve ser planejado de modo que garanta segurança aos usuários e, para tanto, devem ser definidos:

- Os usos previstos para o efluente tratado;
- O volume do esgoto a ser reutilizado;
- O grau de tratamento necessário;
- Sistemas de reservação e de distribuição;
- Manual de operação e treinamento dos responsáveis.

No que se refere ao grau de tratamento do efluente necessário para reúso, a Norma define quatro classificações de usos não potáveis de água e apresenta seus respectivos parâmetros de qualidade de água. A Norma recomenda uma avaliação trimestral do desempenho do sistema de reúso de água nos processos de tratamento e das condições da disposição final da água de reúso.

2.2. Qualidade de Água Não Potável

O sucesso de um sistema de aproveitamento de águas pluviais ou de reúso de águas cinzas está diretamente ligado à qualidade da água que ele proporciona em relação ao seu uso não potável, garantindo, dessa maneira, saúde e bem-estar aos usuários. Os constituintes orgânicos ou inorgânicos presentes nestes efluentes podem representar risco à saúde por serem potencialmente tóxicos. Alguns microrganismos patogênicos podem provocar doenças em tempo relativamente curto a partir da infecção. Para o uso seguro destas fontes alternativas de água, é necessário alcançar determinados padrões de qualidade de água em função do tipo de uso previsto. Para isso critérios de qualidade devem ser estabelecidos de forma que a os usuários não rejeitem seu uso.

Aspectos estéticos da água, como cor e cheiro, afetam a aceitação do usuário para usos não potáveis, principalmente se a fonte de abastecimento não for uma convencional, entretanto, uma água sem cor ou cheiro não significa que esteja livre de contaminantes, uma vez que podem estar presentes substâncias inorgânicas ou microrganismos que só afetarão essas características físicas após o armazenamento com determinado tempo de retenção.

Em ambientes anaeróbicos, por exemplo, a ação bactericida no processo de decomposição da matéria orgânica pode exalar mal cheiro pela liberação de metano. Alguns produtos químicos adicionados no processo de tratamento também podem reagir entre si gerando resíduos. A presença de sólidos suspensos torna a água abrasiva o que provoca o desgaste de metais hidrossanitários e peças com eixos rotativos, reduzindo a vida útil de bombas, válvulas, aspersores, entre outros. Também podem riscar pinturas de veículos no processo de lavagem e causar entupimento de bicos aspersores em

sistemas de irrigação. A retirada de sólidos suspensos, entre outras coisas, reduz os gastos com manutenção predial e diminui a frequência da limpeza de reservatórios e caixas d'água.

A presença de agentes oxidantes na água pode acelerar o processo de corrosão das partes metálicas presentes no sistema hidráulico. Esses agentes, como os trihalometanos (THM) podem se originar pela adição de cloro no processo de desinfecção e em concentrações acima do permitido causam contaminação de solo, de aquíferos e, em caso de ingestão, em humanos pode ser um carcinógeno. Nos EUA, a Agência de Proteção Ambiental (EPA) fixou um limite máximo de 0,1 mg/L (100 µg/L) de THM nas águas de abastecimento. No Brasil o valor máximo permissível estabelecido pela OMS é de 100 mg/L, definida pela Portaria MS nº 36/1990, sendo este valor a soma das concentrações de clorofórmio, dicloroetano, dibromocloroetano e bromofórmio.

A qualidade da água também pode ser determinada pela temperatura que apresenta, pois ela afeta diretamente o nível de pH e, também, a reprodução ou inativação de microrganismos. Alguns grupos de bactérias possuem coliformes termotolerantes, estas podem estar em presentes além de fezes humanas, em solos e plantas. Coliformes fecais que habitam intestinos de animais de sangue quente (incluindo humanos), são eliminados naturalmente pelas fezes e também por vômitos.

Em resumo, para usos não potáveis, os níveis dos parâmetros de qualidade não precisam ser os mesmos estabelecidos para águas de consumo humano, uma vez que essa água não será ingerida e o contato direto com a pele e mucosas só representa risco em caso de ampla exposição por períodos prolongados. A nível ambiental deve-se atentar os critérios estabelecidos para contaminação do solo e de aquíferos, nos casos de infiltração da água no solo por meio da irrigação, lavagem de veículos ou de pisos.

2.2.1. Fatores que afetam a qualidade de águas pluviais

São muitos os fatores que influenciam a qualidade das águas pluviais, dentre eles pode-se citar a localização geográfica (proximidade do oceano), a presença de vegetação, condições meteorológicas (regime dos ventos), a estação do ano e a presença de carga poluidora. Em regiões próximas aos oceanos existe uma maior probabilidade de encontrar sódio, potássio, magnésio e cloro na água da chuva. Em regiões não pavimentadas, com grandes áreas de terra, estarão presentes na água pluvial partículas de origem terrestre como a sílica, o alumínio e o ferro. Em regiões com áreas industrializadas e pavimentadas é comum a presença de metais pesados, cálcio e magnésio na forma de carbonatos, que contribuem para endurecer a água e torna-la ácida, uma vez que as partículas dissolvidas na atmosfera são incorporadas a água. Geralmente em áreas de cultivo agrícola também contribuem com altas concentrações de nitrato presentes nos fertilizantes que são pulverizados na lavoura, fora os pesticidas que se acumulam nos pontos de coleta.

A qualidade das águas pluviais também se relaciona com a coleta e o armazenamento, logo os materiais de fabricação dos telhados, das calhas e dos reservatórios, afetarão diretamente os poluentes químicos presentes nas águas coletadas, embora em nível inferior ao que foi captado pelo ambiente. O ideal é que os revestimentos não retenham muita sujeira, não promovam o crescimento de bactérias e parasitas e não se decomponham com a chuva. Com relação ao aspecto bacteriológico deve-se ter preferência pelos telhados metálicos, seguidos pelos de plástico e por último pelos cerâmicos. Além

disso, telhados de fibras naturais, como palha e bambu, devem ser evitados, pois os mesmos costumam dar uma coloração amarelada à água da chuva.

Em períodos de seca a concentração de poluentes se intensifica. Os contaminantes oriundos de diferentes fontes podem alterar as propriedades físico-químicas da água da chuva armazenada e provocar risco de contaminação (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Tabela 1: Os tipos de contaminantes presentes em águas da chuva

Contaminantes	Fonte	Risco de contaminação do reservatório de retenção
<i>Poeira e Cinzas</i>	Sujeira do meio e da vegetação; Atividade vulcânica	Moderado: pode ser minimizado pela limpeza regular da calha e telhado e uso de dispositivo de escoamento adequado.
<i>Bactérias</i>	Fezes de pássaros e outros animais	Moderado: Pode ser minimizado com o uso de escoamento do telhado e manutenção no reservatório de retenção.
<i>Metais pesados</i>	Poeiras, particularmente em áreas urbanas e industrializadas, materiais do próprio telhado.	Baixo: Ocorre apenas em situações em que o vento leve resíduos industriais, como metais fundidos e/ou com chuvas muito ácidas, essas situações ocorrem geralmente em locais vulcânicos.
<i>Outros componentes inorgânicos</i>	Descargas industriais no ar, sal ou outros minerais provenientes do mar, uso inadequados de reservatórios e materiais de telhados.	Baixo: apenas em regiões muito próximas do mar ou grandes ventais de atividades industriais.
<i>Larva de mosquito</i>	Ovos de mosquito em calhas ou reservatórios.	Moderado: se os reservatórios forem devidamente fechados o risco pode ser minimizado.

Fonte: MOSLEY (2009)

Contaminação microbiológica detectada em águas pluviais provém basicamente de resíduos de animais, que se acumulam em período de seca. A área de captação por ser um ambiente aberto pode ser acessado por pássaros, lagartos, roedores, insetos e gatos, cujos excrementos podem conter bactérias, vírus, protozoários e fungos prejudiciais à saúde humana. Dentre os mais perigosos estão *Mycobacterium lepramurium*, *M. microti*, *M. tuberculosis*, *Campylobacter*, *Leptospira*, que podem se hospedar nesses animais e infectar humanos provocando entre outras doenças a lepra, tuberculose, leptospirose. Também pode ocorrer a presença de vírus que provocam a hepatite E, e parasitas como *Cryptosporidium* e *Giardia*. Esses microorganismos são lavados pelas águas e direcionados para reservatórios, onde acabam se depositando no fundo. A presença de coliformes termotolerantes e *E. coli* sugere contaminação fecal que é mais provável que seja a partir de vetores que têm acesso ao reservatório e ao telhado.

2.2.2. Fatores que afetam a qualidade de águas cinzas

Os hábitos e costumes dos indivíduos interferem diretamente na qualidade das águas cinzas. As características físico-químicas são afetadas pelo uso de produtos de limpeza e as biológicas pela saúde ou doença dos indivíduos.

A quantidade de sais (sódio, cálcio, magnésio, potássio e outros sais compostos), óleos, graxas, gorduras, nutrientes e compostos inorgânicos irão afetar a temperatura, o pH, a alcalinidade, a cor e abrasividade das águas cinzas de acordo com os tipos de produtos químicos usados em cada ambiente doméstico. Nutrientes importantes para crescimento vegetal, como nitrogênio e potássio são encontrados exclusivamente em efluentes de origem doméstico, advindos de produtos de higiene pessoal, porém, a concentração de compostos originados por esses nutrientes, como o nitrato e o fosfato, é prejudicial à saúde de humanos. A exposição ao nitrato, por exemplo, provoca a meta-hemoglobina, uma doença respiratória.

Compostos sintéticos, cada vez mais utilizados na fabricação de produtos de limpeza e higiene também geram riscos à saúde, por serem acumulativos no corpo. Quando atingem quantidades tóxicas provocam doenças graves como o câncer. Outro risco também atrelado a eles é a eutrofização de corpos hídricos, quando lançados ao meio ambiente. Sais compostos por sódio, cálcio e magnésio acumulam-se nos solos e afetam sua permeabilidade, causando a degradação da vegetação.

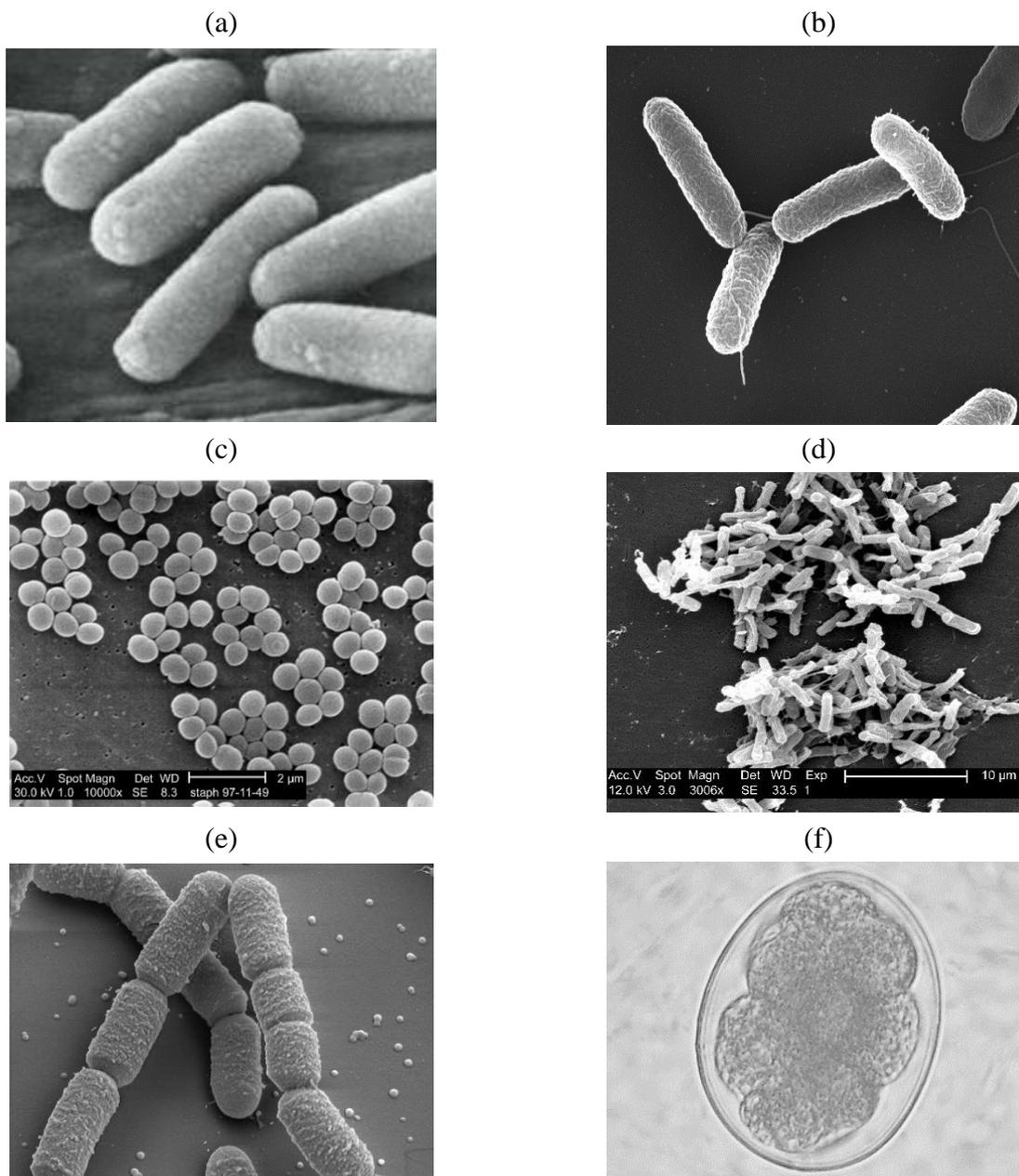
Os patógenos geralmente encontrados em água cinza bruta são potencialmente nocivos à saúde humana. Dentre eles verifica-se a presença de coliformes fecais. A bactéria indicada para controle de qualidade é a *Escherichia coli* (

Figura 1a), uma espécie do grupo de coliformes termotolerantes, cujo habitat exclusivo é o intestino de humanos e de animais homeotérmicos, onde ocorrem em densidades elevadas. Concentrações dessa bactéria além da quantidade recomendável indicam risco potencial de doenças graves, como diarreias agudas. Outras bactérias podem também estar presentes, quando em situações de enfermidades ou presença de animais domésticos, como *Staphylococcus* (Figura 1c), *Clostridium* (Figura 1d), *Bacillus* (Figura 1e), e também a *Salmonella typhi* (

Figura 1b) causadora da febre tifoide, que pode ser eliminada de forma intermitente por até 3 meses após o início da doença. Pode ocorrer também a presença de ovos e larvas de *Ancylostoma sp.* (Figura 1f) parasitas que pertencem a classe dos nematódeos. A urina presente nas águas cinzas também pode contribuir com alguns patógenos, dentre eles estão o *Schistosoma haematobium*, a *S. typhi* e a *Leptospira*.

A fisiologia dos microrganismos, como por exemplo, a *Leptospira interrogans*, é influenciada pelo pH e alcalinidade da água. Essa bactéria, que provoca a leptospirose, desenvolve-se em águas alcalinas ou com pH neutro, e que pode ser contraída pelo simples contato pele-mucosa. O conhecimento dos níveis desses patógenos é de suma importância para evitar possíveis riscos à saúde, pois embora os usos finais destinados não sejam para consumo humano, em altas concentrações determinados microrganismos podem contaminar o usuário pelo seu contato direto com mucosas como olhos, boca e nariz, se houver a formação de aerossóis, o que deve ser evitado na irrigação pressurizada, chafarizes, lavadoras de alta pressão entre outros.

Figura 1: Fotos gram-negativas de *E. coli* (a), *S. typhi* (b), *Staphylococcus* (c), *Clostridium* (d), *Bacillus* (e) e ovo de *Ancylostoma duodenale* (f) encontrados em água cinza bruta.



Fonte: www.bioquel.com; www.wikipedia.org

2.2.3. Classificação de usos não potáveis de água

Baseando-se na qualidade para assegurar diversos usos e atender as necessidades da comunidade, a Resolução nº 20/1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente estabeleceu classificações para águas doces, salobras e salinas, porém existe uma lacuna no que se diz respeito a usos não potáveis em edificações. Já a Norma ABNT NBR 15527, estabelece padrões de qualidade da água não potável “para usos mais restritivos” ABNT (2007, p.4) esses padrões devem ser definidos pelo usuário responsável, de acordo com a utilização prevista, porém a Norma apresenta uma fragilidade não especificando quais são esses usos mais restritivos, o que pode gerar desacordos e desentendimentos

em função de sua livre interpretação. Esses padrões de utilização e acompanhamento periódico, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: *Qualidade de água para usos restritivos não potáveis segundo ABNT NBR 15527*

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliforme fecal	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 UT
Cor aparente	Mensal	< 15 UH
pH	Mensal	6,0 a 8,0

Fonte: ABNT (2007)

No que se refere ao grau de tratamento do efluente necessário para reúso, a ABNT NBR 13969 define as seguintes classificações de uso e seus respectivos parâmetros de qualidade de água representada na Tabela 3. A Norma recomenda uma avaliação trimestral do desempenho do sistema de reúso de água nos processos de tratamento e das condições da disposição final da água de reúso.

