

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

EDUARDO HENRIQUE BALTRUSCH DE GOIS

**ESTUDO DE CASO: MINIMIZAÇÃO E REÚSO DE ÁGUA EM SHOPPING
CENTER DA REGIÃO SUL DO BRASIL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

LONDRINA

2015

EDUARDO HENRIQUE BALTRUSCH DE GOIS

**ESTUDO DE CASO: MINIMIZAÇÃO E REÚSO DE ÁGUA EM
SHOPPING CENTER DA REGIÃO SUL DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Apucarana e Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental, na linha de pesquisa Saneamento ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi

LONDRINA

2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca UTFPR - Câmpus Londrina

G616e Gois, Eduardo Henrique Baltrusch de
Estudo de caso: minimização e reúso de água em shopping center da região
Sul do Brasil / Eduardo Henrique Baltrusch de Gois. – Londrina: [s.n.], 2015.
62 f.: il.; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costa
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Londrina, 2015
Bibliografia: f. 56-62

1. Águas Pluviais - Aproveitamento. 2. Água - Reuso. 3. Água -
Desperdício. I. Costa, Ricardo Nagamine, orient. II. Universidade
Tecnológica Federal do Paraná. III. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Ambiental. IV. Título.

CDD: 628



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Pró-reitora de Pesquisa e Pós Graduação
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental
Campus Apucarana/Londrina



TERMO DE APROVAÇÃO

ESTUDO DE CASO: MINIMIZAÇÃO E REÚSO DE ÁGUA EM SHOPPING CENTER DA REGIÃO SUL DO BRASIL

por

Eduardo Henrique Baltrusch de Gois

Dissertação de mestrado apresentada no dia 14 outubro de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA AMBIENTAL pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Câmpus Apucarana/Londrina, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O Candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho _____ . (Aprovado ou Reprovado)

Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi
(UTFPR)

Prof. Dr. Hatiro Tashima
(UENP)

Prof. Dr^a Joseane Debora Peruco Theodoro
(UTFPR)

Prof. Dr. Edson Fontes de Oliveira
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental.

AGRADECIMENTO

Agradeço a todos que colaboraram para a finalização deste projeto. Em especial a minha esposa a qual me apoiou durante esta jornada. Ao meu orientador pelas orientações e ensinamentos. Ao meu colega Carlos que auxiliou na coleta dos dados.

A Fundação Araucária e a Capes pela concessão da bolsa de estudo que colaborou para finalização deste projeto.

A administração do shopping Center por permitir a realização das visitas e pelo fornecimento das planilhas com os dados de consumo de água.

RESUMO

As principais questões relacionadas com a conservação da água nos centros urbanos são: o aumento do custo de abastecimento de água, o crescimento da demanda, a poluição e as diferenças na distribuição dos recursos hídricos. A conservação da água está associada ao uso controlado e eficiente da água, e contempla tanto medidas de uso racional quanto de reúso de água. Assim, as práticas conservacionistas são uma maneira inteligente de otimizar e regular a demanda e oferta de água para novas atividades e usuários, sem, contudo, comprometer o suprimento dos corpos hídricos e a preservação do ambiente natural. Este estudo tem por objetivo analisar a gestão da água de um *shopping center* (SC) e o aproveitamento de águas pluviais (APs) combinado com reúso de água cinza (AC). Nas edificações, de um modo geral, são frequentes os desperdícios de água provocados por vazamentos nos sistemas hidráulicos e nas peças sanitárias. A causa desses elevados volumes de água utilizada no sistema, muitas vezes, é decorrente de concepções inadequadas de projeto, de procedimentos incorretos de manutenção e maus hábitos dos usuários. No sul do Brasil, onde existe a ocorrência de chuvas durante quase todo o ano a escassez de água ocorre principalmente em alguns meses de inverno. Uma das dificuldades que aparecem nos estudos de AP é a correta determinação do volume de AP que poderá ser utilizada nos sistemas de abastecimento de água. Assim, neste trabalho, foi utilizado o método da simulação para determinar este volume. Foram realizadas simulações com as seguintes variáveis: precipitação, área de captação e consumo de água. Para os sistemas hidráulicos do SC, foram adotadas alternativas segmentadas. Ou seja, com ênfase no uso da AP e reutilização de AC. Outras alternativas de reúso de efluentes foram pouco abordadas devido a questões sanitárias, sendo essas, o efluente de vasos sanitários e pias de cozinha. A adoção das AC pode ser viável, se houver um fluxo significativo de AC, que supra a demanda de água requerida para o funcionamento adequado dos vasos sanitários e mictórios. As inspeções conduzidas neste estudo constataram, que o número de pias eram insuficientes para suprir água aos vasos sanitários e mictórios. Portanto, o sistema de reúso de AC foi considerado inviável em termos de demanda e oferta de água. Por outro lado, constatou-se a viabilidade do sistema de aproveitamento de APs, que pode facilmente fornecer água para todos os sanitários, além de contribuir para o arrefecimento do sistema de ar condicionado, tendo ainda um curto período de retorno. Um dos desafios deste trabalho foi a necessidade de comparar o consumo real de água com parâmetros de consumo de água utilizados em edifícios. Assim, foi utilizado um método que aborda a geração de índices de consumo de água específico para a actividade específica (SC). Os índices de consumo de água demonstraram que o SC estudado possui um programa de gestão de água adequado.

Palavras-chave: Aproveitamento de água pluvial. Reúso de água cinza. Reúso de água. Índices de consumo de água. Auditoria de sanitários. Gestão da água.

ABSTRACT

The main issues related to water conservation in urban centers are the increase in water supply cost, demand growth, pollution and differences in the distribution of water resources. Water conservation, the controlled and efficient use of water, includes both measures as reasonable means of water reuse. Thus, conservation practices are an effective way to meet demand and supply water to new activities and users without jeopardizing the supplying water bodies and preserving the natural environment. This study aims to examine the water management of a shopping mall and the use of rainwater harvesting combined with greywater reuse. For buildings in general, water loss is common due to leaks in the hydraulic and restroom equipment. These losses, which are caused by a high volume of water used and wasted in the system, are often the result of design errors, incorrect maintenance procedures and users' bad habits. In southern Brazil, where there is rainfall almost all year long, water shortages occasionally occur, particularly in some winter months. One difficulty that appears on rainwater studies is the proper determination of rainwater volume that can be used to address water supply systems. In this work, the simulation method was used to determine this volume. Thus, simulations with the following variables: rainfall, catchment area and water consumption were performed. For mall's hydraulic systems, segmented alternatives are adopted. That is, focusing on the use of rainwater or greywater reuse. Other alternatives of effluent reuse have been slightly discussed due to sanitary issues, those are effluents from toilets and kitchen sinks. The adoption of greywater may be feasible if there is a significant flow of greywater to comply water demand for toilet flushing. The inspections made in this study found that the quantity of sinks was insufficient to supply an adequate amount of water to toilets and urinals. The greywater reuse system was found to be infeasible in terms of demand and supply of water. Conversely, the rainwater harvesting system was entirely feasible and easily supplied water to all restrooms and contributed to the cooling of the air conditioning system with a short payback period. One of the challenges of this work was the need to compare the actual water consumption with a water consumption parameter used in buildings. Thus, a method that addresses the generation of specific consumption indexes for specific activity (like a mall) was used. The water consumption indices showed that this mall has a satisfactory water management program.

Keywords: Rainwater harvesting. Greywater reuse. Water reuse. Water consumption indices. Restroom auditing. Water management.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais técnicas para detecção de vazamentos.....	17
Tabela 2 - Volumes estimados perdidos em vazamentos.....	18
Tabela 3 - Defeitos ou falhas dos aparelhos sanitários e intervenções necessárias.....	19
Tabela 4 - Aparelhos hidrossanitários economizadores e percentual de redução média de consumo em comparação aos aparelhos convencionais.....	20
Tabela 5 - Qualidade mínima da água em função do uso.....	22
Tabela 6 - Diferentes recomendações brasileiras para a qualidade de água para utilização em descargas sanitárias.....	25
Tabela 7 - Parâmetros de qualidade de água para usos não potável restritivos.....	32
Tabela 8 - Consumo mensal do SC no ano de 2012, separado pela origem da água (poço ou CLA).....	41
Tabela 9 - Índices de consumo real mensal e médio por números de consumidores (pessoas) e por veículos.....	42
Tabela 10 - Coeficientes utilizados para estimar o consumo de água.....	43
Tabela 11 - Resumo dos índices de consumo e desperdício do SC.....	43
Tabela 12 - Consumo mensal dos 5 sanitários com hidrômetros entre março de 2012 a maio de 2013.....	44
Tabela 13 - Simulações para o dimensionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial e seus custos.....	46
Tabela 14 - Distribuição da água potável e não potável armazenada nos reservatórios do SC.....	47
Tabela 15 - Custo de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial e período de retorno.....	48
Tabela 16 - Quantidade de aparelhos nos sanitários e quantificação de vazamentos.....	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Precipitação média para cidade de Londrina-PR no período de 1976 a 2013.....	13
Figura 2 - Tratamentos para reúso de água cinza.....	26
Figura 3 - Esquema de reúso de água cinza.....	27
Figura 4 - Esquema de aproveitamento das águas pluviais.....	31
Figura 5 - Mapa do Brasil mostrando a localização do município de Londrina.	34
Figura 6 - Consumo de água do sistema de ar condicionado entre Junho/2012 e maio/2013.....	48

LISTA DE SIGLAS

ABL	Área bruta locável
AC	Água Cinza
ACs	Águas cinzas
ANA	Agência nacional de águas
AP	Água pluvial
APs	Águas pluviais
BS	Bacia sanitárias
CA	Conservação de água
CLA	Companhia Local de água
Cm	Consumo mensal
Cme	Consumo mensal estimado
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
DDe	Desperdício diário de água estimado
IC	Índice de consumo diário de água
ICe	Índice de consumo diário de água estimado
Ich	Índice de consumo diário de água do período histórico
IDe	Índice de desperdício estimado
Mi	Mictórios
NMP	Número mais provável de coliformes
OMS	Organização mundial da saúde
PCA	Programa de conservação de água
PROSAB	Programa de pesquisas em saneamento básico
PURAE	Programa de conservação e uso racional da água nas edificações
RP	Redes públicas
SC	Shopping center
SCs	Shopping centers
SS	Sólidos em suspensão
STD	Sólidos totais dissolvidos
T	Torneiras
TR	Torres de resfriamento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivo geral.....	12
2.2 Objetivos específicos	12
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
3.1 - Conservação e minimização do consumo de água em sistemas prediais comerciais	14
3.1.1 Uso Racional da água.....	15
3.1.2 Redução dos vazamentos	16
3.1.3 Aparelhos hidrossanitários economizadores	19
3.1.4 Fontes alternativas de água.....	21
3.2 - Reúso de efluentes.....	22
3.3 - Reúso de água cinza de Lavatórios.....	23
3.4 - Reúso de águas de sistemas de resfriamento.....	28
3.5 - Aproveitamento de águas pluviais	29
4 MATERIAL E MÉTODOS	34
4.1 Localização e caracterização do local de estudo.....	34
4.2 Investigação da gestão de água	35
4.2.1 Geração dos índices de consumo real e estimados	35
4.3 Dimensionamento do Sistema de aproveitamento de água pluvial.....	37
4.3.1 Cálculo do custo de implantação e tempo de retorno.....	39
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.1 Visitas preliminares e descrição das instalações hidrossanitárias	40
5.2 Gestão do consumo de água	40
5.3 Viabilidade do aproveitamento de água pluvial e reúso de água cinza	43
5.4 Viabilidade do sistema de reúso de água cinza já instalado	50
5.5 Viabilidade do reúso de água no sistema de ar condicionado	50
5.6 Inspeção dos aparelhos sanitários.....	51
5.7 Discussão final.....	52
6 CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS.....	56

1 INTRODUÇÃO

O crescimento significativo da população urbana e as mudanças nos estilos de vida, que são consequência do rápido crescimento econômico, geram demandas elevadas de água nas cidades (ANDERSON, 2003; UMAPATHI et al., 2012). Esses fatos, combinados com a redução da qualidade e aumento da escassez de água em áreas urbanas agravam a oferta de água em áreas urbanas.

Desta forma, existe uma necessidade de mudança de paradigma da forma tradicional de gestão de suprimento de água para uma abordagem de gestão de demanda.

A gestão de demanda centra-se em medidas que criam um uso mais eficiente de suprimentos hídricos limitados (VAIRAVAMOORTHY et al., 2008). Recentemente, uma das principais preocupações das empresas, indústrias e instituições é a grande quantidade de água doce utilizada por seus sistemas prediais (NUNES, 2006).

A conservação e reúso da água geram diversos benefícios ambientais, tais como: redução das descargas de águas residuárias (em corpos d'águas naturais), diminuição do consumo de água e impactos ambientais hídricos (ANDERSON, 2003; GREGORY, 2000).

Em um sistema predial, o estudo de gestão de água identifica as atividades ou aparelhos hidráulicos que consomem o maior volume de água nos edifícios. O uso da água pode ser muito variável, dependendo, principalmente, da cultura, clima e estilo de vida (PROENÇA e GHISI, 2010).

Entre todas as possibilidades para a conservação da água em sistemas prediais, destacam-se as seguintes: dispositivos economizadores, cultura de uso da água, educação ambiental e fornecimento de água (aproveitamento de Água Pluvial (AP) e reúso de águas servidas).

O aproveitamento de Águas Pluviais (APs) tem grande importância no planejamento das cidades, porque reduz a demanda de água potável, além de diminuir o custo de manutenção do ambiente urbano com relação a drenagem urbana (WU e CHAU, 2006).

No presente estudo, foi avaliada a reutilização de Água Cinza (AC) em conjunto com APs. A combinação destas fontes de água pode ser indicada em algumas situações, onde a demanda de água é maior que a oferta de AP. No entanto, a utilização simultânea destas águas podem causar alguns entraves em suas utilizações, por causa das características físico-químicas da AC que requer tratamento específico para alcançar os requisitos de qualidade.

