

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 (coord.). **Reúso-DF**: viabilidade técnica e operacional do aproveitamento de águas pluviais e do reúso de águas cinzas em edificações não-residenciais do Distrito Federal: relatório técnico 5/2017. Brasília: Universidade de Brasília, 2017. 65p. Disponível em:

https://drive.google.com/file/d/1BeoK5ib7S_XZ0tGBp9DXBN8YQ0ptXa-z/view?usp=sharing. Acesso em: 27 abr. 2021.

Reúso-DF

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

RELATÓRIO TÉCNICO 5/2017

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

Coordenação
Daniel Richard Sant'Ana

Setembro de 2017



Universidade de Brasília

Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico

Coordenação: Daniel Richard Sant'Ana

Consultores: Marco Antonio Almeida de Souza
Pierre Mazzega Ciamp

Pesquisadores: Bruna Valverde de Moraes
Claudiana Lopes Maciel
Karla Cristina Ferreira Alvares
Lídia Batista Pereira Medeiros
Márcio Nascimento de Oliveira
Miguel de Almeida Pereira
Natália Totugui de Miranda
Paula Maria Santana
Susanna Almeida dos Santos

Apoio Técnico: Francisco Neto da Silva Junior
Valmor Cerqueira Pazos

Autores

Bruna Valverde de Moraes

Claudiana Lopes Maciel

Daniel Richard Sant'Ana

Karla Cristina Ferreira Alvares

Lídia Batista Pereira Medeiros

Márcio Nascimento de Oliveira

Miguel de Almeida Pereira

Natália Totugui de Miranda

Paula Maria Santana

Susanna Almeida dos Santos

Código

Reúso-DF: viabilidade técnica e operacional do aproveitamento de águas pluviais e do reúso de águas cinzas em edificações não-residenciais / Daniel Richard Sant'Ana (coordenador). Brasília, 2017. p.

Relatório Técnico 5/2017.

ISBN

1.Aproveitamento de águas pluviais. 2.Reúso de águas cinzas. 3.Conservação de água. 4.Saneamento Ambiental. 5.Recursos Hídricos. 6.Instalações Prediais. I. SANT'ANA, Daniel [et al.]

CDU

Sumário

Apresentação	1
1. Introdução	4
2. Análise de Viabilidade Operacional	7
2.1. Legislação e Instrumentos Normativos	7
2.2. Qualidade de Água Não Potável	12
2.2.1. Usos Finais em Edificações Não Residenciais	13
2.2.2. Avaliação de riscos de saúde	13
2.2.3. Identificação dos riscos	14
2.2.4. Análise dos riscos	14
2.2.5. Fatores que afetam a qualidade das águas pluviais em edificações não-residenciais	16
2.2.6. Parâmetros de qualidade para águas pluviais	17
2.2.7. Fatores que afetam a qualidade das águas cinzas em edificações não-residenciais	17
2.2.8. Parâmetros de qualidade para águas cinzas	18
2.3. Sistemas Prediais de Água Não Potável	20
2.3.1. Rede coletora	20
2.3.2. Tratamento	23
2.3.3. Reservatório de retenção	25
2.3.4. Alimentação de água potável	27
2.3.5. Bomba d'água	28
2.3.6. Reservatório de distribuição	28
2.3.7. Rede de distribuição	29
2.3.8. Sinalização e segurança	30
2.4. Aproveitamento de Águas Pluviais	31
2.4.1. Características das águas pluviais	31
2.4.2. Sistemas de aproveitamento de águas pluviais	32
2.4.3. Manutenção	36
2.4.4. Análise de risco	37
2.5. Reúso de Águas Cinzas	38
2.5.1. Características das águas cinzas	38
2.5.2. Sistemas de reúso de águas cinzas	40
2.5.3. Manutenção	41
2.5.4. Análise de risco	42
3. Análise de Viabilidade Técnica	44
3.1. Caracterização das Edificações Não-Residenciais	44
3.1.1. Edificações Hoteleiras	44
3.1.2. Edificações Comerciais	45
3.1.3. Edificações de Escritórios	47
3.1.4. Edificações de Ensino	48
3.1.5. Edificações de Saúde	49
3.1.6. Edificações de Transporte	51

3.1.7.	Edificações Industriais	55
3.2.	Adaptação Predial.....	56
3.2.1.	Sistemas de aproveitamento de águas pluviais	57
3.2.2.	Sistemas de reúso de águas cinzas.....	59
	Referências Bibliográficas.....	61

Lista de Figuras

Figura 1: Fluxograma conceitual das instalações prediais de sistemas de água não potável.	20
Figura 2: Elementos de inspeção instalados próximos aos condutores verticais para manutenção.	20
Figura 3: Elementos de inspeção em mudança de direção vertical (a) e horizontal (b) aparente	21
Figura 4: Coluna de ventilação do ramal de esgoto de águas cinzas separada.	22
Figura 5: Coluna de ventilação do ramal de esgoto de águas cinzas compartilhada.	22
Figura 6: Exemplo de configuração by-pass à jusante do sistema de tratamento de águas cinzas ..	23
Figura 7: Esquema de separação atmosférica padronizada.	27
Figura 8: Exemplos de reservatórios de distribuição de água não potável.	29
Figura 9: Símbolo gráfico de água não potável em pontos de uso.	30
Figura 10: Configuração hidráulica de reservatórios de retenção (cisternas) de águas pluviais	32
Figura 11: Exemplo de filtros pluviais instalados em condutores verticais (a), condutores horizontais (b), ou dentro do reservatório (c).	33
Figura 12: Sistema isolado da edificação para o aproveitamento de águas pluviais em usos externos.	35
Figura 13: Sistema integrado à edificação para o aproveitamento de águas pluviais em usos internos e externos.	36
Figura 14: Leitões cultivados de fluxo horizontal (a) e vertical (b)	40
Figura 15: Sistema integrado à edificação para o reúso de águas cinzas em pontos internos e externos.	41
Figura 16: Setores Hoteleiros Sul (a) e Norte (b) em Brasília	44
Figura 17: Regiões Administrativas selecionadas para coleta de dados.	46
Figura 18: Distribuição espacial das amostras	47
Figura 19: Número de passageiros entre os anos 2014 e 2016	53
Figura 20: Estações metroviárias do Distrito Federal	53
Figura 21: Média mensal do número de passageiros por dia nas estações do Metrô-DF	55
Figura 22: 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.	58
Figura 23: Possíveis adaptações prediais para a coleta de águas cinzas	59

Lista de Tabelas

Tabela 1: <i>Classificação dos níveis de riscos</i>	15
Tabela 2: <i>Níveis de risco por exposição por tipo de edificação conforme o uso final</i>	16
Tabela 3: <i>Parâmetros de qualidade para o aproveitamento de águas pluviais em edificações não residenciais</i>	17
Tabela 4: <i>Parâmetros de qualidade para o reúso de águas cinzas em edificações não residenciais</i>	18
Tabela 5: <i>Remoção de poluentes da água de acordo com o tratamento</i>	25
Tabela 6: <i>Recomendações para identificação de tubulações de instalações hidráulicas prediais</i> ...	30
Tabela 7: <i>Características das águas pluviais</i>	32
Tabela 8: <i>Frequência de manutenção das atividades para sistemas de aproveitamento de águas pluviais</i>	37
Tabela 9: <i>Contribuição de poluentes presentes nas águas cinzas em decorrência das atividades de cada edificação não residencial</i>	39
Tabela 11: <i>Frequência de manutenção de sistemas de reúso de águas cinzas</i>	42
Tabela 12: <i>Principais características das edificações hoteleiras</i>	45
Tabela 13: <i>Principais características das edificações comerciais</i>	47
Tabela 14: <i>Tipologia escolar em função da faixa etária e nível de aprendizado</i>	49
Tabela 15: <i>Principais características das edificações de ensino</i>	49
Tabela 16: <i>Tipos de atendimento assistenciais de saúde por tipo de edifício</i>	51
Tabela 17: <i>Principais características das edificações de transporte</i>	52
Tabela 18: <i>Número de passageiros entre os anos 2014 e 2016</i>	52
Tabela 19: <i>Áreas das estações do Metrô-DF</i>	54
Tabela 20: <i>Média mensal do número de passageiros por dia nas estações do Metrô-DF</i>	54
Tabela 21: <i>Principais características das edificações industriais analisadas</i>	56

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.

Apresentação

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 de 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, de 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 segundo 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 regulamentação e uma possível normatização 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.

Dentro deste contexto, este trabalho apresenta os resultados da primeira fase do projeto *Reúso-DF*, que tem como objetivo analisar a viabilidade técnica, econômica e ambiental 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.

1. Introdução

O Distrito Federal vivenciou uma crise hídrica sem precedentes em sua história. A seca de 2016 reduziu drasticamente os níveis dos principais reservatórios do Distrito Federal, fazendo com que a Barragem do Descoberto, que abastece cerca de 65% da região, chegasse a menos de 20% de sua capacidade (ADASA, 2016). Como uma medida emergencial, iniciou-se um regime de racionamento por rodízio de abastecimento em todas as regiões do Distrito Federal e de reestruturação tarifária por contingência fiscal em momentos de crise no abastecimento, até que se alcance um nível satisfatório de água nos reservatórios para garantir a segurança hídrica da região (CAESB, 2016a). Estas medidas de curto prazo, são paliativas ao verdadeiro problema sendo enfrentado. A realidade, é que o Distrito Federal apresenta uma disponibilidade hídrica limitada para sua crescente demanda por água.

Nos últimos anos, a concessionária vem operando no limite de sua capacidade de produção, sem margem de segurança. Evidentemente, qualquer aumento drástico no consumo de água ou redução significativa no regime de chuva, pode gerar um colapso em partes do sistema público de abastecimento. Ao atingir níveis preocupantes, grandes investimentos estão sendo realizados para a construção de novos sistemas produtores de água, elevando cada vez mais o volume de extração de água dos recursos hídricos locais. Para atender às necessidades da crescente demanda urbana, a concessionária local está promovendo a construção de novos sistemas produtores para captação de água no Ribeirão Bananal, Lago Paranoá e na Usina Hidroelétrica Corumbá IV (CAESB, 2014).

Observa-se, entretanto, que a gestão dos recursos hídricos no Distrito Federal está focada em uma abordagem voltada para a oferta de água. Ou seja, na medida em que a demanda cresce, novas fontes hídricas são exploradas para suprir o consumo urbano de água. Está comprovado que a gestão focada apenas na exploração de fontes hídricas pode resultar em sérios danos ambientais e desperdício econômico de custo capital e operacional de novos sistemas produtores de água (HERRINGTON, 2006). Além de agredir o meio ambiente, a exploração de novas mananciais, cada vez mais distantes para atender demandas crescentes, geram custos adicionais à sociedade e às empresas de saneamento, elevando o volume de captação, tratamento e distribuição de água e pressionando o sistema de coleta e tratamento de esgoto sanitário.

Torna-se imprescindível, neste momento, apresentar novas definições regulatórias para estimular a conservação de água pelo emprego de medidas que auxiliem o controle da demanda de água. Além de reduzir os impactos ambientais causados pela exploração de recursos naturais, estratégias conservadoras de água são capazes de minimizar a pressão em sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, além de gerar economias relativas aos seus custos operacionais. Porém, com o intuito de subsidiar o processo de tomada de decisão regulatória, torna-se necessário analisar os prováveis benefícios, custos e efeitos de diferentes estratégias de conservação de água.

Segundo VICKERS (2001, p.5), estratégias de conservação de água são compostas por “*ferramentas específicas (tecnologias) e práticas (alteração do comportamento)... que resultam no uso mais eficiente da água*”. A autora argumenta que o emprego de tecnologias voltadas a conservação de água geralmente são mais confiáveis para a obtenção de economia e controle sobre a demanda de água. Experiências internacionais demonstram que tecnologias voltadas ao uso não potável de água são

capazes de promover reduções significativas no consumo de água em edificações, atuando como ferramentas de gestão no controle da demanda urbana de água (DIXON *et al.*, 1999; YANG e ABBASPOUR, 2007).

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. Dentre diferentes fontes alternativas para abastecimento não potável, destacam-se as águas pluviais e as águas cinzas. Em geral, o aproveitamento de água pluvial é um conceito simples, que envolve a coleta, o armazenamento e o uso da água de chuva como uma fonte complementar de abastecimento predial. Já 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 edificações.

Segundo De Oreo *et al.* (1996), a avaliação do desempenho de diferentes estratégias de conservação de água é dependente da compreensão dos usos finais do consumo de água. Para avaliar o desempenho de diferentes estratégias conservadoras de água e identificar soluções viáveis voltadas à redução do consumo de água nas edificações, é fundamental quantificar o consumo de água em seus usos-finais e compreender como essa água está sendo utilizada pelos usuários. Uma série de estudos foram realizados para caracterizar os usos-finais do consumo de água e sua conservação em edificações comerciais, institucionais e públicos no exterior (*e.g.* DZIEGIELEWSKI *et al.*, 2000; FARINA *et al.*, 2011; SURRENDRAN, S.; WHEATLEY, 1998; WAGGETT & AROTSKY, 2006). Essa caracterização dos usos-finais do consumo de água em edificações não-residenciais possibilitou uma série de investigações sobre o potencial de redução do consumo de água para uma série de estratégias conservadoras de água e os custos-benefícios envolvidos (*e.g.* GRIGGS *et al.*, 1998; HEANEY PASCHKE *et al.*, 2002; MADDAUS & MADDAUS, 2004).

Porém, apesar da vasta experiência internacional, a caracterização dos usos-finais do consumo de água no Brasil ainda está na sua infância e dados generalizáveis ainda não foram produzidos. Até aonde vai a literatura, a análise dos usos-finais do consumo de água em edificações não-residenciais no Brasil têm se limitado a padarias em São Paulo e Juazeiro (GOMEZ & ALVEZ, 2000), edifícios públicos (KAMMERS & GHISI, 2006) e escritórios (PROENÇA & GHISI, 2010) em Florianópolis. Os estudos voltados à conservação de água em edifícios não-residenciais têm sido limitados à identificação do potencial de redução do consumo de água em instituições de ensino (FASOLA *et al.*, 2011; MARINOSKI & GHISI, 2008; SILVA *et al.*, 2006), hospitais (ILHA *et al.*, 2006) e posto de gasolina (GHISI *et al.*, 2009).

Evidentemente, há uma carência de dados específicos no que se diz respeito aos usos-finais do consumo de água das diferentes categorias do setor comercial, institucional e público. A literatura demonstra que existe também, uma falta de compreensão sobre a relação entre o consumo de água e características tipológicas, ocupação e as atividades desenvolvidas. Segundo Vieira *et al.* (2007, p. 193), usos-finais do consumo de água podem variar de “*país para país, de uma região para outra região e até mesmo de uma residência para outra*”. Para tanto, torna-se imprescindível buscar dados referentes à realidade local, especialmente das tipologias não-residenciais atípicas do Distrito Federal.

Ao considerar a possibilidade de adaptar o estoque de edificações não-residenciais existentes em no DF para o aproveitamento de água pluvial ou o reúso de águas cinzas como fonte alternativa de abastecimento de água não potável, torna-se imprescindível uma avaliação técnica, econômica e ambiental para averiguar sua viabilidade. Diferentes estudos em países desenvolvidos avaliaram os custos e benefícios para diferentes sistemas prediais de água não potável (e.g. MUSTOW *et al.*, 1997; BREWER *et al.*, 2001; ROEBUCK *et al.*, 2010). No entanto, esses países contém uma realidade econômica favorável, diferente a de países em desenvolvimento.

A instalação de um sistema predial de água não potável exige um determinado nível de investimento por parte do proprietário do imóvel (ou grupo). Evidentemente, sistemas viáveis promoverão um retorno financeiro do investimento por meio das economias geradas pelas contas de água e esgoto. Mesmo assim, um alto custo de investimento pode desestimular proprietários, mesmo se o sistema for capaz de promover economias significativas pela conservação de água. Em prol da preservação dos recursos hídricos em busca de um desenvolvimento sustentável, ou até mesmo em situações de estresse hídrico, faz sentido promover ações que estimulem a conservação de água em edificações.

Por um lado, incentivos fiscais e financeiros aos proprietários que utilizam sistemas prediais de água não potável podem subsidiar uma rápida disseminação destas tecnologias. Por outro lado, uma cobrança adicional relativa ao tratamento dos efluentes gerados pelos sistemas, pode gerar uma barreira para implementação, ao desestimular proprietários a investirem nessas tecnologias. Como exemplo, o lançamento de efluentes não contabilizados pelo hidrômetro da unidade, como no caso de sistemas de aproveitamento de águas pluviais em descarga sanitárias ou lavagem de roupas, pode gerar um custo adicional para a concessionária.

Mas, se realizado em larga escala, o aproveitamento de águas pluviais ou o reúso de águas cinzas em edificações pode ser capaz de promover reduções significativas na demanda urbana de água e, conseqüentemente, nas despesas de exploração de recursos hídricos. Em outras palavras, as economias geradas pelas reduções na demanda de água podem servir de subsídio para políticas tarifárias voltadas à conservação de água.

Tendo essas questões em mente, o principal objetivo desta etapa da pesquisa foi de analisar a viabilidade operacional e técnica de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas em edificações não-residenciais no Distrito Federal.

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, 2011b, p.265). 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 reúso 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.
- Lei nº 7.424/2016 do Estado do Rio de Janeiro, obriga a utilização de água de reúso pelos órgãos integrantes da administração pública estadual direta, das autarquias, das fundações instituídas ou mantidas pelo poder público, das empresas em cujo capital do estado do rio de janeiro tenha participação, bem como pelas demais entidades por ele controladas direta ou indiretamente.