Tabela 3: *Qualidade de água por classe de uso não potável segundo ABNT NBR 13969*

Classe 1	Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes	Coliforme fecal	< 200 NMP/100 mL
		Sólidos dissolvidos	< 200 mg/L
		Turbidez	< 5,0 UT
		pH	6,0 - 8,0
		Cloro residual	0,5 mg/L - 1,5 mg/L
Classe 2	Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção de lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes	Coliforme fecal	< 500 NMP/100 mL
		Turbidez	< 5,0 UT
		Cloro residual	> 0,5 mg/L
Classe 3	Descarga sanitária	Coliforme fecal	< 500 NMP/100 mL
		Turbidez	< 10,0 UT
Classe 4	Reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual	Coliforme fecal	< 5000 NMP/100 mL
		Oxigênio dissolvido	> 2,0 mg/L

Fonte: ABNT (1997)

Em uma publicação que reuniu os esforços entre entidades públicas e privadas, ANA *et al.* (2005) apresenta orientações de parâmetros de qualidade de água para diferentes classes de uso não potável (Tabela 4). ANA *et al.* (2005) apresentam quatro classificações para usos não potáveis para diferentes usos não potáveis em edificações urbanas, construção civil, irrigação e indústria. Para cada classificação de uso não potável, ANA *et al.* (2005) apresenta alguns critérios de qualidade de água. Com o intuito de explorar diferentes níveis e parâmetros de qualidade de água, foi realizada uma revisão da literatura internacional em função de usos não potáveis em: i) lavagem de pisos e veículos; ii) irrigação e uso ornamental de água; iii) descarga sanitária; e iv) lavagem de roupas. As informações coletadas foram agrupadas na Tabela 5 em consonância majoritária dos critérios apresentados pelos autores (OMS, 1989; USEPA, 1992; ASANO *et al.*, 1992; VON SPERLING, 2000; WHO, 1973; GILS *et al.*, 1985). Baseado nos parâmetros dos diferentes usos não potáveis analisados, apresentamos, na

Tabela 6 três categorias de uso não potável de água para sistemas de aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas. Seus parâmetros de qualidade para uso não potável em edificações são apresentados na Tabela 7.

Tabela 4: *Qualidade de água por classe de uso não potável segundo ANA et al. (2005)*

Parâmetros	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	
	Descarga sanitária; lavagem de pisos, roupas e veículos; e fins ornamentais.	Construção civil.	Irrigação.	Resfriamento de equipamentos e ar condicionado central. Sem recirculação Com recirculação	
Coliformes fecais (NMP/100mL)	Não detectáveis	≤1000	≤ 200	SR	SR
pH	Entre 6,0 e 9,0	Entre 6,0 e 9,0	Entre 6,0 e 9,0	5,0 – 8,3	6,8 – 7,2
Cor (UH)	≤ 10	SR	< 30	SR	SR
Turbidez (UT)	≤ 2	SR	< 5	SR	SR
Odor e aparência	Não desagradáveis	Não desagradáveis	SR	SR	SR
Óleos e graxas (mg/L)	≤ 1	≤ 1,0	SR	SR	SR
DBO (mg/L)	≤ 10	≤ 30	< 20	SR	SR
Compostos orgânicos voláteis	Ausentes	Ausentes	SR	SR	SR
Nitrato (mg/L)	< 10	SR	SR	SR	SR
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	≤ 20	SR	SR	SR	SR
Nitrito (mg/L)	≤ 1	SR	SR	SR	SR
Fósforo total (mg/L)	≤ 0,1	SR	SR	SR	SR
Sólido suspenso total (mg/L)	5	30	20	5000	100
Sólido dissolvido total (mg/L)	500	SR	SR	1000	500
Cloretos	SR	SR	SR	600	500
Dureza	SR	SR	SR	850	650
Alcalinidade	SR	SR	SR	500	350
Bicarbonato	SR	SR	SR	600	24
Sulfato	SR	SR	SR	680	200
Fósforo	SR	SR	SR	SR	1,0
Cálcio	SR	SR	SR	200	50
Magnésio	SR	SR	SR	SR	30
O ₂ dissolvido	SR	SR	SR	Presente	SR

SR: sem recomendação

Tabela 5: Parâmetros de qualidade da água por uso não potável baseado na literatura internacional.

Parâmetros	Lavagem de pisos e veículos	Irrigação e usos ornamentais	Descarga sanitária	Lavagem de roupas
pH	Entre 6,0 e 8,0	Entre 6,5 e 8,3	Entre 6,0 e 9,0	Entre 7,5 e 8,5
Cor (UH)	≤ 10	< 15	≤ 10	≤ 15
Turbidez (UT)	≤ 5	< 5	≤ 2	≤ 5
Dureza (mg/L CaCO ₃)	≤ 100	---	---	≤ 85
Odor e aparência	Não desagradáveis	Não desagradáveis	Não desagradáveis	< limite de detecção
Coliformes fecais (NMP/100mL)	Ausentes	Ausente	< 500	Ausentes
Coliformes totais (NMP/100mL)	≤ 200	≤ 200	≤ 200	Ausente
Nematoides intestinais (ovo/L)	≤ 1	≤ 1	≤ 1	Ausente
Óleos e graxas (mg/L)	≤ 1	Ausente	≤ 1	≤ 10
DBO (mg/L)	≤ 10	≤ 20	≤ 10	< 30
DQO (mg/L)	≤ 75	---	---	≤ 100
Compostos orgânicos voláteis	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Nitrogênio total (mg/L)	---	5 - 30	---	---
Nitrato (mg/L)	< 10	≤ 0,40	< 10	< 10
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	≤ 2	≤ 0,40	≤ 20	≤ 20
Nitrito (mg/L)	≤ 1	≤ 0,07	≤ 1	≤ 1
Fósforo total (mg/L)	≤ 0,025	≤ 0,124	≤ 0,1	≤ 0,1
Sólido suspenso total (mg/L)	≤ 5	< 5,0	≤ 5	Ausente
Sólido dissolvido total (mg/L)	≤ 200	≤ 500	≤ 500	≤ 2.000
Agentes tensoativos (mg/L)	0,5	0,2	---	---
Cloro total (mg/L)	0,5 a 1,5	> 600	---	---
Sódio (mg/L)	---	< 70	---	≤ 200

Fonte: OMS (1989); USEPA (1992); Asano *et al.* (1992); Von Sperling (2000); WHO (1973); Gils *et al.* (1985).

Tabela 6: *Categorias de usos finais não potáveis em edificações*

Categoria de usos	Águas cinzas	Águas pluviais
<i>Categoria 1</i>	---	Irrigação pressurizada; lavagem de roupas; chafariz; combate a incêndio
<i>Categoria 2</i>	Descarga sanitária; torres de resfriamento	Descarga sanitária; torres de resfriamento
<i>Categoria 3</i>	Lavagem de pisos e veículos sem o uso de lavadoras de alta pressão; irrigação não pressurizada; elementos paisagísticos, exceto chafarizes	Lavagem de pisos e veículos sem o uso de lavadoras de alta pressão; irrigação não pressurizada; elementos paisagísticos, exceto chafarizes

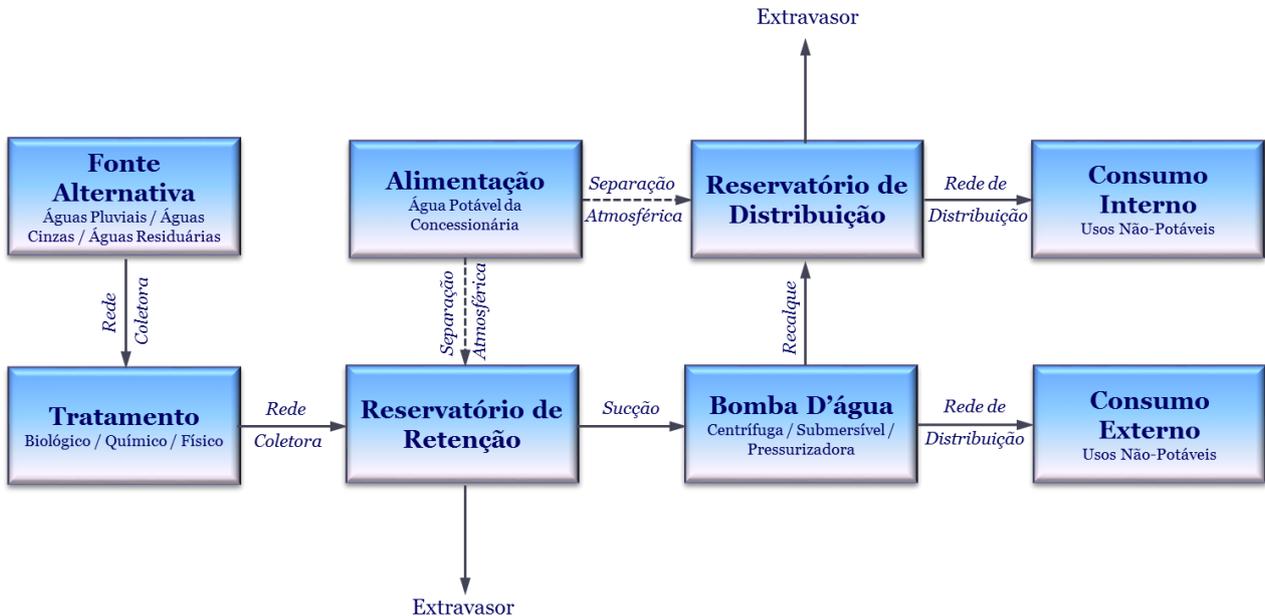
Tabela 7: *Parâmetros de qualidade para usos não potáveis em edificações*

Parâmetros	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3
pH	Entre 7,5 e 8,5	Entre 6,0 e 9,0	Entre 6,5 a 8,5
Cor	< limite de detecção	10 UH	≤ 15 UH
Turbidez	≤ 2 UT	≤ 5 UT	< 10 UT
Dureza	50 mg/L CaCO ₃	100 mg/L CaCO ₃	100 mg/L CaCO ₃
Odor e aparência	< limite de detecção	Não desagradáveis	Não desagradáveis
Coliformes fecais	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Coliformes totais	≤ 200 NMP/100 mL	≤ 200 NMP/100 mL	≤ 200 NMP/100 mL
Nematoides intestinais	≤ 1 ovo/L	≤ 1 ovo/L	≤ 1 ovo/L
Óleos e graxas	≤ 1 mg/L	≤ 1 mg/L	≤ 1 mg/L
DBO	30 mg/L	10-30 mg/L	---
DQO	100 mg/L	75 mg/L	75 mg/L
Compostos orgânicos voláteis	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Nitrato	< 10 mg/L	< 10 mg/L	< 10 mg/L
Nitrogênio amoniacal	≤ 20 mg/L	≤ 2 mg/L	≤ 20 mg/L
Nítrito	≤ 1 mg/L	≤ 1 mg/L	≤ 1 mg/L
Fósforo total	≤ 0,1 mg/L	0,025 – 0,124 mg/L	≤ 0,1 mg/L
Sólido suspenso total	0 mg/L	5 – 20 mg/L	5 mg/L
Sólido dissolvido total	≤ 500 mg/L	30 - 500 mg/L	2.000 mg/L
Agentes tensoativos	NR	0,2 – 0,5 mg/L	---
Cloro total*	< 0,5 mg/L	0,5 a 1,5 mg/L	> 7 mg/L
Sódio	≤ 200 mg/L	---	---

* Exigência em sistemas de reúso de águas cinzas

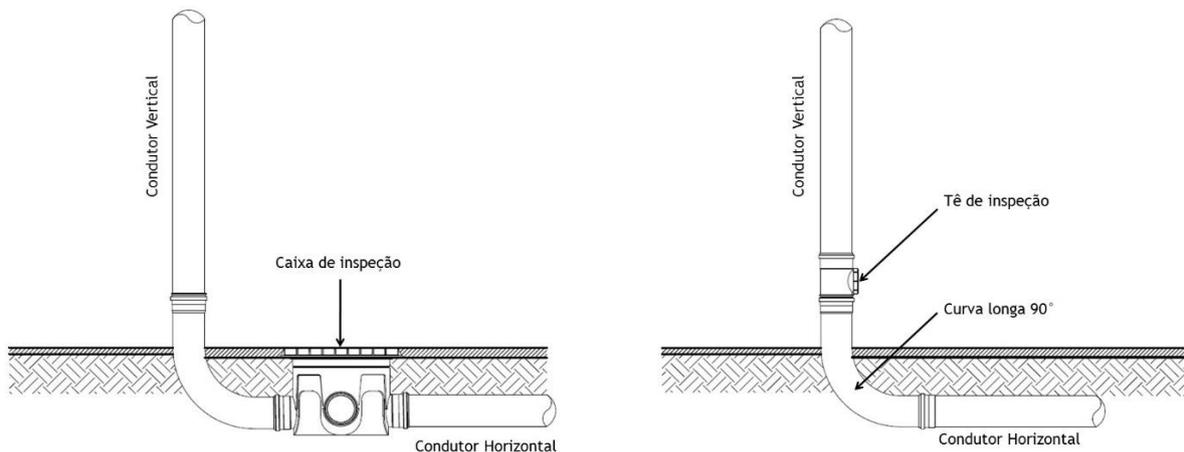
2.3. Sistemas Prediais de Água Não Potável

Sistemas prediais de água não potável fazem uso de fontes alternativas de água promovendo um abastecimento alternativo em usos que não oferecem riscos à saúde humana em edificações. Estes sistemas apresentam em suas instalações hidráulicas, uma série elementos em comum, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2: Fluxograma conceitual das instalações prediais de sistemas de água não potável

2.3.1. Rede coletora

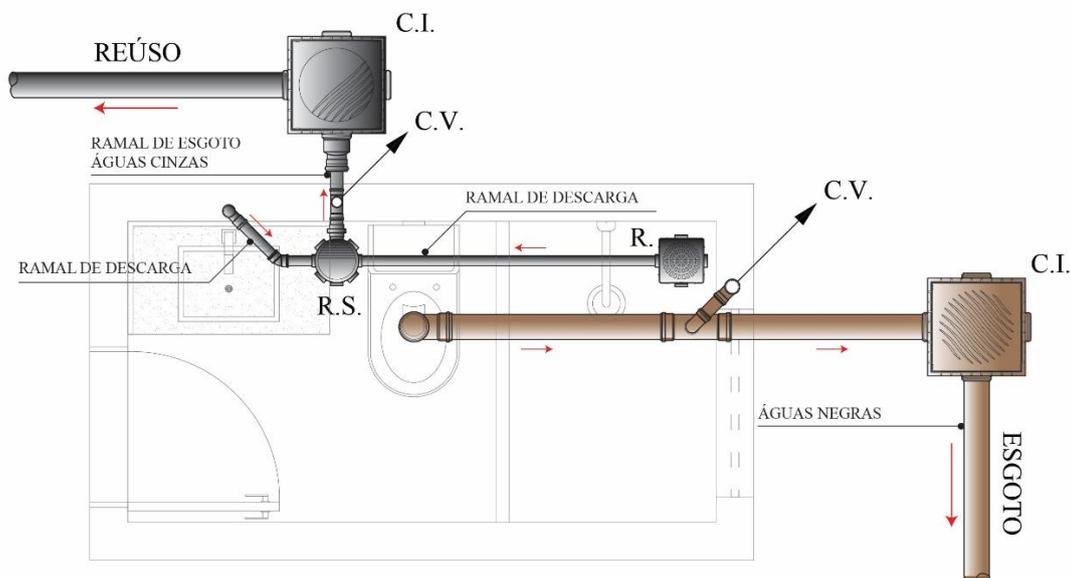
As fontes alternativas para abastecimento predial em fins não potáveis podem incluir águas pluviais, águas cinzas, águas residuárias, águas subterrâneas, entre outras. Todo o processo inicia-se pela coleta da fonte alternativa de água por meio de uma rede de tubulações que conduz o efluente pelo processo de tratamento e retenção.