Portanto, esse trabalho tem como objetivo contribuir com a conservação da água, análise, avaliação, diagnóstico apropriado e soluções adequadas para Shopping Centers (SCs).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Investigar o consumo de água para assim estimar o potencial de economia de água através da adoção de recursos economizadores e reúso de águas.

2.2 Objetivos específicos

- Diminuir o consumo e o desperdício de água doce potável no Shopping Center (SC) e verificar as condições dos aparelhos hidrosanitários do SC, quanto ao funcionamento e possíveis vazamentos;
- Geração de índices (de consumo real e estimado) relacionados à eficiência da conservação de água em edifícios;
- Identificar a viabilidade da utilização separada e combinada dos sistemas de reúso de AC e aproveitamento de AP já instalados no SC e simular a possibilidade de ampliação destes;
- Simular o custo de implantação e tempo de retorno dos sistemas de reúso e aproveitamento de águas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Entre as opções existentes de reutilizar e economizar água, o aproveitamento de APs, pode desempenhar um papel fundamental na ampliação da segurança hídrica e na redução dos impactos ambientais (EL-SAYED et al., 2010).

De acordo com Domenech e Sauri (2011), novas regulamentações e incentivos que promovem o uso de APs são cada vez mais incentivados em todo o mundo. Países como Austrália, Bélgica, Brasil, Alemanha, Índia, Jordânia, Espanha, Sri Lanka e Estados Unidos, estão estabelecendo ou já estabeleceram regulamentos sobre APs (para novos edifícios) e incentivos (para edifícios novos e antigos) nos níveis local, regional e nacional.

Os dados da Figura 1 indicam que existe uma continuidade de chuvas no município de Londrina. No entanto, a região metropolitana de Londrina tem sofrido secas recorrentes, nos últimos anos, principalmente durante o inverno, quando a precipitação é historicamente baixa, causando assim interrupções no abastecimento de água.

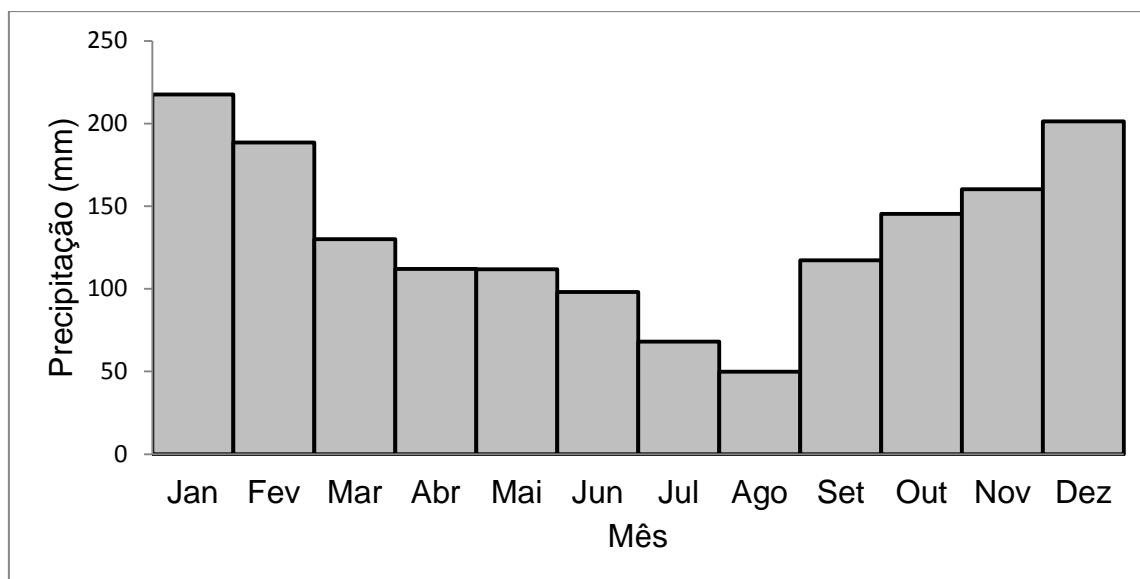


Figura 1 - Precipitação média para cidade de Londrina-PR no período de 1976 a 2013

Fonte: Paraná, 2013.

Reúso de AC e aproveitamento de APs têm sido estudadas em todo o mundo, para promover a economia de água doce em edifícios residenciais e comerciais (GHISI e FERREIRA, 2007). Alguns pesquisadores concentraram suas investigações apenas em AC (ABDULLA e AL-SHAREEF, de 2009; MOURAD et al, 2011.; PRATHAPAR et al., 2005), outros em AP (COOK et al, 2013; MOREIRA NETO et al, 2012; RAHMAN et al, 2012.; YOSHINO et al., 2014) e alguns em ambos os sistemas em edifícios residenciais (GHISI e FERREIRA, 2007; LI et al., 2010; MUTHUKUMARAN et al., 2011), assim na revisão bibliográfica realizada não foi encontrado nenhum trabalho onde foi estudado a combinação das AC e APs para edifícios comerciais.

3.1 - Conservação e minimização do consumo de água em sistemas prediais comerciais

A conservação de água (CA) é a redução do consumo de água, ou seja, qualquer atividade que reduza o volume de água utilizada, ou ainda que diminua as perdas de água nas edificações (HAFNER, 2007).

A CA tem como objetivo, reduzir a demanda; melhorar o seu uso (reduzir perdas e desperdícios) e implantar práticas para economizá-la. As medidas de CA são classificadas em convencionais e não convencionais, sendo as convencionais: conserto de vazamentos nos edifícios e nas redes públicas (RP); redução da pressão na RP; educação pública; mudanças nas tarifas e leis sobre aparelhos sanitários; e as não convencionais: reúso de AC; aproveitamento de AP; dessalinização de água do mar ou salobra e aproveitamento de água de drenagem do subsolo de edifícios (TOMAZ, 2001).

A implantação de medidas economizadoras em um edifício gera uma redução na demanda de água potável, evitando assim uma sobrecarga do sistema de abastecimento. Esta diminuição de demanda reduz também o volume de esgoto a ser tratado, aumentando a eficiência no tratamento e conseqüentemente uma diminuição na poluição dos corpos receptores (HAFNER, 2007).

A partir dos anos 2000, alguns gestores públicos municipais Brasileiros perceberam a importância da conservação e da minimização do consumo de água em sistemas prediais e assim criaram programas com o intuito de reduzir o consumo

de água em novas edificações. Sendo o programa de conservação e uso racional de água nas edificações (PURA) criado pelo município de Curitiba no ano 2003 uns dos primeiros programas a serem desenvolvidos no Brasil, que como transcrito no parágrafo abaixo tem o objetivo:

Art. 1º. O Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURA tem como objetivo instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água.

Assim, como Curitiba outros municípios Brasileiros criaram leis similares como: São Paulo; Campinas; Londrina; Maringá; Florianópolis, entre outros. Porém todas estas legislações têm em comum o uso racional de água e a utilização de fontes alternativas de água.

O uso racional de água requer ações como: eliminação de vazamentos, diminuição das perdas, realização de campanhas educativas, além da adoção de equipamentos economizadores de água. Já as fontes alternativas incluem o aproveitamento de AP, AC, captação de águas subterrâneas, entre outras fontes (HAFNER, 2007).

A execução de um programa de conservação de água (PCA) tem como principal vantagem a redução dos gastos com o consumo de água. No caso de organizações industriais ou comerciais, a divulgação do PCA torna-se uma estratégia interessante para melhorar a imagem da organização na sociedade (GONÇALVES et al., 2005).

3.1.1 Uso Racional da água

Racionalizar o uso da água significa estimular o uso racional disponível para se obter cada vez mais benefícios com menos água. Na prática, representa um conjunto de ações importantes e relativamente simples na CA, como conserto de vazamentos, mudança de equipamentos hidrosanitários e de hábitos. O combate ao desperdício é fundamental para o sucesso de um programa de CA (GONÇALVES et al., 2005).

No sistema de abastecimento existem duas classificações para as perdas. As perdas físicas representam a porção de água retirada do manancial, mas não consumida pelo cliente final (vazamentos na rede de tubulações, entre outros). Já as

perdas não-físicas (ligações clandestinas e falha no faturamento dos clientes) nessas perdas existe o fornecimento da água, mas ela não é cobrada (LOBATO, 2005).

Nas edificações, a redução do desperdício quantitativo de água segue por três vertentes complementares. A primeira, através da detecção e correção de perdas e vazamentos no sistema predial de água; a segunda, pela conscientização do usuário (campanhas educativas, micromedição e medição individualizada); e a terceira, pela substituição dos aparelhos hidrossanitários tradicionais por aparelhos economizadores (HAFNER, 2007).

3.1.2 Redução dos vazamentos

Para implantação de um programa de diminuição das perdas de água uma das primeiras ações é realizar a detecção e o reparo de vazamentos. Os vazamentos ocorrem por diversos motivos, sendo o desgaste natural de sistemas hidráulicos antigos e instalações hidráulicas mal feitas, os principais. Assim existem vazamentos de fácil detecção, percebidos através da simples inspeção nos produtos, e os de difícil detecção que geralmente causam grande desperdício de água, cujos custos de reparo são mais altos (HAFNER, 2007).

Alguns sistemas hidráulicos de difícil acesso podem propiciar perdas de água por longos períodos sem serem detectados, causando assim desperdícios e danos a outras partes do edifício (estrutura, revestimentos e pintura). Existem muitos fatores podem causar o aparecimento de vazamentos em sistemas hidráulicos como: Pressão hidráulica e condições da tubulação; materiais, componentes e técnicas de execução; idade do sistema e tipo de solo; práticas de operação e manutenção do sistema (OLIVEIRA, 1999).

Para a identificação de vazamentos (visíveis e não-visíveis) temos a necessidade da utilização de métodos, procedimentos e ferramentas especiais. Esses métodos segundo a Tabela 1 são classificados em testes expeditos ou especiais (SILVA, 2004).

Em certos casos pode-se requerer a aplicação dos testes em conjunto para conferir um processo de detecção de vazamentos. Assim indica-se primeiro a aplicação de um dos testes expeditos para determinar a presença de vazamento e

logo em seguida aplicar um dos testes especiais para localizar exatamente o ponto danificado para seu posterior conserto (NUNES, 2006).

Tabela 1 - Principais técnicas para detecção de vazamentos.

Principais Técnicas para Detecção de Vazamentos	
Testes Expeditos: Procedimentos simples nos pontos de interesse do sistema.	Teste do hidrômetro e de sucção: verificação de vazamento no alimentador predial;
	Teste de vazão: detecção de vazamento nos reservatórios inferior e superior (torneira de bóia), registros, tubos e conexões danificadas ou inadequadas;
	Teste do corante: verificação de vazamento nas bacias sanitárias.
Testes Especiais: Procedimentos para detectar vazamentos não-visíveis com equipamentos acústicos	Processo da haste de escuta: haste metálica com um amplificador acústico numa das extremidades. É usada para ouvir pontos de acesso (registros, cavaletes, hidrantes, etc.) embutidos às tubulações;
	Processo de geofonia eletrônica: o equipamento compõe-se de amplificador e sensor de alta sensibilidade, haste metálica e fones de ouvido. Há dois tipos: um para pequenas vazões em superfícies verticais e outro para maiores vazões em superfícies horizontais;
	Processo do correlacionador de ruído: equipamento composto por dois sensores acústicos, cada um com um pré-amplificador (transmissor de rádio), que detectam ruídos e transmitem a um correlacionador.

Fonte: Nunes (2006).

Segundo Sautchuk et al., (2005) não existem dados consolidados para a estimativa do índice de perda por vazamentos em bacias sanitárias e mictórios. Deste modo para uma estimativa inicial, podem ser utilizados os dados da Tabela 2. Já para a estimativa das perdas, de um registro que vaza somente quando este for aberto, assim mesmo ele deve ser contabilizado como ponto com vazamento, por menor que o vazamento seja é necessário estimar o volume desperdiçado. Os

vazamentos em torneiras podem ser estimados, com uma medição in loco, utilizando-se de recipiente graduado e um cronômetro.

Tabela 2 - Volumes estimados perdidos em vazamentos.

Aparelho ou equipamento hidrossanitário		Perda estimada
Torneiras (de lavatório, de pia, de uso geral)	Gotejamento lento	6 a 10 L.d ⁻¹
	Gotejamento médio	10 a 20 L.d ⁻¹
	Gotejamento rápido	20 a 32 L.d ⁻¹
	Gotejamento muito rápido	> 32 L.d ⁻¹
	Filete ø 2 mm	> 114 L.d ⁻¹
	Filete ø 4 mm	> 333 L.d ⁻¹
Mictório	Vazamento no flexível	0,86 L.d ⁻¹
	Filetes visíveis	144 L.d ⁻¹
	Vazamento no flexível	0,86 L.d ⁻¹
	Vazamento no registro	0,86 L.d ⁻¹
	Filetes visíveis	144 L.d ⁻¹
Bacia sanitária com válvula de descarga	Vazamento no tubo de alimentação da louça	144 L.d ⁻¹
		40,8 L
	Válvula disparada quando acionada	(supondo a válvula aberta por um período de 30 segundos, a uma vazão de 1,6 L.s ⁻¹).

Fonte: Adaptado de Gonçalves et al., (2005).

Contudo o número de vazamentos com percentual elevado não representam necessariamente grandes volumes de água perdidos. Define-se índice de perdas como a relação entre o volume total estimado perdido em vazamentos (TABELA 2) em certo período de tempo e o consumo total de água nesse mesmo período, expresso em percentagem (GONÇALVES et al., 2005).

Alguns defeitos ou falhas que ocorrem frequentemente nos aparelhos hidrossanitários (TABELA 3) podem ser sanados com intervenções de manutenção segundo as recomendações dos fabricantes (GONÇALVES et al., 2005).

Tabela 3 - Defeitos ou falhas dos aparelhos sanitários e intervenções necessárias.