No Distrito Federal, existem três Leis Distritais publicadas no Diário Oficial do Distrito Federal relativas ao aproveitamento de águas pluviais ou reúso de água 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 e, a mais recente, Lei nº 5.890/2017, do Distrito Federal, que estabelece diretrizes para as políticas públicas de reúso da água no 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 (DISTRITO FEDERAL, 2011, p.1).

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. A aceitação por fontes alternativas, como águas cinzas e águas pluviais, para qualquer uso final específico em diferentes edificações, depende da qualidade física, química e microbiológica dessas águas (CROOK, 1993). 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.

A qualidade da água é definida com parâmetros que vão indicar as características de uso final. Quando se estabelece padrões para esses parâmetros de água não potável, procura-se não restringir o reúso, quando se trata de águas cinzas, ou o aproveitamento, quando se trata de águas pluviais, ou seja, os padrões não devem seguir a Resolução CONAMA 2.914/2011, que estabelece os padrões de potabilidade da água para consumo humano.

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. Quando se tratada de edificações não-residenciais, como escolas, comércios, hotéis e hospitais, cuja rotatividade de pessoas é alta, os parâmetros estabelecidos devem atender às necessidades de uso em cada tipo de edificação e principalmente os critérios de saúde pública.

O tratamento realizado pelos diferentes sistemas deve alcançar os parâmetros de qualidade de interesse relacionados às exigências legais, às necessidades do projeto e de operação. Como o destino final das águas pluviais captadas ou das águas cinzas tratadas é voltada para usos internos e externos nas edificações, e não o lançamento em corpos receptores, devem ser respeitados os critérios que estão sendo estabelecidos em normas, resoluções e Leis específicas, que embora recentes, já apresentam diretrizes para essa finalidade.

2.2.1. Usos Finais em Edificações Não Residenciais

Os usos finais em cada edificação são variáveis, mesmo a água não potável sendo proveniente da chuva ou de sistemas de tratamento de águas cinzas para reúso. Em qualquer das situações o tratamento deve atingir os padrões recomendados, portanto os possíveis usos finais em cada edificação são:

- a) **Usos urbanos restritos e irrestrito (comércios em geral, galpões comerciais, hotéis, escolas, postos de lavagem):** irrigação de jardins, lavagem de pisos, paredes e veículos (pressurizado ou não-pressurizado), lavagem de roupas, descarga sanitária, usos paisagísticos em fontes, chafarizes, espelhos d'água e lagos, resfriamento de equipamentos de ar condicionado central, controle de incêndios.
- b) **Usos industriais:** lavagem de agregados, preparação de concreto, compactação do solo ou controle de poeira, água de refrigeração de caldeiras, lavagem de pisos, irrigação de áreas verdes, espelhos d'água.
- c) **Usos hospitalares e em centros de saúde:** Lavagem e pisos de áreas comuns, descarga sanitária de banheiros de uso comuns (não inclui UTI), lavagem de roupas.

2.2.2. Avaliação de riscos de saúde

Avaliação do risco de saúde é o processo global utilizado para a identificação e análise de riscos. Portanto, é usado para identificar as ameaças mais graves das fontes alternativas de água com base na probabilidade de ocorrência e gravidade das consequências. Avaliação dos riscos de saúde avalia os perigos e eventos que podem comprometer a qualidade e a segurança desses tipos de águas e

permite que as decisões sejam tomadas sobre as prioridades de usos e sobre as medidas necessárias para controlar ou minimizar perigos ou eventos perigosos.

Os riscos mais significativos são para uso de águas cinzas em que a exposição à microrganismos patogênicos derivam da contaminação fecal. No entanto, as características físicas e químicas das águas cinzas também são importantes, pois estas podem incentivar o crescimento das bactérias, interferir com o tratamento ou interromper o funcionamento do sistema de distribuição. Por estas razões, a qualidade física, química e biológica dessas águas deve ser adequada para o seu uso pretendido.

2.2.3. Identificação dos riscos

Como forma de avaliar os riscos envolvidos em sistemas prediais de água não potável (mais especificamente no que diz respeito ao reúso de efluentes) perigos, ou eventuais acontecimentos perigosos devem ser identificados antes do sistema ser instalado, de modo a que possam ser atenuados. As diretrizes que irão identificar esses riscos são:

- **Perigo:** Considera-se perigo um agente biológico, químico, físico ou radiológico que tenha potencial para causar danos a pessoas, animais ou plantas, e quaisquer biotas terrestres ou aquática, solos ou o ambiente geral; por exemplo: o protozoário parasita *Cryptosporidium parvum* é um perigo para a saúde humana.
- **Evento perigoso:** um evento perigoso é um incidente ou situação que pode levar à presença de um perigo, ou seja, o que pode acontecer como exemplo, uma falha no sistema de tratamento que permite que a *Cryptosporidium parvum* passe para o sistema de distribuição de água tratada é um evento perigoso.

2.2.4. Análise dos riscos

O risco associado a perigos identificados e possíveis eventos perigosos são analisados com base na probabilidade de exposição humana ao perigo ou na probabilidade de ocorrência de eventos perigosos, combinados com a consequência da exposição.

Para sistemas de tratamento, as informações necessárias para avaliar os riscos associados são:

- O tipo de fonte alternativa de água;
- Características dessa água;
- Perigos potenciais advindas da análise quali-quantitativa dos poluentes;
- Local de instalação do sistema de tratamento;
- A qualidade alcançada no tratamento pretendido;
- Usos finais pretendidos

O processo de gerenciamento de riscos deve estabelecer pontos críticos de controle e análise, afim de identificar os perigos, avaliar os riscos, prevenir e controlar possíveis perigos. Em seguida deve-se mensurar o nível de exposição para cada uso final pretendido. A descrição dos níveis dos riscos está descrita na Tabela 1.

Tabela 1: *Classificação dos níveis de riscos*

Riscos	Descrição	Usos pretendidos¹	Rico de Ingestão²
Altíssimo	Requer um nível de qualidade mais elevada, parâmetros mais exigentes e monitoramento mais frequente	Máquina de lavar roupas;	0,01mL
Alto	Requer um nível de qualidade elevada, parâmetros também mais exigentes e monitoramento frequente	Irrigação irrestrita de alimentos consumidos crus, Hidroponia, irrigação superficial por aspersão Chafarizes Lavagem de veículos	5mL para produção de alface; 0,1mL para demais usos
Médio	Risco moderado, com monitoramento menos frequente do reservatório.	Descarga Sanitária Espelhos d'água Irrigação restrita Lavagem de pisos Supressão de poeira Controle de incêndios	20mL para combate a incêndio; 0,01mL para demais usos
Baixo	Apresenta baixo risco para a saúde humana, exige mínimo de contato	Irrigação restrita de culturas não alimentícias	0,01 mL
Baixíssimo	Nenhum risco	Irrigação subsuperficial ou por gotejamento	0mL

Fonte: 1 - DEPARTMENT OF HEALTH (2011); 2 – US. EPA (2012)

De acordo com o risco de exposição também pode-se separar os usos finais em cada edificação não-residencial (Tabela 2).

Tabela 2: *Níveis de risco por exposição por tipo de edificação conforme o uso final*

Risco	Edificação	Usos finais
Alto	Comercial	Lavagem de roupas, irrigação por aspersão, lavagem de pisos com lavadoras de alta pressão
	Agricultura	Horticulturas ou alimentos consumidos crus (hidropônicos)
	Municipal	Irrigação por aspersão ou superficial com acesso irrestrito
	Hospitalar	Lavagem de áreas comuns e de roupas
Médio	Municipal	Irrigação superficial com acesso restrito, fontes e espelhos d'água
	Industrial	Lavagem de pisos ou máquinas, diminuição de poeiras, torres de resfriamento.
	Comercial	Descarga sanitária, lavagem de pisos sem o uso de lavadoras de alta pressão, lavagem de veículos.
	Hospitalar	Descarga sanitária
Baixo	Municipal	Irrigação superficial com acesso restrito
	Irrigação	Culturas não comestíveis, forragem animal, subsuperficial
Baixíssimo	Irrigação	Culturas ornamentais
	Comercial ou residencial	Irrigação subsuperficial ou por gotejamento

Fonte: (DEPARTMENT OF HEALTH, 2011)

2.2.5. Fatores que afetam a qualidade das águas pluviais em edificações não-residenciais

Águas pluviais são provenientes de precipitações que possuem uma composição química influenciada pelos ciclos biogeoquímicos, sendo influenciado naturalmente por ações antropogênicas (EDZWALD, 2011). As propriedades físico-químicas das águas pluviais são modificadas pela captação, materiais de armazenamento e o meio que o circunda (DESPINS et. at., 2009).

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 (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 nas águas pluviais. 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 conferem dureza à água tornando-a ácida, uma vez que as partículas dissolvidas na atmosfera são incorporadas a água. 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 (DUPONT et al., 2013; HELMREICH et al, 2009; RODRIGO et al., 2010).

Quando coletadas de telhados bem conservados, águas pluviais apresentam qualidade segura para muitos usos, sendo improvável, nesses casos, a necessidade de tratamento. No entanto, em edificações comerciais e comunitárias o tratamento primário é recomendado, pois presume-se a presença de idosos, crianças ou pessoas com sistemas imunológicos suprimidos, portanto, nesses casos o uso de águas pluviais deve ser monitorado (DHD, 2013).

A maioria das normas internacionais não definem padrões de qualidade para águas pluviais, contudo ressaltam que a qualidade da água captada e armazenada deve obedecer aos mesmos critérios estabelecidos para água não potável destinada ao reúso de efluentes, de acordo com o uso final pretendido. Águas pluviais sem pré-tratamento podem ser armazenadas em pequenos reservatórios por até dois meses.

2.2.6. Parâmetros de qualidade para águas pluviais

Águas pluviais captadas em edificações não-residenciais podem ser destinadas para diferentes usos. Tendo como objetivo os padrões estabelecidos na Tabela 3, pode ser destinada para uso nas edificações estabelecidas.

Tabela 3: *Parâmetros de qualidade para o aproveitamento de águas pluviais em edificações não residenciais*

Edificação	Usos Finais	Parâmetros	Padrões	Monitoramento
Hospitais – maior risco de contaminação, qualidade com altos padrões	1º processo de lavagem de roupas em lavanderias específicas; Lavagem de pisos e descarga sanitárias em áreas de uso comum, exceto UTI's. Irrigação de jardins externos.	E. coli	1 NMP/100mL	Mensalmente
		OD	> 1 mg/L	
		SS	Até 10 mg/L	
		Cor	15 uH	
		pH	05 a 09	
Hotéis, escolas, galpões comerciais, escritórios públicos e privados e indústrias	Descarga sanitária Torneira de jardim (irrigação) Torneira de uso geral (lavagem e limpeza) Uso ornamental (chafarizes, queda d'água e espelhos d'água) Combate à incêndio (reserva técnica)	E. coli	250 NMP/100mL	Mensalmente
		OD	> 1 mg/L	
		SS	Até 30 mg/L	
		Cor	15 uH	
		pH	06 a 08	
		Cloro Residual	máximo 0,5 mg/L quando realizada desinfecção para irrigação	

2.2.7. Fatores que afetam a qualidade das águas cinzas em edificações não-residenciais

O reúso de águas cinzas é comumente utilizado em edificações residenciais. A exemplo, águas provenientes da lavagem de roupas é utilizada para lavagem de pisos e irrigação de jardins. Porém, em edificações não-residenciais essa prática não é muito comum. Para haver a reutilização deste efluente é necessário um sistema de tratamento que garantam a qualidade desejada.

Países como Estados Unidos, membros da União Europeia, Austrália, Alemanha, Jordânia, Canadá, Japão, Reino Unido e Espanha possuem padrões de qualidade de água para reúso bem estabelecidos. No Brasil ainda são insipientes e recentes as publicações que recomendam padrões para diversos usos em diferentes edificações, as quais são todas baseadas nas normas e regulamentos internacionais.

Em situações de crise hídrica recomenda-se praticar o reúso quando for tecnicamente possível e economicamente viável. Metcalf e Eddy (2003) afirma que no planejamento e implementação de um sistema de reúso, a aplicação da água tratada geralmente definirá o tratamento requerido para o efluente, sendo considerados principalmente a saúde pública e do meio ambiente e o grau de purificação necessário para se atender aos requisitos do novo processo que vai recebê-la. Em edificações não-residenciais as águas cinzas, provem basicamente da lavagem de mãos e chuveiros, logo a oferta será menor, portanto os usos finais devem ser previstos com base na vazão disponível.

Em indústrias, a principal aplicação da água de reúso nos processos industriais é no sistema de resfriamento (cerca de 75%) (CROOK, 1993), portanto a água tratada pode ser destinada para outros fins como descarga sanitária e usos ornamentais em jardins, além da irrigação. Em hospitais o volume de águas cinzas produzidos podem ser suficientes para atender a demanda de lavagem de pisos ou irrigação de jardins externos, porém deve-se considerar a caracterização dessa água, pois com a presença de crianças, idosos e pessoas com sistemas imunológicos comprometidos, fazendo uso de medicamentos, a concentração de poluentes será superior de quando comparada a outras edificações.

2.2.8. Parâmetros de qualidade para águas cinzas

Embora as características das águas cinzas em cada edificação não-residencial sejam diferentes, os padrões de qualidade a serem alcançados são determinados de acordo com o uso final pretendido. O que vai influenciar na viabilidade dos sistemas prediais para alcançar esses padrões será o tipo de tratamento utilizado.

Tabela 4: *Parâmetros de qualidade para o reúso de águas cinzas em edificações não residenciais*

Edificação	Usos Finais	Parâmetros	Padrões	Monitoramento
Hospitais – maior risco de contaminação, qualidade com altos padrões	1º processo de lavagem de roupas em lavanderias específicas; Lavagem de pisos e descarga sanitárias em áreas de uso comum, exceto UTI's. Irrigação de jardins externos.	E. coli	Até 1 NMP/100 mL	Semanalmente
		Coliformes totais	Até 10 NMP/100 mL	
		DBO	Até 10 mg/L	
		SS	Até 10 mg/L	
		pH	6 – 8	
		Turbidez	5 NTU	
		Ovos de helmintos	Até 1/L	
		Cloro residual	2,0 mg/L	
		UV	(Intensidade) 254 nm	
		Cor	15 uH	

Continuação...

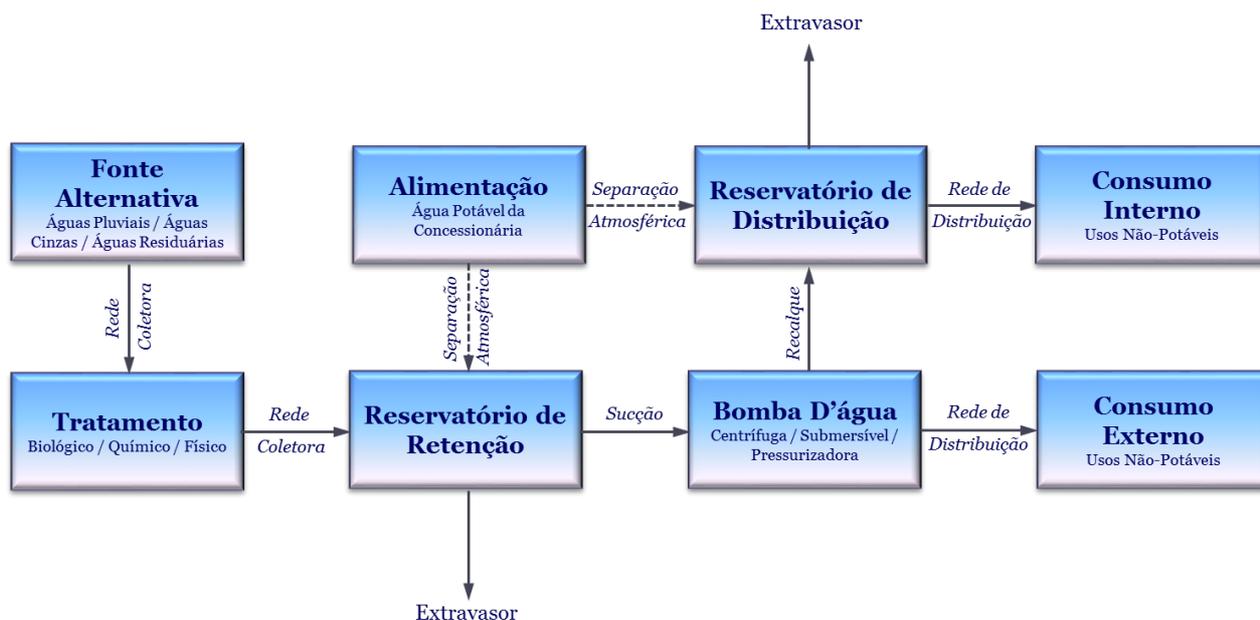
Edificação	Usos Finais	Parâmetros	Padrões	Monitoramento
Hotéis, escolas, galpões comerciais, escritórios públicos e privados e indústrias	Torneira de jardim <i>(irrigação com formação de aerosol)</i>	E. coli	Até 1 NMP/100 mL	Semanalmente
		Coliformes totais	Até 10 NMP/100 mL	
	Uso ornamental <i>(chafarizes e quedas d'água)</i>	SS	Até 100 mg/L	
		pH	6 - 8 para irrigação 5 - 9 para demais usos	
	Torneira de uso geral <i>(lavagem com formação de aerosol)</i>	Turbidez	30 NTU	
		Ovos de helmintos	Até 1/L	
		Alumínio	5,0 mg/L para uso a longo prazo 20 mg/L para uso a curto prazo	
		Cloro residual	Até 1,0 mg/L	
		UV	(Intensidade) 254 nm	
		Nitrogênio (NH_4)	Até 20 mg/L	
	Fósforo (P)	Até 20 mg/L		
Hotéis, escolas, galpões comerciais, escritórios públicos e privados e indústrias	Descarga Sanitária	E. coli	Até 250 NMP/100 mL	Semanalmente
	Torneira de jardim <i>(irrigação sem formação de aerosol)</i>			
	Uso ornamental <i>(espelhos d'água)</i>			
	Torneira de uso geral <i>(lavagem e limpeza sem formação de aerosol)</i>			
	Combate à incêndio <i>(reserva técnica)</i>			

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 de elementos em comum, conforme ilustrado na

Figura 1.