Figura 3: Elementos de inspeção instalados próximos aos condutores verticais para manutenção

Para a instalação da rede coletora de águas pluviais, a Norma ABNT NBR 10844 apresenta uma série de recomendações para o dimensionamento, projeto e instalação de calhas e condutores. Nos condutores verticais, recomenda-se a instalação de um ralo hemisférico para evitar uma possível obstrução por galhos e folhas. A ligação entre condutores verticais e horizontais é sempre feita por curvas longas com elemento de inspeção ou caixa de inspeção (Figura 3). Os condutores horizontais devem apresentar uma declividade uniforme de pelo menos 0,5%. Nos condutores horizontais, sempre que houver conexão com outra tubulação, mudanças de direção ou declividade e a cada 20m

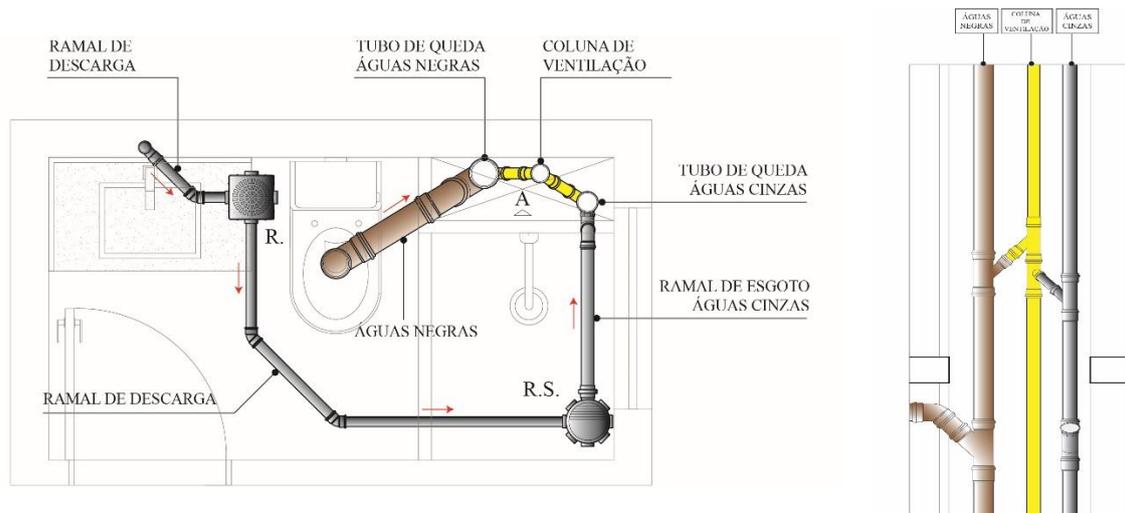
em trechos retilíneos, deve-se prever caixas de inspeção (ao invés de caixas de areia) em tubulações enterradas e dispositivos de inspeção em tubulações aparentes.

Figura 4: Coluna de ventilação do ramal de esgoto de águas cinzas separada.



Apesar da falta de uma norma específica voltada ao reúso de águas cinzas, a ABNT NBR 8160 apresenta os requisitos necessários para dimensionamento, elaboração de projeto e execução de sua rede coletora. Neste caso, as tubulações de esgoto secundário responsáveis pela coleta das águas cinzas devem ser independentes e separadas das tubulações de esgoto primário de vasos sanitários. A rede coletora de águas cinzas deve permitir o rápido escoamento dos despejos, permitir a fácil desobstrução das tubulações e vedar a passagem de gases e animais das canalizações. Para isso, recomenda-se uma declividade constante na rede coletora, respeitando a declividade mínima de 2% para tubulações com diâmetro nominal igual ou inferior a 75mm ou 1% para tubulações com diâmetro nominal igual ou superior a 100mm. Todos os aparelhos hidrossanitários devem ser protegidos por desconectores para evitar o odor causado pela passagem de gases das canalizações do efluente. A ventilação do ramal de esgoto das tubulações de águas cinzas pode ser separada (Figura 4) ou compartilhada (**Erro! Autoreferência de indicador não válida.**) com tubulações de esgoto primário.

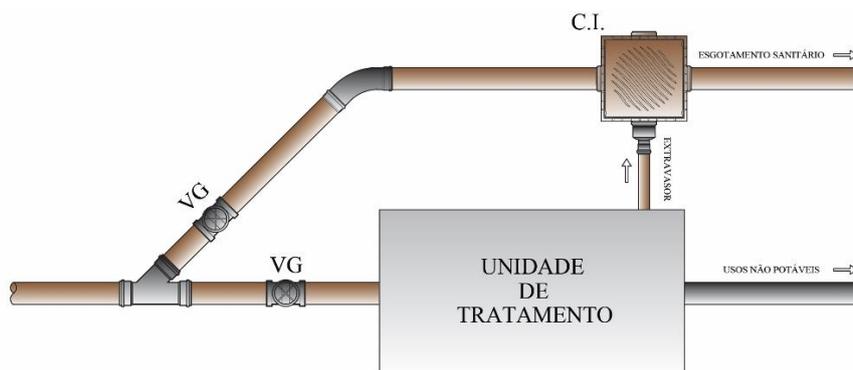
Figura 5: Coluna de ventilação do ramal de esgoto de águas cinzas compartilhada.



Os tubos de queda provenientes de lavanderia devem apresentar soluções que evitem o retorno de espuma nos ambientes sanitários, como por exemplo, a instalação de dispositivos antiespuma. Nos condutores horizontais, sempre que houver conexão com outra tubulação, mudanças de direção ou declividade e a cada 15m em trechos retilíneos, deve-se prever caixas de inspeção em tubulações enterradas e dispositivos de inspeção em tubulações aparentes.

Recomenda-se prever um *by-pass* à montante do sistema de tratamento ou irrigação subsuperficial de água cinza bruta que acesso a uma passagem secundária do efluente não tratado ao sistema de esgotamento sanitário, seja ele público ou privado. A flexibilidade em descartar o efluente não tratado à rede de esgoto permite a manutenção do sistema de tratamento ou controlar o uso de águas cinzas em irrigação subsuperficial. A Figura 6 apresenta um exemplo de configuração hidráulica do *by-pass* de águas cinzas, desviando-se do sistema de tratamento, à rede de coleta de esgoto sanitário, controlado por registros válvula de gaveta.

Figura 6: Exemplo de configuração *by-pass* à jusante do sistema de tratamento de águas cinzas



Dadas as características do efluente bruto, recomenda-se a utilização de válvulas de gaveta com cunha emborrachada para garantir a estanqueidade da rede. Estas válvulas, para tubos PVC/PBA, são disponíveis no mercado brasileiro com diâmetros a partir de 50mm e são utilizadas para o bloqueio do efluente (não são recomendadas para regulagem ou estrangulamento do efluente).

2.3.2. Tratamento

Assim como os poluentes contidos nos efluentes são de natureza física, química e biológica, os processos de tratamento podem ser classificados como tal. Estes processos não atuam isoladamente e as transformações ocorridas em um determinado processo influenciarão diretamente nos demais. Esses processos artificiais de depuração removem esses poluentes e deixam o efluente em condições de padrões de qualidade próprias para o lançamento nos corpos d'água ou para a utilização para fins não potável.

Processo físico

São os processos em que ocorrem a remoção de substâncias fisicamente separáveis dos líquidos ou que não se encontram dissolvidas, ou seja, separam substâncias em suspensão incluindo sólidos grosseiros, sólidos sedimentáveis e flutuantes. Nesse caso qualquer processo de tratamento que envolva um fenômeno físico constituirá um processo físico de tratamento, como: remoção da umidade, filtração, incineração, diluição ou homogeneização.

Processo químico

São os processos que geralmente envolvem a adição de produtos químicos para potencializar os efeitos dos outros processos a fim de potencializar sua eficiência. Dentre os processos químicos comumente utilizados estão a coagulação e floculação, precipitação química, elutriação, oxidação química, cloração e neutralização ou correção do pH.

Processo biológico

São os processos que dependem da ação de micro-organismos presente no efluente para transformação de compostos complexos em processos simples. Em geral tentam reproduzir em ambiente projetado com área e tempo adequado, fenômenos que ocorrem naturalmente na natureza com a máxima eficiência possível. Os principais processos são a oxidação biológica e digestão do lodo.

Outros processos

Além dos processos convencionais, vários outros processos resultados de pesquisas constituem tratamentos avançados, que aliam desenvolvimento tecnológico a máxima eficiência. Dentre eles destacam-se:

- Adsorção por carvão;
- Eletrodialise;
- Biodisco;
- Troca de íons;
- Filtração rápida;
- Filtração por membranas, incluindo micro, ultra e nanofiltração;
- Osmose inversa;
- Leitos Cultivados; e
- *Gas stripping*.

Todos esses processos podem ser classificados em função da remoção de poluentes ou da eficiência das unidades de tratamento, de acordo com o grau de eficiência obtido por um ou mais dispositivos de tratamento. Considerando os usos não potáveis considera-se a classificação em função do grau de redução dos sólidos suspensos e da demanda bioquímica e química do oxigênio, contudo o tratamento

pode ser preliminar, primário, secundário ou terciário. Para as classes de uso final considera-se que o tratamento secundário já garante a qualidade pretendida, conforme observado nos níveis de remoção resumidos na Tabela 8.

Tabela 8: Remoção de poluentes da água de acordo com o tratamento

Nível de tratamento	Poluentes removidos
<i>Tratamento preliminar</i>	Remoção de sólidos grosseiros, gorduras e areia
<i>Tratamento primário</i>	Remoção de mais de 50% de DBO, SS e Coliformes. Baixa eficiência na remoção de vírus e protozoários, mas eficaz na remoção de bactérias e helmintos.
<i>Tratamento secundário</i>	Remoção de organismos patogênicos, nutrientes (N e P) e sólidos suspensos e dissolvidos em torno de 90%.
<i>Tratamento terciário</i>	Remoção quase que completa de organismos patogênicos, alta eficiência na remoção de nutrientes.

Fonte: Jordão, et al. (2014)

A desinfecção é adicionada aos processos de tratamento para remover diversos patógenos como *V. cholerae*, *S. typhi*, *E. coli*, *Giardia* e ainda alguns vírus. Ela pode ser feita por processo químico ou físico, sendo o mais empregado a adição de cloro, cujo teor residual livre deve estar entre 0,5 e 1,5 mg/L. Além deste pode ser utilizado também o peróxido de hidrogênio, ácido peracético, bromo, iodo e permanganato de potássio que constituem outros agentes químicos. Os agentes físicos, por sua vez, apresentam ação referenciada na energia de radiação, destacando-se a radiação UV, a radiação gama, radiação solar e, a nível domiciliar, a fervura.

O nível de tratamento empregado sempre é definido pelo uso final pretendido e o tipo escolhido influenciará no custo final do processo. Diversas tecnologias, comercialmente disponíveis são lançadas no mercado baseando-se em processos naturais de depuração, empregando conceitos simples com técnicas sofisticadas para um ambiente controlado em que a eficiência é exponenciada. De acordo com a fonte de abastecimento pode ser recomendado a técnica de tratamento que alcançará a qualidade pretendida. A literatura internacional recomenda que fontes alternativas de água devem ser separadas e receber tratamento diferenciado, devido as diferenças na concentração dos poluentes presentes (WHO, 1997).

Em caso de aproveitamento de águas pluviais a filtração é suficiente para remover os sólidos menores suspensos e dissolvidos. A matéria orgânica e a alguns compostos químicos também podem ser retidos pelo processo de filtragem. A desinfecção é recomendada para alcançar níveis avançados de tratamento microbiológico. Para tratamento de águas cinzas diversos tratamentos podem ser empregados, de forma que sempre é recomendado a utilização de pré-tratamento, e nessa etapa já se observa a redução de 20 a 30% de DBO e 50 a 60% de sólidos suspensos. Tratamentos secundários, sobretudo os biológicos, conseguem alcançar níveis elevados da retirada de poluentes, incluindo, inclusive, microrganismos patogênicos, não sendo necessário tratamento terciário ou desinfecção para usos não potáveis, tomadas as devidas precauções recomendadas em cada uso (UNEP, 2010).

2.3.3. Reservatório de retenção

O reservatório de retenção tem a função de acumular e armazenar, por um determinado período de tempo, as fontes alternativas de água tratadas para uso não potável. Recomenda-se realizar o

tratamento da água antes de armazená-la no reservatório de retenção. Dessa maneira, as águas pluviais tratadas podem ficar armazenadas por grandes períodos de tempo ao longo do ano sem comprometer sua qualidade, e possíveis impactos ambientais pela contaminação do solo podem ser evitados, caso ocorra uma infiltração em reservatório de águas cinzas.

O reservatório de retenção fornece água à rede de distribuição, e o seu volume é dimensionado em função da vazão da oferta e demanda de água dentro de um determinado período de tempo. A falta de uso da água pode levar a sua estagnação e consequente proliferação de microrganismos que afetam a qualidade da água armazenada. A localização dos reservatórios de retenção tem um grande impacto na qualidade da água armazenada. Além de economizar espaço, reservatórios enterrados apresentam uma melhor condição climática do que reservatórios aparentes. Reservatórios apoiados ao solo podem ficar expostos ao sol, promovendo condições ideais para a proliferação de algas, fungos e bactérias dentro do reservatório, afetando a qualidade da água armazenada.

Existem diferentes tipos e volumes de reservatórios no mercado brasileiro. Entre eles, destacam-se reservatórios de PVC rígido, polietileno ou fibra de vidro para instalação sobre o solo ou enterrados, e horizontais ou verticais. Em geral, esses reservatórios garantem estanqueidade da água, porém são limitados pela sua capacidade de armazenamento. Para tanto, volumes de maiores de armazenamento podem ser obtidos pela conexão de reservatórios por vasos comunicantes no fundo. Reservatórios comerciais enterrados necessitam de cuidados estruturais para resistir à pressão do solo – especialmente sistemas de aproveitamento de águas pluviais, que podem ficar vazias no período de estiagem. Neste caso, recomenda-se seguir as exigências de instalação dos fabricantes.

Reservatórios de retenção também podem ser montados *in-loco* (por partes pré-moldadas de concreto, polietileno ou plástico reforçado com fibras de vidro - PRFV) ou construídos em alvenaria, ferrocimento e concreto armado. Em ambos os casos, é importante zelar pela estanqueidade do reservatório para garantir a eficiência do sistema, qualidade de água armazenada, e evitar infiltrações que prejudiquem sua estrutura e fundação. A Norma ABNT NBR 12217/1994 recomenda que o fundo do reservatório deve ficar acima do nível máximo do lençol freático. Sob o fundo do reservatório construído, deve ser considerado, um sistema de drenagem subestrutural, com alarme em caso de falha da bomba, capaz de descarregar eventuais vazamentos em caixa ou poço de visita.

Os reservatórios de retenção devem prever pelo menos uma abertura de inspeção, com dimensão mínima de 60cm, fechada com tampa inteiraça, dotada de dispositivo de travamento para limpeza e manutenção de equipamentos instalados dentro do reservatório. Para reservatórios construídos, a ABNT NBR 12217 recomenda posicionar a abertura de inspeção junto a uma parede, preferencialmente na mesma vertical da área de equipamentos internos, e elevar as bordas a pelo menos 10cm de altura acima da superfície da cobertura para evitar a queda de matéria dentro do reservatório. Em regiões suscetíveis a enchentes, recomenda-se elevar os pontos de acesso ou utilizar tampas estanques em reservatórios enterrados para evitar uma possível contaminação da água.

Os pontos de entrada e saída de água devem conter dispositivos de proteção contra a entrada de insetos e roedores presentes nas canalizações de drenagem ou esgotamento sanitário para garantir a qualidade da água armazenada. Reservatórios de retenção devem prever extravasores para a liberação do excesso de água para a rede de drenagem, no caso de águas pluviais, ou esgotamento sanitário, no

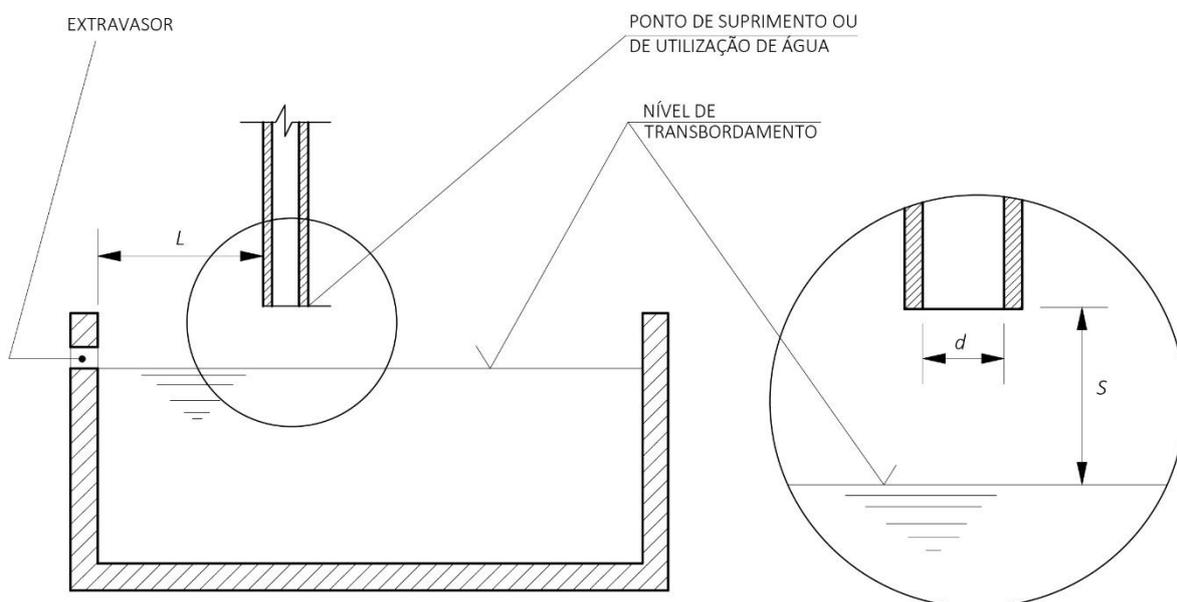
caso de águas cinzas. Dispositivos de prevenção contra o refluxo de água da rede de drenagem (águas pluviais) ou esgotamento sanitário (águas cinzas) também devem ser instalados nos extravasores para evitar a contaminação da água tratada armazenada. Válvulas de retenção podem ser utilizadas para evitar eventuais refluxos e entrada de possíveis insetos ou roedores presentes nas canalizações de drenagem ou esgotamento sanitário.