Aparelho Sanitário	Defeitos ou falhas encontrados	Intervenção
Bacia sanitária com válvula	Vazamento na bacia Vazamento externo na válvula de descarga	Troca de reparos
Bacia sanitária com caixa acoplada	Vazamento na bacia	Regulagem da bóia ou troca de reparos Troca ou limpeza da comporta Troca ou regulagem do cordão
Torneira convencional (lavatório, pia, tanque, uso geral)	Vazamento pela bica Vazamento pela haste	Troca do vedante ou do reparo Troca do anel de vedação da haste ou do reparo
Torneiras hidromecânicas (lavatório, mictório)	Tempo de abertura inadequado Vazão excessiva Vazamento na haste do botão acionador	Troca do pistão ou êmbolo da torneira Ajuste da vazão através do registro regulador Troca do anel de vedação da haste ou do reparo

Fonte: Adaptado de GONÇALVES et al., (2005).

3.1.3 Aparelhos hidrossanitários economizadores

Dispositivos economizadores de água são equipamentos e acessórios hidrossanitários que apresentam, na utilização, uma maior eficiência hídrica quando comparados aos equipamentos convencionais. Assim, como já ocorre há vários anos na compra de motores e lâmpadas, que são escolhidos pela sua eficiência energética (menor consumo). Do mesmo modo deveria ser na aquisição de

aparelhos nas hidrossanitários, o consumidor buscar os de menor consumo de água (HAFNER, 2007).

O uso de dispositivos economizadores (ex. aeradores) é um importante meio de diminuir o consumo de água e em regra tem grande aceitação pelo consumidor, devido à fácil visualização do funcionamento e à confiabilidade nestes dispositivos. A adoção de equipamentos economizadores tem ainda a vantagem da economia de água ocorrer independente da consciência do usuário. Ou seja, estes equipamentos proporcionam a economia de água automatizada sem precisar da colaboração contínua do usuário, sendo assim são especialmente indicados para uso em instalações hidrossanitárias de locais públicos (HAFNER, 2007).

A Tabela 4 apresenta os aparelhos sanitários economizadores utilizados em sistema prediais e suas reduções médias possíveis de consumo de água quando os aparelhos sanitários convencionais são substituídos por economizadores (GONÇALVES et al., 2005).

Para a verificação da viabilidade da troca dos equipamentos hidrossanitários é preciso realizar uma comparação entre a redução do consumo de água proporcionada e o custo da troca. Considerando apenas o lado financeiro da ação, a relação custo-benefício é determinada através do tempo para o retorno do investimento (HAFNER, 2007).

Tabela 4 - Aparelhos hidrossanitários economizadores e percentual de redução média de consumo em comparação aos aparelhos convencionais.

Local	Vazões usuais (L.s⁻¹)	Aparelhos indicados	Redução % média para alta pressão
Lavatório	0,1-0,3	Registro regulador de vazão	40
		Arejador para bica ou torneira	24
		Torneira automática	48
		Torneira eletrônica	58
Mictório	0,1-0,25	Válvula mictório Eletrônica ou eletrônica	50
Bacia	12 L	Bacia VDR para 6 L	50

Fonte: GONÇALVES et al., (2005).

3.1.4 Fontes alternativas de água

Águas não convencionais são aquelas não inseridas no sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, tais como água do solo, água subterrânea, AP e água de reúso. Assim, a captação de AP e o reúso de água são as práticas mais propícias para a conservação de água em edificações. Por causa da grande disponibilidade dessas águas e sua vasta utilização em usos não potáveis (REBOUÇAS, 2004).

Apesar de recomendada a utilização de águas de pior qualidade em atividades não potáveis, estas possuem certas exigências de qualidade da água específicas para cada tipo de uso (TABELA 5). Esses padrões precisam ser seguidos para manter a segurança do usuário, e também para que a esta água não danifique os equipamentos envolvidos na atividade em questão (HAFNER, 2007).

Um sistema de reúso ou aproveitamento de água deve ser elaborado cuidadosamente, levando em conta aspectos técnicos na sua concepção, como: volumes de demanda e armazenamento, tratamentos adequados da água e sistema de monitoramento da qualidade. Assim, um plano de ações se torna essencial e deve ser elaborado por um profissional da área para uma melhor avaliação dos benefícios e custos decorrentes do uso de fontes alternativas (GONÇALVES et al., 2005).

A demanda por sistema de reúso ou aproveitamento de água tem crescido drasticamente, devido em parte pela urbanização e também, pela desertificação que já afeta várias regiões do mundo, criando locais onde os sistemas convencionais de abastecimento são inviáveis, seja pelo alto custo ou pela escassez de água natural. Entre as regiões com maior eficiência no uso da água e com grande desenvolvimento de tecnologias de reúso ou aproveitamento de água, estão o Japão, Israel e o centro-oeste Americano. Sendo que as duas últimas áreas sofrem com falta de água todos os anos sem outra opção, a não ser pelo uso de soluções alternativas para o fornecimento de água (LOBATO, 2005).

Tabela 5 - Qualidade mínima da água em função do uso.

Água para irrigação de jardins e lavagem de pisos	Água para descarga em bacias sanitárias	Água para refrigeração e sistemas de ar condicionado
- Não deve apresentar mau-cheiro;	- Não deve apresentar mau-cheiro;	- Não deve apresentar mau-cheiro;
- Não deve conter componentes que agriçam as plantas ou estimulem o crescimento de pragas;	- Não deve ser abrasiva;	- Não deve ser abrasiva;
- Não deve ser abrasiva;	- Não deve manchar superfícies;	- Não deve manchar superfícies;
- Não deve manchar superfícies;	- Não deve deteriorar os metais sanitários;	- Não deve deteriorar máquinas;
- Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.	- Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.	- Não deve formar incrustações;

Fonte: adaptado de Gonçalves et al., (2005).

3.2 - Reúso de efluentes

Reúso é o processo de reutilização da água, tratada ou não, para o mesmo ou outro fim. A reutilização desta água pode ser planejada ou não (HAFNER, 2007). Conforme Hespanhol (2003), o potencial de reúso de efluentes é amplo e diversificado principalmente nos centros urbanos. Contudo, aplicações que demandam água de elevada qualidade necessitam de tratamentos avançados, podendo assim se tornar inviável devido aos altos custos.

O reúso de efluente costuma ser dividido em atividades que utilizam os esgotos tratados em fins potáveis e não potáveis. O reúso para fins potáveis é ligado a riscos elevados. Além dos sistemas de tratamento necessários geralmente serem de alto custos, levando assim à inviabilidade econômico financeira da alternativa (HAFNER, 2007). Segundo a OMS (2006), o reúso direto não é recomendado para fins potáveis, ou seja, a conexão dos efluentes da estação de tratamento de esgoto direto para estação de tratamento de água.

Conforme Hespanhol (2003), pode-se inserir o conceito de substituição de fontes, termo utilizado para recomendar a utilização do reúso e aproveitamento de águas para satisfazer demandas menos restritivas, deixando a água de melhor qualidade para usos mais nobres, como o uso doméstico. Ou seja, a resolução de conflitos sobre o uso da água passa pela classificação dos seus usos e consequente utilização de fontes hídricas equivalentes e compatíveis aos seus usos propostos.

Mesmo sendo uma realidade em vários países o reúso de efluentes, é aplicado preferencialmente para fins agrícolas e não para o abastecimento doméstico. É o que ocorre em Israel, onde se aproveita aproximadamente 70% dos efluentes domésticos, principalmente na agricultura (REBOUÇAS, 2004).

Uma exceção é o sistema de Windhoek, na República da Namíbia, que há vários anos inclui o reúso potável no seu sistema de abastecimento e, dependendo das condições quantitativas e qualitativas dos seus reservatórios superficiais, utilizam até 35% do total de abastecimento proveniente de efluentes domésticos tratados (LAHNSTEINER et al., 2005).

3.3 - Reúso de água cinza de Lavatórios

Especificamente para a utilização interna nas edificações, o reúso das Águas Cinzas (ACs) é o mais recomendado, pois essas águas possuem aspectos qualitativos gerais mais próximos das características de águas de reúso sanitário.

As AC, são efluentes provenientes do uso de chuveiros, lavatórios, tanques e máquinas de lavar roupas, excluindo as águas negras (efluentes das descargas dos vasos sanitários), (HAFNER, 2007).

A Austrália utiliza os sistemas de reúso das ACs junto com efluentes de pias das cozinhas e máquinas de lavar louça, dependendo das características desses

efluentes. Porém, normalmente, não é recomendado a mistura desses efluentes com as ACs por estes conterem excesso de detergentes e produtos de limpeza, além das grandes cargas orgânicas e de gorduras, que dificultam a estabilização e encarecem o tratamento dos efluentes (HAFNER, 2007).

A utilização das ACs envolve sistemas de tratamento e distribuição de água separados da água potável e pode ser utilizada em várias atividades não potáveis. As ACs são coletadas separadamente dos esgotos e conduzidas para estações de tratamento onde, por meio de filtros, processos biológicos e desinfecção, a qualidade da água é alterada aos padrões mínimos requeridos conforme legislação vigente. Após o tratamento esta água, é distribuída por redes distintas até os locais de consumo (descargas sanitárias, sistemas de irrigação, entre outros).

Assim, o sistema exige tubulação dupla para o fornecimento dentro e fora das edificações, com além das conexões às estações de tratamento, e para coleta do esgoto e das ACs (HAFNER, 2007).

Este sistema de reúso descrito é o mais utilizado nos grandes centros urbanos, onde existe a possibilidade de atender a uma ou a várias edificações simultaneamente, dependendo da dimensão destas, dos volumes produzidos e da demanda de AC requerida. Deste modo, os sistemas de água de reúso e as estações de tratamento, podem ser privados ou públicos, individuais ou coletivos (HAFNER, 2007).

No Japão, devido a alta densidade populacional nas regiões metropolitanas do país, além do rápido crescimento econômico exigiram o aproveitamento mais eficiente dos recursos hídricos disponíveis. Assim os grandes edifícios dos centros metropolitanos possuem sistemas individuais de reúso das ACs para a descarga sanitária. O tratamento dos esgotos para o reúso, geralmente, não ultrapassa o tratamento secundário seguido por de filtro de areia. Outros processos também são utilizados, como biorreatores seguido por desinfecção, carbono ativado ou osmose reversa, variando conforme a qualidade da água requerida (SUZUKI, 2002).

Conforme recomendação da Agência Nacional de águas (ANA) a utilização da água em descargas sanitárias se enquadra como classe 1 (águas destinadas: ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam

rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película e à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana. Já o Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB), apresenta parâmetros menos restritivos a esse uso, baseando-se na norma NBR 13.969 de 1997 sobre Projeto, construção e operação de Tanques sépticos, enquadra a utilização para este fim em classe 3 (águas destinadas: ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras e à dessedentação de animais), (TABELA 6). Assim a utilização em descargas sanitárias requer um padrão de qualidade menos restritivo para essas águas, aumentando as possibilidades do emprego das águas de reúso ou de aproveitamento para neste fim (GONÇALVES et al., 2006).

Tabela 6 - Diferentes recomendações brasileiras para a qualidade de água para utilização em descargas sanitárias.

Recomendação	Parâmetro	Valor
ANA ¹	Coliformes fecais	Não detectável
PROSAB ²	Coliformes fecais	< 500 NMP/100 mL*

Fonte:¹ Gonçalves et al., (2005) e ² Gonçalves et al., (2006).

* Número Mais Provável de coliformes em 100 mililitros de amostra.

Para tratar as ACs seguindo padrões internacionais de reúso, os tratamentos requeridos são os mais diversos possíveis e dependem de fatores locais, como a qualidade dos efluentes, a capacitação e tradição tecnológica e a disponibilidade de investimentos (HAFNER, 2007).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) sugere, para a irrigação de parques e campos recreativos com AC, a estabilização ou tratamento equivalente desses efluentes, até atingir valores menores ou igual a 1000 NMP/100 mL de coliformes fecais. Mas outros parâmetros devem ser levados em conta, como a DBO e os sólidos em suspensão. Normalmente, no tratamento destes efluentes são utilizados: um sistema de tratamento secundário, seguido por filtro de areia e desinfecção por raios UV. Para irrigação não é recomendada a cloração, considerando que o cloro, dependendo da sua quantidade na água pode ser prejudicial ao desenvolvimento das plantas (WHO, 1989).

O sistema de tratamento é uma sequência de operações determinadas em razão de três condições: características do líquido a ser tratado; objetivo pretendido com o tratamento; e capacidade de remoção do processo a ser utilizado (MANCUSO, 2003).

Mas, considerando todas as recomendações, o processo completo de tratamento das ACs é composto por três etapas: tratamento preliminar (remoção de sólidos grosseiros por gradeamento); seguido pelo tratamento secundário, realizado por processos biológicos em reatores aeróbicos ou anaeróbicos, sedimentação e filtração (quando for requerido a produção de efluentes de alta qualidade) e para finalizar o tratamento terciário, que é a desinfecção, que visa a eliminação de possíveis microrganismos patogênicos (pela cloração, radiação UV ou ozonização). Em casos específicos é requerida uma quarta etapa, a correção do pH (adição de ácidos ou bases). Sendo essa correção recomendada para a proteção das tubulações, equipamentos hidráulicos e peças sanitárias. As principais etapas e processos requeridos no tratamento de AC estão descritas na Figura 2 (GONÇALVES et al., 2006).