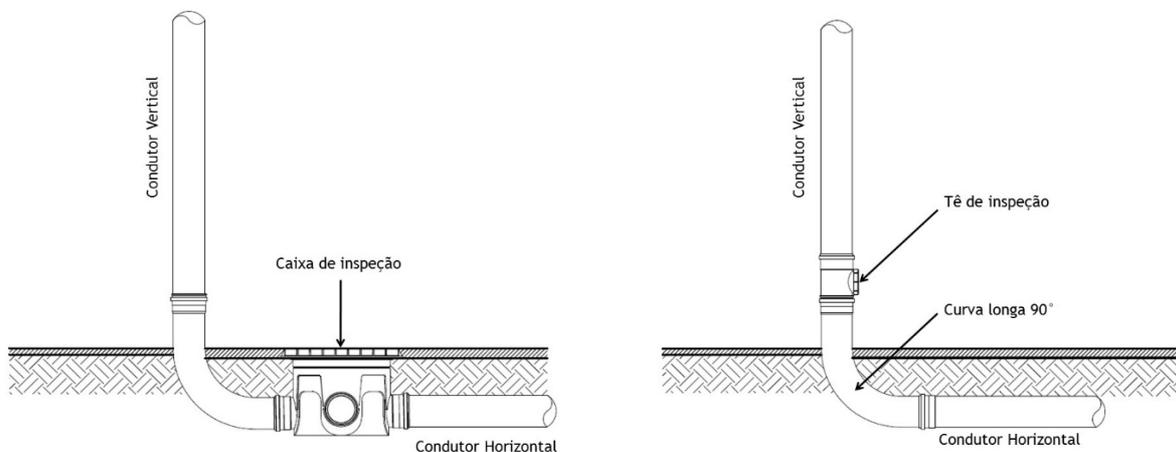
Figura 1: Fluxograma conceitual das instalações prediais de sistemas de água não potável.



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.

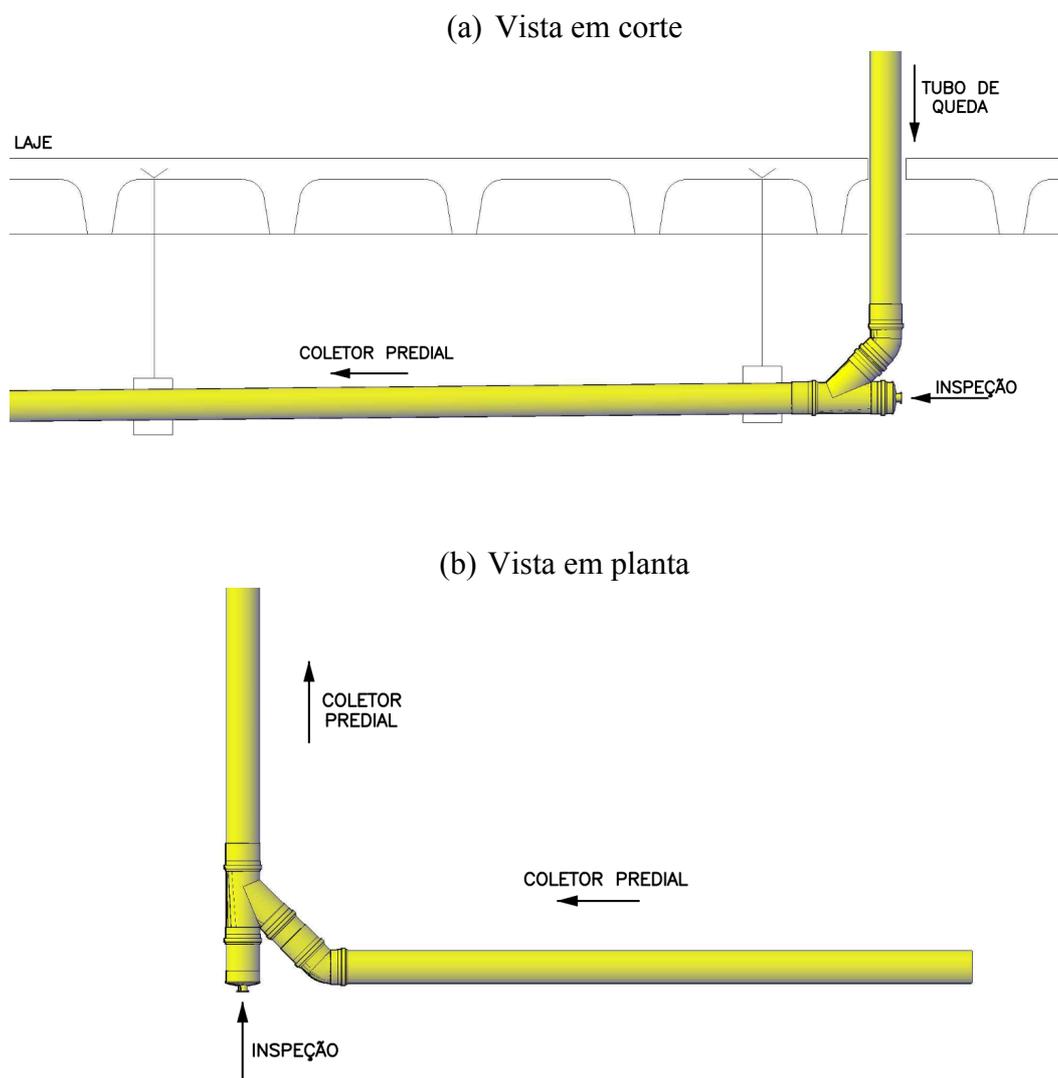
Figura 2: Elementos de inspeção instalados próximos aos condutores verticais para manutenção.



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 2). 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. Em edificações com subsolo, recomenda-se o uso de elementos de inspeção na mudança de direção vertical ou horizontal aparente, seja para a rede coletora de águas pluviais ou águas cinzas (Figura 3).

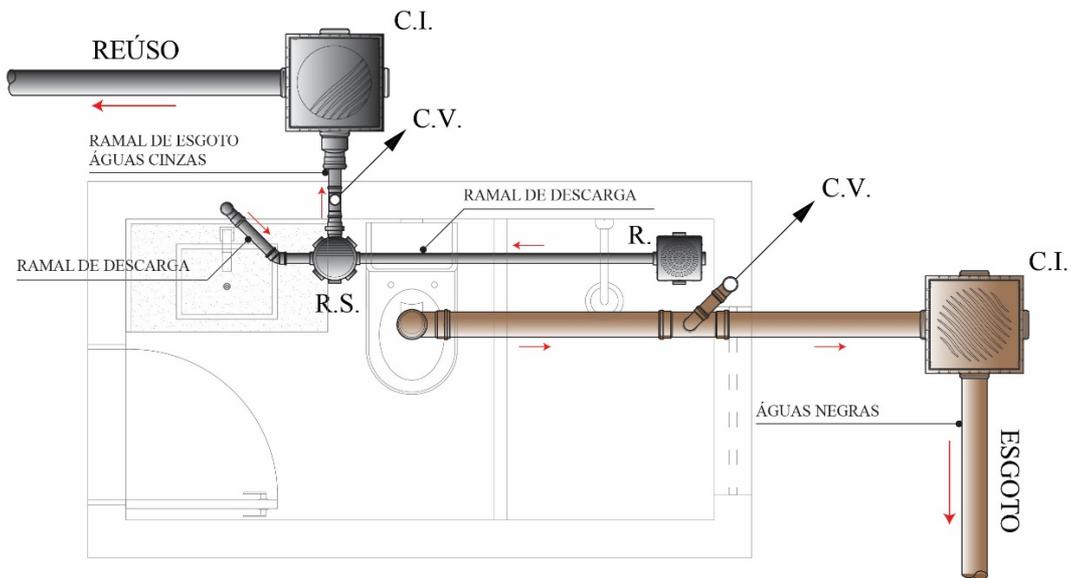
Figura 3: Elementos de inspeção em mudança de direção vertical (a) e horizontal (b) aparente



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%

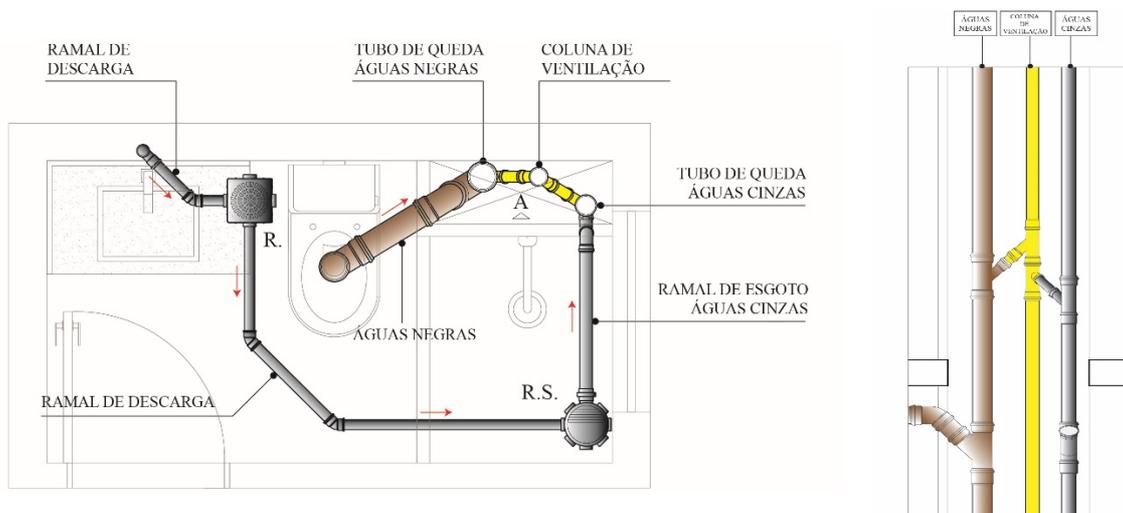
para tubulações com diâmetro nominal igual ou inferior a 75mm ou 1% para tubulações com diâmetro nominal igual ou superior a 100mm. Todos os aparelhos hidrossanitários devem ser protegidos por desconectores para evitar o odor causado pela passagem de gases das canalizações do efluente. A ventilação do ramal de esgoto das tubulações de águas cinzas pode ser separada (Figura 4) ou compartilhada (Figura 5) com tubulações de esgoto primário.

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



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.

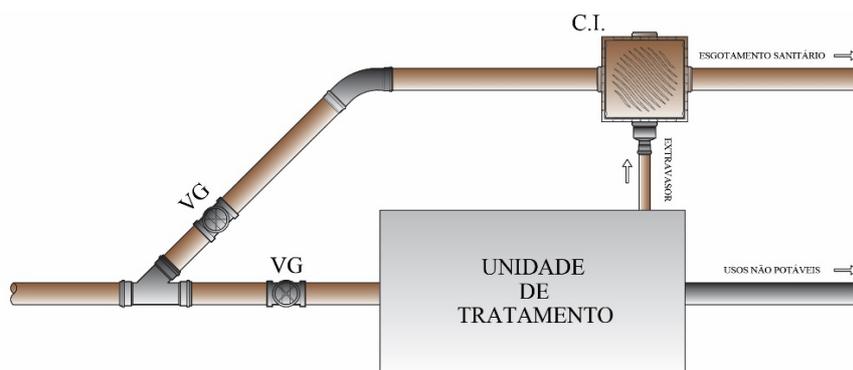
Figura 5: Coluna de ventilação do ramal de esgoto de águas cinzas compartilhada.



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 regulação 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. Antes de selecionar o processo de tratamento adequado para águas de reúso é necessário que seja claramente definido as normas de reúso e a qualidade a ser alcançada. Alguns fatores afetam no processo de design de tratamento, são as condições do local e disponibilidade de área e fatores econômicos (WHO, 1973).

Os métodos primários e secundários de tratamento removem a maioria dos sólidos suspensos e matéria orgânica, já deixando 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 constituiria um processo físico de tratamento, como: remoção da umidade, filtração, incineração, diluição ou homogeneização. Nesse processo ocorre uma remoção de sólidos suspensos entre 30-50% associado a redução da demanda biológica de oxigênio (DBO).

Processo químico

São os processos que geralmente envolvem a adição de produtos químicos para potencializar os efeitos dos outros processos afim 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.

Desinfecção

O objetivo da desinfecção é garantir a saúde pública. Cada uso final possui critérios e padrões de qualidade, com concentração mínima e máxima de organismos. A desinfecção não eliminará completamente a presença desses microrganismos, mas inativará aqueles patogênicos. Dentre os vários microrganismos que são causadores de doenças transmitidas pela água contaminada, alguns são utilizados com indicadores de contaminação, como é o caso dos coliformes totais (CT), coliformes fecais (CF – também conhecidos como termotolerantes), enterococos fecais (ET – também presentes em fezes dos animais de sangue quente). Uma vez detectada a presença desses organismos em qualquer amostra, tem-se a indicação de que é possível e até provável que outros organismos patogênicos estejam presentes, caracterizando-se como contaminação, mas não a transmissão de doenças.

A desinfecção pode ser realizada por meio de cloração (cloro e seus compostos), radiação ultravioleta, ozonização (ozônio) e outros agentes químicos. A cloração é o processo mais utilizado em todos os sistemas de tratamento, sobretudo pela facilidade de aplicação e eficiência. O uso de cloro no processo de desinfecção serve para controle de odor, redução de matéria orgânica, remoção de espuma, aumenta a eficiência da decantação e promove o controle de organismos patogênicos. Porém, sua dosagem deve ser controlada para evitar a formação de compostos organoclorados.

Para controle de odor, a quantidade de cloro necessária está relacionada à produção de H₂S (gás sulfídrico), de modo que se tenha 3 a 5 ppm de cloro para cada ppm de H₂S, ou 25 a 50% da demanda de cloro. Para a redução de carga orgânica é necessário que haja 0,5 ppm (0,5 kg) de cloro para cada 1 ppm (1,0 kg) de DBO. Já a dosagem de cloro aplicado para controle de patógenos, após filtração e tratamento secundário é de 1 a 5 mg/L. Algumas experiencias indicam que o tratamento alcança níveis mais eficientes se for aplicado cloro antes e após o tratamento, na proporção de 20 e 80%, respectivamente.

A desinfecção realizada por UV deve levar em conta a densidade dos organismos no efluente a ser tratado e a densidade desejada. A concentração de SST desejável de 20 mg/L e opção por aplicação em sistema de canal, tubos ou por sistema emerso ou imerso. Esse processo de desinfecção é utilizado pela garantia de inativação dos microrganismos, onde ao receberem a radiação UV sofrem alterações

estruturais no DNA impedindo a reprodução. É um método totalmente físico, sendo vantajoso por sua eficiência e simplicidade, não exigindo qualquer adição de substância química ou aditivos.

Já a desinfecção por ozonização tem as mesmas vantagens de aplicação que o de UV, contudo exige um afluente com baixíssima concentração de matéria orgânica e sólidos em suspensão. Também os equipamentos apresentam custo mais elevados que os métodos anteriormente descritos.

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;
- Eletrodiálise;
- 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 5.

Tabela 5: *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 patógenos, 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)

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 conseqüente 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. Reservatório 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 inteiriça, 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

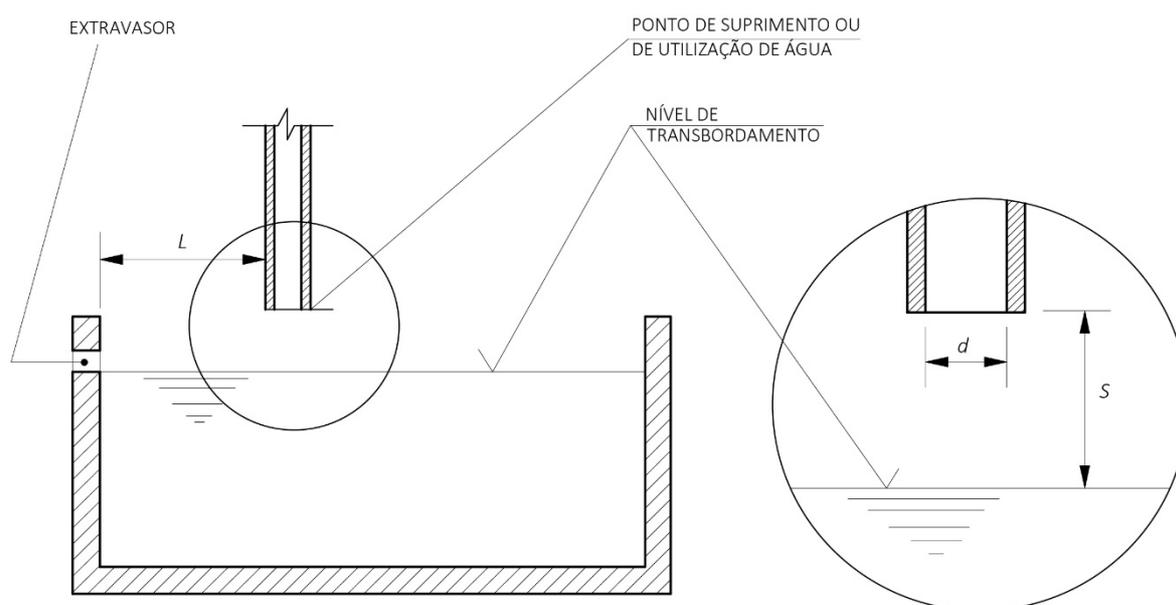
evitar a contaminação da água tratada armazenada. Válvulas de retenção podem ser utilizadas para evitar eventuais refluxos e entrada de possíveis insetos ou roedores presentes nas canalizações de drenagem ou esgotamento sanitário.