Reservatórios de retenção podem possuir um duto de ventilação para renovação do ar no interior do reservatório. Nesse caso, o duto de ventilação deve ser protegido com cobertura e tela para impedir a entrada de chuva e de insetos no interior do reservatório. A ventilação nos reservatórios auxilia na qualidade de água armazenada, além de manter a pressão neutra do ar no interior do reservatório.

2.3.4. Alimentação de água potável

Segundo a Norma ABNT NBR 5626, as instalações prediais de água devem ser projetadas de modo que garantam o fornecimento de água de forma contínua nos pontos de utilização da edificação. Para tanto, as instalações hidráulicas de água não potável devem prever meios para garantir o abastecimento contínuo de água em caso de falta de água ou problemas no sistema de tratamento. Neste caso, a complementação de água potável da concessionária local torna-se imprescindível, especialmente em usos internos, como descarga sanitária e lavagem de roupas.

Figura 7: Esquema de separação atmosférica padronizada.



Fonte: ABNT (1998)

A alimentação de água potável pode ser realizada no reservatório de retenção ou no reservatório de distribuição. Para ambos os casos, torna-se imprescindível prever meios para evitar uma possível contaminação da rede de água potável. Para a alimentação de água potável em reservatórios de água não potável, recomenda-se o uso de dispositivos de prevenção de refluxo em pontos de suprimento de água. Segundo a NBR 5626, o dispositivo de prevenção ao refluxo mais efetivo é a separação atmosférica padronizada representada na Figura. A separação atmosférica garante uma distância

mínima entre as paredes do reservatório e altura mínima do ponto de suprimento e o nível de transbordamento do reservatório, apresentadas abaixo na Equação 1.

$$l_{\min} = 3d \quad (1)$$

Sendo que:

h_{\min} (mm)	d (mm)
20	$d \leq 14$
25	$14 < d \leq 21$
70	$21 < d \leq 41$
$2d$	$41 < d$

Onde:

l_{\min} = Distância mínima entre o ponto de suprimento e a parede do reservatório (mm)

d = Diâmetro interno da tubulação de suprimento de água (mm)

h_{\min} = Altura mínima entre o ponto de suprimento e o nível de transbordamento da água no reservatório (mm)

2.3.5. Bomba d'água

A Norma ABNT NBR 12214/1992 apresenta os critérios e especificações necessários para o dimensionamento de bombas hidráulicas. Existem diferentes tipos de bombas hidráulicas no mercado brasileiro. A mais utilizada em sistemas prediais de água são as bombas centrífugas. A bomba centrífuga contém um rotor giratório em eixo que promove uma ação centrífuga contínua capaz de extrair a água do reservatório por sucção e pressurizar a água para usos externos ou promover seu recalque a um reservatório de distribuição.

Em geral, bombas hidráulicas podem ser de superfície ou submersas, dentro do reservatório de retenção. A manutenção de bombas de superfície tende a ser mais simples e barata em relação a bombas submersas. Porém, geralmente necessitam de uma válvula de retenção e uma válvula de pé para evitar a entrada de ar na tubulação de recalque ou de sucção. Bombas autoaspirantes não exigem o uso de válvulas de retenção, pois o acessório já vem instalado dentro do equipamento.

É importante evitar o funcionamento da bomba a seco para evitar seu desgaste e promover a durabilidade da bomba. Bombas d'água podem ser acionadas manualmente utilizando um interruptor (disjuntor) ou elas podem ser controladas por uma chave-bóia. Bombas acionadas manualmente são geralmente utilizadas na alimentação de água direta a usos externos, como irrigação ou lavagem de pisos. A chave-bóia aplica-se ao recalque da água armazenada no reservatório de retenção para o reservatório de distribuição. Neste caso, uma chave bóia instalada no reservatório de distribuição liga e desliga a bomba para controlar o recalque da água. Caso a alimentação de água potável não seja realizada no reservatório de retenção, uma segunda chave-bóia, instalada em paralelo, no fundo do reservatório de retenção, corta o funcionamento da bomba caso esteja vazio.

Uma bomba pressurizadora no sistema predial de água não potável é capaz de promover uma alimentação direta aos pontos de uso externo e indireta ao reservatório de distribuição. Bombas pressurizadoras contém um sensor que ativa o funcionamento da bomba toda vez que houver fluxo de água (fluxostato) ou queda de pressão (pressostato) na rede. O desligamento da bomba ocorre quando o fluxo de água é interrompido, ou a pressão na rede é estabilizada. Neste caso, o uso de chave-bóia é dispensado, e uma torneira bóia padrão instalada no ponto de alimentação do reservatório de distribuição é capaz de controlar a entrada de água não potável.

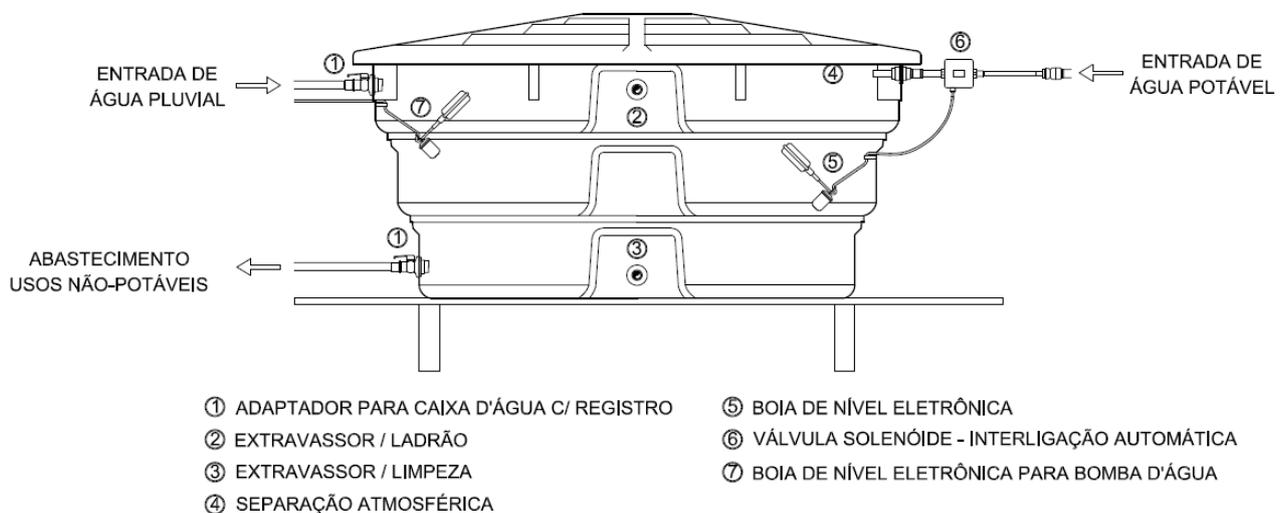
2.3.6. Reservatório de distribuição

Reservatórios de distribuição tem a função de armazenar um volume equivalente ao consumo diário de água não potável para distribuição por gravidade em diferentes pontos de uso da edificação. Os reservatórios de distribuição podem ser comercialmente disponíveis em polietileno, poliéster reforçado com fibra de vidro, fibrocimento e aço inox, ou construídos em concreto armado. Os reservatórios de concreto armado devem ser impermeabilizados de acordo com a ABNT NBR 9574/2008 e executados de acordo com a ABNT NBR 6118/2004.

Uma tubulação de limpeza deve ser posicionada na parte mais baixa do reservatório com uma válvula de registro de maneira que possibilite esvaziá-lo completamente. A ABNT NBR 5626 recomenda a limpeza periódica a cada seis meses, devendo ser utilizado hipoclorito de sódio em solução para desinfecção do reservatório. A tubulação do extravasor deve escoar livremente a um local visível, servindo de altera caso haja alguma falha no abastecimento de água não potável. A recomendação é que o diâmetro do extravasor seja, no mínimo, um diâmetro superior ao diâmetro da tubulação de alimentação.

A Figura 8 apresenta a configuração hidráulica de um reservatório de distribuição que controla a alimentação de água não potável e de água potável pelo uso de chaves-bóia em diferentes zonas de alimentação dentro do reservatório. Em caso de desabastecimento de água não potável, recomenda-se utilizar uma zona de alimentação de água potável de no mínimo 1/3 da capacidade do reservatório.

Figura 8: Exemplo de instalação de um reservatório de distribuição de água pluvial.



2.3.7. Rede de distribuição

O dimensionamento e instalação da rede de distribuição de água não potável deve ser feito conforme especificações da ABNT NBR 5626. A rede de tubulação de distribuição de água não potável deve ser projetada de maneira independente para evitar uma possível conexão cruzada com a rede de tubulação de água potável. O projeto da rede de distribuição de água não potável deve prever soluções para trechos e aparelhos hidrossanitários que caem em desuso. Estagnação de água não potável pode, com o tempo, afetar a qualidade da água. Neste caso, recomenda-se o expurgo de trechos inoperantes e a limpeza e desinfecção de aparelhos hidrossanitários. Em projetos de blocos residenciais, recomenda-se a instalação de vasos sanitários de caixa acoplada com dois pontos de abastecimento,

um de água potável e outro de água não potável, permitindo que o morador escolha o tipo de água a ser utilizada em sua descarga sanitária.

2.3.8. Sinalização e segurança

Segundo a ABNT NBR 5626 a água não potável pode ser utilizada em usos não potáveis, desde que as tubulações de água não potável sejam separadas da rede de água potável. Neste caso, a Norma aconselha a identificação de tubulações, reservatórios e pontos de uso por meio de símbolos ou cores, advertindo usuários com o texto “*ÁGUA NÃO POTÁVEL*” (ABNT, 1998, p.14). Porém, a Norma não apresenta nenhuma legenda de cores ou ilustração relativa à simbologia para identificação do sistema. Em pontos de uso de água não potável recomenda-se uma ilustração para alertar o usuário da água imprópria para consumo (Figura 9).

Figura 9: Símbolo gráfico de água não potável em pontos de uso.



A Norma Regulamentadora NR 26 e a ABNT NBR 6493/1994 apresentam recomendações sobre o emprego de cores para a identificação de tubulações de fluídos. Em ambas as Normas, a cor verde é utilizada em tubulações de água potável e a cor vermelha em tubulações destinadas ao combate a incêndio. Até onde vai a normatização brasileira, não há nenhuma indicação de cor para tubulações das redes de coleta de águas pluviais, águas cinzas e esgoto sanitário, ou para a rede de distribuição de água não potável. Com o intuito de auxiliar na identificação de tubulações prediais para evitar conexões cruzadas, a Tabela 9 apresenta recomendações para a sinalização de tubulações prediais aparentes.

Tabela 9: Recomendações para identificação de tubulações de instalações hidráulicas prediais.

Cor	Tubulação
	Verde Água Potável
	Roxo Água Não Potável
	Vermelho Combate a Incêndio
	Marrom Água Pluvial
	Cinza Água Cinza
	Preto Esgotamento Sanitário

Unidades de controle podem ser integrados ao sistema predial de água não potável como instrumento de alerta visual/sonoro, ou até mesmo como parte de um sistema de automação predial, para auxiliar na gestão predial e monitoramento de desempenho do sistema. Unidades de controle atuam como instrumentos operacionais capaz de alertar usuários e/ou gestores sobre eventuais falhas no sistema como um todo. Em sistemas de reúso de águas cinzas, por exemplo, unidades de controle podem ser utilizadas para monitorar o sistema de tratamento de água. Caso ocorra uma falha no sistema de

tratamento, a unidade de controle pode cortar o abastecimento da água não potável automaticamente por meio de uma válvula solenoide, e emitir um sinal de alerta e comunicação ao usuário ou gestor do sistema, evitando, dessa forma a distribuição de água imprópria a pontos de uso.

2.4. Aproveitamento de Águas Pluviais

Em geral, o aproveitamento de água pluvial é um conceito simples, que envolve a coleta, o armazenamento e o uso de água da chuva como uma fonte primária ou complementar de abastecimento. Aproveitar a água da chuva é uma prática milenar, comum entre diferentes culturas pelo mundo. Não se sabe ao certo sobre sua origem, mas indícios de reservatórios utilizados para o aproveitamento de águas pluviais remontam ao terceiro milênio AC em Baluquistão, Índia (GOULD e PETERSEN, 1999). A partir do Século XIX, esta prática, historicamente desenvolvida por diferentes civilizações, caiu em desuso com a propagação de sistemas públicos de abastecimento, fornecendo água em quantidade e qualidade nas edificações (FEWKES, 2006). No final do Século XX, com questões relacionadas a estresse hídrico e desenvolvimento sustentável, a busca por sistemas alternativos aumentou e, subsídios governamentais de alguns países, alavancou o desenvolvimento de novas técnicas e tecnologias capazes de elevar a qualidade e quantidade de água pluvial utilizada.

Água da chuva é uma água pura, porém, ao entrar em contato com uma superfície de coleta, ela acaba se contaminando com uma série impurezas como poeira, terra, pólen, folhas, galhos, fezes de aves, entre outros. Não é incomum se deparar com sistemas de aproveitamento de águas pluviais sendo utilizadas para usos potáveis em regiões desprovidas de abastecimento público. Porém, em regiões urbanizadas, sua aplicação é limitada a fins não potáveis. Com isso, o planejamento de um sistema de aproveitamento de águas pluviais deve levar em conta a qualidade e a quantidade de água necessária para abastecimento.

2.4.1. Características das águas pluviais

Águas pluviais possuem uma composição química influenciada pelos ciclos geoquímicos e bioquímicos, sendo alterado também por ações antropogênicas. No processo de evapotranspiração, no ciclo hidrológico, ocorre etapas de purificação da água, entretanto ao entrar em contato com gases dissolvidos no ar, como o gás carbônico, o seu pH é logo alterado deixando-a levemente ácida, com o pH em torno de 5,6, conseqüentemente, quanto maior a concentração de gás carbônico dissolvido no ar, menor será o pH da água da chuva. Em geral o pH da chuva é alterado pela presença de ácidos ânions como SO_4^{2-} e NO_3^- , oriundos de processos de combustão, que na atmosfera reagem com o oxigênio dissolvido formando nitrato e sulfato. Além disso a radiação solar e as reações desses gases com a água formam o ácido nítrico e sulfúrico, diminuindo o pH. Estudos revelam que as características das águas pluviais variam de acordo com a região em que é coletada. Alguns parâmetros físico-químicos foram analisados em Brasília-DF, os dados coletados encontram-se na Tabela 10.

Tabela 10: Características das águas pluviais

Parâmetros	Valores detectados
Alcalinidade	21-29 mg/L de $CaCO_3$
pH	6,2 – 6,7

<i>Cor</i>	66-152 UT
<i>Turbidez</i>	1,0-9,68 UT
<i>Sólido dissolvido</i>	32,7-54,3 mg/L
<i>Sólido suspenso</i>	1,0-66,0 mg/L
<i>Sólido total</i>	64-255 mg/L
<i>Condutividade</i>	65,4-108,5 ms/cm
<i>DBO</i>	12,0-28,0 mg/L
<i>DQO</i>	0-150 mg/L
<i>Coliforme fecal</i>	91-365 mg/L
<i>TDS</i>	0-50.000 mg/L
<i>Nitrito</i>	0- 3,0 mg/L
<i>Fósforo Reativo</i>	0-5,0 mg/L
<i>Fósforo total</i>	0-30 mg/L

Fonte: Costa (2013); Barcelos *et al.* (2005)

A cor e a turbidez das águas pluviais são afetadas pela presença de poeira que é incorporada durante a precipitação ou na lavagem das áreas de captação. Segundo Thomas e Rees (1999) as pluviais apresentam baixa dureza, o que não afeta a formação de espuma na utilização de sabões e detergentes, reduzindo assim seu consumo. Por esse motivo pode-se indicar a utilização dessas águas para lavagem de roupas.