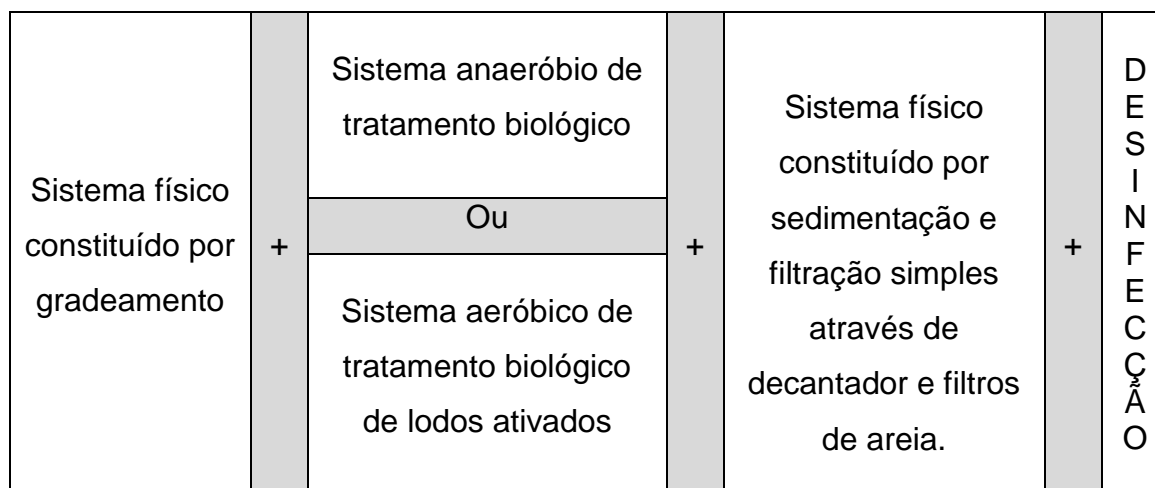


Figura 2 - Tratamentos para reúso de água cinza.

Fonte: Gonçalves et al. (2006).

Conforme Gonçalves et al., (2005), os principais elementos de um projeto de sistemas de reúso de AC são: pontos de usos e de coleta de ACs; determinação de vazões disponíveis; dimensionamento do sistema de coleta e transporte de água de reúso; determinação do volume a ser armazenado; estabelecimento dos locais de utilização; determinação dos parâmetros de qualidade da água em função da

utilização estabelecida; tratamento da água; e dimensionamento do sistema de distribuição de água tratada aos pontos de consumo. Deste modo, o dimensionamento do sistema será baseado em duas vazões distintas (AC bruta e a AC tratada).

O sistema descrito e apresentado na Figura 3 requer alto investimento, não condizente com a maioria das edificações brasileiras, mas em grandes empreendimentos hoteleiros, tanto no Brasil como no mundo cresce sua aplicação, pois nestes hotéis existem grandes consumos de água, tanto nos quartos, como nas cozinhas e lavanderias. Assim têm-se encontrado no reúso das ACs uma solução para redução do consumo de água (HAFNER, 2007). Por exemplo, a rede francesa de hotéis Accor, uma das maiores do ramo hoteleiro, em seus novos edifícios já inclui sistemas de reúso de água. Atualmente são mais de 20 hotéis da rede onde os efluentes dos chuveiros e lavatórios dos quartos são reutilizados economizando aproximadamente 15% do volume de água requerido (ACCOR, 2005).

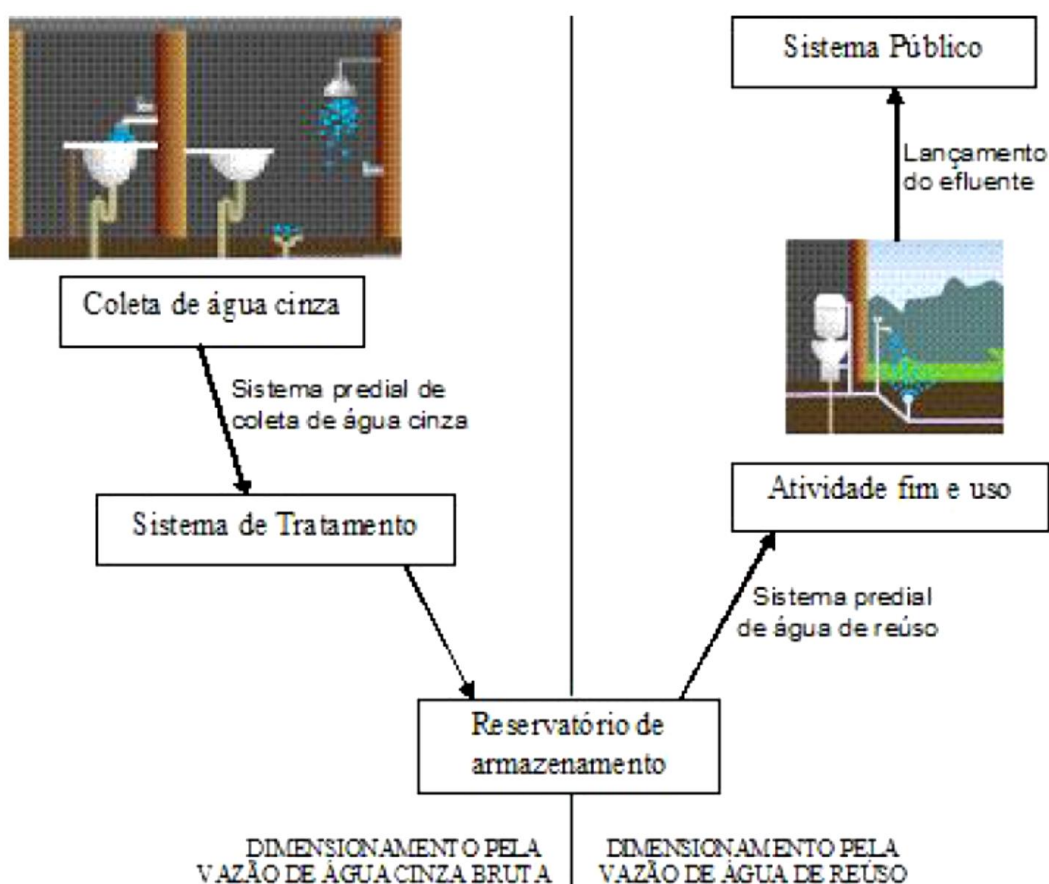


Figura 3 - Esquema de reúso de água cinza.

Fonte: Gonçalves et al., (2005).

3.4 - Reúso de águas de sistemas de resfriamento

Grandes volumes de água tratada são utilizados todos os dias em sistemas de resfriamentos por torres de resfriamento (TR), principalmente para climatização de prédios comerciais de regiões com temperaturas elevadas como o Brasil.

Em sistemas de resfriamento por TR, pode ocorrer a redução das perdas de água por arraste, através da instalação de bandejas coletoras nas venezianas das bacias das torres (OLIVEIRA, 1999).

Essas perdas são causadas por respingos de água que representam, cerca de 0,1% do volume de água em circulação nas TR. Assim, para diminuir o volume de água descartada por drenagem a qualidade da água de recirculação na TR deve ser considerada. A relação entre o volume de água de reposição e o volume de drenagem pode ser expressa como taxa de concentração ou número de ciclos de concentração, ou seja, a relação entre a concentração de sólidos totais dissolvidos (STD), na água de drenagem e a concentração da água de reposição do sistema. Assim, conforme a taxa de concentração aumenta o volume de drenagem diminui (PLOESER et al. 1992).

Tendo um aumento de 1 para 2 na taxa de concentração, temos como resultado a conservação da terça parte do volume de água de reposição previamente requerido. Grande parte das TR em funcionamento dispõem de medidores de condutividade e válvulas solenoide, que controlam a vazão de drenagem baseados nos valores de STD medidos na torre (OLIVEIRA, 1999).

Frequentemente sólidos em suspensão (SS) entram no sistema de resfriamento através da passagem do ar pela TR. Quando a água efluente da TR é filtrada, partículas em suspensão indesejáveis são separadas da água de recirculação. A remoção dessas partículas possibilita uma melhora na eficiência e reduz a manutenção do sistema (OLIVEIRA, 1999).

A água efluente das TR contém muitas partículas, coloides, microrganismos e sais, especialmente certos íons como Ca^+ , Mg^+ , CO_3^{-2} e HCO_3 , impossibilitando assim o seu reúso direto. Tratamentos convencionais como coagulação, sedimentação e filtração podem remover sólidos suspensos, e uma grande quantidade de coloides e microrganismos (WANG, et al., 2006).

A água produzida pelos tratamentos convencionais não podem ser reutilizadas, por causa do seu alto teor de sais o que pode causar “*scaling*” no sistema de reúso. Assim se torna necessário realizar a dessalinização da água efluente das TR (WANG, et al., 2006).

Pode-se melhorar a eficiência das TR com uma gestão mais criteriosa do sistema. Uma alternativa é a implantação de um sistema de medição setorizada do consumo de água do sistema, o que possibilita uma melhora na avaliação do consumo de água de reposição e drenagem. Caso os dados não sejam coletados e analisados diariamente, esse sistema não será vantajoso. Em muitos casos é mais viável a substituição do sistema de resfriamento a água por um de resfriamento a ar. (OLIVEIRA, 1999).

3.5 - Aproveitamento de águas pluviais

Os sistemas de aproveitamento de APs existem há milhares de anos. Há mais de 4.000 mil anos atrás no deserto de Negev, foi utilizado um sistema de aproveitamento de AP. Durante a era Romana, foram construídos sistemas sofisticados para aproveitamento de APs (MAY, 2009). Conforme Guanayem (2001), no Brasil, uma das instalações de aproveitamento de APs mais antigas foi construída em 1943 por norte-americanos, na ilha de Fernando de Noronha.

A AP tem um elevado potencial entre as fontes alternativas, principalmente para fins não potáveis. As edificações podem possuir grandes áreas impermeabilizadas, como telhados, coberturas, pátios e áreas de estacionamento, que são receptoras e coletoras da AP.

O potencial de economia de água depende da precipitação no local. Assim no Brasil na maior parte do território, as precipitações são frequentes e com médias anuais altas, o aproveitamento da AP gera grandes benefícios na conservação da água (HAFNER, 2007).

Além da questão ambiental, nas grandes metrópoles, a coleta e o aproveitamento das APs possuem outra vantagem interessante: a diminuição do escoamento superficial, redução do volume de água nos sistemas de drenagem urbana e ainda a redução nos picos de enchentes, ajudando na prevenção de inundações (HAFNER, 2007). Porém, segundo May (2009) existe uma desvantagem

do sistema de aproveitamento de AP que é a redução do volume de água coletada em épocas de estiagem.

As APs provenientes de um sistema de coleta e aproveitamento de APs podem ser utilizadas na descarga de vasos sanitários, sistemas de ar condicionado, sistemas de combate a incêndio, lavagem de veículos, lavagem de pisos e ainda na irrigação de jardins. Já nas indústrias e edifícios comerciais, as estas águas podem ser utilizadas para resfriamento de telhados e máquinas, climatização interna, TR, no processo de produção e lavagem de peças, lavanderia industrial, lava jatos de caminhões, carros e ônibus e limpeza industrial (SOARES et al., 1999).

Os sistemas de aproveitamento de APs, geralmente, são simples e de baixo custo. A Figura 4 descreve um esquema de aproveitamento de AP com coleta, descarte inicial, tratamento e reservatório. No planejamento do sistema, as seguintes etapas precisam ser seguidas: determinação da precipitação média local, da área de coleta, e do escoamento superficial, caracterização da qualidade da AP, caracterização dos usos previstos (em quantidade e qualidade), determinação do sistema de tratamento (se necessário), projetos do reservatório de descarte ou filtro, do reservatório de armazenamento e dos sistemas complementares, como grades, tubulações, entre outras (GONÇALVES et al., 2005).

As APs são, geralmente, de melhor qualidade que as ACs. Sendo assim, para usos como rega de jardins, lavagem de pisos e carros, não necessitam de tratamento, apenas a remoção de impurezas pelo sistema de descarte ou filtro. O sistema de descarte é importante nos instantes iniciais da chuva, pois esta primeira água costuma conter muita matéria orgânica como folhas, poeira, insetos, fezes de pássaros e entre outras substâncias sólidas (PINHEIRO et al., 2005).

Descartar a chuva inicial é essencial para que se tenha uma qualidade superior da AP coletada, porém o volume a ser descartado é amplamente discutido, e existem algumas metodologias que são utilizadas para a sua determinação. Algumas metodologias usam o tempo como parâmetro para se obter o volume que será descartado (HAFNER, 2007). Já a metodologia utilizada por TOMAZ (1998) considera a quantidade de chuva, assim, descarta-se a chuva inicial entre 0,4 e 1,5 milímetros por metro quadrado de área de coleta.

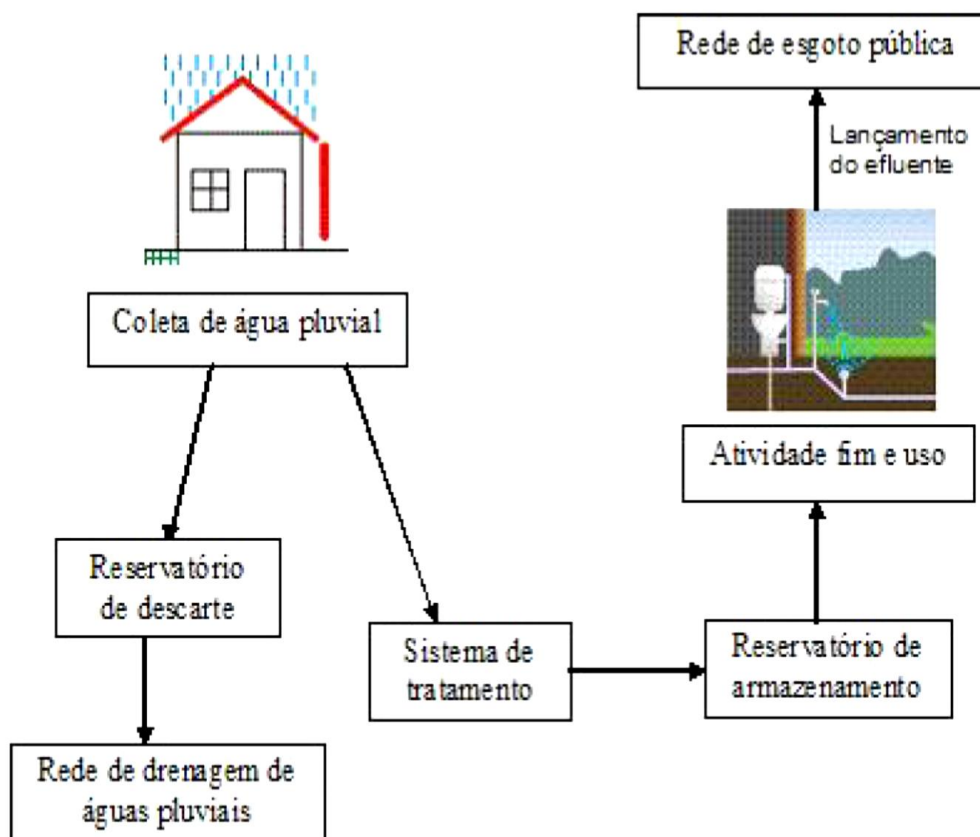


Figura 4 - Esquema de aproveitamento das águas pluviais.