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)

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

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)

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.

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

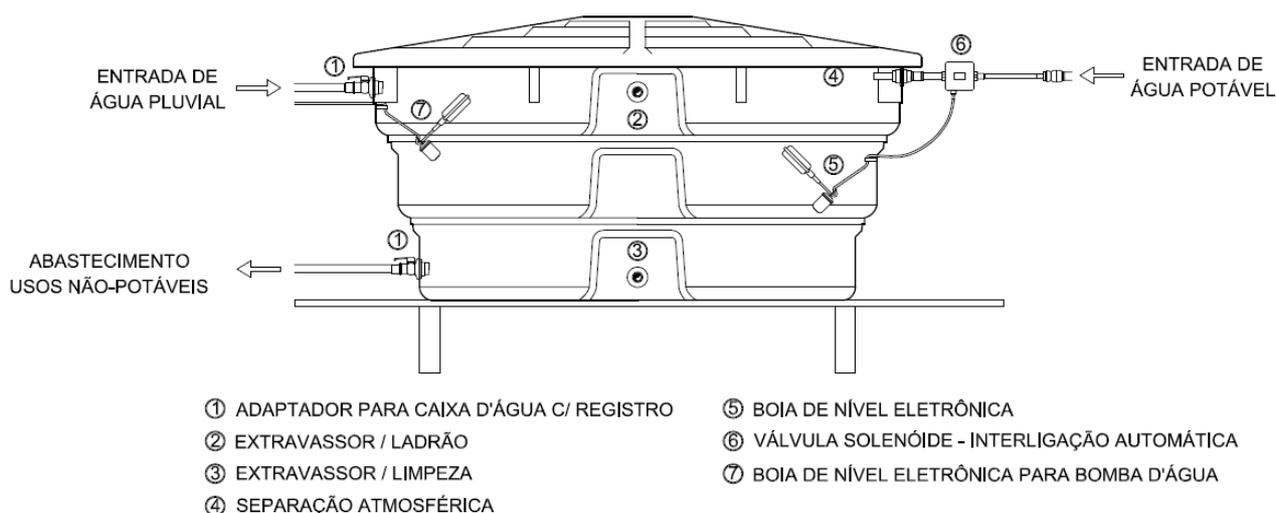
Reservatórios de distribuição tem a função de armazenar um volume equivalente ao consumo diário de água não potável para distribuição por gravidade em diferentes pontos de uso da edificação. Os

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: Exemplos de reservatórios de distribuição de água não potável



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 6 apresenta recomendações para a sinalização de tubulações prediais aparentes.

Tabela 6: 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 7.

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 e o uso em irrigação pressurizada não acarreta danos à saúde dos usuários.

Tabela 7: Características das águas pluviais

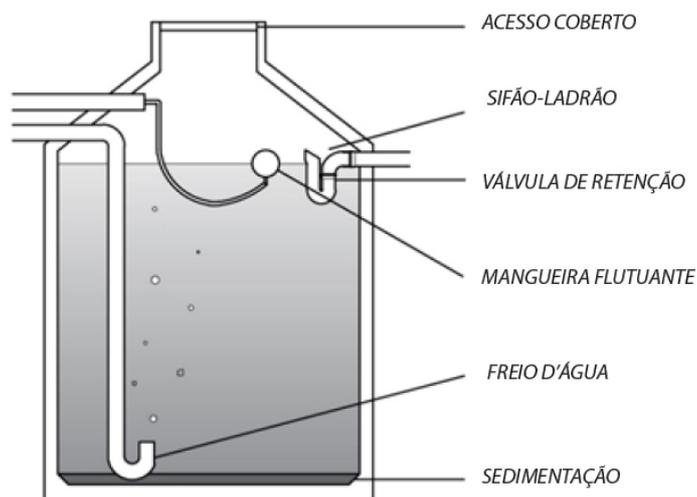
Parâmetros	Valores detectados
Alcalinidade	21-29 mg/L de CaCO ₃
pH	6,2 – 6,7
Cor	66-152 UT
Turbidez	1,0-9,68 UT
Sólido dissolvido	32,7-54,3 mg/L
Sólido suspenso	1,0-66,0 mg/L
Sólido total	64-255 mg/L
Condutividade	65,4-108,5 ms/cm
DBO	12,0-28,0 mg/L
DQO	0-150 mg/L
Coliforme fecal	91-365 mg/L
TDS	0-50.000 mg/L
Nitrito	0- 3,0 mg/L
Fósforo Reativo	0-5,0 mg/L
Fósforo total	0-30 mg/L

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

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

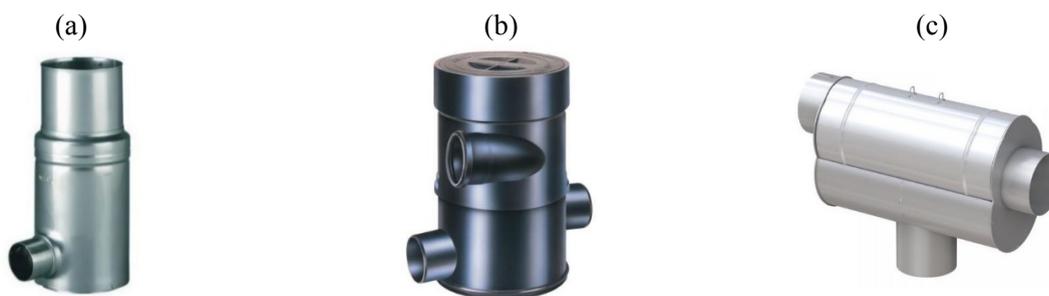
Figura 10: Configuração hidráulica de reservatórios de retenção (cisternas) de águas pluviais

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).



Fonte: www.wisy.eu

O uso de filtros pluviais auto-limpantes é recomendado, 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.

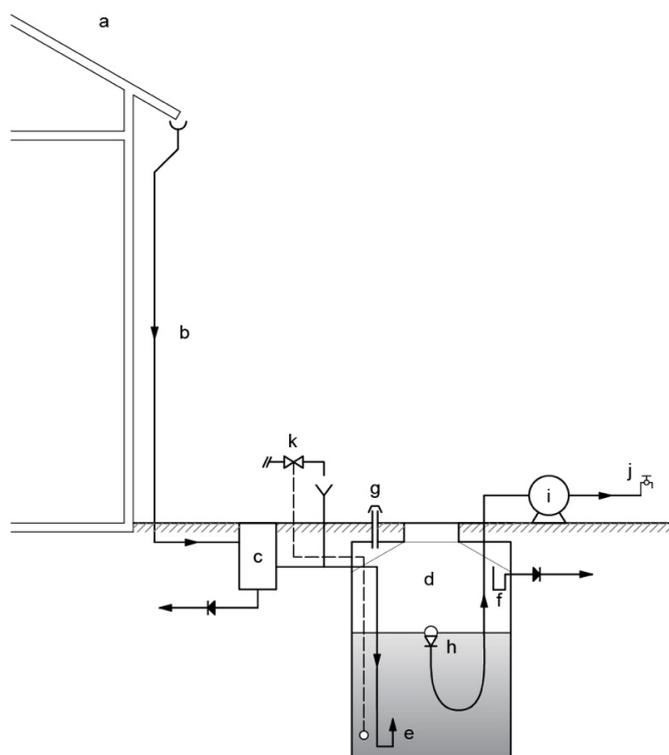
As impurezas menos densas que a água se acumulam na superfície da água armazenada. Para tanto, é recomendado a extração da água armazenada no seu ponto mais limpo: logo abaixo da superfície. A instalação de uma mangueira flexível presa a uma bola flutuante é capaz de extrair a água armazenada logo abaixo 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.

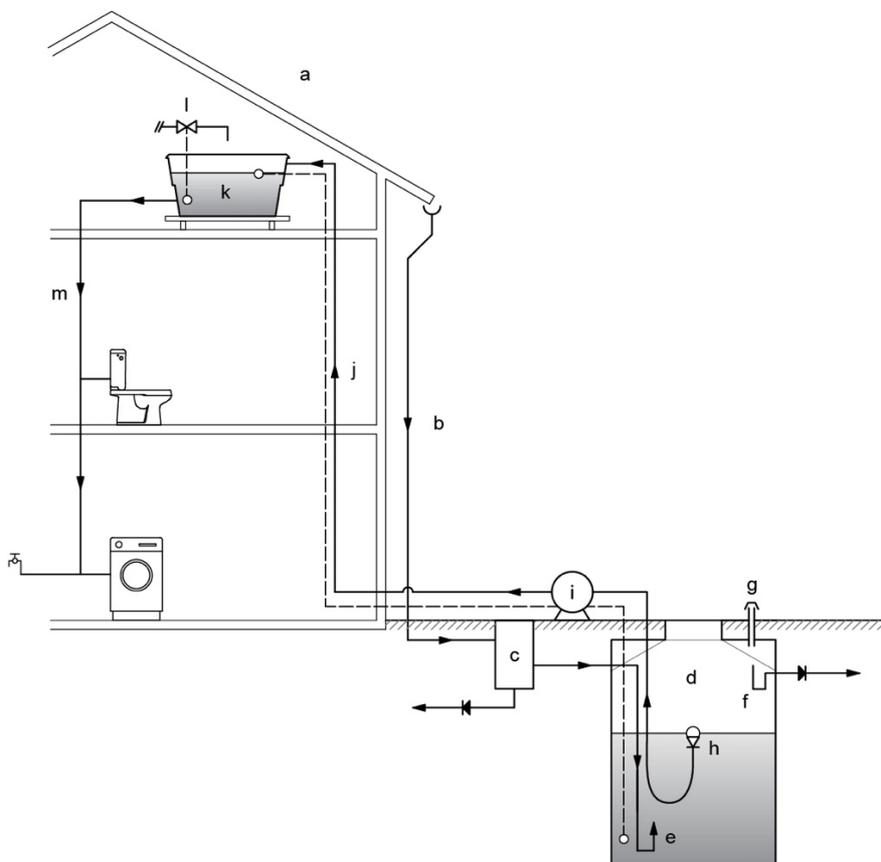
(a) Captação (b) Rede coletora (c) Filtro (d) Cisterna (e) Freio d'água (f) Sifão-ladrão (g) Duto de ventilação (h) Mangueira flutuante
(i) Bomba d'água (j) Rede de distribuição de Água não potável (k) Alimentação automática de água potável

A água de chuva captada pela cobertura (a), é transportada por uma rede coletora (b) e tratada inicialmente por um filtro ou dispositivo de descarte (c). Para garantir a qualidade da água armazenada na cisterna (d), recomenda-se o emprego de um freio d'água (e) para evitar o turbilhonamento de sedimentos decantados no fundo do reservatório e de um sifão-ladrão (f) instalado junto ao extravasor para limpeza da superfície da água. A instalação de um duto de ventilação (g) pode ser benéfico para preservar a qualidade da água armazenada, mas este deve ser protegido com tela de mosquiteiro para evitar a entrada de insetos no interior do reservatório. A extração da água é feita em seu ponto mais limpo, logo abaixo da superfície, por uma mangueira flutuante (h), podendo ter em si, um filtro fino antes de seu bombeamento (i) aos pontos de uso não potável (j).

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 usos internos e externos.



(a) Captação (b) Rede coletora (c) Filtro (d) Cisterna (e) Freio d'água (f) Sifão-ladrão (g) Duto de ventilação (h) Mangueira flutuante (i) Bomba d'água (j) Recalque (k) Reservatório de distribuição (l) Alimentação automática de água potável (m) Rede de distribuição de água não potável

A água de chuva captada pela cobertura (a), é transportada por uma rede coletora (b) e tratada inicialmente por um filtro ou dispositivo de descarte (c). Para garantir a qualidade da água armazenada na cisterna (d), recomenda-se o emprego de um freio d'água (e) para evitar o turbilhonamento de sedimentos decantados no fundo do reservatório e de um sifão-ladrão (f) instalado junto ao extravasor para limpeza da superfície da água. A instalação de um duto de ventilação (g) pode ser benéfico para preservar a qualidade da água armazenada, mas este deve ser protegido com tela de mosquiteiro para evitar a entrada de insetos no interior do reservatório. A extração da água é feita em seu ponto mais limpo, logo abaixo da superfície, por uma mangueira flutuante (h), podendo ter em si, um filtro fino para um polimento final da água. Uma bomba de água (i), faz o recalque (j) da água tratada para um reservatório de distribuição (k) que alimenta, por gravidade, pontos de uso não potável usando uma rede de distribuição independente (m), evitando conexão cruzada com a rede de água potável. Na falta de água pluvial, torna-se necessária a alimentação automática de água potável (l) da concessionária de forma segura para evitar a contaminação da rede potável.

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 8).

Tabela 8: *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 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. A rede de drenagem 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 de cada edificação. A reutilização de águas cinzas sem o tratamento adequado pode ser prejudicial à saúde dos usuários, uma vez que as águas cinzas contém 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 e dependendo do tipo de edificação que está sendo produzida. Um hospital, por exemplo, terá uma quantidade de microrganismos superior às águas cinzas geradas em um hotel ou escritórios.

Para a caracterização dessas águas são utilizados parâmetros físico-químicos e biológicos, que indicarão como deve ser realizado o tratamento. Já os microrganismos patogênicos que provocam riscos à saúde humana são mais difíceis de se quantificar, por isso são utilizados microrganismos indicadores como *E. coli*.

Com base na tipologia das edificações prever que as características das águas cinzas dependerão primeiramente da qualidade da água que abastece a edificação e das atividades que são desenvolvidas em cada uma delas, portanto é imprescindível analisar as características da água que se pretende tratar. A Tabela 9 descreve os principais contaminantes presentes em cada edificação segundo as atividades desenvolvidas.

Tabela 9: Contribuição de poluentes presentes nas águas cinzas em decorrência das atividades de cada edificação não residencial

Edificação	Tipologia	Poluentes
Edifícios Comerciais	Salões de beleza Lavanderia	Metais pesados e outros componentes, dentre os quais estão o alumínio, ferro, manganês, titânio, silício, sódio, cálcio, magnésio, fósforo, carbono total, carbono orgânico e cloretos. (PRIM, 1998). Tolueno (metilbenzeno) e xileno (dimetilbenzeno) – utilizado em shampoo de cabelo; Acetona (metil-etil-cetona) – removedor de esmaltes; Formaldeído (formol) – esmaltes; Formaldeído (formol) e hidróxido de sódio – produto de alisamento de cabelos; Tensoativos catiônicos – descolorante; Polivinilpirrolidone – condicionador de cabelo; Alquilfenol etoxilato – tintura de cabelo.
	Pet shops	Pêlos, tecidos, fluidos orgânicos, Tolueno (metilbenzeno) e xileno (dimetilbenzeno), enxofre dentre outros (ANVISA, 2010)
	Lojas de peças	Óleos e graxas
	Oficinas	Terra
	Material de construção	Sabão
	Floricultura	Restos de material vegetal, terra
	Bares e restaurantes Supermercados	Sabão Álcool Corantes
Hospitais	Hospitais Centros de saúde UPAS	Sabão, patógenos, vírus, fármacos e seus metabólicos, hormônios e metais pesados como cádmio, chumbo e níquel. (Res. 357/2005)
Escolas	Escola Classe	Sabão e terra.
	Centro de Ensino Fundamental	
	Centro de Educacional	
	Centro de Ensino Médio	
Hotéis		Sabão.
Escritórios		
Indústrias	Alimentos	Metais pesados e outros componentes, dentre os quais estão o alumínio, ferro, manganês, titânio, silício, sódio, cálcio, magnésio, fósforo, carbono total, carbono orgânico e cloretos (PRIM, 1998).
	Petroquímica	
	Metalúrgica	
	Têxtil	
	Madeira	
	Farmacêutico	

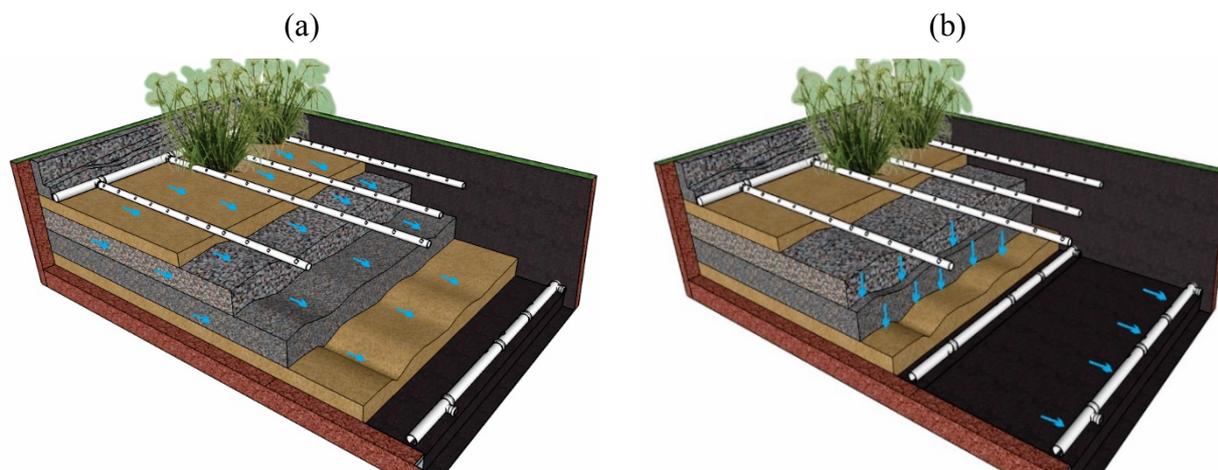
2.5.2. Sistemas de reúso de águas cinzas

Sistemas isolados

Sistemas de reúso de águas cinzas isolados das edificações, fazem a distribuição direta a pontos de uso externo por bombeamento. 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. 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 têm sido utilizados para tratar uma variedade de águas residuárias, incluindo escoamento superficial urbano, municipal, industrial, agrícola e águas de drenagem de minas. Trata-se de tanques impermeabilizados, preenchidos por um meio filtrante, plantados por vegetais que possam viver em ambiente constantemente saturado e suportam grandes cargas de poluentes (VYMAZAL, 2014). Em geral leitos cultivados são sistemas ideais para tratamento de águas residuárias em pequenas comunidades (< 5.000 pessoas), por serem de baixo custo de implantação e baixa demanda energética, operação e manutenção simplificada e remoção eficaz de sólidos suspensos, DBO₅, nutrientes como fósforo e nitrogênio, metais pesados, além de diversos patógenos como bactérias e até diversos vírus.