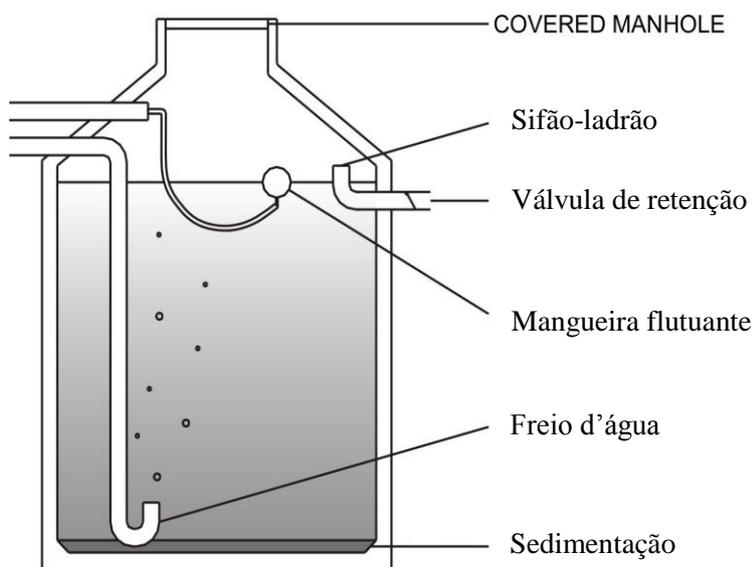
2.4.2. Sistemas de aproveitamento de águas pluviais

A forma mais simples e barata para se aproveitar a água da chuva de telhados, é pelo uso de um barril (bombona) conectado de baixo de um condutor vertical. A extração da água armazenada por ser feita utilizando um balde, ou instalando um registro/torneira no ponto inferior do reservatório. Existe no mercado, reservatórios externos verticais modulares com capacidades podendo chegar a 1000 litros. Uma bomba d'água ou até mesmo lavadora de alta pressão pode ser utilizada para a extração da água armazenada. Porém, para reservatórios de grande porte, recomenda-se uma configuração hidráulica que garanta a qualidade da água armazenada com os seguintes elementos:

- Dispositivo de descarte e/ou filtro
- Freio d'água
- Mangueira flutuante
- Sifão-ladrão
- Ventilação

Figura 10: Configuração hidráulica de reservatórios de retenção (cisternas) de águas pluviais

Acesso coberto



Dispositivos de descarte (*first-flush*) tem a função de separar e descartar as primeiras águas coletadas que contém contaminação atmosférica e impurezas acumuladas na cobertura, evitando sua entrada no reservatório de retenção (cisterna). Nos primeiros milímetros de precipitação, grande parte da contaminação acumulada na cobertura é ‘lavada’ pelo escoamento inicial da chuva, levando consigo grande parte dos poluentes da água pluvial. Em regiões de elevada poluição atmosférica, dispositivos de descarte são capazes de remover a contaminação química presentes nos primeiros milímetros de precipitação.

Dispositivos de descarte removem as impurezas presentes nas primeiras águas contaminadas desviando o escoamento inicial da chuva a um recipiente que, ao encher, é vedado por uma válvula ou bola flutuante para direcionar as águas mais limpas para o reservatório de retenção. O recipiente de acúmulo é esvaziado vagarosamente por meio de um orifício ou registro semi-aberto posicionado em um ponto inferior. Tomaz (2003) apresenta um regra geral para determinar o volume para descarte das primeiras águas pluviais para o município de Guarulhos, separando 1 litro por metro quadrado de área de coleta de água. Dispositivos de descarte podem ser montados utilizando materiais hidráulicos (tubos, conexões, flutuantes, bombonas, etc.) e instalados próximos de condutores verticais. A Norma ABNT NBR recomenda uma limpeza mensal do dispositivo de descarte.

A filtração de águas pluviais consiste na remoção de partículas na água por meio de um material poroso ou em malha. Existem vários tipos de filtros no mercado brasileiro, e diferentes formas de filtragem podem ser aplicadas antes e depois do armazenamento da água pluvial. Recomenda-se a filtração da água pluvial antes de armazená-la no reservatório de retenção (cisterna) para evitar a entrada de grande parte da contaminação encontrada na cobertura (terra, poeira e demais detritos) e evitar a degradação da água pela decomposição de matéria orgânica (folhas, galhos, etc.).

Figura 11: Exemplo de filtros pluviais instalados em condutores verticais (a), condutores horizontais (b), ou dentro do reservatório (c).

(a)

(b)

(c)



Fonte: www.wisy.eu

O uso de filtros pluviais auto-limpantes são recomendados, pois além de serem projetados especificamente para lidar com grandes vazões, eles dispensam limpeza e manutenção constante. A periodicidade de limpeza vai depender do tipo de filtro e malha sendo utilizado, mas em geral, a Norma ABNT NBR 15527 recomenda uma limpeza trimestral para garantir sua máxima eficiência. Os filtros pluviais podem ser instalados em condutores verticais (Figura 11a), em condutores horizontais (Figura 11b) ou dentro do reservatório (Figura 11c). A filtração da água pluvial após armazenamento, pode ser realizada utilizando filtros de malhas finas, cartuchos ou areia e carvão ativado para um ‘polimento’ final da água.

Mesmo após filtração ou descarte das primeiras águas pluviais, é possível encontrar partículas finas ($< 0,3\text{mm}$) e sólidos dissolvidos na água armazenada. Com o tempo, ocorre a decantação das partículas mais densas que a água, que acabam acumulando no fundo do reservatório de retenção (cisterna). Para evitar o turbilhonamento dos sedimentos acumulados no fundo do reservatório, recomenda-se conduzir qualquer tubulação de entrada ao fundo do reservatório, e instalar um freio d’água capaz de promover a suavização da entrada da água. O freio d’água pode ser montado utilizando tubos e conexões, ou ele pode ser adquirido comercialmente.

As impurezas menos densas que a água acumulam-se na superfície da água armazenada. Para tanto, é recomendado a extração da água armazenada no seu ponto mais limpo: logo abaixo da superfície. A instalação de uma mangueira flexível presa a uma bola flutuante é capaz de extrair a água armazenada logo abaixo da superfície. A mangueira flutuante pode ser instalada junto a uma bomba d’água (externa ou submersa) para a extração da água armazenada por sucção. Em alguns casos, um filtro de malha fina pode ser fixado entre o flutuador e a mangueira para promover um polimento final da água antes de sua extração, e preservar a vida útil da bomba.

Para a remoção das impurezas que se acumulam na superfície da água armazenada, recomenda-se dimensionar o reservatório de retenção (cisterna) de maneira que ocorra o transbordamento da água armazenada pelo menos duas vezes ao ano. Em pontos de extravasão de reservatórios, recomenda-se a adoção de um sifão com válvula de retenção para evitar a entrada de gases, insetos e roedores das canalizações de drenagem. O sifão-ladrão pode ser montado utilizando tubos e conexões, desde que uma válvula de retenção seja instalada junto ao extravasor, ou o dispositivo pode ser adquirido pronto no mercado brasileiro provido com válvula de retenção com proteção para evitar a entrada de roedores.

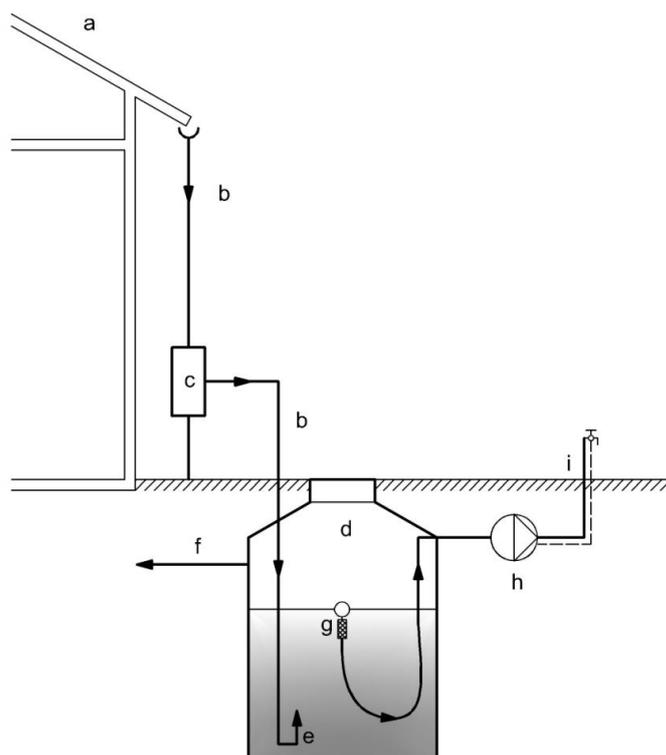
Existem uma série de microrganismos inofensivos dentro do reservatório de retenção que se alimentam de nutrientes presentes na água armazenada. Ao entrar no reservatório, a água pluvial acaba oxigenando a água armazenada. Isso pode ocorrer em função do tipo de filtro sendo usado ou

simplesmente pelo impacto da água junto ao freio d'água. Conseqüentemente, um biofilme de bactérias aeróbias acaba se estabelecendo no fundo do reservatório, junto à sedimentação. Para promover uma atividade biológica benéfica à qualidade da água armazenada, recomenda-se manter as condições aeróbias da água pela instalação de um duto de ventilação no reservatório. Neste caso, o duto de ventilação deve ser protegido com tela mosquiteiro para impedir a entrada de insetos no interior do reservatório.

Sistemas isolados

Sistemas de aproveitamento de águas pluviais isolados das edificações, fazem a distribuição direta em pontos de uso externo por meio de bombeamento (Figura 12). Em geral, sistemas isolados são de baixo custo e de fácil adaptação predial em edifícios existentes. Por serem independentes e possuírem uma rede de distribuição própria, seus usos não potáveis limitam-se a irrigação paisagística, lavagem de pisos, lavagem de veículos e fins ornamentais, como em espelhos d'água e chafarizes.

Figura 12: Sistema isolado da edificação para o aproveitamento de águas pluviais em usos externos.

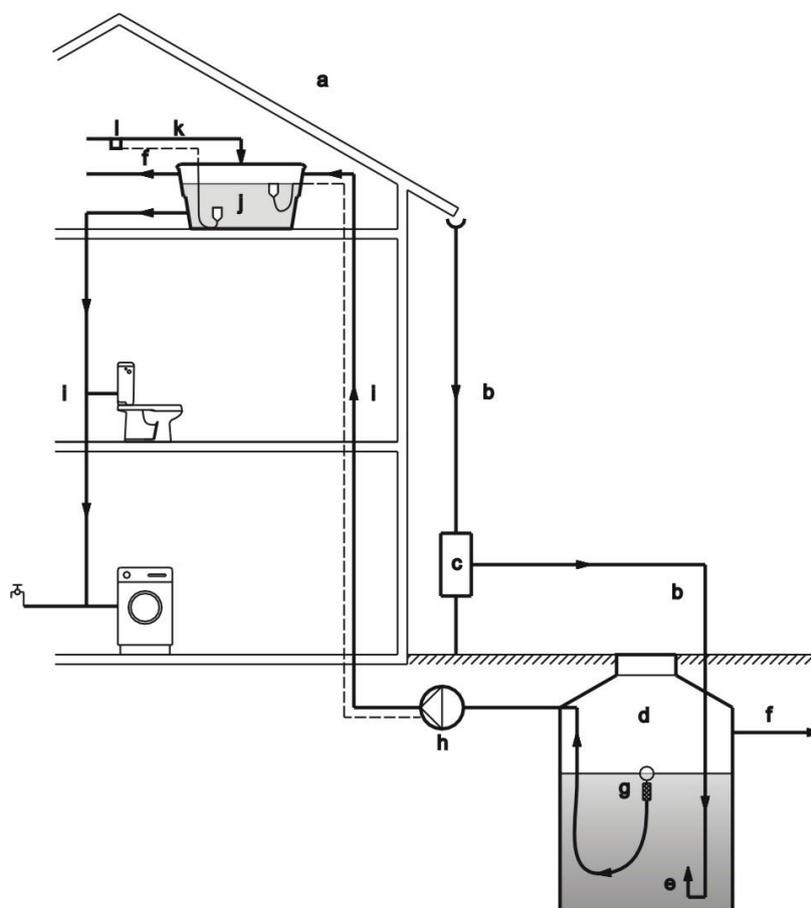


(a) Captação (b) Rede coletora (c) Filtro (d) Reservatório de retenção (cisterna) (e) Freio d'água
(f) Extravasor (g) Mangueira flutuante (h) Bomba d'água (i) Rede de distribuição

Sistemas integrados

Sistemas de aproveitamento de águas pluviais integrados às edificações, promovem a distribuição indireta de água em pontos de usos não potáveis internos e/ou externos (Figura 13). Em geral, sistemas integrados realizam o recalque da água armazenada para um reservatório de distribuição localizado na cobertura da edificação. Por gravidade, pontos de uso interno e externo são alimentados para uso não potável em descarga sanitária, tanque, máquinas de lavar roupa, torneiras de uso geral, torneiras de jardim, entre outros. Alternativamente, a distribuição da água não potável pode ser mista. Para isso, uma bomba pressurizadora é utilizada para o abastecimento direto em pontos de usos externos, e para o abastecimento indireto por meio de recalque ao reservatório de distribuição.

Figura 13: Sistema integrado à edificação para o aproveitamento de águas pluviais em pontos internos e externos.



(a) Captação (b) Rede coletora (c) Filtro (d) Reservatório de retenção (cisterna) (e) Freio d'água (f) Extravasor (g) Mangueira flutuante (h) Bomba d'água (i) Rede de distribuição (j) Reservatório de distribuição (k) Abastecimento de água potável (l) Válvula solenóide

2.4.3. Manutenção

Em sistemas de tratamento de águas pluviais, os principais componentes exigem manutenção de rotina como bombas, válvulas, filtros e ainda, na desinfecção do sistema. A literatura nacional cita essencialmente a frequência de manutenção recomendada pela ABNT NBR 15527, entretanto convém considerar outros estudos internacionais, dentre eles a Organização Mundial de Saúde – WHO, que considera outros prazos quanto a manutenção dos componentes nesse sistema (Tabela 11).

A manutenção de cada componente deve sempre seguir a recomendação do fabricante, entretanto é prudente checar o sistema como um todo. A manutenção da bomba deve ser feita a cada seis meses, verificando a necessidade de limpeza e condições dos rolamentos, retentores e juntas. Em sistemas unifamiliares geralmente não necessitam de uma manutenção constante, ao contrário de sistemas Multifamiliares ou de larga escala.

Os reservatórios devem ser limpos de acordo com a carga de poluentes e isso depende diretamente do local em que as águas pluviais estão sendo armazenadas. Conforme citado anteriormente, a região influencia diretamente na qualidade da água da chuva, seja pela concentração de poluentes presente no ar, seja pelos animais que frequentem o local de captação da água, ao qual depositarão fezes e detritos dada as suas atividades fisiológicas. A limpeza regular dos tanques de armazenamento evita a ocorrência de odor característico após longos períodos de retenção da água.

Tabela 11: *Frequência de manutenção das atividades para sistemas de aproveitamento de águas pluviais.*

Componentes do sistema	ABNT NRB 15527	WHO	Leggett <i>et al</i> (2001)
Limpeza manual de filtros	Limpeza mensal	-	Trimestral
Retrolavagem	Inspeção mensal Limpeza trimestral	-	Três meses ou após cada checagem
Telhado e calhas	Semestral	Semestral	Anual ou semestral
Cartuchos de filtros	-	-	Limpeza a cada três meses ou substituição
Desinfecção por ultravioleta	Mensal	-	Substituição a cada seis meses ou uma vez por ano dependendo do sistema.
Desinfecção por cloro	Mensal	-	Substituição Mensal
Bombas	Mensal	-	Anual
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual	Anual	Anual

A parte da drenagem urbana também não exige manutenção regular. Estudos realizados na Austrália e Alemanha revelam que se a água for utilizada regularmente, evitando o armazenamento a tempo de se desenvolver colônias de microrganismos, a vida útil do sistema se estende por longos períodos.

2.4.4. Análise de risco

Água de chuva é relativamente limpa e livre de impurezas. Os poluentes são adquiridos principalmente na captação e no armazenamento posterior, contudo águas pluviais é uma fonte alternativa de maior qualidade e pode ser utilizada para diversos fins. Os principais riscos ambientais envolvidos nos sistemas de aproveitamento de águas pluviais estão relacionados a falta de manutenção dos componentes que podem diminuir o tempo de vida útil dos mesmos ou promover o entupimento das tubulações e dos filtros. A limpeza regular das calhas evita além do acúmulo excessivo de fezes de animais e restos de vegetais, que a água coletada adquira um nível de contaminação superior ao esperado, uma vez que são as fezes acumuladas em períodos secos. A escolha do material do telhado das residências também influencia na qualidade da água captada, pois metais pesados podem ser lixiviados durante a chuva afetando suas características. Os reservatórios de retenção (cisterna) devem conter telas de mosquiteiros em pontos não lacrados para impedir o acesso por mosquitos do gênero *Anopheles* transmissor de diversas doenças tropicais graves, dentre elas a dengue e a Zica, evitando, dessa forma, a postura de ovos do mosquito.

2.5. Reúso de Águas Cinzas

O reúso de águas cinzas é um conceito que está relacionado à reutilização de efluentes domésticos com baixo grau de contaminação, como uma alternativa conservacionista para a redução do consumo de água potável em uma edificação. O reúso de água remonta à Idade do Bronze (3200 – 1100 AC) pelo uso de efluentes domésticos em irrigação pelas civilizações Minóica, Mesopotâmica e do Vale do Indo (ANGELAKIS e SNYDER, 2015). Historicamente, a reutilização das águas do banho ou da lavagem de roupas, está diretamente relacionada ao acesso limitado de água, como Londres do Século XVIII (WORSLEY, 2011) ou até mesmo por racionamento, como na segunda guerra mundial (BBC, 2004). Foi apenas na década de 80, com questões relacionadas a estresse hídrico e sustentabilidade que o desenvolvimento tecnológico voltado ao reúso de água cinzas em edificações veio à tona no mercado internacional com diferentes alternativas de tratamento do efluente doméstico.