Fonte: Gonçalves et al., (2005).

Os reservatórios de armazenamento de AP, geralmente são enterrados, pois devem ser protegidos do calor e da luz, para assim evitar-se o aparecimento de bactérias e algas. Existem vários métodos que são utilizados no seu dimensionamento, sendo os métodos teóricos: o Método de Rippl e o da simulação, pois consideram o coeficiente de escoamento superficial e analisam o volume de água no reservatório em uma relação entre a precipitação, e a demanda em função do tempo. Já os métodos empíricos são o prático alemão e inglês, pois consideram uma porcentagem de 5 ou 6% do volume total anual de chuva como aproveitável (ABNT, 2007).

Os padrões de qualidade e o tratamento da AP irão depender de onde está água será utilizada. Se for utilizada para fins não potáveis restritivos, os padrões recomendados são aqueles contidos na Tabela 7. Deste modo para atividades não

potáveis em edificações, como rega de jardins e limpeza de calçadas, o descarte inicial ou o uso de filtros, na AP coletada já é o suficiente para sua utilização. Mas para a utilização em descargas de vasos sanitários e mictórios, a AP necessita ter uma qualidade superior devido ao risco de contaminação dos usuários. Durante o período de armazenamento da AP, pode ocorrer a proliferação de microrganismos, como coliformes fecais, além de outras bactérias patogênicas. Porém, o tratamento requerido para eliminação destes microrganismos é somente um tratamento primário de baixo custo, composto um sistema físico com gradeamento e filtros de areia, seguido de desinfecção com cloro ou por raios UV. A correção do pH, deve ser adotada preventivamente para proteger os metais das tubulações e peças sanitárias (GONÇALVES et al., 2005).

Tabela 7 - Parâmetros de qualidade de água para usos não potável restritivos.

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L <2,0 uT
Turbidez	Mensal	<5,0 uT (para usos menos restritivos)
Cor aparente*	Mensal	<15 Uh
pH	Mensal	6,0 a 8,0**

Nota 1: Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raios ultravioleta e aplicação de ozônio.

*Caso não seja utilizado nenhum corante ou antes da sua utilização.

**No caso de tubulações de aço carbono ou galvanizado.

Fonte: ABNT (2007).

Em São Paulo, como em muitas cidades brasileiras a coleta e armazenamento de AP em nos novos edifícios já se tornaram obrigatórios por lei. Assim o armazenamento em reservatórios próprios para posterior descarte na rede de drenagem diminui o escoamento superficial causador de enchentes. Mas, também, apesar de nem ser citado pela lei, estimula o reaproveitamento das águas.

O reservatório de armazenamento geralmente é o componente mais caro do sistema de aproveitamento de APs e, nesses casos, já está construído (HAFNER, 2007).

O monitoramento regular da qualidade da água em sistemas de aproveitamento de APs é essencial, porém alguns cuidados gerais e características construtivas são necessárias para uma operação sustentável do sistema pluvial, permitindo assim, a segurança no fornecimento e manutenção da qualidade da água.

Para a manutenção adequada do reservatório de armazenamento as seguintes recomendações são requeridas: manter a tampa de inspeção fechada e gradear o tubo extravasor, para evitar entrada de animais; evitar a entrada de luz solar, para reduzir a proliferação de algas e microrganismos nocivos; limpar e remover os depósitos de sedimentos anualmente; e prever a conexão para alimentação de água potável e, assim, assegurar o fornecimento de água na ocasião de secas prolongadas. Já nas tubulações e pontos de utilização (torneiras) o maior perigo é o risco de conexão cruzada com o sistema de distribuição de água potável e o uso indevido da água não potável. Deste modo, é indicada a diferenciação na coloração das tubulações associadas a avisos e placas indicativas (GONÇALVES et al., 2005).

A aceitação pública para a utilização de sistemas de aproveitamento de AP costuma ser boa, havendo até uma grande confiança na pureza dessas águas, fato que tem sido questionado por pesquisas sobre qualidade da AP (PINHEIRO et al., 2005).

A utilização da AP sem tratamento adicional é mais indicada para rega de jardins e hortas quando comparada com a água potável, devido ao cloro utilizado no tratamento da água potável ser prejudicial às plantas. Já em outras utilizações não potáveis, geralmente, o uso de filtros é o suficiente para garantir a aprovação do usuário (HAFNER, 2007).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização do local de estudo

O estudo de caso foi conduzido no município de Londrina (Figura 5), estado do Paraná (latitude 23°22' sul e longitude 51°10' oeste), em um SC com 135.000 m² de área construída, tendo uma área bruta locável (ABL) de 82 mil m², sendo uns dos maiores SC em ABL do Brasil. O SC possui ainda 299 lojas, duas praças de alimentação, 6 salas de cinema, boliche, centro de diversão e serviços.

O SC foi construído no início da década de 1990 passando por três expansões, sendo que na última por conta de uma norma local foram instalados um sistema de aproveitamento de AP (850 m² de telhado) e outro de AC provenientes de lavatórios de um único sanitário.

Os dados de consumo geral fornecidos pela administração do SC foram de janeiro a dezembro 2012, já o consumo dos sanitários de março de 2012 a maio de 2013.



Figura 5 - Mapa do Brasil mostrando a localização do município de Londrina.

4.2 Investigação da gestão de água

Este trabalho utilizou a metodologia de análise do consumo de água para sistemas prediais proposta por Nunes (2006). Outras metodologias para análise do consumo de água podem ser utilizadas, como as análises de critérios múltiplos e redes neurais (ZHAO et al., 2006; MUTTIL e CHAU, 2007).

No entanto, a metodologia utilizada é específica para sistemas de água em instalações prediais, tendo como vantagem a geração de índices relacionados à eficiência da conservação de água em edifícios, além de ser relativamente fácil de ser aplicada, tendo como resultados o diagnóstico do sistema e sua avaliação em relação a conservação da água.

O trabalho seguiu as principais etapas apresentadas por Nunes, (2006):

1 – Visitas preliminares: coleta das características físicas e funcionais do SC, análise dos projetos arquitetônico, hidráulico e de reuso, identificação dos agentes consumidores (população fixa e flutuante), histórico do consumo mensal de água (geral e setorizado);

2 – Diagnóstico inicial: Índices reais (índice de consumo diário de água (IC) e índice de consumo diário de água do período histórico (ICh)) e Índices estimados (consumo mensal estimado (Cme), índice de consumo diário de água estimado (ICe), desperdício diário de água estimado (DDe) e índice de desperdício estimado (IDe));

3 – Análise crítica;

4 – Diagnóstico final (avaliação dos resultados) e

5 – Plano de intervenção (manutenção dos equipamentos, substituição de equipamentos, aproveitamento de AP e reuso de AC).

4.2.1 Geração dos índices de consumo real e estimados

O cálculo do índice de consumo de água (IC) de uma edificação é realizado para identificar o valor de consumo diário por cada pessoa (agente consumidor). Sendo encontrado por meio da Equação 1 (OLIVEIRA, 1999):

$$IC = Cm. 1000. (NA. Dm)^{-1} \quad (1)$$

Onde:

IC: Índice de Consumo ($L \cdot \text{agente consumidor}^{-1} \cdot d^{-1}$);

Cm: Consumo Mensal (m^3);

NA: Número de agentes consumidores;

Dm: Quantidade de dias úteis no mês (dias).

A análise do índice de consumo diário de água do período histórico (ICh) serve para verificar se houve aumento ou decréscimos significativos do consumo durante os meses do ano.

Caso o histórico de consumo demonstrar valores homogêneos de consumo de água do período histórico, o valor do ICh será igual ao IC.

O Consumo mensal estimado (Cme) é um índice de referência teórico que vem sendo utilizado por diversos pesquisadores na área de economia de água para relacioná-lo aos valores reais de consumo de água das edificações a fim de compará-lo com a finalidade de sugerir possíveis desperdícios e maus usos dos sistemas hidráulicos.

O cálculo do Cme é realizado utilizando coeficientes de consumo de água e conforme a Equação 2 (OLIVEIRA, 1999):

$$Cme = V \cdot Dm \cdot A \cdot 1000^{-1} \quad (2)$$

Onde:

Cme = consumo mensal estimado ($m^3 \cdot \text{mês}^{-1} \cdot \text{edificação}^{-1}$);

V = volume (L);

A = área construída (m^2);

Dm = Quantidade de dias úteis no referido mês (dias).

De posse do valor de Cme, a etapa seguinte é determinar o índice de consumo diário de água estimado (ICe). O ICe é dado pelo valor do Cme dividido pelo número de agentes consumidores (pessoas) e pela quantidade de dias úteis de cada mês, como pode ser observado na Equação 3 (OLIVEIRA, 1999):

$$ICe = Cme \cdot 1000 \cdot (NA \cdot Dm)^{-1} \quad (3)$$

Onde:

ICe: Índice de consumo diário de água estimado ($L.pessoa^{-1}.d^{-1}$);

Cme: Consumo mensal estimado (m^3);

NA: Número de agentes consumidores;

Dm: Quantidade de dias úteis no referido mês.

O desperdício diário de água estimado (DDe) é um valor determinado a partir da subtração do ICh (valor real) pelo ICe (valor estimado) segundo a Equação 4 (OLIVEIRA, 1999):

$$DDe = ICh - ICe \quad (4)$$

Onde:

DDe: Desperdício diário de água estimado ($L.pessoa^{-1}.d^{-1}$);

ICh: Índice de consumo diário de água do período histórico ($(L.agente\ consumidor^{-1}.d^{-1})$).

O DDe obtido indica quantos litros por pessoa está sendo desperdiçado diariamente pelo sistema hidráulico-predial analisado.

Por fim, o último dado de referência do diagnóstico inicial é o índice de desperdício estimado (IDe), que se refere a um percentual de perda sugerido no sistema obtido pela Equação 5 (OLIVEIRA, 1999):

$$IDe = (ICh - ICe).ICh^{-1}.100 \quad (5)$$

Onde:

IDe: Índice de desperdício estimado (%);

ICh: Índice de consumo diário de água do período histórico ($(L.agente\ consumidor^{-1}.d^{-1})$);

ICe: Índice de consumo diário de água estimado ($L.pessoa^{-1}.d^{-1}$);

4.3 Dimensionamento do Sistema de aproveitamento de água pluvial

O dimensionamento do reservatório é o elemento mais importante para ser definido em um sistema de aproveitamento de APs. Existem metodologias empíricas que utilizam como variáveis, a precipitação média local e a área de captação (WARD et al., 2010).

Isto pode provocar erros no dimensionamento do reservatório, porque estas metodologias consideram uma precipitação média constante durante um período analisado. Métodos probabilísticos (SUET al., 2009) e não paramétricos (BASINGER et al., 2010) também podem ser utilizados. No entanto, o método mais utilizado para o dimensionamento de reservatórios prediais, usa dados históricos de precipitação, que permitem simular o funcionamento do sistema durante um período de tempo pela simulação da entrada e saída de água do sistema (LIAW e TSAI, 2004; MUN e HAN, 2012; PALLA et al., 2011).

O cálculo do volume de AP captado depende da precipitação diária, área de captação de água (telhado) e coeficiente de runoff, sendo calculado pela Equação 6 (TOMAZ, 1998):

$$V = P \cdot A \cdot C \quad (6)$$

Onde:

V = volume diário de AP aproveitável ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$);

P = precipitação diária (m);

A = área de captação de água (m^2);

C = coeficiente de escoamento superficial (runoff), (0,95).

Nesta simulação foi desprezada a instalação do sistema de descarte. O dimensionamento do reservatório pelo método da simulação utiliza as Equações 7 e 8 (TOMAZ, 1998):

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (7)$$

$$Q_{(t)} = C \cdot P_{(t)} \cdot A \quad (8)$$

Sendo: $0 \leq S_{(t)} \leq V$ e onde:

$S_{(t)}$ = volume de água no reservatório no tempo t;

$S_{(t-1)}$ = volume de água no reservatório no tempo t-1;

$Q_{(t)}$ = volume de AP no tempo t;

$D_{(t)}$ = consumo ou demanda no tempo t;

V = volume do reservatório fixado (m^3);

C = coeficiente de escoamento superficial (runoff);

$P_{(t)}$ = precipitação diária no tempo t.

4.3.1 Cálculo do custo de implantação e tempo de retorno

Os custos para implantação do sistema de aproveitamento da AP variam pelo tipo do material do reservatório e calhas e das condições locais e pode ser calculada usando a Equação 9, proposta por Tomaz (1998), onde já estão incluso os valores das calhas, condutores e bomba centrífuga.

$$C = 336.V^{0,85} \quad (9)$$

Sendo:

C = custo do reservatório em US\$;

V = volume do reservatório (m^3).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Visitas preliminares e descrição das instalações hidrossanitárias

As visitas para conhecer as instalações e coletar os dados de campo do SC foram realizadas nos meses de Abril e maio de 2013. O estabelecimento possui 299 lojas, duas praças de alimentação, 6 salas de cinema, boliche, centro de diversão e serviços, tendo 2800 empregados fixos e uma média de 815 mil visitantes mensais.

O SC possui 14 sanitários (7 feminino e 7 masculino), sendo considerado apenas 7 no total, pois no projeto cada par (1 masculino e 1 feminino) é considerado como somente um sanitário. Destes 7 somente 5 dispõem de hidrômetros.

Os sanitários foram enumerados de 1 a 7, o sanitário 7 já dispõem de um sistema aproveitamento de AP e água do lavatórios para uso nas descargas da bacia sanitária e mictórios.