Figura 14: *Leitos cultivados de fluxo horizontal (a) e vertical (b)*



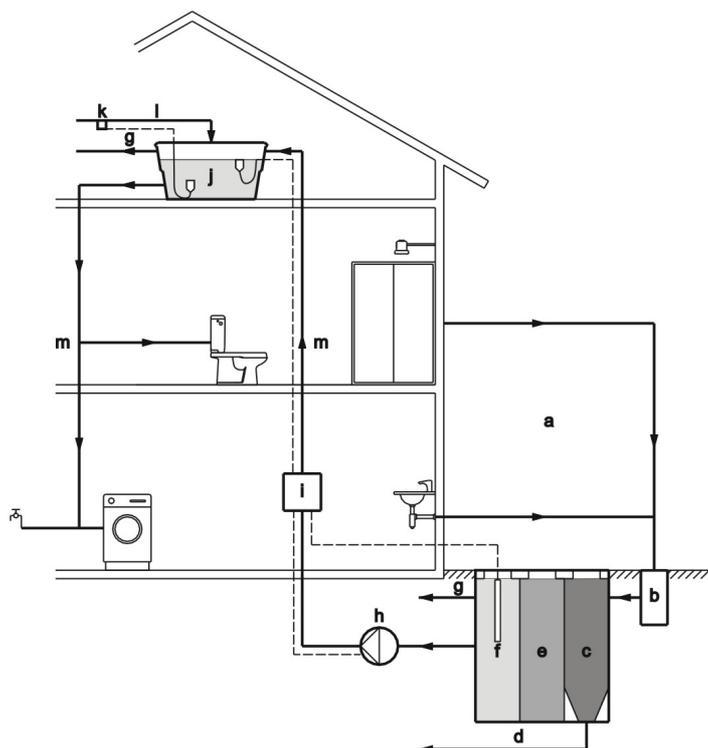
Podem ser classificados quanto ao fluxo do efluente, sendo horizontal e vertical. Nos LC's de fluxo horizontal o afluente percola sob o leito longitudinalmente e sendo submetido ao tratamento durante o contato com a superfície do substrato com as raízes dos vegetais plantados (Figura 14a). Os de fluxo vertical apresentam a disposição do afluente em toda a superfície do leito e a percolação é intermitente, descendo verticalmente pelo substrato, o que permite uma boa transferência de oxigênio e conseqüentemente o processo de nitrificação é ampliado (Figura 14b). O processo de tratamento se assemelha a de um filtro biológico, podendo ser utilizado combinado com sistemas de fluxo

horizontal, formando os leitos cultivados híbridos. Esses sistemas são dependentes de área disponível, onde precisarão serem construídos e adaptados às edificações.

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 15).

Figura 15: 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

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.

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 10: *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, porém 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

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 patogênicos 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, retirado 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 para coleta de dados primários das principais características tipológicas de edificações não-residenciais de acordo com sua funcionalidade. 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.

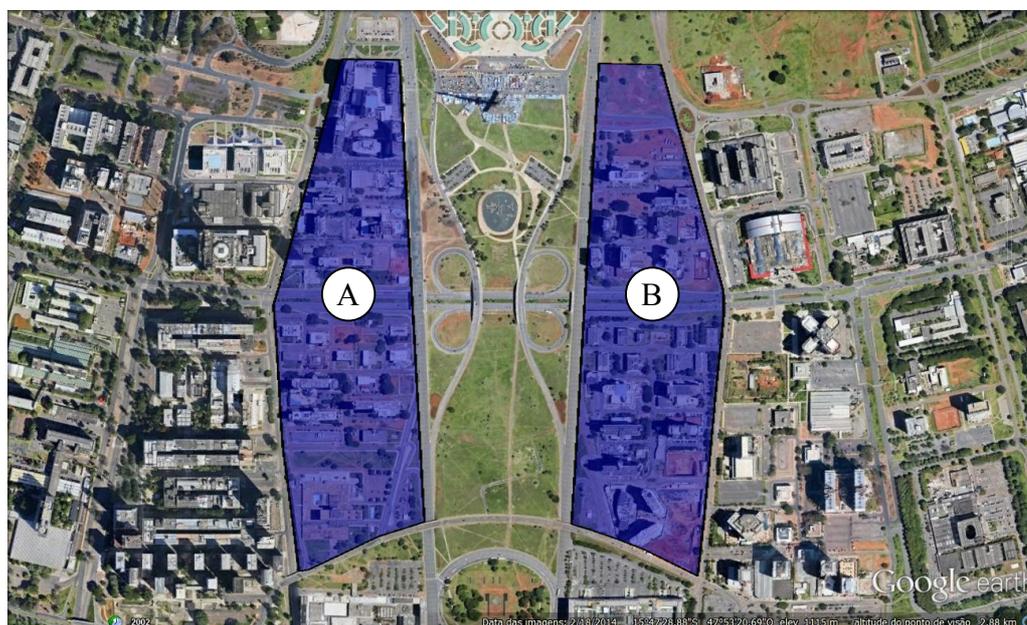
3.1. Caracterização das Edificações Não-Residenciais

A caracterização das principais edificações não-residenciais do Distrito Federal contou com uma análise prévia das principais funções desenvolvidas no estoque edificado da região, categorizando-as em edificações: i) hoteleiras; ii) comerciais; iii) escritórios; iv) ensino; v) saúde; vi) transporte; vii) industriais. Para cada tipo edilício foram caracterizados sub-grupos em função das atividades desenvolvidas, características construtivas e ocupação.

3.1.1. Edificações Hoteleiras

A capital federal dispõe de uma ampla rede de hotéis localizados no centro de Brasília, ao longo do seu Eixo Monumental (Figura 16). O Setor Hoteleiro Sul (SHS) é composto por 20 edificações hoteleiras, enquanto o Setor Hoteleiro Norte (SHN) é composto por 23 edificações hoteleiras.

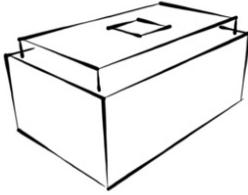
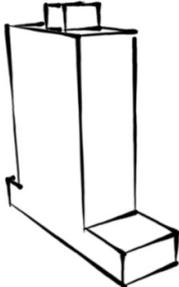
Figura 16: Setores Hoteleiros Sul (a) e Norte (b) em Brasília



Fonte: Adaptado do Google Earth

As edificações hoteleiras desses setores podem ser classificadas em tipologias de: i) Baixa Densidade; e ii) Alta Densidade. Foi realizada uma entrevista estruturada direcionada aos gerentes de hotel para coletar informações referentes às características tipológicas (número de pavimentos, área construída, área verde, número de apartamentos, restaurante, lavanderia e piscina) e os padrões de ocupação do hotel (número de hóspedes e funcionários). Por meio das entrevistas estruturadas, foi possível coletar dados primários relativos às características tipológicas (Tabela 11).

Tabela 11: Principais características das edificações hoteleiras

Tipologia		Características	n	MÉDIA
Baixa Densidade		Área construída	11	2.181m ²
		Nº de apartamentos	11	62
		Nº de pavimentos	11	4
		Nº de funcionários	11	22
		Nº de hóspedes / mês	9	2.152
		Restaurante	11	45%
		Lavanderia	7	86%
Alta Densidade		Área construída	12	17.017m ²
		Área verde	12	600m ²
		Nº de apartamentos	12	293
		Nº de pavimentos	12	
		Nº de funcionários	12	108
		Nº de hóspedes/ mês	9	5.154
		Piscina	12	83%
		Restaurante	12	92%
		Lavanderia	12	75%

Evidentemente, a escala edificada do primeiro edifício analisado (Baixa Densidade) foi bem menor que do segundo (Alta Densidade). Isso se deve ao fato de que as edificações hoteleiras de alta densidade, não apenas tem um número maior de apartamentos, mas também, contém elementos adicionais como lojas, lavanderia, piscina e demais pisos externos e avarandados. Áreas de pisos e de jardins podem afetar o consumo de água nas edificações. Para tanto, verificou-se as áreas de pisos e jardim que contribuíam ao consumo de água em lavagem e irrigação. Pisos externos das edificações de baixa densidade limitaram-se a calçada (212m²). Já seus pisos internos (recepção, corredores, quartos, cozinha e garagem), apresentaram uma área total equivalente a 527 m². Os pisos internos das edificações hoteleiras de alta densidade (recepção, corredores, quartos, cozinha e garagem) representam mais da metade da área total da edificação, porém, apenas 7.535m² dessa área era lavado. Já os pisos externos (calçada, deck de piscina e circulação externa), representavam 9.025 m² de área de lavagem. Se observarmos a relação entre área verde / área construída, a edificação de baixa densidade (0,25) apresenta um índice bem maior do que a edificação de alta densidade (0,07). Ou seja, proporcionalmente ao seu tamanho, a edificação hoteleira de baixa densidade apresenta uma maior probabilidade de usar água em irrigação do que a edificação hoteleira de alta densidade.

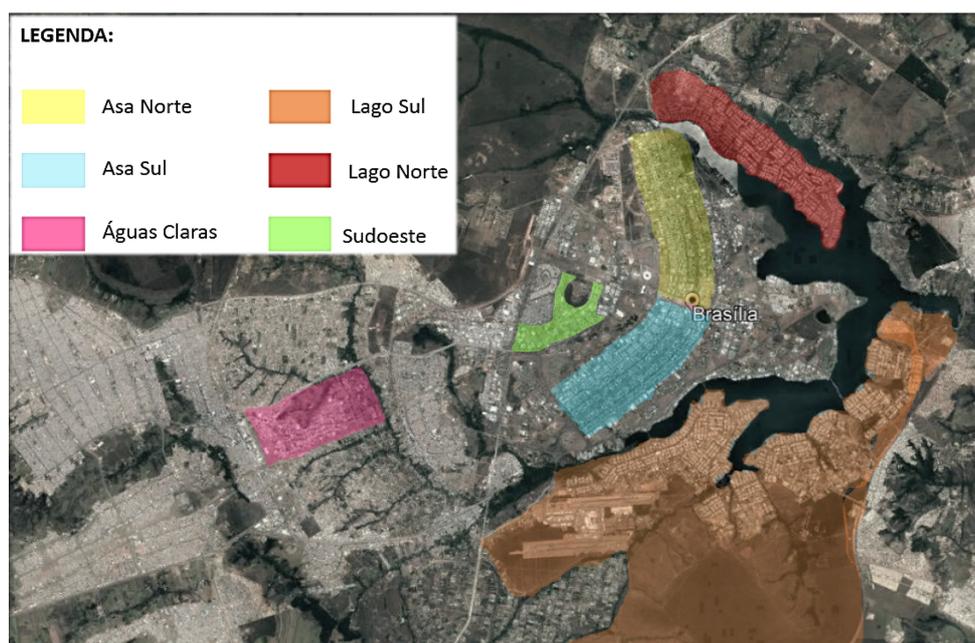
Outro fator que pode afetar o consumo de água é o número de usuários (hospedes e funcionários). Em ambas as edificações, a relação do número médio de hóspedes por apartamento por mês foi similar entre as edificações de baixa densidade (7,6) e as de alta densidade (7,5). O mesmo pode ser dito em relação à proporção de hóspedes por funcionários nas edificações de baixa densidade (19) e de alta densidade (16). Vale apenas ressaltar que os resultados da entrevista apontam que, em média, os hóspedes das edificações de baixa densidade permanecem um dia a menos (2 dias) que os hóspedes de edificações hoteleiras de alta densidade (3 dias).

3.1.2. Edificações Comerciais

As edificações comerciais do Distrito Federal apresentaram quatro configurações distintas: i) Estabelecimento Comercial; ii) Bloco Comercial; iii) Centro Comercial; e iv) Galpão Comercial. As edificações comerciais foram caracterizadas de acordo com suas atividades comerciais e morfologia:

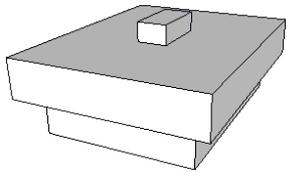
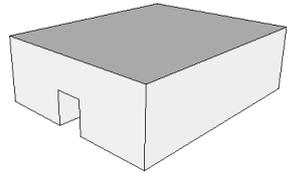
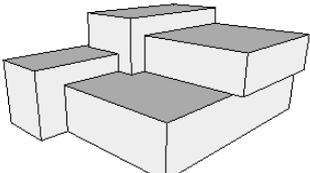
- **Estabelecimento Comercial:** Edificação comercial de pequeno a médio porte, com uma atividade comercial predominante. *Todo o complexo de bens, corpóreos (mercadorias, mesas, mobílias, imóveis) ou incorpóreos (nome comercial, marca, patente, direitos) que possibilitam o desenvolvimento da atividade empresarial, art. 1.142 do Código Civil Brasileiro.*
- **Bloco Comercial:** Edificação comercial de médio porte com diversas atividades, destacando-se: farmácias, restaurantes, padaria, salão de beleza, etc. Construído com o intuito de atender as quadras residenciais adjacentes.
- **Centro Comercial:** Edificação comercial de grande porte com diversas atividades, agrupamento de lojas situadas num mesmo conjunto arquitetônico, voltadas para circulação de uso comum (shopping centers).
- **Galpão Comercial:** Construções de um pavimento, podendo ou não ser dotados de mezaninos, com grandes áreas construídas. Este tipo de edificação se caracteriza por seus grandes vãos e grandes áreas de cobertura, e as principais atividades incluem a venda de materiais de construção, venda e/ou manutenção de veículos e hipermercados.

Figura 17: Regiões Administrativas selecionadas para coleta de dados



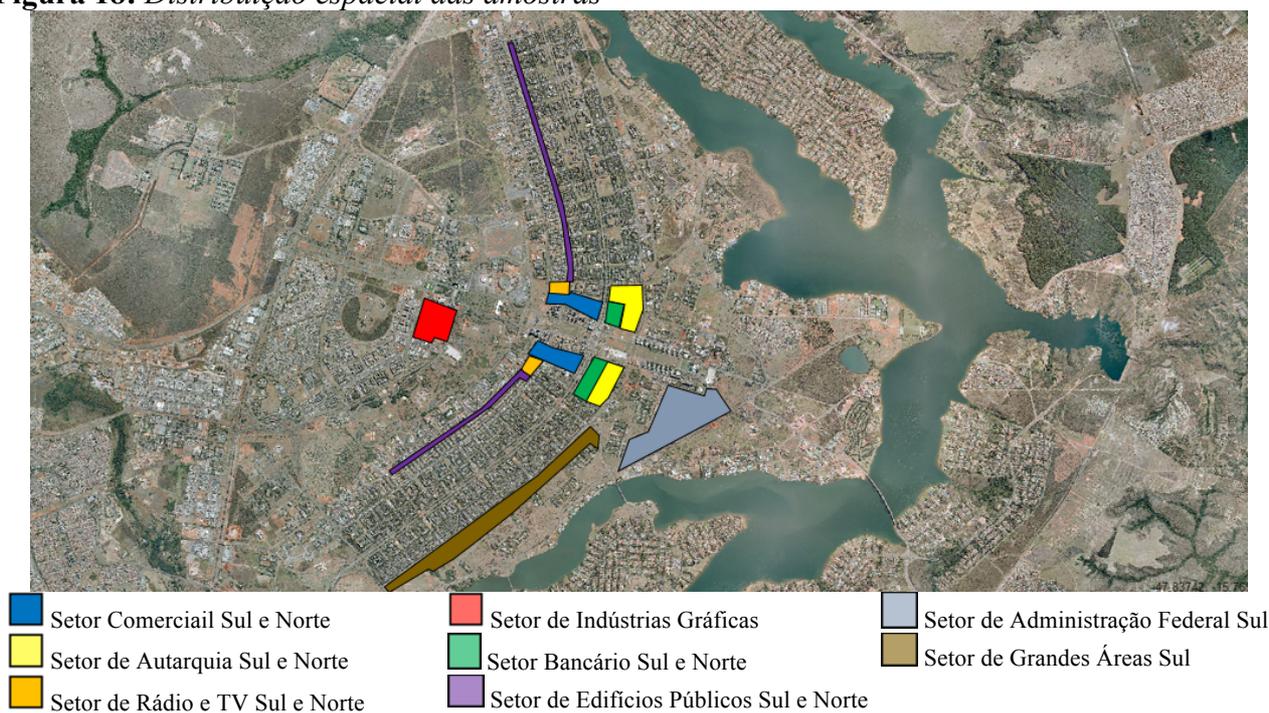
A coleta de dados primários referentes a área construída, área verde, população (fixa e flutuante) e atividades comerciais foi realizado nas Regiões Administrativas Águas Claras, Brasília (Asa Norte e Asa Sul, Lago Norte e Lago Sul), Sudoeste, Setor de Indústrias Gráficas (SIG), Setor de Indústrias e Abastecimento (SAI), Setor de Clubes Esportivos Sul e Parque da Cidade (Figura 17). A Tabela 12 apresenta os principais resultados do levantamento.