2.5.1. Características das águas cinzas

As águas cinzas apresentam características específicas e isso depende da qualidade da água que é fornecida, do tipo da rede de distribuição e das atividades de consumo dos moradores da residência, que variam de acordo com os hábitos de cada indivíduo. A reutilização de águas cinzas sem o tratamento adequado pode ser prejudicial à saúde dos usuários, uma vez que as águas cinzas contêm altos índices de fósforo contido em sabões e detergente, cloreto de sódio e fosfatos da urina, sulfatos, carbonatos, ureia, amoníaco e ácido úrico, gorduras, restos de carnes e fibras vegetais, areia, plásticos, cabelos, unhas, mucos e células epiteliais, vermes, vírus, bactérias, leveduras entre outros. A carga orgânica pode favorecer o aumento das colônias de microrganismos decompositores e diminuir o nível de oxigênio dissolvido e está presente em concentrações variáveis, dependendo do local de coleta, seja banheiro, cozinha ou lavanderia.

Tabela 12: Características da água distribuída no DF

Parâmetros	Cor	Turbidez	Cloro residual livre	Coliformes totais	E. coli
Índices alcançados	< 15 UC	< 5 NTU	0,2 a 2,0 mg/L	Ausência em 95% das amostras	Ausência
Portaria MS nº 2914/2011	15 uH	Turbidez ≤ 1,0 uT	≤ 0,4 a 3,0 mg/L	Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês.	Ausente

Fonte: CAESB (2016); BRASIL (2011)

Para sua caracterização são utilizados parâmetros físico-químicos e biológicos, que indicarão como deve ser realizado o tratamento. O conhecimento dos constituintes químicos determina os limites que devem ser recomendados para o uso não potável. Já os microrganismos patogênicos que provocam riscos à saúde humana são mais difíceis de se quantificar. A presença desses poluentes começa a ser quantificada no abastecimento inicial, antes de se tornarem águas servidas. A água que é distribuída no DF apresenta um padrão de qualidade de alto nível. Para o cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA) são considerados oito parâmetros: cor, turbidez, nitrogênio amoniacal, ferro, cloreto, pH, carbono total e coliformes totais. Esse índice varia de 0 a 100 classificando a água desde imprópria até ótima. Todas as fontes de abastecimento do DF enquadram-se no nível bom ou ótimo, atendendo as exigências da Portaria MS nº 2914/2011. Os parâmetros analisados apresentam dados contidos na Tabela 12.

Os níveis de poluentes encontrados nas águas após o uso serão determinados pelas atividades desenvolvidas pelos usuários. O local de coleta das águas cinzas influenciará na quantidade e qualidade de poluentes. Componentes químicos utilizados no banheiro, lavabos e lavanderias como sabão, xampu, tinturas de cabelo, pasta de dentes e produtos químicos de limpeza, fornecem fosfatos e nitritos que influenciam diretamente no odor do efluente e na coloração. Por esses motivos as águas

cinzas apresentam a coloração acinzentada, e dentro de um período de 48 h de armazenamento sem tratamento começam a apresentar odor fétido, o que indica a presença de compostos orgânicos originados essencialmente no banho e na lavagem de mãos.

A presença de produtos químicos interfere diretamente na temperatura do efluente e conseqüentemente, no pH. A temperatura afeta a saturação do oxigênio dissolvido na água, as taxas metabólicas e as reações químicas. As águas provenientes do banho podem ter temperatura elevadas, podendo chegar a 56 °C, esse fator afeta diretamente a reprodução de microrganismos. As águas cinzas provenientes da lavagem de roupas geralmente são bem alcalinas e apresentam pH em torno de 9, enquanto que as águas cinzas dos banheiros variam entre 8 e 9,5.

A turbidez é gerada pela presença de sólidos suspensos, que se encontram principalmente nas fontes vindas da cozinha. Interferem na passagem da luz através da água tornando-a esteticamente desagradável, além disso o material particulado pode impedir a ação de alguns agentes desinfetantes como o Ultravioleta (UV) e principalmente a reação com o cloro, desinfetante mais utilizado no Brasil. A turbidez encontrada nas águas cinzas é maior registrada nos pontos de coleta do banheiro.

Tabela 13: *Parâmetros físico-químicos e microbiológicos encontrados em águas cinzas.*

Parâmetros	Banho	Máquina de lavar roupa	Lavatório de banheiro	Composta
Temperatura (°C)	56	25	24	-
Dureza (mg/L CaCO ₃)	24	12	20	18
Oxigênio consumido (mg/L)	5	0	3,4	3,2
Oxigênio dissolvido (mg/L)	6	7	8	9
Alcalinidade total (CaCO ₃)	55	23	71	56
Cloretos (mg/L)	12,5	37,5	20	20
pH	8,06	9,12	9,37	8,8
Nitrogênio amoniacal	Presente	Ausente	Presente	Presente
Turbidez (UT)	283	19	355	182
DBO (mg/L)	59	25	65	37
DQO (mg/L)	539,5	72	427,6	330,3
Sólidos totais (mg/L)	284	137	405	254
Sólidos suspensos (mg/L)	135	41	325	111
Óleos e graxas (mg/L)	163,8	<10	136	95,5
Sulfeto (mg/L)	1,9	<0,2	2,5	0,8
Sulfato total (mg/L)	41	15	<2	11
Fósforo total (mg/L)	1,1	0,61	1,5	1,2
Condutividade elétrica (µS/cm)	168,7	91,7	113,6	128,6
Coliformes termotolerantes (P/100 mL)	23	43	43	43
Coliformes totais (P/100 mL)	150	1100	>2400	1100

Fonte: Alexandre *et al*, 2013

A remoção de nitrogênio também é realizada por intermédio de bactérias, necessitando de diferentes espécies e metabolismos anaeróbio, aeróbio e anóxico. O fósforo geralmente é removido por adsorção, sendo depositado no lodo. Devido a variação dos valores de poluentes de uma região para outra, convém considerar estudos realizados na região a qual se pretende instalar o sistema de tratamento. Com isso em mente, os dados quali-quantitativos das águas cinzas encontram-se na Tabela 13.

2.5.2. Sistemas de reúso de águas cinzas

A forma mais simples de fazer o reúso de águas cinzas, é pelo acúmulo das águas da máquina de lavar roupas em um barril (bombona), utilizando um balde para sua extração em lavagem de pisos. A prática do ‘tonel & balde’ é muito comum em casas de média a baixa renda e é popularmente realizado em dias de faxina – aproveitando a água cinza da máquina no mesmo dia, para evitar a degradação do efluente não tratado.

Figura 14: Lavadora de alta pressão comercializada para o reúso de águas cinzas de máquinas de lavar roupas acumuladas em barril.



Fonte: www.karcher.com.br

Diferentes artifícios podem ser agregados ao barril para facilitar a extração da água cinza acumulada, como o uso de uma base com rodas para movimentação do barril, a instalação de uma torneira ou até mesmo uma mangueira no ponto inferior do reservatório. Recentemente, surgiu no mercado brasileiro um pequeno sistema que faz a extração da água cinza acumulada por meio de uma lavadora de alta pressão conectada a um barril por meio de uma mangueira com um filtro de malha em linha para remoção de detritos e evitar um possível entupimento do esguicho (Figura 14).

Sistemas isolados

Sistemas de reúso de águas cinzas isolados das edificações, fazem a distribuição direta a pontos de uso externo por gravidade ou bombeamento. Em geral, existem dois tipos de sistemas: i) sistema de desvio de água cinza bruta; e ii) sistema pressurizado de água cinza tratada. Sistemas de desvio de água cinza bruta limita-se à irrigação subsuperficial, enquanto sistemas pressurizados de água cinza tratada podem ser utilizadas na irrigação por aspersão e na lavagem de pisos.

Sistemas de desvio de águas cinzas funcionam com mecanismos simples para direcionar águas cinzas não tratadas para irrigação subsuperficial. De acordo com NSW (2008), os sistemas de desvio apresentam os seguintes elementos básicos:

- Registros para controle do desvio do efluente para irrigação ou esgotamento sanitário;
- Filtro grosso e/ou fino para remoção de detritos;
- Acumulador de efluente com extravasor;
- Rede de distribuição em PVC perfurado ou em mangueiras porosas para irrigação subsuperficial em leitos drenantes;
- Caixas de passagem e elementos de inspeção em junções e em pontas de rede.

O governo australiano apresenta orientações para o reúso de águas cinzas destinadas a irrigação subsuperficial (NSW, 2008). Em alguns casos, é possível direcionar águas cinzas para irrigação subsuperficial diretamente por ação da gravidade (Figura 15: *Sistema de desvio de águas cinzas para irrigação subsuperficial por gravidade* Figura 15). Em alguns casos, torna-se necessário o uso de bombas d'água para a distribuição de águas cinzas em locais com altura manométrica desfavorável.

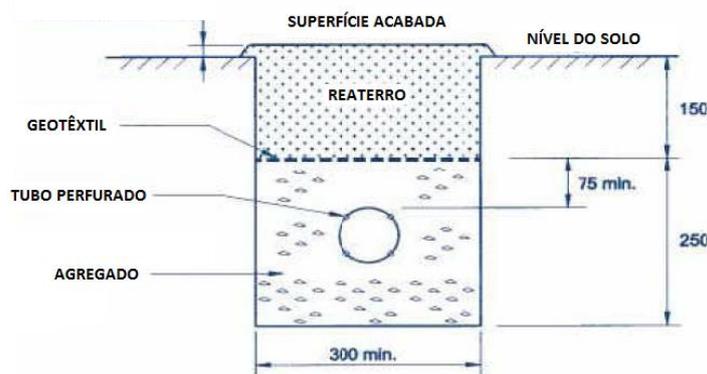
Figura 15: Sistema de desvio de águas cinzas para irrigação subsuperficial por gravidade



Fonte: NSW (2008)

De acordo com as diretrizes australianas, a tubulação destinada à irrigação subsuperficial deverá ser enterrada pelo menos 10 cm abaixo do nível do solo, com uma distância mínima de 1 metro de outras tubulações, divisas, edifícios, piscinas ou reservatórios enterrados de água potável. A Norma ABNT NBR 13969 apresenta orientações para a implantação de valas de infiltração para disposição final de águas residuárias, que também podem ser adotadas como forma de distribuição saturada de águas cinzas para irrigação subsuperficial.

Figura 16: Corte transversal detalhado de uma vala de infiltração para irrigação subsuperficial



Fonte: DHWA (2002)

A Figura 16 apresenta o corte tra... a vala de infiltração para irrigação subsuperficial com a utilização de tubos perfurados para distribuição de águas cinzas não tratadas. O desvio de águas cinzas para irrigação subsuperficial oferece uma opção produtiva ao reúso, e não tem a função de disposição final de efluentes.

O reúso pressurizado de águas cinzas em irrigação ou em lavagem de pisos requer tratamento prévio para evitar uma possível contaminação de usuários pelo contato direto com aerossóis. Unidades de

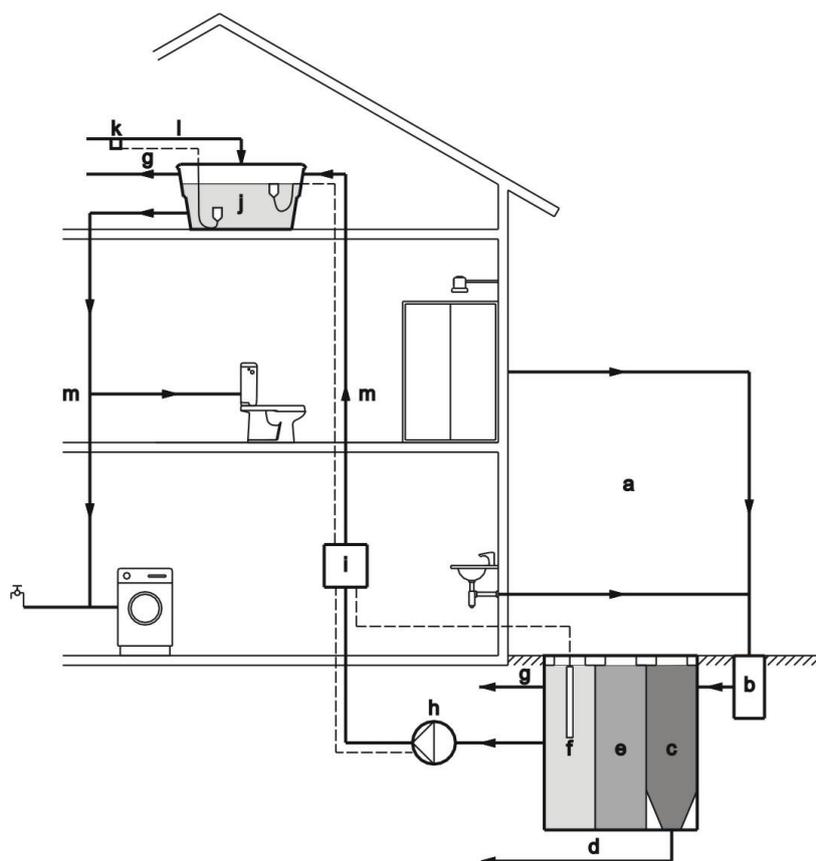
tratamento de águas cinzas disponíveis no mercado brasileiro são vendidos com dimensões pré-determinadas de acordo com o volume estimado que será tratado (Alpina, 2010; Fito, 2010; Mizumo, 2010). Em geral, são utilizados processos de tratamento físico, químico e/ou biológico para remoção de impurezas em águas cinzas. De acordo com Li *et al.* (2010), a maioria dos sistemas são precedidos de um filtro grosso para evitar o entupimento, e incluem processos de desinfecção para atender aos padrões microbiológicos exigidos. Uma unidade de controle pode ser instalada para bloquear o abastecimento em casos de níveis inadequados de tratamento ou mal funcionamento do sistema.

Alternativamente, águas cinzas podem ser tratadas por meio de sistemas alternativos utilizando leitos cultivados. Leitos cultivados são tanques impermeabilizados, preenchidos por substratos, plantados por vegetais que possam viver em ambiente constantemente saturado e suportam grandes cargas de poluentes (VYMAZAL, 2010). A interação planta-substrato junto a microrganismos presentes nas raízes e efluentes, que irá ser tratado, promove a depuração adequada para reúso para diferentes fins (EPA, 1995). O dimensionamento do leito cultivado se baseia na oferta de água produzida. A vazão deve ser controlada e de forma intermitente. Este processo de tratamento é capaz de alcançar níveis elevados de retirada de bactéria *E. coli*, chegando a 99%.

Sistemas integrados

Sistemas de reúso de águas cinzas integrados às edificações, promovem a distribuição indireta de água em pontos de usos não potáveis internos e/ou externos (Figura 17). Em geral, sistemas integrados realizam o recalque da água tratada para um reservatório de distribuição localizado na cobertura da edificação. Por gravidade, pontos de uso interno e externo são alimentados para uso não potável em descarga sanitária, torneiras de uso geral, torneiras de jardim, entre outros. Alternativamente, a distribuição da água não potável pode ser mista. Para isso, uma bomba pressurizadora é utilizada para o abastecimento direto em pontos de usos externos, e para o abastecimento indireto por meio de recalque ao reservatório de distribuição.

Figura 17: Sistema integrado à edificação para o reúso de águas cinzas em pontos internos e externos.



(a) Rede coletora (b) Filtro grosso (c) Sedimentação (d) Expurgo de sedimentos (e) Tratamento biológico (f) Reservatório de retenção e desinfecção (g) Extravasor (h) Bomba d'água (i) Unidade de Controle (j) Reservatório de distribuição (k) Válvula solenóide (l) Abastecimento de água potável (m) Rede de distribuição

2.5.3. Manutenção

Os sistemas de tratamento de águas cinzas são projetados para terem o mínimo de intervenção, de um modo geral apenas a desinfecção é que exige que seja checado, sobretudo quando se trata do processo químico. Fora isso, apenas os filtros necessitam de limpeza em periódica entre 3 a 12 meses, dependendo do tipo de filtro. A recomendação sempre é observar o prazo do fabricante.

Tabela 14: *Frequência de manutenção de sistemas de reúso de águas cinzas*

Componentes do sistema	Frequência de manutenção
Limpeza manual dos filtros	Depende do tipo de filtro, podendo ser semanal ou mensal
Retrolavagem	Checagem anual e limpeza
Desinfecção química	Trimestral ou anual, dependendo do tipo de sistema
Bombas	Anual

Fonte: LEGGETT *et al.* (2001)

De um modo geral, a maioria dos sistemas não exigem manutenção manual com frequência, porem aqueles que precisam devem oferecer aos usuários um manual de funcionamento que deve incluir:

- Procedimentos de isolamento de emergência;
- Procedimentos de ligar e desligar o sistema;

- O que fazer em caso de acidentes;
- O que fazer em caso de alterar a composição das águas cinzas pelo uso de produtos químicos não cotidianos;
- Como interpretar os indicadores de alarmes;
- Quando e como resolver manutenção e tarefas de rotinas;
- Onde obter os componentes consumíveis;
- SAC - Serviço de atendimento ao consumidor ativo.