Os sanitários 2 e 4 possuem torneiras com acionamento mecânico, já os outros sanitários tem instalados torneiras com acionamento por sensor infravermelho.

O sistema de ar condicionado utiliza 6 TR e uma grande quantidade de água diariamente, porém não foi possível quantificar a quantidade de água utilizada no sistema e nem as perdas, pois o sistema apresenta vários problemas com vazamentos.

O SC possui 2 poços artesianos em funcionamento (com outorga de captação de $10 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ por $18 \text{ h} \cdot \text{d}^{-1}$ ou $5.400 \text{ m}^3 \cdot \text{mês}^{-1}$) os quais fornecem água clorada para o sistema de abastecimento. A vazão média mensal utilizada dos poços 1 e 2 é de 2.786 m^3 e 1.023 m^3 (Tabela 8) respectivamente.

5.2 Gestão do consumo de água

Os resultados discutidos nesta seção foram levantados *in loco* e por meio de dados fornecidos pela administração do SC.

A Tabela 8 apresenta o funcionamento do sistema de abastecimento do SC, onde é apresentado os volumes mensal e anual de água fornecidos pelos poços 1 e

2 e pela CLA. Os poços 1 e 2 forneceram juntos no ano de 2012, 45.708 m³ de água; já a CLA sozinha no mesmo período forneceu 99.869 m³ de água. Considerando a utilização mensal dos poços 1 e 2, os meses de maior utilização foram junho e agosto de 2012 e os de menor utilização abril e março de 2012 (por causa da não utilização do poço 1 neste período, por problemas de manutenção). Considerando o consumo de água mensal da CLA os meses de maior consumo foram novembro e dezembro de 2012 (período mais quente do ano) e os de menor consumo foram junho e julho de 2012 (período mais frio do ano).

Tabela 8 - Consumo mensal do SC no ano de 2012, separado pela origem da água (poço ou CLA).

Mês/ano	Leituras dos Hidrômetros (m ³)				Total mensal
	Poço 1	Poço 2	Total poço 1 + 2	CLA**	
Janeiro/12	2.857	1.057	3.914	8.710	12.624
Fevereiro/12	3.563	1.491	5.054	7.750	12.804
Março/12	0*	1.662	1.662	10.515	12.177
Abril/12	0*	688	688	10.706	11.394
Maió/12	2.325	1.033	3.358	7.775	11.133
Junho/12	3.682	1.521	5.203	5.472	10.675
Julho/12	2.962	1.353	4.315	5.376	9.691
Agosto/12	3.750	1.679	5.429	6.539	11.968
Setembro/12	3.334	397	3.731	7.225	10.956
Outubro/12	3.201	432	3.633	7.584	11.217
Novembro/12	4.119	596	4.715	10.842	15.557
Dezembro/12	3.643	363	4.006	11.375	15.381
Média	2.786	1.023	3.809	8.322	12.131
Máximo	4.119	1.679	5.429	11.375	15.557
Total anual	33.436	12.272	45.708	99.869	145.577

Fonte: Administração do SC maio de 2013. Poço em manutenção.

**Companhia local de água

Os poços 1 e 2 são subutilizados. Consultando as outorgas dos poços, estas limitam o uso (tempo e volume) com permissão para capturar 10 m³.h⁻¹ limitado a 18 horas por dia.

Esta outorga permite ao SC prospectar $5.400 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$ ou $64.800 \text{ m}^3.\text{ano}^{-1}$. Ou seja, avaliando a situação de operação de um ano, os poços poderiam fornecer $1.591 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$ ou $19.092 \text{ m}^3.\text{ano}^{-1}$ a mais de água, diminuindo a utilização da companhia local de água (CLA) que cobra R\$ 4,78 por metro cúbico de água. Então, existe a possibilidade de gerar uma economia mensal de R\$ 7.605,00 ou anual de R\$ 91.260,00 (sem descontar o custo de implantação e manutenção do sistema).

Os índices de consumo reais do SC (Tabela 9), com Cm de 12.131 m^3 e ICh de $14,87 \text{ L.pessoa}^{-1}.\text{d}^{-1}$, foram relativamente baixos se comparados com Nunes (2006), que obteve Cm de $18.634,53 \text{ m}^3$ e ICh de $19,69 \text{ L.pessoa}^{-1}.\text{d}^{-1}$.

Tabela 9 - Índices de consumo real mensal e médio por números de consumidores (pessoas) e por veículos.

Mês/ ano	Consumo mensal (m^3)	Nº de Consumidores mensal (pessoas)	IC (L. $\text{pessoa}^{-1}.\text{d}^{-1}$)	Nº de Veículos	IC (L. $\text{veículo}^{-1}.\text{d}^{-1}$)
Jan/12	12.624	878.457	14,37	160.072	78,86
Fev/12	12.804	736.416	17,39	143.838	89,02
Mar/12	12.177	731.009	16,66	150.945	80,67
Abr/12	11.394	723.710	15,74	153.773	74,09
Mai/12	11.133	751.911	14,81	158.060	70,43
Jun/12	10.675	785.284	13,59	159.100	67,10
Jul/12	9.691	885.905	10,94	171.054	56,65
Ago/12	11.968	775.219	15,44	144.777	82,66
Set/12	10.956	787.384	13,91	148.566	73,75
Out/12	11.217	838.985	13,37	157.830	71,07
Nov/12	15.557	840.288	18,51	158.674	98,04
Dez/12	15.381	1.052.885	14,61	162.291	94,77
Média	12.131	815.621	14,87	155.748	77,88

Fonte: Administração do SC maio de 2013.

Para o cálculo dos índices estimados Cme, ICe, DDe e IDe foram utilizados coeficientes de consumo de água obtidos a partir da Tabela 10.

A Tabela 11, que compara os índices reais com os índices estimados, demonstra que o consumo médio mensal do SC está abaixo do consumo mensal estimado, podendo esta comparação ser comprovada pelos valores negativos do DDe ($- 4,99 \text{ L.pessoa}^{-1}.\text{d}^{-1}$) e IDe ($- 33,56 \%$). Este resultado é diferente do obtido por Nunes (2006), que obteve um DDe de $3,34 \text{ L.pessoa}^{-1}.\text{d}^{-1}$ e um IDe de 17% , ambos com

valores positivos, demonstrando a possível ocorrência de desperdícios. Considerando que ambos os SC tem a mesma área construída (135.000 m²) e conseqüentemente o mesmo Cme (16.200 m³.mês⁻¹), porém com ICe diferentes, isso se deve ao maior fluxo de consumidores no SC do Rio de Janeiro em comparação com o SC de Londrina (33.020 e 27.187 pessoas.d⁻¹ respectivamente), já que para o cálculo do ICe (eq. 3) utiliza-se o número mensal de consumidores do SC.

Tabela 10 - Coeficientes utilizados para estimar o consumo de água.

Categoria	Unidades	Valores	Origem
Shopping center	L.d ⁻¹ .n ^o veículos ⁻¹	8	Metcalf & Eddy, 1991
	L.d ⁻¹ .n ^o veículos ⁻¹	8	Geyer & Lentz, 1962
	L.d ⁻¹ .m ² ⁻¹	4	Billings & Jones, 1996
	L.d ⁻¹ .m ² ⁻¹	6	Syed R. Qasim, 1994
	L.d ⁻¹ .funcionário ⁻¹	38	Metcalf & Eddy, 1991
	L.d ⁻¹ .funcionário ⁻¹	38	Geyer & Lentz, 1962
	L.d ⁻¹ .funcionário ⁻¹	40	Syed R. Qasim, 1994

Fonte: Adaptado de Tomaz (2000).

Os valores dos índices analisados do SC de Londrina demonstram que teoricamente não há indícios de desperdícios de água, porém vazamentos visíveis foram encontrados na rede de tubulações.

Tabela 11 - Resumo dos índices de consumo e desperdício do SC.

Índices reais	Índices de referência		Índices de desperdícios	
IC ou ICh (L.pessoa ⁻¹ .d ⁻¹)	Cme (m ³ .mês ⁻¹)	ICe (L.pessoa ⁻¹ .d ⁻¹)	DDe (L.pessoa ⁻¹ .d ⁻¹)	IDe (%)
14,87	16.200	19,86	- 4,49	- 33,56

5.3 Viabilidade do aproveitamento de água pluvial e reúso de água cinza

Levando em consideração a grande área de telhado disponível (mais de 50 mil m²) e a precipitação média anual da região (1600 mm) foi utilizado o método da simulação para o dimensionamento do reservatório e análise do sistema existente.

A Tabela 12 apresenta a demanda máxima ($100 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$) e média ($76 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$) diária de água dos sanitários. Conforme Santo e Sanchez (2001), o consumo total dos lavatórios é de aproximadamente 25 por cento do consumo total dos sanitários. Assim, a demanda máxima diária de água requerida pelas BS e Mi passa a ser de aproximadamente $76,0 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$, já a demanda média diária passa a ser de $57 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$.

Tabela 12 - Consumo mensal dos 5 sanitários com hidrômetros entre março de 2012 a maio de 2013.

Mês/ano	Sanitários (consumo mensal em m^3)				
	1	2	3	4	5
Março/12	7*	380	662	266	291
Abril/12	10*	397	699	316	303
Maio/12	4*	440	807	393	389
Junho/12	2*	599	980	415	355
Julho/12	88*	505	1008	366	357
Agosto/12	321	576	974	379	448
Setembro/12	230	460	783	346	332
Outubro/12	225	407	634	326	317
Novembro/12	278	431	739	364	371
Dezembro/12	271	383	760	331	385
Janeiro/13	351	459	952	444	390
Fevereiro/13	330	370	1068	310	433
Março/13	231	278	1172	307	302
Abril/13	315	342	1172	306	284
Maio/13	222	301	858	274	375
Consumo médio	277*	401	911	339	364
Consumo máximo	351	599	1172	444	448
Consumo médio dos 5 sanitários	$2292 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$ ou $76 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$				
Consumo máximo dos 5 sanitários	$3014 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$ ou $100 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$				

Fonte: Administração do SC, maio de 2013.

* Valores não utilizados para cálculo da média.

De acordo com a Tabela 13, o sistema de reúso de água existente capta a água de uma área de telhado de 850 m^2 . Este sistema não está corretamente dimensionado, porque a área de coleta existente não supre a demanda média diária de água dos sanitários ($15 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$), seria necessária uma área de coleta de AP de aproximadamente 10 mil m^2 para suprir esta demanda de água, com 60 m^3 de reservatório (já existente), ao um custo de US\$ 10.909,00 (este custo será menor

pois os reservatórios já estão instalados , necessitando somente a ampliação da área de coleta) tendo falta de água no reservatório por apenas 2 dias em 12 meses.

Considerando a demanda de água de $57 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ (BS e Mi) a área de telhado mais vantajosa seria de 40000 m^2 com um reservatório de 60 m^3 , contabilizando nesta configuração 52 dias sem água no reservatório no período de 12 meses e tendo custo estimado do sistema de US\$ 10.909,00 (TABELA 13).

Já para uma demanda de $125 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ (ar condicionado + BS e Mi), a área de telhado mais vantajosa seria de 50000 m^2 com um reservatório de 150 m^3 , contabilizando nesta configuração 83 dias sem água no reservatório no período de 12 meses e tendo custo estimado do sistema de US\$ 23.769,00 (TABELA 13).

Para implantação do sistema de coleta de AP para suprir somente a demanda de água do sistema de ar condicionado ($68 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$), a área de coleta mais vantajosa seria de 40000 m^2 , com um reservatório de 90 m^3 , tendo no período de um ano 33 dias sem água no reservatório e um custo de instalação de US\$ 15.397,00 (TABELA 13).

Em média o custo de implantação do sistema de AP está entre US\$ 150/ m^3 a US\$ 200/ m^3 de água reservada (TOMAZ, 1998).

Tabela 13 - Simulações para o dimensionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial e seus custos.

Área do telhado (m ²)	Volume do reservatório (m ³)	Demanda diária de água (m ³)	Dias sem água no reservatório (dias)	Custo do reservatório (US\$)
50000	500	125	38	66.140
40000	500	125	64	66.140
50000	200	125	63	30.354
40000	200	125	86	30.354
50000	150	125	83	23.769
40000	150	125	119	23.769
40000	500	76	1	66.140
40000	200	76	20	30.354
40000	105	76	41	17.553
35000	105	76	53	17.553
40000	90	76	53	15.397
35000	90	76	70	15.397
40000	90	68	33	15.397
35000	90	68	45	15.397
40000	75	68	53	13.187
40000	60	57	52	10.909
35000	60	57	64	10.909
40000	90	57	18	15.397
35000	90	57	23	15.397
40000	120	57	6	19.662
10000	60	15	2	10.909
5000	60	15	57	10.909
850	60	15	365	10.909

A distribuição da água armazenada do SC pode ser visualizada na Tabela 14, sendo o maior reservatório reservado para o sistema de ar condicionado (3000 m³) e o menor para o sistema de reuso (60 m³)

Tabela 14 - Distribuição da água potável e não potável armazenada nos reservatórios do SC.

Tipo do reservatório	Finalidade	Capacidade (m³)
Cisterna 0	Entrada	80
Cisterna 1	Geral	510
Cisterna 2	Geral	160
Cisterna 3	Sprinkler	160
Cisterna 4	Geral	150
Cisterna 5	Geral	150
Cisterna 6	Hidrante	120
Caixas (4 unids. x 15m ³)	Reúso (água não potável)	60
Torre	Ar condicionado	3.000
Total	-	4.390

Fonte: Administração do SC, maio de 2013.

A AP poderia ser aproveitada nas descargas das bacias sanitárias (BS) e mictórios (Mi), para lavagem de pátios, irrigação dos jardins e plantas, em chafariz e para o resfriamento do ar condicionado que tem média de consumo de 2.047 m³.mês⁻¹, mas com picos de consumo acima de 5.000 m³ nos meses de novembro e dezembro (Figura 6).