Tabela 12: Principais características das edificações comerciais

Tipologia		Características	n	Média
Bloco Comercial		Área Construída	73	1.750m ²
		Nº de lojas	73	8
		Nº de funcionários por loja	73	1
		Nº de clientes por loja por dia	73	10
		População total	73	88
Estabelecimento Comercial		Área Construída	17	596m ²
		Área verde	17	
		Nº de funcionários	17	33
		Nº de clientes por dia	17	284
		População total	17	330
Centro Comercial		Área Construída	15	81.778m ²
		Área verde	15	
		Nº de lojas	15	155
		Nº de funcionários por loja	15	
		Nº de clientes por loja	15	
		População total	15	
Galpão Comercial		Área Construída	83	5.827m ²
		Área Verde	83	17m ²
		Nº de funcionários	83	74
		Nº de clientes por dia	83	323

3.1.3. Edificações de Escritórios

Na pesquisa foram identificadas edificações com características construtivas distintas marcadas pela presença de escritórios, onde são realizadas atividades públicas e privadas, como serviços de administração, advocacia, engenharia, arquitetura, contabilidade, telecomunicações entre outros.

Figura 18: Distribuição espacial das amostras

Foram analisados 101 edifícios de escritórios localizados nos Setores Comerciais (SCN e SCS), Bancários (SBN e SBS), de Autarquias (SAUN e SAUS), de Administração Federal Sul (SAFS), de Grandes Áreas Sul (SGAS), de Edifícios Públicos (SEPN e SEPS), de Rádio e TV (SRTVN e SRTVS) e de Indústrias Gráficas (SIG), bem como nas entre quadras comerciais do Plano Piloto (EQN) (Figura 18).

Durante a pesquisa, foi possível constatar que atividades semelhantes eram realizadas em edifícios com características diversas, variando de três a 28 pavimentos, incluindo subsolos. Em média, cada edifício era composto por dois subsolos, térreo e mais dez pavimentos. Somente dois edifícios pesquisados não possuíam subsolo, enquanto a maioria (61 edifícios) possuíam um ou dois subsolos.

A área construída dos edifícios analisados varia entre 868 e 72.226 metros quadrados, apresentando valor médio igual a 17 mil m². Os três maiores edifícios pesquisados foram os edifícios sede do DNIT, Caixa Econômica Federal e Correios, com mais de 60 mil m². Entre os cinco menores edifícios pesquisados, com menos de 2.500 m², quatro encontram-se no Setor Comercial Sul.

A área verde, referente a canteiros e jardins, nos edifícios analisados varia entre zero e 6 mil metros quadrados. Quase metade (46%) dos edifícios pesquisados não possuía canteiros ou jardins. No entanto, ressalta-se que alguns edifícios possuem grandes extensões de área verde, atingindo até 6 mil m². Em média, cada edifício possui 492 metros quadrados de canteiros e jardins.

Em relação aos espelhos d'água e similares, maior parte dos edifícios pesquisados (90%) não possui esse tipo de elemento paisagístico. No entanto, destaca-se que alguns dos edifícios pesquisados possuem espelhos d'água com grandes dimensões, até 3 mil metros quadrados.

A importância da análise das áreas de canteiros, jardins, espelhos d'água e similares está relacionada à demanda de água para manutenção paisagística, que pode ser suprida por fontes não potáveis de aproveitamento ou reúso.

A população fixa dos edifícios analisados varia entre 15 e 3.504, enquanto a população flutuante apresenta valores de 5 a 4.000 pessoas. Em média, cada edifício possui população fixa igual a 700 pessoas e população flutuante igual a 365, totalizando uma população média de 1.045 pessoas por dia em cada edifício. A grande variabilidade no número de pessoas pode ser explicada pelas características distintas dos edifícios analisados.

3.1.4. Edificações de Ensino

Para edificações de ensino, foram selecionadas escolas cujas tipologias abarcam alunos a partir do 1º ano do ensino fundamental até o 3º ano do ensino médio. A Secretaria de Educação do Distrito Federal (SEDF) conta com tipologias edilícias que traduzem essas etapas escolares, desde a creche até o segundo grau, o que facilita a análise de demanda de água em função de faixa etária e tipo de edificação. Com isso, foram analisadas as quatro tipologias escolares da SEDF: i) Escolas Classe (EC); ii) Centros de Ensino Fundamental (CEF); iii) Centros Educacionais (CED); e iv) Centros de Ensino Médio (CEM). Na Tabela 13, é possível observar a correspondência entre as tipologias escolares e as faixas de aprendizado correspondentes.

Tabela 13: *Tipologia escolar em função da faixa etária e nível de aprendizado*

Tipologia Escolar	Nível de Aprendizado	Faixa Etária
Escola Classe (EC)	Fundamental I	De 06 a 11 anos
Centro de Ensino Fundamental (CEF)	Fundamental II	De 10 a 15 anos
Centro Educacional (CED)	Fundamental II e Ensino Médio	De 10 a 18 anos*
Centro de Ensino Médio (CEM)	Ensino Médio	De 14 a 18 anos

*Pratica-se a separação de faixas de aprendizado por turno

De modo a obter-se números estatisticamente significativos, buscou-se coletar dados de cerca de 30% das escolas de cada tipologia escolar. Outro fator considerado foi a localização geográfica das escolas da Secretaria de Educação, de maneira a abranger às diversas regiões administrativas do DF e suas consequentes faixas de renda. Com isso, foram coletados dados nas RA's Brasília, Brazlândia, Candangolândia, Ceilândia, Guará, Núcleo Bandeirante, Paranoá, Riacho Fundo e Taguatinga.

Uma pesquisa de campo foi realizada por meio de observações *in loco* e questionários direcionados às escolas da rede pública de ensino das principais Regiões Administrativas (RA's) do Distrito Federal para coletar informações relativas à população (alunos e funcionários), área construída (cobertura e de pisos) e área verde (Tabela 14). Ao todo, foram visitadas 135 escolas do DF.

Tabela 14: *Principais características das edificações de ensino*

TIPOLOGIA	CARACTERÍSTICAS	<i>n</i>	MÉDIA
Escola Classe	Área Cobertura	69	3.412m ²
	Área Verde	69	1.821m ²
	Área Piso	69	2.123m ²
	Nº de Alunos	69	96.317
	Nº de Funcionários	69	9.150
	Média População	69	1.529
Centro de Ensino Fundamental	Área Cobertura	35	3.474m ²
	Área Verde	35	1.881m ²
	Área Piso	35	2.148m ²
	Nº de Alunos	35	98.313
	Nº de Funcionários	35	9.281
	Média População	35	3.074
Centro de Educacional	Área Cobertura	20	3.511m ²
	Área Verde	20	1.891m ²
	Área Piso	20	2.161m ²
	Nº de Alunos	20	93.906
	Nº de Funcionários	20	8.967
	Média População	20	5.143
Centro de Ensino Médio	Área Cobertura	10	3.463m ²
	Área Verde	10	1.963m ²
	Área Piso	10	2.151m ²
	Nº de Alunos	10	93.037
	Nº de Funcionários	10	8.847
	Média População	10	10.287

3.1.5. Edificações de Saúde

Edificações de saúde são espaços voltados para a atenção à população e que possuem em seu programa uma série de unidades que funcionam em conjunto, cada uma com suas especificidades, como por exemplo, unidade de pronto-atendimento, internação, cozinha, ambulatórios, entre outros. No Distrito Federal, as principais edificações de saúde são: i) hospitais; ii) unidades de pronto-atendimento; e iii) centros de saúde.

A Resolução – RDC nº 50, de 21 de fevereiro de 2002, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, dispõe sobre o regulamento técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde. No que diz respeito à programação físico-funcional dos estabelecimentos, essa resolução apresenta as diversas atribuições de cada tipo de EAS, dividindo-as em oito atribuições, que podem ser agrupadas em unidades funcionais. São elas:

- 1-Prestação de atendimento eletivo de promoção à assistência à saúde em regime ambulatorial e de hospital-dia – atenção à saúde incluindo atividades de promoção, prevenção, vigilância à saúde da comunidade e atendimento a pacientes externos de forma programada e continuada;
- 2-Prestação de atendimento imediato de assistência à saúde - atendimento a pacientes externos em situações de sofrimento, sem risco de vida (urgência) ou com risco de vida (emergência);
- 3-Prestação de atendimento de assistência à saúde em regime de internação- atendimento a pacientes que necessitam de assistência direta programada por período superior a 24 horas (pacientes internos);
- 4-Prestação de atendimento de apoio ao diagnóstico e terapia- atendimento a pacientes internos e externos em ações de apoio direto ao reconhecimento e recuperação do estado da saúde (contato direto);
- 5-Prestação de serviços de apoio técnico- atendimento direto a assistência à saúde em funções de apoio (contato indireto);
- 6-Formação e desenvolvimento de recursos humanos e de pesquisa- atendimento direta ou indiretamente relacionado à atenção e assistência à saúde em funções de ensino e pesquisa;
- 7-Prestação de serviços de apoio à gestão e execução administrativa- atendimento ao estabelecimento em funções administrativas;
- 8-Prestação de serviços de apoio logístico - atendimento ao estabelecimento em funções de suporte operacional.

Sendo as quatro primeiras atribuições destinadas ao atendimento direto a atividades de atenção e assistência à saúde (atribuições fim), podemos entender a distribuição destas atividades nas edificações da Secretaria de Estado do Distrito Federal (SES-DF) conforme Tabela 15.

Tabela 15: *Tipos de atendimento assistenciais de saúde por tipo de edifício*

Tipo de atendimento	Objetivo	Atividades	Unidades espaciais
Atendimento primário Atendimento em regime ambulatorial e de Hospital-dia	Ações voltadas à prevenção e diagnóstico precoce; vacinação, tratamentos de doenças mais simples; levantamento do perfil epidemiológico.	Ambulatório; acompanhamento periódico; imunização; coleta de material para exame; tratamento de doenças mais simples; levantamento do perfil epidemiológico; ações de educação para a saúde.	Centros de saúde; Postos de saúde (urbano e rural); Unidade Básica de Saúde.
Atendimento secundário Atendimento imediato e assistência à saúde	Atendimento a pacientes externos em situações de urgência e emergência.	Triagem; atendimento social; higienização de pacientes; procedimentos de enfermagem; procedimentos de urgência e emergência; apoio ao diagnóstico e terapêutico por períodos de até 24h; observações por até 24h; fornecer alimentação ao paciente.	Unidades de Pronto-atendimento – UPA
Atendimento terciário Atendimento em regime de internação	Atendimento a pacientes que necessitam de cuidados diretos programados por períodos superiores à 24h.	Internação; assistência médica diária; assistência de enfermagem, assistência nutricional; assistência psicológica e social; recreação infantil e terapia ocupacional; Internação neonatal; internação de terapia intensiva; internação e tratamento de pacientes queimados.	Hospitais Regionais
Atendimento quaternário Atendimento de apoio ao diagnóstico e terapia	Atendimento especializado voltado ao diagnóstico e terapia.	Recepção e coleta de material; triagem de material; análises laboratoriais; emitir laudos das análises laboratoriais; Imagenologia; Métodos gráficos; anatomia patológica e citopatologia; medicina nuclear; procedimentos cirúrgicos e endoscópicos; realização de partos normais, cirúrgicos e intercorrências obstétricas; reabilitação e fisioterapia; atividades hemoterápicas e hematológicas; radioterapia; quimioterapia; atividades relacionadas ao leite humano; oxigenoterapia hiperbárica.	Hospital de Base do Distrito Federal - HBDF

As edificações da SES-DF estão distribuídas por todo DF, tanto nas áreas urbanas como rurais. Todas as regiões possuem centros de saúde e/ou postos de saúde (urbanos ou rurais). Os hospitais regionais estão presentes nas Regiões Administrativas: Brasília, Gama, Santa Maria, Taguatinga, Ceilândia, Samambaia, Guará, Brazlândia, Sobradinho, Planaltina e Paranoá. As unidades de pronto-atendimento (UPA) já estão construídas em: Ceilândia, São Sebastião, Samambaia, Núcleo Bandeirante e Recanto das Emas e Sobradinho.

3.1.6. Edificações de Transporte

Os edifícios de transporte foram caracterizados conforme os modais correspondentes às atividades realizadas no Distrito Federal. Destacaram-se três tipos de modais de transporte: i) o Rodoviário; ii) Metroviário; iii) e o Aeroviário. No modal Rodoviário, podem ser destacadas a Rodoviária Central e

a Rodoviária Interestadual. A Rodoviária Central foi considerada no estudo por atender toda a população urbana do Distrito Federal e por não ter nenhum sistema alternativo de abastecimento de água (a Rodoviária Interestadual já faz o Aproveitamento de Água Pluvial). No modal Metroviário foram analisadas as 24 estações de metrô em funcionamento no Distrito Federal. No modal Aeroviário foi analisado o Terminal de Passageiros 1, já que o Terminal de Passageiros 2 foi desativado para operação de voos. A Tabela 16 apresenta um resumo das principais características (variáveis independentes) das edificações de transporte em análise.

Tabela 16: Principais características das edificações de transporte

EDIFÍCIOS DE TRANSPORTE EM ANÁLISE		CARACTERÍSTICAS	n	MÉDIA
A E R O P O R T O		1) Terminal de Passageiros	2	1
		2) Área Construída		110.000m ²
		3) Área Verde		600.000m ²
		4) Nº Aeronaves Mensal		14.761
		5) Nº Passageiros Mensal		1.553.203
C E N T R A L		1) Área Construída		20.000m ²
		2) Nº de Funcionários	108	
		3) Nº de Usuário/ dia		1.000.000
M E T R Ô		1) Extensão da Linha		42,5Km
		2) Nº de Estações	24	
		3) Nº de Passageiros Mensal		129.297
		4) Área Construída		3.517m ²

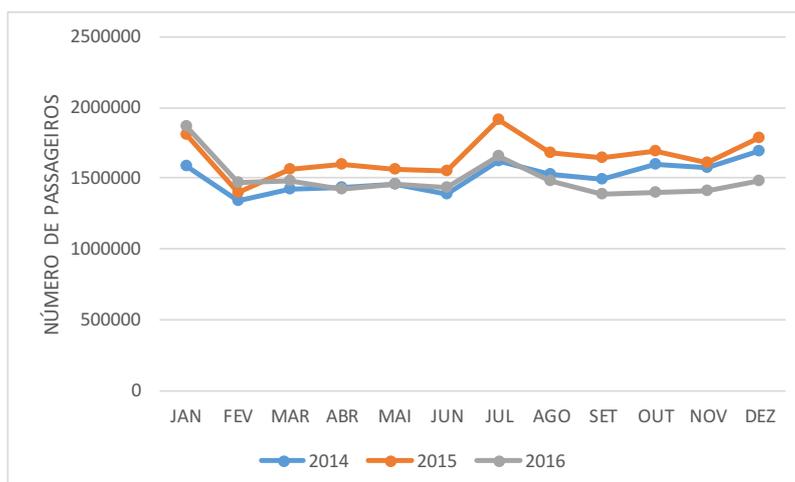
Aeroporto Internacional de Brasília

O Aeroporto Internacional de Brasília, situado no Lago Sul, é composto por um corpo central e dois satélites para embarque e desembarque de passageiros. Com uma área construída total equivalente a 110.000m² e área verde equivalente a 600.000m². Com um fluxo diário de aproximadamente 4.920 aeronaves e, conseqüentemente, 51.773 passageiros. A população do Aeroporto Internacional de Brasília foi estimada pelo registro do número de passageiros dentro do período de 2014-2016 (Tabela 17). Esse dado é importante pois é visto como uma variável que pode impactar o consumo predial dessa edificação.

Tabela 17: Número de passageiros entre os anos 2014 e 2016

	POPULAÇÃO TOTAL											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2014	1587717	1339930	1419737	1431979	1462731	1388457	1626025	1527124	1497741	1597652	1575326	1691948
2015	1809509	1396958	1559386	1598268	1564248	1552533	1915763	1683667	1649173	1692848	1612543	1786900
2016	1865344	1465409	1486614	1424576	1459745	1437283	1651307	1483206	1382595	1402282	1405747	1483045

Em média, o número mensal de passageiros é de 1.553.203. Porém, podemos observar com o auxílio da Figura 19, um aumento significativo no número de passageiros durante os meses de janeiro (1.754.190) e julho (1.731.032). Em geral, isto ocorre em função do período de férias, onde o há uma maior procura por viagens aéreas.