Os usuários que instalarem um sistema desses em suas casas devem estar cientes de que alterações foram feitas nas instalações hidráulicas e de como o sistema funciona. Para isso é necessário que a empresa forneça um treinamento prévio aos moradores ou disponibilize um técnico próprio que fique disponível e se responsabilize pela manutenção. Mesmo em caso de treinamento dos próprios moradores ou pessoa indicada pela família para operar o sistema, a empresa deve oferecer um serviço de checagem anual para averiguar a eficiência do sistema, sobretudo para verificar se as atividades biológicas envolvidas no sistema não promoveram uma proliferação de micróbios além do esperado.

2.5.4. Análise de risco

A prática do tonel & balde é considerado, pelo governo australiano de baixo risco, pois a água cinza acumulada da máquina de lavar roupas apresenta pequenas quantidades de contaminantes, e seu pequeno volume, acumulado apenas por um dia, não representa risco ao meio ambiente pela contaminação do solo ou corpos hídricos (NSW, 2008).

O reúso pressurizado de águas cinzas não tratadas podem apresentar um risco à saúde do usuário, como por exemplo, o sistema que faz a extração da água cinza acumulada por meio de uma lavadora de alta pressão conectada a um barril. O contato dos aerossóis gerados pela lavadora de alta pressão nos olhos, boca e nariz do operador pode representar um risco de contaminação. Apesar do sistema apresentar um filtro em malha, o sistema não realiza a desinfecção da água. Uma alternativa, seria a inclusão de um clorador flutuante dentro do barril para a desinfecção da água cinza acumulada. Porém, isso exige, de modo geral, a lavagem do reservatório com hipoclorito de sódio e a troca periódica de pastilhas de cloro no flutuador.

O sucesso do perfeito funcionamento dos sistemas de reúso de águas cinzas dependerá da manutenção do sistema. Uma vez instalado, o sistema torna-se responsabilidade do proprietário do imóvel ou condomínio para garantir que ele seja gerenciado em conformidade com as instruções do fabricante. O proprietário também deve garantir que o sistema de águas cinzas seja mantido em bom estado de funcionamento, em todos os momentos. Qualquer defeito deve ser corrigido tão logo torna-se aparente.

Alguns sistemas de águas cinzas requerem manutenção regular, por exemplo, a limpeza semanal ou substituindo filtros, retirada de lodo, lavagem de reservatórios com hipoclorito de sódio em solução, desinfecção das tubulações de trechos inoperantes, desvio das águas cinzas dos sistemas de irrigação para o esgoto na estação chuvosa, entre outros.

Os poluentes retidos nos sistemas produzem como resíduo o lodo, que possui um volume de massa variável de acordo com a vazão de efluente que foi tratado. A composição do lodo também é variável

e pode possuir matéria orgânica, nutrientes, organismos patógenos e, também, metais pesados, produtos químicos orgânicos e ainda substâncias tóxicas. Cerca de 80% da sua composição é matéria orgânica e depois do tratamento adequado pode ser utilizado como fertilizante para o solo, também por haver a presença de nutrientes como o fósforo e nitrogênio, importantes na nutrição vegetal. Em geral o lodo seco não é considerado perigoso quanto a transmissão de doenças, porém a presença de ovos de helmintos exigirá um manuseio com mais cuidado. A presença de substâncias tóxicas em quantidades elevadas também não ocorre, uma vez que essas são oriundas de esgotos industriais.

Realização da manutenção (por exemplo, limpeza de filtros, retirada do lodo etc) exige do dono da casa assegurar que a pessoa que desenvolver a atividade tome cuidados básicos como:

- Evitar o contato com a água direto com a pele através do uso de luvas de borracha e roupas de proteção;
- Certificar-se que cortes ou feridas estejam adequadamente protegidas de qualquer contato com as águas cinzas;
- Certificar-se que áreas do corpo que entrem em contato com águas cinzas sejam lavadas imediatamente;
- Orientar para não utilizar a água tratada para lavar rosto, boca ou mãos;
- Orientar para não fumar no local durante a manutenção; e
- Não comer até que as mãos sejam lavadas cuidadosamente.

3. Análise de Viabilidade Técnica

Para a análise de viabilidade técnica, foi realizado um levantamento quantitativo e qualitativo em oito Regiões Administrativas (RA's) do Distrito Federal para coleta de dados primários das principais características tipológicas de edificações residenciais de acordo com sua faixa de renda familiar. Com isso, foi possível identificar as principais configurações hidráulicas existentes e apresentar possíveis soluções para adaptação predial pela instalação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas em edificações existentes.

3.1. Levantamento quantitativo e qualitativo

A abordagem adotada para avaliar o consumo doméstico de água foi através da seleção de Regiões Administrativas (RA's) estatisticamente representativas em termos do consumo de água, tipologia residencial e faixa de renda familiar. Com isso em mente, foram selecionadas duas RA's por faixas de renda em salários mínimos (s.m.): i) renda baixa - 1 a 5 s.m.; ii) renda média baixa - 5 a 10 s.m.; iii) renda média alta - 10 a 20 s.m.; e iv) renda alta - acima de 20 s.m.

As RA's Lago Norte e Lago Sul foram selecionadas para análise devido aos seus aspectos semelhantes (casas que variam de 220 m² a 400 m²), índice elevado de consumo de água (12,9 - 20,4 m³/mês/pessoa), e renda alta entre ~ 21,7 e ~ 26,5 salários mínimos, respectivamente. Brasília e Águas Claras foram selecionados para análise em função de sua tipologia residencial composta por prédios de apartamentos (de 60 m² a 120 m²) com rendimento mensal de ~ 12.05 s.m. As RA's Taguatinga e Candangolândia foram selecionados principalmente em função de sua tipologia dominante de casas, com áreas construídas que variam entre 60 m² e 120 m², e renda familiar entre ~ 8,3 e ~ 9,6 salários mínimos. Ceilândia e Samambaia detém o maior número de habitantes do DF e são, portanto, capaz de fornecer uma amostra representativa significativa para análise, contendo, predominantemente, casas com áreas construídas abaixo de 60 m² e uma baixa renda de ~ 2,41 e ~ 2,89 s.m. respectivamente.

3.1.1. Renda familiar

Durante a entrevista, moradores foram perguntados sobre a renda bruta de sua residência. A Tabela 15 apresenta os resultados obtidos por meio do levantamento quantitativo. No total, 12% dos entrevistados não sabiam ou se recusaram a fornecer sua renda mensal bruta. Dos que responderam, 2% das residências foram classificados como pobres (menos de R\$ 800 mensais), 23% apresentaram uma renda baixa (entre R\$ 800 e R\$ 4,000 por mês), 20% dos entrevistados tinham uma renda média baixa (entre R\$ 4,001 e R\$ 8,000), 18% uma renda média alta (entre R\$ 8,001 e R \$ 16.000) e 26% das habitações tinham um renda alta (acima de R\$ 16.000 por mês).

Tabela 15: Renda média por Região Administrativa

Região Administrativa	Renda Familiar Média			Renda Per Capita Média		
	s.m.	R\$/mês	σ	s.m.	R\$/mês	σ
Lago Sul / Lago Norte	27,45	21.630	1,8	7,46	5.878	1,2
Brasília / Águas Claras	20,28	15.980	3,4	6,86	5.405	2,0
Taguatinga / Candangolândia	11,78	9.283	3,1	3,19	2.514	1,3
Ceilândia / Samambaia	4,35	3.428	2,1	2,27	1.788	1,9

s.m. - salário mínimo; σ - desvio padrão

3.1.2. Número de moradores

No geral, observou-se um número médio de moradores equivalente a 4 pessoas por residência. Casas de renda alta, renda média baixa e renda baixa apresentaram uma média de 5 moradores por residência, enquanto apartamentos de renda média alta apresentaram, em média, 3 moradores por residência. Observou-se que a maioria das residências de renda alta e média alta tem empregadas para auxiliar nos serviços domésticos da moradia. Em alguns casos, as empregadas dormem na residência, em outros casos, elas retornam ao seu lar todos os dias. Em ambos os casos, as empregadas foram contabilizadas como moradores da residência, por contribuírem significativamente no consumo doméstico de água. Em residências de renda alta, foi comum encontrar caseiros ou jardineiros prestando serviços de manutenção e jardinagem. Em geral, a grande maioria prestavam serviços com uma frequência aleatória e, portanto, não foram contabilizados na população da edificação. Poucas residências de renda média baixa tinham empregadas domésticas e nenhuma habitação de baixa renda apresentou uma empregada.

3.1.3. Tipologia residencial

Em geral, as residências das RA's Lago Sul e Lago Norte apresentaram características de construções térreas (65%) ou sobrados de dois pavimentos (35%) com uma área construída média equivalente a 427m². Em média, os lotes das RA's Lago Sul e Lago Norte contém uma área equivalentes a 1738m² com áreas verdes jardins de 1.364m² e projeções de 373m². Quase todas as casas possuem uma edícula com uma churrasqueira ou espaço gourmet próxima a uma piscina (volume médio de 53m³).

Todas as residências analisadas nas RA's Brasília e Águas Clara eram apartamentos, com uma área construída média de 91m². Brasília e Águas Claras possuem diferentes regras urbanísticas e, por isso, seus blocos residenciais diferem em tamanho e forma. Devido ao planejamento urbano de Brasília, o estoque de edifícios residenciais consistiu em edifícios predominantemente horizontais com 4 ou 6 andares elevados a *pilotis*. Com uma área média de telhado de 1095m², o número de apartamentos por andar varia de 8 a 16 unidades. O estoque de edifícios residenciais de Águas Claras, por outro lado, eram predominantemente verticais variando entre 12 a 25 andares de altura. A maioria dos edifícios residenciais contém 4 apartamentos por andar, com uma área de cobertura média de 434m². Os prédios de apartamentos de Brasília e Águas Claras contém pisos e jardins comunais em seu nível térreo.

A maioria das residências de Taguatinga e Candangolândia analisadas eram casas térreas (86%); o restante eram sobrados de dois pavimento (14%). Em Candangolândia, todas as casas analisadas eram geminadas. Com uma área construída média de 141 m², as casas tinham uma área de cobertura média equivalente a 130m². A grande maioria das casas não apresentavam jardins em seu quintal, e sim pátios com pisos impermeabilizados com área média de 80m². Poucas residências de Taguatinga e Candangolândia continham uma piscina (3,5%), com um volume médio de 35m³. A maioria das residências analisadas em Ceilândia e Samambaia eram casas térreas (85%) com uma área construída média de 110m². Tendo uma área de cobertura média de 97 m², a maioria dos lotes apresentavam quintais com uma área impermeabilizada de 74m². Nenhuma piscina foi encontrada nessas Regiões.

A Tabela 16 apresenta os resultados do levantamento, apresentando um resumo das principais tipologias residências do Distrito Federal.

Tabela 16: Tipologias residenciais por faixas de renda.

Residências de renda alta		Residências de renda média alta	
			
Fonte: Google™ Earth		Fonte: Google™ Earth	
Região Administrativa	<i>Lago Norte</i> <i>Lago Sul</i>	Região Administrativa	<i>Brasília</i> <i>Águas Claras</i>
Tipologia residencial	Casas de alto padrão	Tipologia residencial	Edifício em alturas
Número de moradores	4.6 pessoas	Número de moradores	3.2 moradores
Renda média familiar	R\$ 9.600	Renda média familiar	R\$ 7.600
Número de banheiros	6	Número de banheiros	3
Área construída média	427 m ²	Área construída média	91 m ²
Área de cobertura média	373 m ²	Área de cobertura média	765 m ²
Área de jardim/quintal	1,364 m ²	Área de jardim/quintal	---
Volume de piscina	53 m ³	Volume de piscina	---
Residências de renda média baixa		Residências de renda baixa	
			
Fonte: Google™ Earth		Fonte: Google™ Earth	
Região Administrativa	<i>Taguatinga</i> <i>Candangolândia</i>	Região Administrativa	<i>Ceilândia</i> <i>Samambaia</i>
Tipologia residencial	Casa	Tipologia residencial	Casa de baixo padrão
Número de moradores	4.6 moradores	Número de moradores	4.5 moradores
Renda média familiar	R\$ 4.000	Renda média familiar	R\$ 3.200
Número de banheiros	3	Número de banheiros	2
Área construída média	141 m ²	Área construída média	110 m ²
Área de cobertura média	130 m ²	Área de cobertura média	97 m ²
Área de jardim/quintal	80 m ²	Área de jardim/quintal	74 m ²
Volume de piscina	35 m ³	Volume de piscina	---

3.2. Adaptação Predial

A instalação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e de reúso de águas cinzas em novas edificações são facilmente executadas de maneira que a rede de distribuição de água não potável esteja separada da rede de água potável e, no caso de sistemas de reúso de águas cinzas, a rede de coleta de águas cinzas seja separada da rede de esgotamento sanitário. Porém, considerando o estoque residencial existente no Distrito Federal, este estudo avalia possíveis soluções voltadas à adaptação predial para a implementação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas.

3.2.1. Sistemas de aproveitamento de águas pluviais

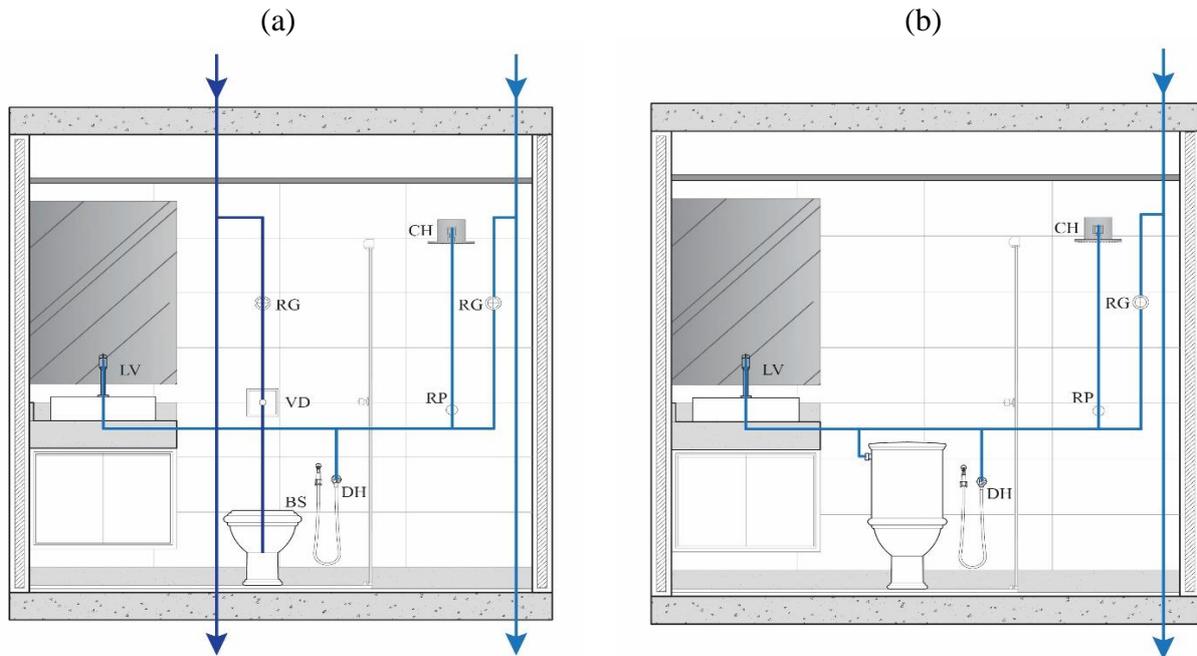
Verifica-se que, por um lado, a grande maioria das residências unifamiliares não contém uma rede de coleta de águas pluviais, por isso, a instalação de calhas, tubos de queda, coletores e rede de drenagem se torna necessário. A composição de cada tubulação de coleta de águas pluviais foi determinada de acordo com a área mínima de captação necessária para suprir a demanda, reduzindo assim os custos de instalação desnecessários e otimizando os sistemas de captação de água da chuva. De modo a simplificar a instalação, os reservatórios de retenção (cisternas) foram planejados para serem localizados em frente da casa, ao lado da rede de coleta de drenagem urbana, reduzindo os custos de instalação das tubulações de drenagem de águas pluviais.

Por outro lado, devido à sua escala de construção, todos os blocos de apartamentos já apresentam, em suas instalações, tubulações de coleta de água pluviais, o que resultaria apenas em pequenas alterações do sistema existente. Neste caso, a tubulação de coleta de águas pluviais foi considerada para captar a água da chuva necessária para suprir a demanda. Hipoteticamente, isto seria feito ao nível do solo, quer por desvio de uma parte dos tubos de coleta existentes, ou através da utilização de uma câmara de desvio, para separar o volume necessário de água pluvial para um reservatório de retenção (cisterna) localizado na proximidade do edifício. O extravasor do reservatório de retenção (cisterna) e o filtro pluvial poderiam ser facilmente adaptadas para a rede de drenagem existente. A maioria dos blocos de apartamentos possuem um reservatório inferior, que armazena a água potável proveniente do cavalete de entrada antes de ser bombeada para o reservatório superior. Porém, foi constatado que existem reservatórios inferiores desativados, não sendo utilizados e, em alguns casos, a alimentação da água potável é feita diretamente ao reservatório superior, sem o uso de bomba de recalque. Neste caso, esses reservatórios desativados poderiam ser adaptados e utilizados como reservatórios de retenção (cisternas) para armazenagem de águas pluviais.