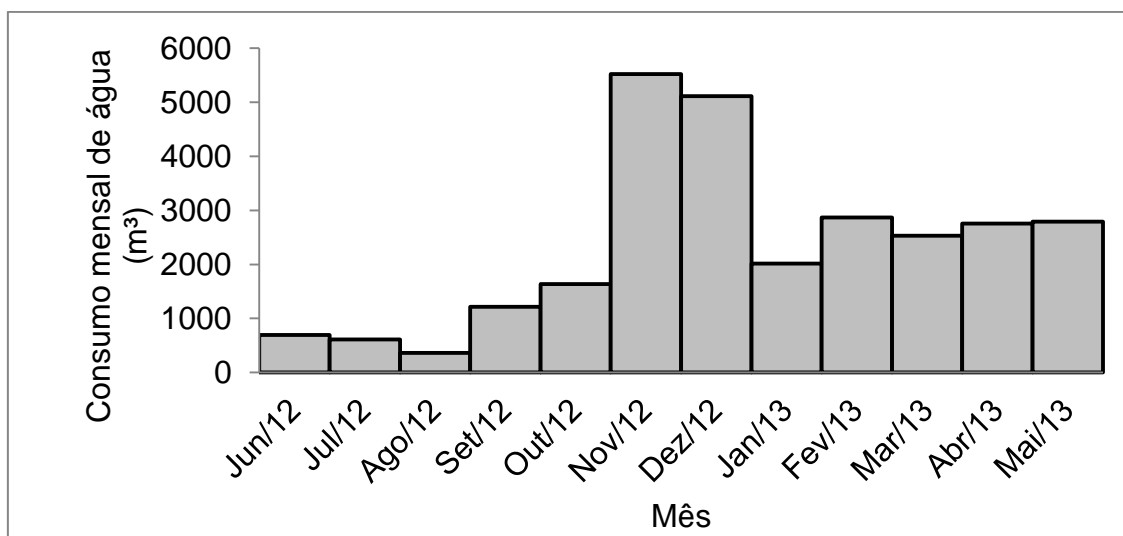


Figura 6 - Consumo de água do sistema de ar condicionado entre Junho/2012 e maio/2013.

Conforme a Tabela 15, caso o sistema de aproveitamento de AP seja implantado, este terá um período de retorno de 85 dias com a utilização da água nas BS, Mi e ar condicionado. Já utilizando a água somente nas BS e Mi o período de retorno sobe para 86 dias. Nas duas situações o sistema se mostrou viável com um período de retorno curto e uma economia mensal superior a R\$ 8 mil (BS e Mi) e que 17 mil (ar condicionado + BS e Mi).

Tabela 15 - Custo de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial e período de retorno.

	Consumo médio dos sanitários	Consumo médio das BS e Mi	Consumo médio do Ar condicionado	Consumo ar condicionado + BS e Mi
Demanda (m³.d⁻¹)	76	57	68	125
Consumo médio mensal (m³)	2.292	1.710	2.047	3750
Economia mensal (R\$)¹	10.955,76	8.173,80	9.784,66	17.925,00
Custo de implantação (R\$)[*]	32.949,58	23.345,26	32.949,58	50.865,66
Período de retorno (dias)	90	86	101	85

*Valor do dólar R\$ 2,14 (jun/2013).

¹Valor do m³ cobrado pela CLA (SANEPAR, 2013).

Estes resultados diferem dos obtidos por Chilton et al. (2000), que instalou um sistema de recuperação de AP protótipo em um supermercado localizado no sul de Londres, onde a AP foi coletada a partir de uma área do telhado de 2.200 m² (metade da área disponível) e armazenados em um tanque de 14,56 m³, para posteriormente ser utilizado nas BS, com um custo total do sistema de US\$ 13,109.59 (sem taxas de manutenção) e custo da água de US\$ 1,60 por m³.

O volume total de AP coletada por Chilton et al. (2000) foi de 687,2 m³ por ano com uma economia de US\$ 1099,84 por ano e período de retorno de 12 anos.

Domenech e Sauri (2011) realizaram um estudo de aproveitamento de APs em edifícios unifamiliares e multifamiliares na Área Metropolitana de Barcelona, levando em conta precipitação, área de cobertura, tamanho do tanque, custo e uso da água para BS. Desta forma, utilizando um tanque de 15 m³ em um edifício multifamiliar e considerando o custo de um sistema completo de captação de APs em cerca de US\$ 26.974 (incluindo os encargos de manutenção), bem como o custo da água de US\$ 4,33 por m³ e o total de AP coletada de 220,5 m³ por ano; obteve-se uma economia de US\$ 1284,51 anual e um período de retorno de 21 anos.

O longo período de retorno nestes estudos é resultante da menor precipitação (cerca de 600 mm por ano) nestas áreas e reduzido consumo de água (687,2 m³ e 220,5 m³ por ano) em comparação ao SC (52.068 m³ por ano) estudado.

Além dos benefícios econômicos o aproveitamento de APs, geram benefícios ambientais e sociais (CHILTON et al., 2000; DOMENECH e SAURI, 2011). Como relatado por Chilton et al. (2000), uma das razões para a instalação dos sistemas de aproveitamento de APs são os benefícios ambientais, tais como a redução da demanda por água doce e a redução do risco de inundação (devido à efeito de retenção).

Segundo Mikkelsen et al. (1999), o aproveitamento de APs gera uma economia significativa de energia, o que ajuda a preservar os estoques de energia. Em um estudo realizado na Dinamarca, no ano de 1999, determinou-se que 1 m³ de água transportada ao consumidor final requer entre 0,3 e 0,5 kWh de energia (MIKKELSON et al., 1999).

5.4 Viabilidade do sistema de reúso de água cinza já instalado

Os sistemas de reúso de águas (pluvial e cinza) foram instalados primeiramente com a finalidade de cumprir legislação municipal (Resolução Nº 18 de 31 de agosto de 2009 do Conselho Municipal do Meio Ambiente de Londrina-PR, Art. 7º e 11º) para obtenção do habite-se da obra. Esta legislação determina que construções com área construídas igual ou superior a 5000 m² necessita de instalação de sistema de reúso de AC e construções com área construída igual ou superior a 200 m² da instalação de sistema de aproveitamento de AP. Legislação semelhante foi adotada em outras cidades do Brasil, tais como Curitiba, São Paulo e Florianópolis.

O sistema de reúso de AC já instalado, não foi utilizado para verificar a viabilização do sistema para outros sanitários, porque a água proveniente dos lavatórios não é suficiente, pois conforme estudo realizado por Santo e Sanchez (2001), sobre caracterização do consumo de água em vários SCs da Região metropolitana de São Paulo, onde foram feitas medições de vazão de água em lojas, sanitários, ar condicionado e esgotos, sendo estes valores obtidos comparados com dados de vários anos de consumo de água, com este estudo eles obtiveram dados que demonstram grande homogeneidade entre os estabelecimentos estudados, deste modo os autores chegaram a valores médios de consumo segregado nos sanitários dos SCs que é de aproximadamente 25% para os lavatórios e 75% para os BS e Mi. Portanto a água resultante dos lavatórios não supre a demanda requerida pelos BS e Mi. Além disso, não existe hidrômetro na entrada ou saída de água do sanitário no qual se encontra o sistema de reúso. Assim não foi possível contabilizar a quantidade de água exata que poderia ser reutilizada. Assim, sem a legislação anteriormente mencionada, o sistema de reúso de AC provavelmente não teria sido executado pela baixa disponibilidade de AC.

5.5 Viabilidade do reúso de água no sistema de ar condicionado

No sistema de ar condicionado, que é composto por um resfriador de água gelada tipo "Shiller" com 6 TR. Existe a possibilidade de se reutilizar a água de

drenagem das torres, que é descartada à medida que a condutividade chega a $600 \mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$ conforme recomendação da EPA (2004).

Como o dreno das TR está próximo à área de captação de AP, o dreno poderia ser redirecionado para os reservatórios já existentes, se implantado este redirecionamento, geraria uma economia mensal de R\$9.784,66 na conta de água do SC e ainda reduziria o período de retorno para 101 dias (TABELA 15).

Porém foi identificado um grande vazamento de água na bacia de uma das TR, e a condutividade medida estava abaixo de $300 \mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$, indicando um excesso de drenagem, e inviabilizando a possibilidade de quantificar a perda, sem contabilizar a saída de água que poderia ser reutilizada.

5.6 Inspeção dos aparelhos sanitários

A proposta inicial planejada para pesquisa foi à realização de vistorias aos sanitários disponíveis para os consumidores (excluindo os sanitários para funcionários), para verificar a quantidade de lavatórios em relação ao número de BS e Mi.

Esta ação visava obter os dados necessários para determinar a viabilidade do sistema de reúso de AC nas BS e Mi. Entretanto, as vistorias concluíram que a quantidade de lavatórios são insuficientes para suprir a demanda de água requerida pelas BS e Mi.

Realizou-se um vistoria completa dos 7 sanitários disponíveis ao público geral, contabilizando a quantidade de aparelhos sanitários (BS, Mi e T), e se estes estão em uso, fora de uso e se há vazamentos visíveis. Analisando a Tabela 16, nota-se que não houve T e Mi com vazamentos visíveis e uma pequena porcentagem de BS com vazamentos (3,49%) ou fora de uso (5,81%). Com base na Tabela 2 o volume mensal de vazamento de água nas BS atingiu $4,32 \text{ m}^3$ ou $51,84 \text{ m}^3$ por ano.

Os aparelhos sanitários mostraram-se em boas condições, com exceção dos sanitários 2 e 4 que utilizam torneiras de acionamento mecânico com desgaste excessivo pelo uso intenso e idade elevada.

Tabela 16 - Quantidade de aparelhos nos sanitários e quantificação de vazamentos.

	Número de aparelhos	Sanitários														Total
		1		2		3		4		5		6		7		
		m	f	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f	
Bacias	BS	2	4	8	9	8	10	4	8	4	4	5	8	6	6	86
	BSCV	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
	BSFU	0	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	5
Mictórios	M	2	0	8	0	6	0	4	0	4	0	4	0	5	0	33
	MCV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MFU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Torneiras	T	4	3	9	9	7	6	7	8	7	5	11	10	11	9	106
	TCV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TFU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

*BS - bacia sanitária; BSCV - bacia sanitária com vazamento; BSFU – bacia sanitária fora de uso; M – mictório; MCV – mictório com vazamento; MFU – mictório fora de uso; T – torneira; TCV – torneira com vazamento; TFU: torneira fora de uso; m – sanitário masculino; f – sanitário feminino.

5.7 Discussão final

Nos sistemas prediais brasileiros, há uma tendência de aumentar a utilização de água subterrânea (por aumento no consumo ou no preço da água), isto ocorre principalmente pelo baixo custo da água subterrânea.

Os poços de captação de água possuem uma capacidade de produção de 5.400 m³/mês. Conforme os dados apresentados na Tabela 8, a captação de água dos poços está bem abaixo da capacidade máxima, demandando assim um maior consumo de água de preço elevado proveniente da CLA. Durante 2 meses o poço 1 ficou sem operação (TABELA 8), por falha de manutenção, devido ausência de um controle mais rigoroso.

O controle de acionamento dos poços, realizado por boias de nível com sistema eletrônico (válvula solenoide) é inadequado, e não atende a outorga, que limita a captação em 18 horas diárias. O sistema de controle de vazão de entrada de água da CLA também é inadequado, pois é realizado por boia de nível com sistema mecânico. Deve-se rever o sistema de controle de nível da cisterna 0 (TABELA 14) para temporizar o sistema de acionamento dos poços para que sejam utilizados

adequadamente conforme a outorga e maximizando a captação, além de automatizar o sistema de controle de vazão da CLA, para atuar somente quando necessário, dando preferência aos poços. O retorno mensal devido a otimização do sistema de captação de água chega a R\$ 7.605,00 (sem incluir os custos das instalações e manutenção do sistema).

Portanto, existe uma necessidade de aplicar uma gestão eficiente para os sistemas prediais de abastecimento de água. A gestão do abastecimento de água deve ser analisada e controlada, priorizando o uso de água de menor custo (águas subterrâneas e APs) no sistema. Além disso, é importante para assegurar um padrão qualitativo da água para cada tipo de fonte de água utilizada.

Os sanitários números 2 e 4 possuem sistema de fechamento automático (mecânico) nas torneiras das pias, mas o sistema de fechamento não funciona adequadamente, com alterações no tempo de fechamento e na pressão da água, provavelmente pelo longo tempo de uso e manutenção inadequada, causando desperdício de água e manutenção constante. Estes sistemas poderiam ser substituídos pelas torneiras de fechamento automático por proximidade (infravermelho) que são mais eficientes e econômicas, sendo estas já utilizadas nos outros 5 sanitários.

A utilização de sistemas automatizados permite maior controle no uso da água, gerando, assim, uma redução no desperdício. Portanto, os tipos de equipamentos sanitários utilizados nos sistemas hidráulicos prediais são importantes na minimização do consumo de água, especialmente em lugares com reduzida disponibilidade deste recurso natural.

Foram detectados diversos pontos em que não há medição de consumo de água, tais como áreas comuns; água de sistemas fechados para paisagismo (chafariz, piscinas); sistema de drenagem das TR; sistemas de reúso (AC) e aproveitamento (AP); sanitários 6, 7 e 8; entre outros. Deste modo para uma melhor gestão do consumo de água do estabelecimento se torna necessária à instalação de hidrômetros nos pontos citados.

Em sistemas hidráulicos prediais, existe a necessidade de executar uma medição fracionada dos pontos de consumo de água, para assim determinar a

eficiência no uso da água em cada setor. Isso é fundamental para sistemas hidráulicos inseridos em programas de conservação da água.

A instalação do sistema de reúso de AC demonstrou-se inviável motivada pela ausência de chuveiros (NUNES, 2006) e do baixo volume de água captado pelos lavatórios em relação ao volume de água demandado pelas BS e Mi. O contrário ocorreu com o sistema de aproveitamento de AP, que segundo as análises é totalmente viável sua implantação, principalmente pela sua grande área de captação (telhado); precipitação regular e elevada; baixo período de retorno e aproveitamento dos reservatórios existentes que estão ociosos.