Figura 19: *Número de passageiros entre os anos 2014 e 2016*

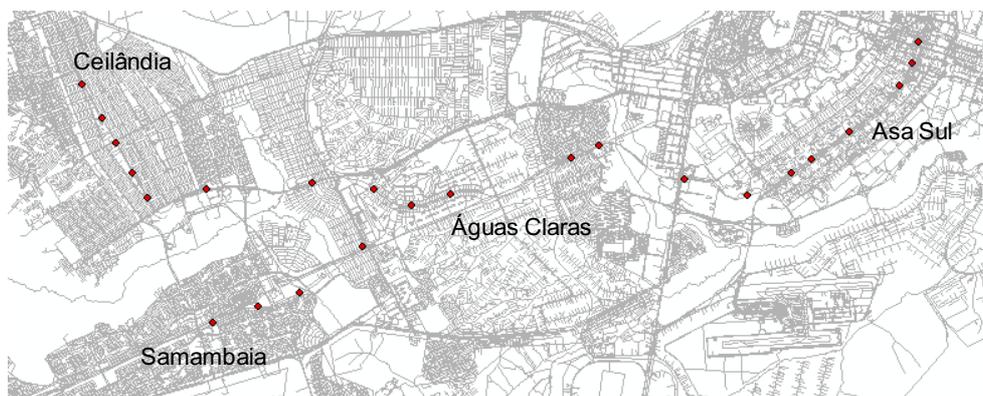
Rodoviária Central de Brasília

A Rodoviária Central de Brasília está localizada em uma plataforma no centro urbano da cidade, e é o Marco zero da capital, ponto de cruzamento entre os eixos Rodoviário (Norte-Sul) e, Monumental (Leste-Oeste). Com uma área construída de aproximadamente 20.000m², sem área verde. As principais atividades que demandam de água nesta construção é limpeza de pisos e uso dos banheiros. A Rodoviária abriga 10 banheiros públicos sendo 4 abertos 24h (Térreo) e os demais de 8h às 23h e, 2 banheiros privativos para funcionários.

Não há controle do número de pessoas que transitam na Rodoviária Central de Brasília. Porém, para todo o planejamento interno da administração é utilizado o valor de 1.000.000 pessoas por dia. Sendo este, portanto, o valor de população flutuante considerado para gerar indicadores. No caso de população fixa, trabalhou-se com o número de funcionários da limpeza composta de 108 pessoas. São 4 equipes que trabalham 12 horas e folgam 36 horas. Cada equipe é composta por 108 funcionários distribuídas meio a meio em dois turnos (54 Funcionários/Turno/dia).

Metrô-DF

O Metrô de Brasília possui 42,5 Km de vias operacionais além das vias de manobra e estacionamento. Ao longo das vias estão dispostas 24 estações em operação para atender toda a região de Samambaia e Ceilândia conduzindo para o Plano Piloto até a estação Central, que fica na Rodoviária (Figura 20).

Figura 20: *Estações metroviárias do Distrito Federal*

As áreas das estações podem ser divididas em área interna, área externa e área verde, conforme a Tabela 18, com isso as demandas de água variam entre si. Apesar de todas utilizarem água para limpeza de piso e banheiros, algumas não irão demandar de água para irrigação de áreas verdes. É importante ressaltar, que os banheiros das estações não são destinados ao público (apenas para funcionários).

Tabela 18: *Áreas das estações do Metrô-DF*

Estações Operacionais	Área Interna m ²	Área Externa m ²	Área Verde m ²	Área Total
CENTRAL	3,178.30	-	745.39	3,924
GALERIA	4,941.49	613.23	-	5,555
102 SUL	4,244.85	-	173.22	4,418
108 SUL	4,217.67	-	217.79	4,435
112 SUL	4,269.53	-	217.79	4,487
114 SUL	4,196.46	-	240.46	4,437
ASA SUL	1,519.27	278.19	38.86	1,836
SHOPPING	2,517.09	771.98	522.33	3,811
FEIRA	1,280.74	436.69	-	1,717
GUARÁ	1,835.51	4,310.66	-	6,146
ARNIQUEIRAS	1,404.32	1,108.19	1,465.71	3,978
ÁGUAS CLARAS	2,698.23	883.13	471.20	4,053
CONCESSIONÁRIAS	1,404.32	1,108.19	1,465.71	3,978
PRAÇA DO RELÓGIO	3,246.19	265.08	0.00	3,511
CENTRO METROPOLITANO	1,599.79	192.90	42.30	1,835
CEILÂNDIA SUL	1,275.46	655.73	-	1,931
GUARIROBA	1,348.88	1,313.68	-	2,663
CEILÂNDIA CENTRO	2,146.21	1,877.30	803.09	4,827
CEILÂNDIA NORTE	1,266.62	1,133.88	-	2,401
CEILÂNDIA	2,819.99	1,034.23	117.02	3,971
TAGUATINGA SUL	1,496.78	760.46	-	2,257
FURNAS	1,496.12	1,055.27	-	2,551
SAMAMBAIA SUL	1,364.77	379.35	-	1,744
SAMAMBAIA	3,167.39	669.03	106.10	3,943

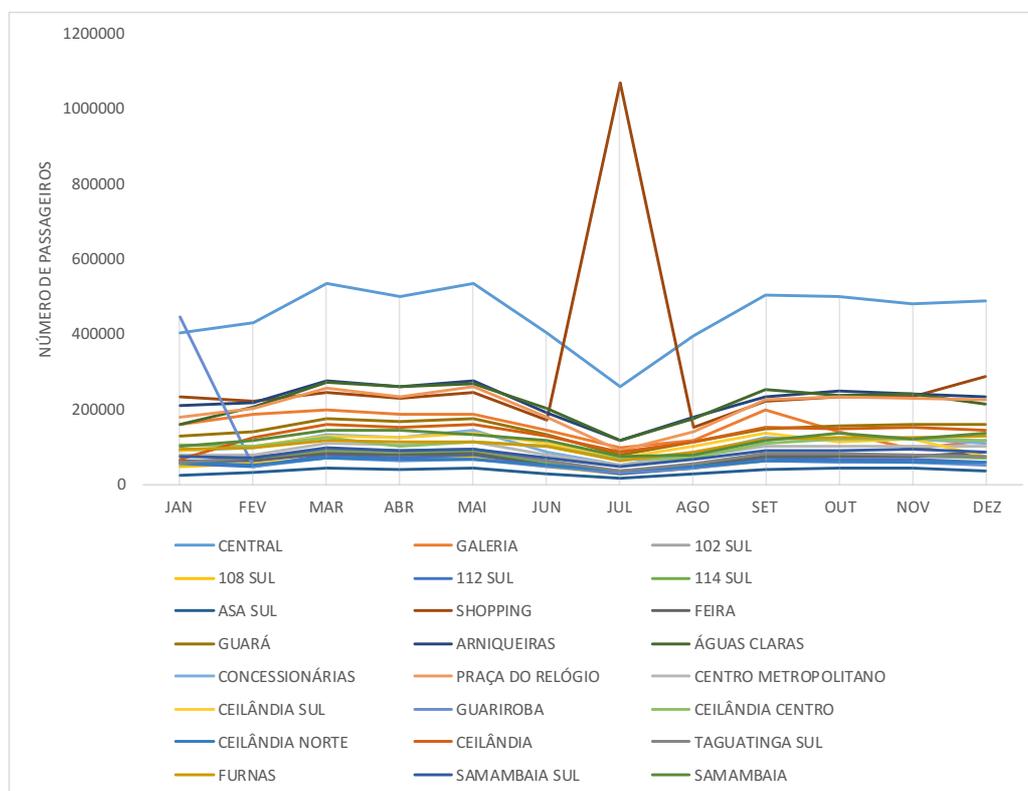
O próximo passo foi avaliar a população flutuante, a hipótese nesse caso é que quanto maior fluxo de pessoas, maior necessidade de manutenção e por consequência maior volume de água gasto. O Metrô-DF, forneceu apenas os dados referentes ao ano de 2016. Portanto essa análise terá que ser refeita com os dados que serão obtidos.

Tabela 19: *Média mensal do número de passageiros por dia nas estações do Metrô-DF*

	POPULAÇÃO FLUTUANTE 2016											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
CENTRAL	403801	429045	537072	499353	534995	404506	258928	395477	506054	502236	481313	487344
GALERIA	158746	185538	196733	188285	186220	143358	98264	115274	199051	140380	92141	118017
102 SUL	54567	75832	83870	79161	86171	57030	34043	52575	78609	78414	75083	69950
108 SUL	45666	56012	68595	65540	69217	48736	28914	42324	64153	63743	62275	59468
112 SUL	55516	46011	75910	71888	76273	52444	27818	43755	69861	67841	65597	57721
114 SUL	56127	65527	90425	83925	85706	55794	32025	51957	78548	76318	77014	68492
ASA SUL	22491	30288	42017	40353	41314	27311	14338	26105	40902	43398	41690	33673
SHOPPING	231376	221057	243779	228167	243581	172453	1070844	153079	221099	234858	233206	286030
FEIRA	60855	63989	81567	77569	81910	51731	30416	47830	72922	74730	73366	83869
GUARÁ	126901	140747	173226	165861	175118	130975	78002	114128	148604	154929	157598	159422
ARNIQUEIRAS	208012	216657	275574	261674	275501	190828	117837	178087	233225	246656	239680	232420
ÁGUAS CLARAS	159254	205145	273611	258706	269232	201652	115678	175746	251141	238554	239477	215394
CONCESSIONÁRIAS	88956	97323	133155	125673	142278	83691	49911	81057	126134	116294	122168	110484
PRAÇA DO RELÓGIO	179888	200178	257874	231889	261018	179576	89031	141247	225408	232395	229425	223915
CENTRO METROPOLITANO	79625	76687	107178	104121	112650	78578	49874	73158	99686	101279	101716	101345
CEILÂNDIA SUL	91289	99936	129304	124310	134172	108441	70193	101563	134701	111164	122431	74323
GUARIROBA	445999	45284	69087	62929	64826	46685	31032	43460	60917	59213	57005	51434
CEILÂNDIA CENTRO	104412	102609	124770	101065	112838	101057	66175	71928	108288	118637	119238	115075
CEILÂNDIA NORTE	57573	51130	68898	65499	64501	49134	36814	45231	61903	62197	59233	59836
CEILÂNDIA	68045	124151	158877	151452	160665	127191	84904	114521	152270	148270	149925	142823
TAGUATINGA SUL	59308	70063	93602	89191	93063	63424	34667	53212	81210	80023	79501	73333
FURNAS	92773	97917	117036	111797	113998	100253	63864	85226	120701	124184	125014	128962
SAMAMBAIA SUL	72651	70323	97003	89929	94542	69657	46300	65279	90748	89964	91577	87002
SAMAMBAIA	101712	114952	144228	142010	131218	114687	75486	77310	116662	136905	119218	136272

Com os dados da Tabela 19 foi desenvolvido o gráfico da Figura 21 que aponta um pico de passageiros na estação shopping no período de julho e uma redução no mesmo período na estação central. Uma hipótese para esse comportamento pode ser em função período de férias no meio do ano nesse mesmo mês.

Figura 21: Média mensal do número de passageiros por dia nas estações do Metrô-DF



3.1.7. Edificações Industriais

O levantamento das edificações industriais existentes no Distrito Federal foi realizado por meio de relatórios da Federação das Indústrias do Distrito Federal (FIBRA) e Confederação Nacional da Indústria (CNI). O Cadastro Industrial Fibra 2010 e CEE 2013 – MTE e a Classificação Nacional das Atividades Econômicas (CNAE) contabiliza o número total de 6.311 indústrias e indica que as mesmas estão divididas em três categorias significativas: i) Indústria de transformação; ii) Tecnologia da informação; iii) Construção Civil; e iv) Outras. Entretanto, ressalta-se que a região não possui grande destaque no cenário nacional no setor, e parte das empresas caracterizadas como tais tratam-se efetivamente de comércio e centros de distribuição.

O estudo concentrou sua atenção na indústria de transformação, caracterizada por ser aquela que compreende atividades que envolvem transformação física, química e biológica de materiais, substâncias e componentes para obter produtos novos, em outras palavras, é o tipo de indústria responsável por transformar matérias-primas em utensílios. Provavelmente trata-se daquela que apresenta demanda de água mais significativa, e por si só restringe substancialmente o número de edificações industriais a serem analisadas. A indústria de transformação encontra-se dividida em:

- **Bens de produção ou indústria de base:** É o tipo de indústria que transformam matéria-prima bruta para outras indústrias. Exemplo: siderúrgica, metalúrgica, naval, petroquímica, mecânica, etc.
- **Bens de consumo:** É o tipo de indústria que destina a sua produção para o mercado consumidor, ou seja, para o consumo da população. Ex: indústrias de produtos alimentícios, bebidas, cigarro, roupas, papel, combustível, eletrônicos, carros, móveis

A indústria do Distrito Federal está focada, sobretudo, na produção de bens de consumo não duráveis e semiduráveis, com destaque aos setores de alimentos, produtos de minerais não metálicos e bebidas. CNI (2016) aponta que destacam os setores de bebidas (20,7%), alimentos (27,8%) e produtos minerais não metálicos (25,2%), o equivalente a 73,7% da indústria brasileira. O Código de Edificações do DF caracteriza como atividade industrial aquelas que realizem a extração e transformação da matéria-prima em bens de produção e de consumo.

Nessa fase, foram caracterizadas as tipologias industriais existentes no território, sendo possível a categorização dessas indústrias tendo por base o Cadastro Industrial (FIBRA, 2010) e considerando a afinidade entre as atividades desenvolvidas. No entanto, após a apreciação das informações fornecidos pela CAESB, constatou-se que muitas das edificações inscritas como indústrias, na realidade tratavam-se de comércio e distribuidoras, não desempenhando portanto, uma atividade industrial.

No Distrito Federal, as indústrias encontram-se localizadas principalmente nas regiões do SAAN, Polo JK, criado recentemente, SIG – Setor de Indústrias Gráficas, Taguatinga, Ceilândia, Samambaia, Gama, Águas Claras e SIA- Setor de Indústrias e Abastecimento. A Tabela 20 apresenta um resumo dos valores médios dos resultados obtidos em campo referentes ao tipo de produção industrial, população e área construída.

Tabela 20: Principais características das edificações industriais analisadas

Produção	n	População	Área Verde	Área Construída
Alimentos, bebidas e fumo	17	581	3.893m ²	11.289m ²
Madeira e mobiliário	10	15	160m ²	1.861m ²
Petróleo, minerais e produtos metais	9	109	2.604m ²	7.339m ²
Produtos químicos e farmacêuticos	3	708	21.000m ²	18.653m ²
Informática, máquinas e equipamentos	3	23	1.823m ²	1.179m ²
Papel e celulose	1	*	1.012m ²	1.617m ²
Construção e outros	18	212	128m ²	41.357m ²

* Informação não disponibilizada

Em geral, as edificações industriais foram caracterizadas como construções térreas tipo galpão com pé-direito elevado com grandes áreas de coberturas com área construída, em média, de 11.899m² e área verde média de 4.374m². Em alguns casos, quando são dotados de segundo pavimento estes funcionam como área administrativa e/ou comercial. Em se tratando de indústrias de cimento e concreto, parte da atividade é desenvolvida na área livre do lote, as edificações abrigam parte administrativa e comercial.

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

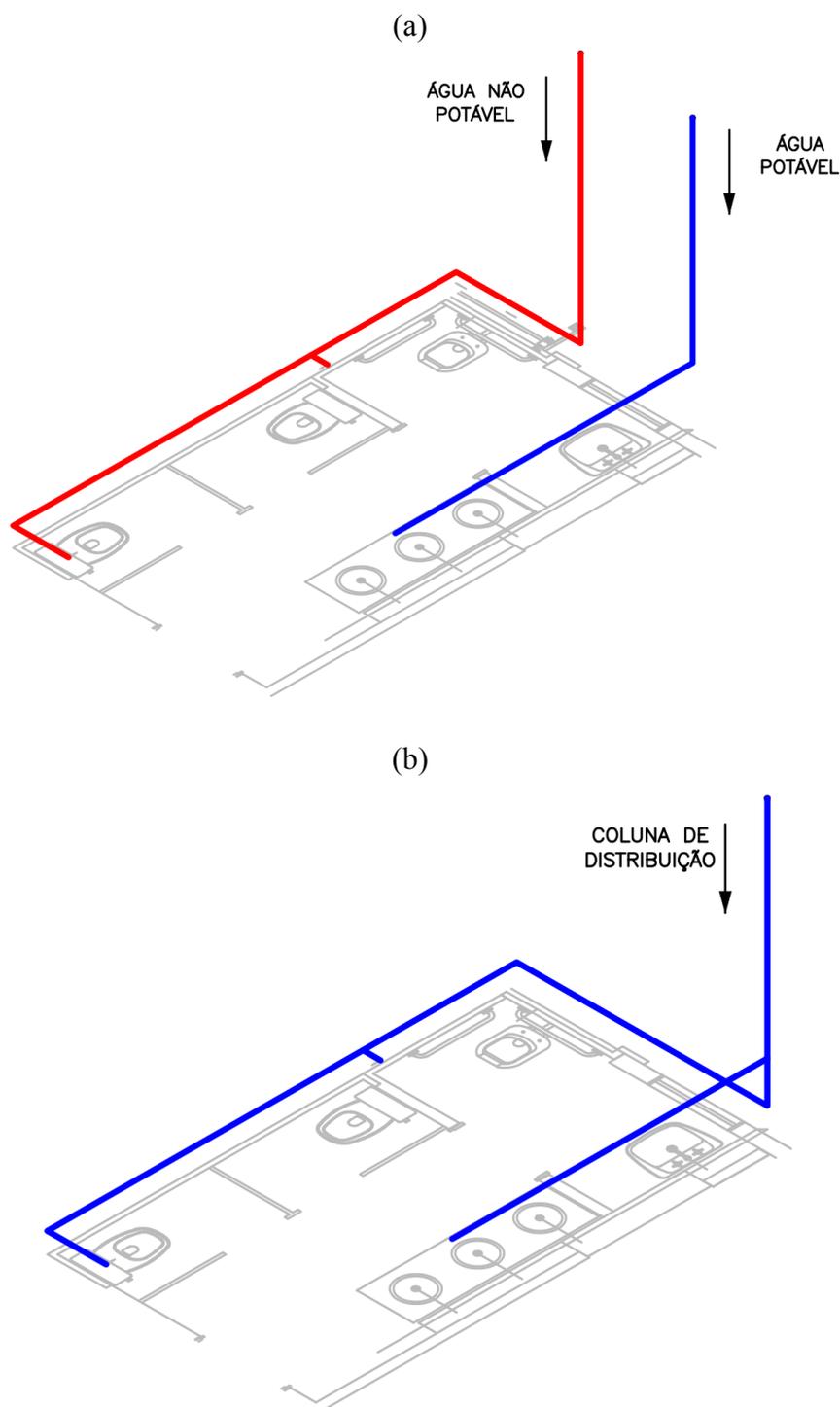
Verifica-se que, por um lado, a grande maioria das residências unifamiliares não contém uma rede de coleta de águas pluviais, por isso, a instalação de calhas, tubos de queda, coletores e rede de drenagem se torna necessário. A composição de cada tubulação de coleta de águas pluviais foi determinada 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 22a). 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 22b).