Em ambos os casos (residências unifamiliares e multifamiliares), sistemas de aproveitamento de águas pluviais isolados, de distribuição direta em torneiras de uso geral ou torneiras de jardim para lavagem de pisos e irrigação provaram ser de fácil adaptação predial e necessitando apenas de pequenos investimentos em equipamentos e mão de obra. Resultados indicam que em alguns casos, sistemas de aproveitamento de águas pluviais integrados, de distribuição indireta a pontos de uso interno, em descargas sanitárias ou lavanderias, necessitariam de pouca intervenção predial para utilizar águas pluviais em descargas sanitárias ou em lavagem de roupas. As edificações que apresentaram em sua rede de distribuição de água, colunas de água independentes alimentando água para a lavanderia (tanque e máquina lavar roupas) ou para válvulas de descargas sanitárias, podem ser facilmente adaptadas para o aproveitamento de águas pluviais. Neste caso, seria possível, instalar

(ou aproveitar) um reservatório para a distribuição de águas pluviais, e adaptar, na cobertura, o barrilete de maneira que as colunas de água existentes possam ser utilizadas para distribuição de água pluvial em descarga sanitária ou na lavanderia (Figura 18a). No caso de residências que não apresentaram essa característica, como por exemplo, banheiros com uma única coluna de água, necessitam uma maior intervenção para adaptação predial, podendo inviabilizar o investimento pelo alto grau de reforma necessária (Figura 18b).

Figura 18: Coluna de água independente (a) que permite fácil adaptação predial; e coluna de água ramificada (b) que necessita de reforma predial para o uso não potável de água.

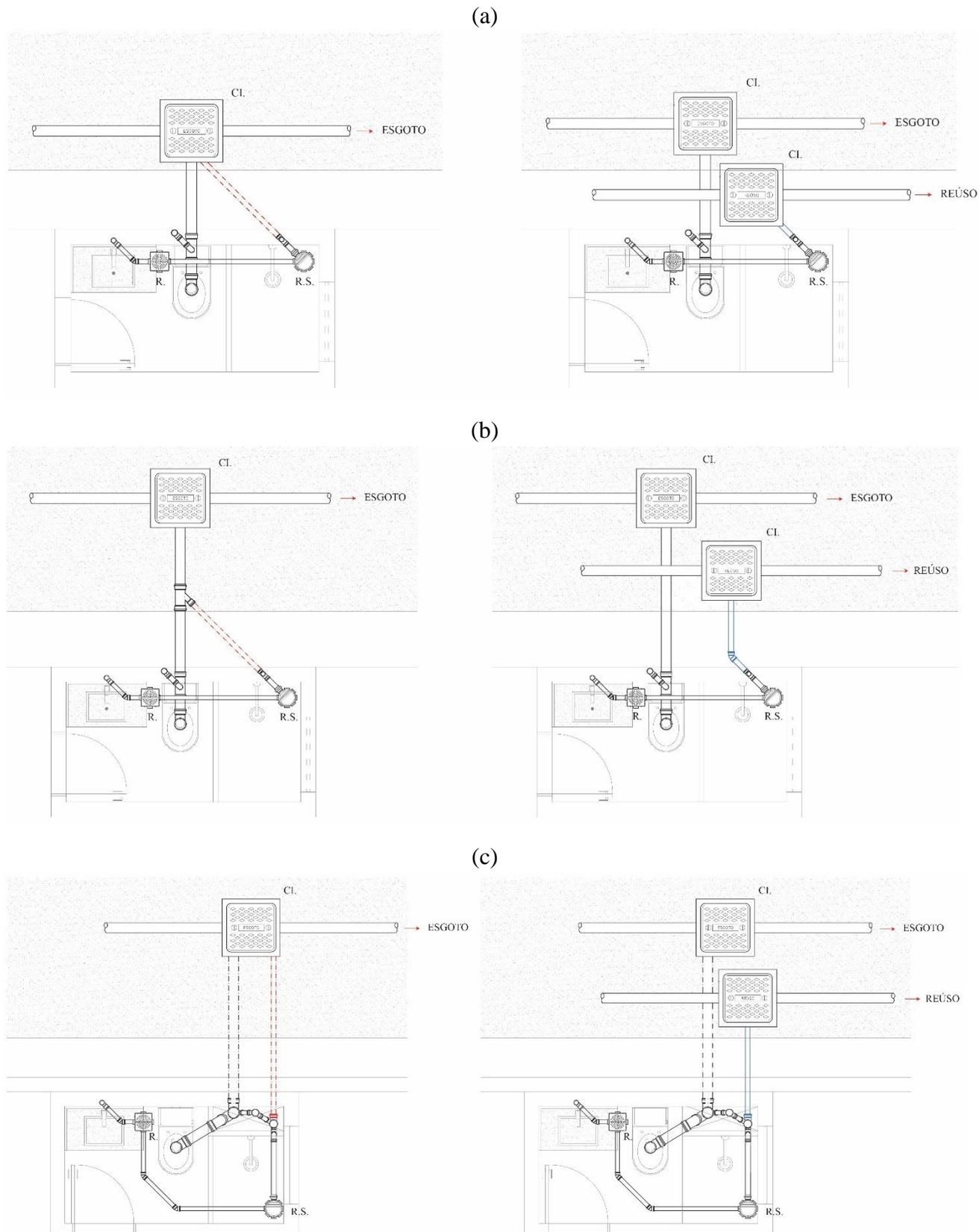


3.2.2. Sistemas de reúso de águas cinzas

Foram encontrados três tipos diferentes de configuração hidráulica de esgotamento sanitário em banheiros. A primeira, contém tubos de descarga das águas cinzas provenientes de lavatórios, chuveiros e banheiras separadas da tubulação de águas negras do vaso sanitário que, em um segundo momento, se reúnem em uma caixa de inspeção localizada no exterior do edifício residencial. Neste caso, a adaptação predial para a coleta de águas cinzas pode ser feita de maneira simples, sem grandes investimentos em reforma predial. A Figura 19 apresenta uma possível solução para a adaptação predial para a coleta de águas cinzas.

Os outros dois tipos eram compostos pela conexão do ramal de esgoto secundário (águas cinzas) com o ramal de esgoto primário (águas negras). Em alguns casos, a conexão do ramal de esgoto acontece do lado de fora da residência, o que permite uma intervenção para a coleta de águas cinzas do banheiro (Figura 19b). Quando essa conexão ocorre abaixo do piso, sua adaptação predial fica mais complicada. Em residências unifamiliares, as tubulações de esgotamento sanitário estão normalmente localizadas abaixo do piso e, para tanto, seria necessário quebrar parte do contra piso para adaptação predial, o que levaria a grandes custos de investimento. Em residências multifamiliares, essa adaptação seria necessariamente executada no andar inferior, desde que houvesse um *shaft* vertical para adaptação (Figura 19c). Porém, vale a pena ressaltar que esta operação poderia causar um certo grau de inconveniência aos moradores.

Figura 19: Possíveis adaptações prediais para a coleta de águas cinzas



Em todas as residências unifamiliares analisadas, a rede de esgotamento da lavanderia é, em um primeiro momento, separada da rede de esgotamento sanitário, facilitando, dessa maneira, a adaptação predial para a coleta de águas cinzas provenientes de máquina de lavar roupa e tanque. Oitenta por cento dos blocos residenciais analisados apresentavam uma configuração hidráulica cuja tubulação de esgoto secundário proveniente da lavanderia era isolada dos demais efluentes. A adaptação das instalações para ambas as residências unifamiliares e edifícios multifamiliares exigiria desconectar a tubulação da área de serviço, da lavanderia e da tubulação da cozinha, desviando a água da lavanderia para uma nova linha de drenagem de coleta de águas cinzas. Esta adaptação das instalações foi considerada uma abordagem simples e eficaz, levando a pouca ou nenhuma inconveniência.

4. Conclusões e recomendações

Este relatório teve como objetivo analisar a viabilidade operacional e a viabilidade técnica de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e de reúso de águas cinzas em edificações residenciais do Distrito Federal. Para a análise de viabilidade operacional, foi realizado um levantamento do estado da arte em sistemas de aproveitamento de águas pluviais e de reúso de águas cinzas, considerando seus aspectos legais e normativos, saúde e segurança dos usuários, composição e instalações hidráulicas, tratamento, dimensionamento, critérios de qualidade da água para fins não-potáveis e de efluentes descartados nas redes urbanas e, com isso, este relatório apresenta os requisitos mínimos para a instalação e manutenção dos sistemas.

O levantamento do estado da arte realizado apresenta o embasamento necessário para a regulamentação ou até mesmo a normatização da prática do aproveitamento de águas pluviais e do reúso de águas cinzas em edificações residenciais do Distrito Federal. A Resolução nº54 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos estabelece que as diretrizes, critérios e parâmetros específicos para as diferentes modalidades de uso não potável de água devem ser construídos e definidos pelos órgãos competentes. Apesar de duas Normas ABNT abordarem o tema, percebe-se uma dissonância entre as modalidades e parâmetros de uso não potável de água. Para tanto, o presente estudo apresenta a seguinte recomendação de parâmetros de qualidade de água para fins não potáveis em função de três modalidades básicas (Tabela 17).

Todos os parâmetros são igualmente importantes para determinar a qualidade da água de forma que não ocorra rejeição dos usuários e não provoque risco à saúde. Para alcançar esses padrões de qualidade o tratamento recomendado para águas pluviais pode ser o primário, enquanto que para o tratamento de águas cinzas o tratamento deve ser o secundário, por conter maior concentração de poluentes. Para sistemas de aproveitamento de águas pluviais, recomenda-se o pré-tratamento da água por meio de filtração e/ou descarte dos primeiros milímetros de precipitação antes do seu armazenamento em reservatório de retenção (cisterna). Recomenda-se uma configuração interna do reservatório com os seguintes dispositivos para garantir a qualidade da água armazenada:

- Freio d'água
- Mangueira flutuante
- Sifão-ladrão
- Ventilação

O uso dos elementos descritos acima dispensa a desinfecção química ou física da água pluvial para usos não potáveis. Não é necessário a desinfecção química ou física em sistemas de desvio de águas cinzas para irrigação subsuperficial. Porém, caso isso ocorra pelo uso de cloro, é necessário verificar o nível do residual livre presente na água, não devendo ultrapassar 7 mg/L para não prejudicar a vegetação. A desinfecção química ou física é necessária em demais sistemas de reúso de águas cinzas.

Tabela 17: *Parâmetros de qualidade para usos não potáveis em edificações*

Parâmetros	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3
	<i>Irrigação pressurizada; lavagem de roupas;</i>	<i>Descarga sanitária; torres de resfriamento</i>	<i>Lavagem de pisos e veículos não pressurizada; irrigação</i>

	<i>chafariz; combate a incêndio</i>		<i>não pressurizada; elementos paisagísticos, exceto chafarizes</i>
pH	Entre 7,5 e 8,5	Entre 6,0 e 9,0	Entre 6,5 a 8,5
Cor	< limite de detecção	10 UH	≤ 15 UH
Turbidez	≤ 2 UT	≤ 5 UT	< 10 UT
Dureza	50 mg/L CaCO ₃	100 mg/L CaCO ₃	100 mg/L CaCO ₃
Odor e aparência	< limite de detecção	Não desagradáveis	Não desagradáveis
Coliformes fecais	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Coliformes totais	≤ 200 NMP/100 mL	≤ 200 NMP/100 mL	≤ 200 NMP/100 mL
Nematoides intestinais	≤ 1 ovo/L	≤ 1 ovo/L	≤ 1 ovo/L
Óleos e graxas	≤ 1 mg/L	≤ 1 mg/L	≤ 1 mg/L
DBO	30 mg/L	10-30 mg/L	---
DQO	100 mg/L	75 mg/L	75 mg/L
Compostos orgânicos voláteis	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Nitrato	< 10 mg/L	< 10 mg/L	< 10 mg/L
Nitrogênio amoniacal	≤ 20 mg/L	≤ 2 mg/L	≤ 20 mg/L
Nítrito	≤ 1 mg/L	≤ 1 mg/L	≤ 1 mg/L
Fósforo total	≤ 0,1 mg/L	0,025 – 0,124 mg/L	≤ 0,1 mg/L
Sólido suspenso total (SST)	0 mg/L	5 – 20 mg/L	5 mg/L
Sólido dissolvido total (SDT)	≤ 500 mg/L	30 - 500 mg/L	2.000 mg/L
Agentes tensoativos	NR	0,2 – 0,5 mg/L	NR
Cloro total*	< 0,5 mg/L	0,5 a 1,5 mg/L	> 7 mg/L
Sódio	≤ 200 mg/L	---	---

* Exigência em sistemas de reúso de águas cinzas

A escolha das unidades de tratamento de águas cinzas deve ser realizada em função da qualidade do efluente e do uso final pretendido. As definições de operação e manutenção devem ser definidas pela empresa ou responsável técnico. A manutenção de cada componente deve sempre seguir a recomendação do fabricante, entretanto é prudente checar o sistema como um todo para preservar a eficiência do sistema. Para sistemas de aproveitamento de águas pluviais recomenda-se as frequências de manutenção apresentadas na Tabela 18. Para a manutenção de sistemas de reúso de águas cinzas, recomenda-se as frequências de manutenção conforme Tabela 19.

Tabela 18: *Frequência de manutenção de sistemas de aproveitamento de águas pluviais.*

Componentes do sistema	Manutenção
Limpeza de filtros	Trimestral
Telhado e calhas	Anual
Cartuchos de filtros	Limpeza a cada três meses ou substituição
Bombas	Anual

Tabela 19: *Frequência de manutenção de sistemas de reúso de águas cinzas.*

Componentes do sistema	Frequência de manutenção
Limpeza dos filtros	Depende do tipo de filtro, podendo ser semanal ou mensal
Retrolavagem	Limpeza mensal e checagem anual
Desinfecção química	Trimestral ou anual, dependendo do tipo de equipamento
Bombas	Anual

Para a análise de viabilidade técnica, foi realizado um levantamento quantitativo e qualitativo em oito Regiões Administrativas do Distrito Federal para coleta de dados primários das principais características tipológicas de edificações residenciais de acordo com sua faixa de renda familiar. Com isso, foi possível identificar as principais configurações hidráulicas existentes e apresentar possíveis soluções para adaptação predial pela instalação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas em edificações existentes.

Em geral, observou-se que a instalação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e de reúso de águas cinzas em novas edificações são facilmente executadas. Porém, considerando a adaptação predial das edificações residenciais existentes no Distrito Federal, verificou-se que sistemas isolados voltados ao aproveitamento de águas pluviais ou ao reúso de águas cinzas exigem pequenas modificações da rede hidráulica existente em pontos de uso externos. Em alguns casos, a adaptação predial para o aproveitamento de águas pluviais em descargas sanitárias não exige grandes reformas prediais. A adaptação predial para o reúso de águas cinzas já exige uma análise mais aprofundada, pois pode variar entre as diferentes composições hidráulicas existentes.

Referências Bibliográficas

ABNT. Tanques sépticos: Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. **NBR 13969**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas 1997.

_____. Instalação predial de água fria. **NBR 5626**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas 1998.

_____. Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. **NBR 15527**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas 2007.

ANA;FIESP, *et al.* **Conservação e reúso da água em edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica. 2005

ANGELAKIS, A.N. e S.A. SNYDER. Wastewater treatment and reuse: past, present, and future. **Water**, v.7, p.4887 - 4895. 2015.

BBC. Wartime hardships: rationing in London. **WW2 people's war: an archive of World War Two memories**. London: BBC 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

_____. Governo do Distrito Federal. **Lei Distrital nº 4.671, de 10 de novembro de 2011**. Brasília: Governo do Distrito Federal, 2011.

CAESB. Sistemas de reúso de água e de aproveitamento de água pluvial. **ND.SCO-013**. Brasília: Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal 2012.

FEWKES, A. The technology, design and utility of rainwater catchment systems. In: D. BUTLER e F.A. MEMON (Ed.). **Water demand management**. London: IWA Publishing, 2006. The technology, design and utility of rainwater catchment systems, p.27-61

GOULD, J. e N.E. PETERSEN. **Rainwater catchment systems for domestic supply: Design, construction and implementation**. London: Intermediate Technology Publications. 1999. 335 p.

NSW. **Greywater reuse in sewerred, single household residential premises**. Department of Water and Energy, NSW Government. Sydney. 2008

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar Editora. 2003. 180 p.

WORSLEY, L. **If walls could talk: an intimate history of the home**. London: Faber and Faber. 2011