Por conseguinte, a comparação entre a geração de efluentes e a demanda de água em determinados setores, permite a projeção da utilização de águas residuárias como fonte de água (ex. AC).

A utilização de índices de consumo em edifícios comerciais permite nos aferir a eficiência do programa de conservação da água e suas ações corretivas propostas.

Os índices de consumo reais e estimados estão abaixo dos valores encontrados por Nunes (2006). Os índices de desperdícios estimados retornaram valores negativos, indicando perdas de água desprezíveis e demonstrando uma gestão adequada do uso da água pelo SC. No entanto, foram identificados vazamentos visíveis nas TR do sistema de ar condicionado e nos sanitários.

Para existir um efetivo programa de conservação de água em edifícios comerciais, há a necessidade de redução do custo da água, isto é, a minimização do consumo. Desta forma, os benefícios financeiros (redução do custo da água e esgoto) geralmente são mais relevantes para as empresas. Embora, hoje em dia os benefícios ambientais tais como economia de água doce e diminuição do risco de inundações, podem ser mais valiosos do que os benefícios financeiros, pois geram a imagem de empresa ambientalmente correta.

6 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo demonstraram que a instalação de sistemas de aproveitamento de AP é uma opção viável para economizar água doce (considerando os benefícios econômicos) em edifícios com grande área de cobertura, tais como shopping centers, principalmente em regiões com alta pluviosidade. Considerando os benefícios ambientais, o aproveitamento de APs também é uma boa opção para poupar água doce, pois diminui a demanda por água e energia, além de reduzir o risco de inundações.

A gestão da água em sistemas hidráulicos prediais podem ser otimizados de acordo com a fonte, utilização e tipo de água gerada e demandada. Ao analisar um sistema de SC, a minimização da demanda de água deve ser priorizada, além da implantação programas de conservação da água. O abastecimento de água pode ser otimizado pela utilização de AP e efluentes de reciclagem.

A utilização de índices de consumo de água por metro quadrado ou por pessoa possibilita a avaliação do desempenho ambiental do edifício relativo ao uso de água. Estes índices também permitem avaliar as perdas de água nos sistemas hidráulicos prediais.

Assim, a análise sistemática do uso da água em SCs ajuda a minimizar o consumo de água, pela adoção de equipamentos economizadores de água; segregação dos usos, avaliação da qualidade da água conforme seu uso e pela análise da viabilidade técnica e ambiental de novas fontes de água.

Outras pesquisas devem se concentrar em reduzir o custo do reservatório de AP, porque este é o item mais caro do sistema de aproveitamento de AP.

REFERÊNCIAS

ABDULLA, F. A.; AL-SHAREEF, A. W. Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan. **Desalination**, v. 243, n. 1, p. 195-207, 2009.

ABNT. **Projeto de Norma**: Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. 2007. Disponível em:<www.abntnet.com.br>. Acesso em: 20 ago. 2015.

ACCOR. Anual Report 2004. Corporate Directory Accor. 2005. Disponível em: <www.accor.com>. Acesso em: 20 ago. 2015.

ANDERSON, J. The environmental benefits of water recycling and reuse. **Water Supply**, v. 3, n. 4, p. 1-10, 2003.

BASINGER, M.; MONTALTO, F.; UPMANU, L. A rainwater harvesting system reliability model based on nonparametric stochastic rainfall generator. **Journal of Hydrology**, v. 392, n. 3, p. 105–118, 2010.

BILLINGS, R. B.; JONES, C. V. **Forecasting Urban Water Demand**. American Water Works Association, Denver-Colorado, 1996.

BRASIL. **Normas Climatológicas (1961–1990)**. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia, Brasília, 1992.

CHILTON, J. C.; MAIDMENT, G. G.; MARRIOTT, D.; FRANCIS, A.; Tobias, G. Case study of a rainwater recovery system in a commercial building with a large roof. **Urban water**, v. 1, n. 4, p. 345-354, 2000.

COOK, S.; SHARMA, A.; CHONG, M. Performance Analysis of a Communal Residential Rainwater System for Potable Supply: A Case Study in Brisbane, Australia. **Water Resources Management**, p. 1-12, 2013.

DOMÈNECH, L.; SAURÍ, D. A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multi-family buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain): social experience, drinking water savings and economic costs. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 6, p. 598-608, 2011.

EL-SAYED MOHAMED MAHGOUB, M.; VAN DER STEEN, N. P.; ABU-ZEID, K.; VAIRAVAMOORTHY, K. Towards sustainability in urban water: a life cycle analysis of the urban water system of Alexandria City, Egypt. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 10, p. 1100-1106, 2010.

EPA – Environmental Protection Agency. **Guidelines for Water Reuse. EPA/625/R-04/108**, Washington, DC, Set, 2004.

ERIKSSON, E.; AUFFARTH, K.; HENZE, M.; LEDIN, A. Characteristics of grey wastewater. **Urban water**, v. 4, n. 1, p. 85-104, 2002.

GEYER, J. C.; LENTZ, J. J. **Evaluation of Sanitary Sewer System Design**. Johns Hopkins University School of Engineering, 1962.

GHISI, E.; FERREIRA, D. F. Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil. **Building and Environment**, v. 42, n. 7, p. 2512-2522, 2007.

GHISI, E.; MONTIBELLER, A.; SCHMIDT, R.W. Potential for potable water savings by using rainwater: an analysis over 62 cities in Southern Brazil. **Building and Environment**, 2006; v. 41, n. 2, p. 204–210, 2006.

GHISI, E. Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. **Building and Environment**, v. 41, n. 11, p. 1544-1550, 2006.

GOOGLE. **Londrina**. 2013. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/Londrina,+PR/@-17.4776412,-50.5805027,2822827m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x94eb435a57af586d:0x23ac11a5c614f971?hl=pt-BR>>. Acesso em: 20 ago. 2013.

GONÇALVES, O. M. et al. Conservação e Reúso da Água em Edificações. **Ministério do Meio Ambiente, Agência Nacional de Águas, SindusCon-SP, FIESP, São Paulo, SP, Prol Editora Gráfica**, 2005.

GONÇALVES, R. F. et al. Gerenciamento de águas cinzas. **Uso Racional de Água em Edificações – PROSAB Edital**, v. 5, p. 153-209, 2006.

GREGORY, A. Strategic direction of Water Recycling in Sydney. In Water Recycling Australia. 1º Symposium Water Recycling, Australia. **Anais...** Adeliade, 2000, p. 35-41.

HAFNER, Ana Vreni. **Conservação e reuso de água em edificações—experiências nacionais e internacionais**. 2007. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO.

HESPANHOL, Ivanildo et al. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 4, p. 75-95, 2002.

LAHNSTEINER, J., SEVITZ LEMPERT, G. **Potable Reuse in Windhoek/Namibia**. VA TECH WABAG, Vienna, Austria. 2005. Disponível em:<<http://www.vatech.at>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

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

LIAW, C. H.; TSAI, Y. L. Optimum storage volume of rooftop rain water harvesting systems for domestic use. **Journal of American water resources association**. V. 40, n. 4, p. 901–912, 2004.

LOBATO, M. B. **Sistema de hierarquização de ações de conservação da água em edificações com aplicação do método Electre III**. Dissertação M.Sc. Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 2005.

MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. **Reúso de Água**. São Paulo: Manole, 2003. 576 p.

MAY, Simone. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

METCALF AND EDDY. **Wastewater Engineering. Treatment, Disposal, and Reuse**. Nova York: McGraw-Hill, 1991.

MIKKELSEN, P. S.; ADELER, O. F.; ALBRECHTSEN, H. J.; Henze, M. (1999). Collected rainfall as a water source in danish households—what is the potential and what are the costs? **Water Science and Technology**, v. 39, n. 5, p. 49-56, 1999.

MOREIRA NETO, R. F.; CARVALHO, I. D. C.; CALIJURI, M. L.; SANTIAGO, A. D. F. Rainwater use in airports: A case study in Brazil. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 68, p. 36-43, 2012.

MOURAD, K. A.; BERNDTSSON, J. C.; BERNDTSSON, R. (2011). Potential fresh water saving using greywater in toilet flushing in Syria. **Journal of environmental management**, v. 92, n. 10, p. 2447-2453, 2011.

MUN, J. S.; HAN, M. Y. Design and operational parameters of a rooftop rainwater harvesting system: Definition, sensitivity and verification. **Journal of Environmental Management**. v. 93, n. 1, p. 147–153, 2012.

MUTHUKUMARAN, S.; BASKARAN, K.; SEXTON, N. Quantification of potable water savings by residential water conservation and reuse—A case study. **Resources, conservation and recycling**, v. 55, n. 11, p. 945-952, 2011.

MUTTIL, N.; CHAU, K. W. Machine-learning paradigms for selecting ecologically significant input variables. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 20, p. 735–744, 2007.

NUNES, R. T. S. Water conservation in commercial buildings: potential rational use and water reuse in shopping mall. Dissertation (Masters in Energy Planning), Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006, 144 p.

Oliveira, L. H. **Metodologia para implantação de programa de uso racional da água em edifícios**. Tese (Doutorado em Engenharia da Construção Civil), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999, 344p.

PALLA, A.; GNECCO, I.; LANZA, L. G. Non-dimensional design parameters and performance assessment of rainwater harvesting systems. **Jornal of Hydrology**. v. 401, n. 1, p. 65-76, 2011.

PARANÁ (Estado). Instituto agrônomo do Paraná, (Org.). **Médias históricas em estações do Paraná**: Londrina, 2013. Disponível em:<http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Londrina.htm>. Acesso em: 10 mar. 2014.

PINHEIRO, Adilson et al. Efeito da abstração inicial no aproveitamento da água de chuva. In: **Saneamento ambiental Brasileiro: Utopia ou realidade?**. ABES, 2005. p. 1-6.

PLOESER, Jane H.; PIKE, Charles W.; KOBRICK, J. Douglas. Nonresidential water conservation: a good investment. **Journal-American Water Works Association**, v. 84, n. 10, p. 65-73, 1992.

PRATHAPAR, S. A.; JAMRAH, A.; AHMED, M.; AL ADAWI, S.; AL SIDAIRI, S.; AL HARASSI, A. Overcoming constraints in treated greywater reuse in Oman. **Desalination**, v. 186, n. 1, p. 177–86, 2005.

PROENÇA, L. C.; GHISI, E. Water end-uses in Brazilian office buildings. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, n. 8, p. 489-500, 2010.

QASIM, S. R. **Wastewater treatment plants**. Lancaster: technomic publishing, 1994.

RAHMAN, A.; KEANE, J.; IMTEAZ, M. A. Rainwater harvesting in greater Sydney: water savings, reliability and economic benefits. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 61, p. 16-21, 2012.

REBOUÇAS, A. **Uso Inteligente da água**. 1.ed. São Paulo, SP, Editora Escrituras. 2004.

SANEPAR. **Clientes**: nossas tarifas. Disponível em: <<http://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/clientes2012/tabelatarifasmarco2013.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2013.

SANTO, G. D. E.; SANCHEZ, J. G. Caracterização do uso da água em shopping centers da região metropolitana de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, **Anais...** ABES, 4, 2001, p. 1-11.

SILVA, M., MARTINS, J. **Reúso de águas servidas: sistema de reaproveitamento de água em condomínios residenciais verticais e horizontais**. In: I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável (CLAS), X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC). São Paulo: ISBN, 2004.

SOARES, D. A. F.; ROESNER, L. A.; GONÇALVES, O. M. Sizing a rainwater reservoir to assist toilet flushing. In: **Proceedings of the CIB W62 Seminar**. 2000.

SUZUKI, Y.; OGOSHI, M.; ASANO, T. et al. **Large-area and on-site water reuse in Japan**. In: World Water Day Seminar, Kuantan, Malaysia, 25-26 March. 2002

SU, M. D.; LIN, C. H.; CHANG, L. F.; KANG, J. L.; LIN, M. C. A probabilistic approach to rainwater harvesting systems design and evaluation. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 53, p. 393–399, 2009.

TOMAZ, P. **Conservação da água**. São Paulo, 1998.

TOMAZ, P. **Previsão do consumo de Água**: Interface das instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos. São Paulo: Navegar, 2000.

TOMAZ, P. **Economia de Água**: para empresas e residências. São Paulo: Navegar, 2001.

UMAPATHI, S.; CHONG, M. N.; SHARMA, A. K. Evaluation of plumbed rainwater tanks in households for sustainable water resource management: a real-time monitoring study. **Journal of Cleaner Production**, 2012.

VAIRAVAMOORTHY, K.; GORANTIWAR, S. D.; PATHIRANA, A. Managing urban water supplies in developing countries: climate change and water scarcity scenarios. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 33, n. 5, p. 330-339, 2008.

WANG, Zhi et al. Study of integrated membrane systems for the treatment of wastewater from cooling towers. **Desalination**, v. 191, n. 1, p. 117-124, 2006.

WARD, S.; MEMON, F.A.; BUTLER, D. Rainwater harvesting: model-based design evaluation. **Water Sci. Technol.** v. 61, n. 1, p. 85–96, 2010.

WU, C. L.; CHAU, K. W. Mathematical model of water quality rehabilitation with rainwater utilisation: a case study at Haigang. **International journal of environment and pollution**, v. 28, n. 3, p. 534-545, 2006.

YOSHINO, G. H.; FERNANDES, L. L.; ISHIHARA, J. H.; DA SILVA, A. I. M. Use of rainwater for non-potable purposes in the Amazon. **Environment, Development and Sustainability**, p. 1-12, 2013.

ZHAO, M. Y.; CHENG, C.T.; CHAU, K. W.; L, Gang. Multiple criteria data envelopment analysis for full ranking units associated to environment impact assessment. **Int. J. Environment and Pollution**, v. 28, n. 3, 2006.

ZHANG, Y.; CHEN, D.; CHEN, L.; Ashbolt, S. Potential for rainwater use in high-rise buildings in Australian cities. **Journal of environmental management**, v. 91, n. 1, p. 222-226, 2009.