Figura 22: 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.

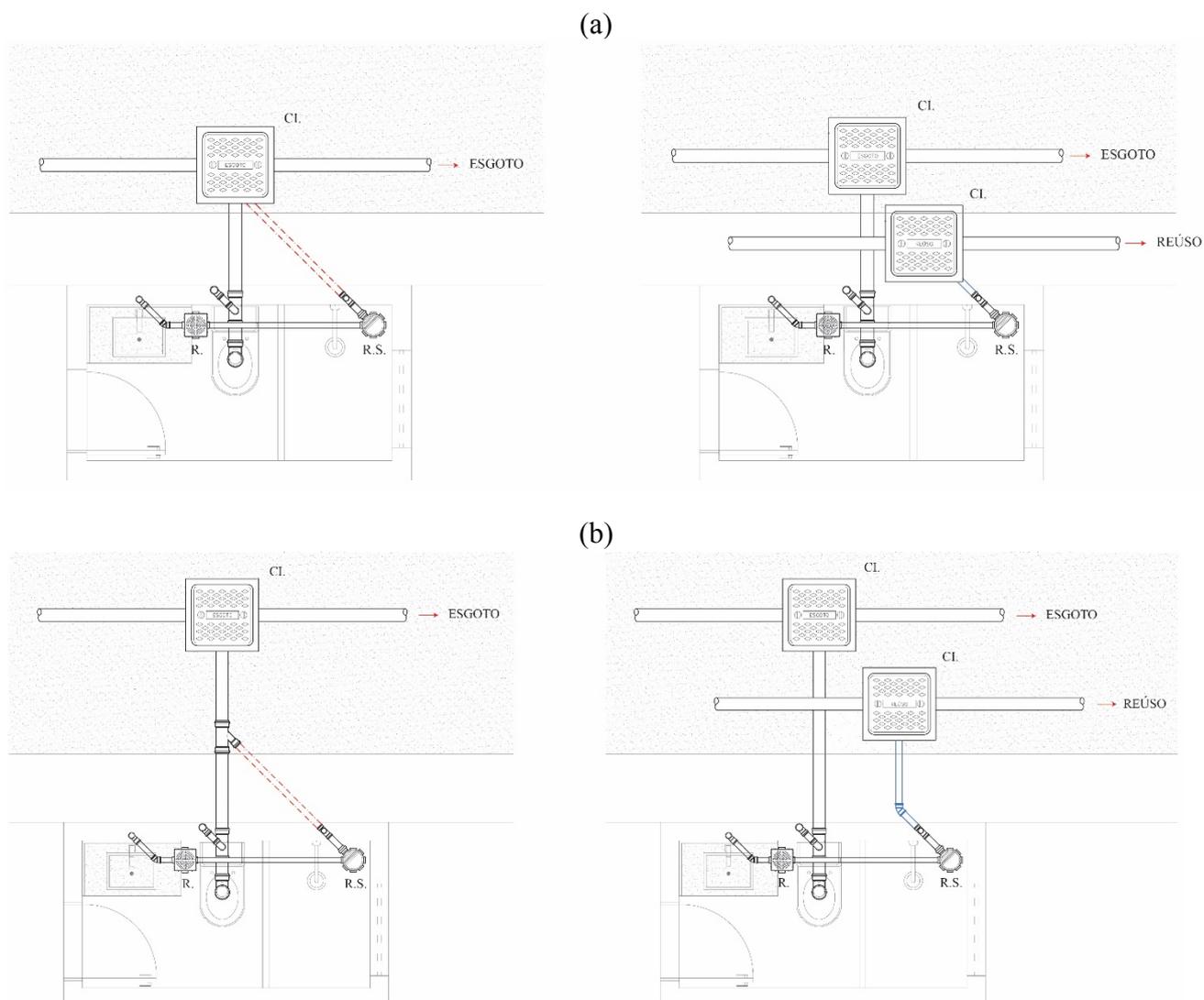


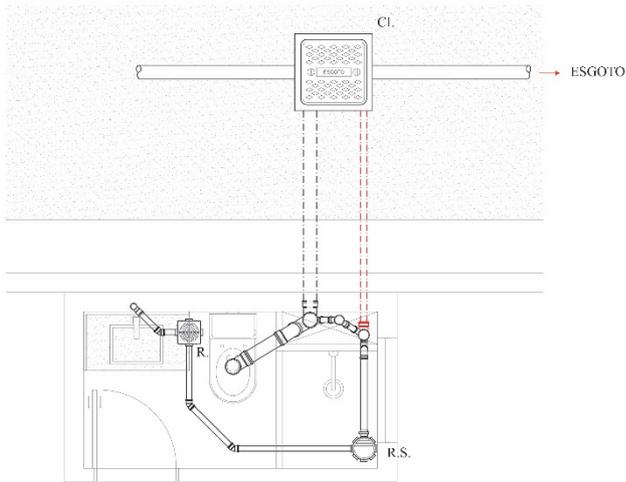
3.2.2. Sistemas de reúso de águas cinzas

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 ou 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.

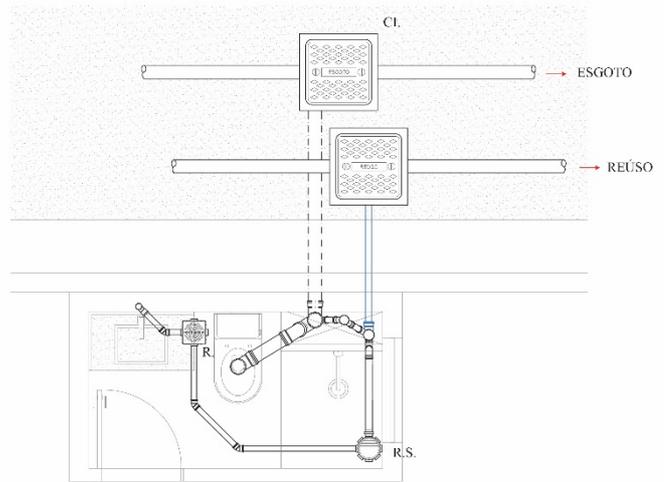
A Figura 23 apresenta uma possível solução para a adaptação predial para a coleta de águas cinzas. Os outros dois tipos eram compostos pela conexão do ramal de esgoto secundário (águas cinzas) com o ramal de esgoto primário (águas negras). Em alguns casos, a conexão do ramal de esgoto acontece do lado de fora da residência, o que permite uma intervenção para a coleta de águas cinzas do banheiro (Figura 23b). Quando essa conexão ocorre abaixo do piso, sua adaptação predial fica mais complicada. Em edificações térreas, 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 edificações em alturas, essa adaptação seria necessariamente executada no andar inferior, desde que houvesse um *shaft* vertical para adaptação (Figura 23c).

Figura 23: Possíveis adaptações prediais para a coleta de águas cinzas





(c)



Referências Bibliográficas

ABNT. **NBR 5626**: instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998. 41p.

_____. **NBR 13969**: tanques sépticos - unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1997. 60p.

_____. **NBR 15527**: aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2007. 11p.

ADASA. **Níveis dos reservatórios de Santa Maria e Descoberto**. Brasília: Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. Disponível em: <<http://www.adasa.df.gov.br>>. Acesso em: 10 novembro 2016.

ALEXANDRE, E. C. F.; DE CASTRO, M. L.; PESQUERO, M. A. Caracterização e tratamento de águas cinzas com fins não potáveis. **Revista Biotecnologia & Ciência**, v.2, 2013.

ANA; FIESP; SINDUSON-SP. **Conservação e reúso de água em edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005. 151p.

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

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Referência técnica para funcionamento dos serviços veterinários**. ISA, 2009.

BARCELOS, B. R.; M. R. FELIZZATO. Aproveitamento das águas atmosféricas. In: **23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Campo Grande: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.

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

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº2.914, de 12 de dezembro de 2011. **Diário Oficial da União**, n.239, p. 39, 2011a.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº54, de 28 de novembro de 2005. **Conjunto de normas legais: recursos hídricos**. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. 7 ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011b. 260p.

BREWER, D.; BROWN, R.; STANFIELD, G. **Rainwater and greywater in buildings: project report and case studies**. Technical Note TN 7/2001. Berkshire: BSRIA, 2001. 105p.

CAESB. **Siágua 2014**: Sinopse do sistema de abastecimento de água do Distrito Federal. Brasília: Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. 2014.

_____. **Sistemas de reúso de água e de aproveitamento de água pluvial**. ND.SCO-013. Brasília, 2012. 5p.

_____. **Seca 2016**: Informações sobre a crise hídrica no Distrito Federal. Brasília: Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal, 2016a. Disponível em: <<https://www.caesb.df.gov.br/>>. Acesso em 07 dezembro 2016.

_____. **Relatório de indicadores de desempenho da CAESB**: resultados 2015. Brasília: Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. 2016b.

CAMPBELL, C. S.; OGDEN, M. H. **Constructed Wetlands in the Sustainable Landscape**. Canada: John Wiley & Sons, 1999.

COSTA M. E. L. **Monitoramento e modelagem das águas da drenagem urbana na bacia do Lago Paranoá**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e recursos Hídricos, Departamento de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2013. 179p.

CROOK, J. **Critérios de qualidade da água para reúso**, Revista DAE - SABESP. Nº 174. Nov-Dez, 1993.

CSA. **Performance of non-potable water reuse systems**. Canadian Centre for Occupational Health and Safety. CSA Standards, 2017. 58p.

DE OREO, W.B.; HEANEY, J.P.; MAYER, P.W. Flow trace analysis to assess water use. **American Water Works Association**, v.88, n.1, p. 79-90, 1996.

DEPARTMENT OF HEALTH. **Code of Practice for the Reuse of Greywater in Western Australia 2010**. Government of Western Australia. Perth: Department of Health, 2010. 56p.

_____. Guidelines for the Non-potable Uses of Recycled Water in Western Australia. n. August, p. 98, 2011.

DESPINS, C.; FARAHBAKHS, K.; LEIDL, C. Assessment of rainwater quality from rainwater harvesting systems in Ontario, Canada. **Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA**, v. 2, p. 117–134, 2009.

DHWA. Draft guidelines for the reuse of greywater in Western Australia. In: **Department of Health**, Perth: Government of Western Australia, 2002.

DIN. **SPEC 19755:2012-03**. Activities relating to drinking water and wastewater services - Guidelines for the assessment and for the improvement of the service to users. German Institute for Standardization, 2012.

DISTRITO FEDERAL. Governo do Distrito Federal. Lei nº 4.671, de 10 de novembro de 2011. **Diário Oficial do Distrito Federal**, Brasília, v.43, n.218, p.1, 2011.

DIXON, A.; BUTLER, D.; FEWKES, A. Water saving potential of domestic water reuse systems using greywater and rainwater in combination. **Water Science and Technology**, v.39 n.5, p.25-32, 1999.

DUPONT, P.; SHACKEL, S.; CALEY, J. **Rainwater use**, Liner notes: Your home. 2013.

EDZWALD, J. K. **Water Quality & Treatment: A handbook on drinking water**. Sixth Edit ed. USA: Mc Graw Hill, 2011.

ENVIRONMENT AGENCY **Greywater for domestic users: an information guide**. Bristol: Environment Agency. 2011.

_____. **Harvesting rainwater for domestic uses: an information guide**. Bristol: Environment Agency. 2010.

_____. **A study of domestic greywater recycling**. National Water Management Centre. Bristol: Environment Agency. 2000.

EPA. **Guidelines for Water Reuse Development**. Washington, DC, 2004.

ESPAÑA. Gobierno de España. Real Decreto 1620 de 7 de diciembre de 2007. **Boletín Oficial del Estado**, Madrid, n.162, p. 50639- 5066, 2007.

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

GALVÃO, A.; MATOS, J. A contribuição da evapotranspiração no tratamento de águas residuais através de leitos de macrófitas. **Revista Recursos Hídricos**, v. 33, p. 53–58, 2012.

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

GRIGGS, J. C.; SHOULER, M. C.; HALL, J. Water conservation and the built environment. In: **21 AD: Water**. Oxford: Oxford University Press. 1998.

HELMREICH, B.; HORN, H. Opportunities in rainwater harvesting. **Desalination**, v. 248, n. 1–3, p. 118–124, 2009.

HERRINGTON, P.R. The economics of water demand management. In: D. BUTLER e F.A. MEMON (Ed.). **Water demand management**. London: IWA, 2006. The economics of water demand management, p.236-279.

JSWA. **Technical Guidelines on the Reuse of Treated Wastewater – Proposal**. Tokyo: Japan Sewage Works Association, 1981.

JÚNIOR, G. B. A.; DIAS, I. C. S.; GADELHA, C. L. M. Viabilidade econômica e aceitação social do aproveitamento de águas pluviais em residências na cidade de João Pessoa. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 85-98, abr./jun. 2008.

LEGGETT, D.; BROWN, R.; STANFIELD, G.; BREWER, D.; HOLLIDAY, E. **Rainwater and greywater use in buildings: Decision-making for water conservation**. London: CIRIA. 2001. 65p.

LI, Z.; BOYLE, F.; ANTHONY, R. Rainwater harvesting and greywater treatment systems for domestic application in Ireland. **Desalination**, v.260 n.1-3, p.1-8, 2010.

- MADDAUS, W. O. **Residential water conservation projects: Summary report.** Washington: Department of Housing and Urban Development. 1984.
- MARCH, J. G.; GUAL, M.; OROZCO, F. Experiences on greywater re-use for toilet flushing in a hotel. **Desalination**, v.164, n.3, p.241-247, 2004.
- MAYER, P. W. ET AL. **Residential end uses of water.** In: Foundation, A. R., American Water Works Association. 1999.
- METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse.** Mc Graw Hill, , 2003.
- MOSLEY, L. **Water quality of rainwater.** SOPAC Miscellaneous Report 579, 2005.
- MUSTOW, S.; GREY, R.; SMERDON, T. **Water conservation: Implications of using recycled greywater and stored rainwater in the UK.** Berkshire: BSRIA. 1997.
- MWI. **Standards, regulations & legislation for water reuse in Jordan.** Jordan: Ministry of Water and Irrigation, 2001. 57p.
- NRMMCEP & HCAHMC. **National Guidelines for Water Recycling: Managing Health and Environmental Risks.** Natural Resource Management Ministerial Council Environment Protection and Heritage Council Australian Health Ministers Conference, 2006.
- NSW. **Greywater reuse in sewerred, single household residential premises.** Department of Water and Energy. Sydney: New South Wales Government, 2008.
- PATTERSON, A. P. Water Efficiency, domestic appliances and hydraulic design for on-site systems. In: **1st International Conference on Onsite Wastewater Treatment and Recycling.** Perth, 2004.
- PRIM, E. C. C. Reaproveitamento do Lodo da Indústria têxtil como Material de Construção Civil – Aspectos Ambientais e Tecnológicos. 1998. 150 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. Florianópolis, SC. 1998.
- RODRIGO, S.; LEDER, K.; SINCLAIR, M. **Quality of stored rainwater used for drinking in metropolitan South Australia.** Adelaide, AU: Research Report 84, 2009. 56 p.
- ROEBUCK, R. M.; OLTEAN-DUMBRAVA, C.; TAIT, S. Whole life cost performance of domestic rainwater harvesting systems in the United Kingdom. **Water and Environment Journal**, v.25, n.3, p.355-365. 2010.
- THOMAS, T.; REES, D. Affordable roofwater harvesting in the humid tropics. In: **Conferência Internacional Sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva.** Petrolina, 1999.
- TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis.** São Paulo: Navegar Editora. 2003. 180 p.
- UNEP. **Corporate water accounting: an analysis of methods and tools for measuring water use and its impacts.** Oakland: Pacific Institute, 2010. 60p.
- VICKERS, A. **Handbook of water use and conservation.** Amherst: Water Plow Press, 2001. 426p.

VIEIRA, P.; ALMEIDA, M.C.; BAPTISTA, J.M.; RIBEIRO, R. Household water use: a Portuguese field study. **Water Science and Technology: Water Supply**, v.7, n.5-6, p. 193-202, 2007.

WHO. **Overview of greywater management Health considerations Wastewater Use in Agriculture**. Amman, Jordan 2006.

_____. **Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards**. Report of a WHO meeting of experts. World Health Organization - Technical Report Series Geneva World Health Organization, 1973.

_____. **The world health report 1997: conquering, suffering, enriching humanity**. World Health Forum, 1997.

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

YANG, H.; ABBASPOUR, K. C. Analysis of wastewater reuse potential in Beijing. **Desalination**, v.212, n.1-3, p.238-250, 2007.

YYMAZAL, J. Constructed wetlands for treatment of industrial wastewaters: a review. **Ecological Engineering**, v.73, p. 724-751, 2014.