



## **Monografia**

# **"SISTEMAS PREDIAIS DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS CINZAS"**

Autora: Victória Santos Perdigão

Orientador: Prof. José Cláudio Nogueira Vieira

Belo Horizonte

Janeiro/2015

Victória Santos Perdigão

**"SISTEMAS PREDIAIS DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS CINZAS"**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização  
em Construção Civil da Escola de Engenharia da  
Universidade Federal de Minas Gerais.  
Ênfase: Gestão e Tecnologia na Construção Civil

Orientador: Prof. José Cláudio Nogueira Vieira

Belo Horizonte  
Escola de Engenharia da UFMG  
2015

Dedico este trabalho à minha mãe, Carmen, e ao meu irmão, Lucas, pelo incentivo e pelo apoio constantes.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha mãe, Carmen, e ao meu irmão, Lucas, pelo apoio e estímulo em todos os momentos de minha vida;

Agradeço ao meu orientador Prof. José Cláudio Nogueira Vieira, pelo incentivo e orientação.

## RESUMO

A presente monografia visa contribuir com a análise de sistemas de economia de água em edificações, considerando a alternativa de reúso de águas cinzas, a partir da coleta de esgotos sanitários de ramais secundários e do tratamento dos mesmos. Dessa maneira, foram avaliados três sistemas prediais padronizados de reúso de águas cinzas fornecidos por empresas distintas, todas localizadas em cidades brasileiras (Belo Horizonte/MG, São Paulo/SP e Londrina/PR ). A partir do estudo aprofundado desses sistemas, objetivou-se concluir: se é válida (economicamente, financeiramente e tecnicamente), atualmente, a implantação de tal sistema em território brasileiro ou se existe, ainda, a necessidade de desenvolvimento da tecnologia brasileira para sistemas de reúso, a partir do surgimento de novos ou mais adequados processos de tratamento, reservação ou distribuição. Ainda, foi apresentado um estudo de caso relacionado ao tema, no qual foi analisado, *in loco*, um sistema predial de reutilização de águas cinzas já implantado e em vias de entrar em operação. Assim, concluiu-se que a expansão do conhecimento e da informação em relação ao reúso da água cinza é uma realidade e, em suas várias formas de aplicação revela-se uma técnica segura e confiável, fator incentivador do uso e do desenvolvimento dessa tecnologia, capaz de atrair investimentos financeiros cada vez menores.

**Palavras-chave:** Conservação de Água, Uso Racional da Água, Reúso de Água, Reúso de Águas Cinzas, Sistemas Prediais de Reúso de Águas Cinzas.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS .....	3
2.1 Objetivo geral .....	3
2.2 Objetivo específico .....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
3.1 A importância da conservação da água .....	4
3.2 Esgoto .....	5
3.3 Reúso de água .....	6
3.4 As águas servidas e as cores da água .....	12
3.5 Águas cinzas .....	13
3.5.1 Características qualitativas das águas cinzas.....	15
3.5.1.1 Características físicas.....	15
3.5.1.2 Características químicas.....	15
3.5.1.3 Características microbiológicas .....	17
3.5.2 Características quantitativas das águas cinzas .....	17
3.6 O tratamento das águas cinzas.....	17
4. SISTEMAS PREDIAIS DE REÚSO DE ÁGUAS CINZAS .....	18
4.1 Sistemas prediais de reúso de águas cinzas em cidades brasileiras .....	18
4.1.1 Empresa Acquanova.....	18
4.1.1.1 Considerações gerais .....	18
4.1.1.2 Funcionamento do sistema.....	18
4.1.1.3 Outros fatores a serem considerados.....	21
4.1.2 Empresa Acquabrazilis .....	22

4.1.2.1	Considerações gerais .....	22
4.1.2.2	Tipos de sistema .....	23
4.1.2.3	Funcionamento dos sistemas .....	24
4.1.2.4	Outros fatores a serem considerados.....	25
4.1.2.5	Referências de alguns sistemas instalados em cidades brasileiras .....	26
4.1.3	Empresa Ecoracional.....	28
4.1.3.1	Considerações gerais .....	28
4.1.3.2	Funcionamento do sistema.....	29
4.1.3.3	Outros fatores a serem considerados.....	30
4.2	Estudo de caso – Edifício Forluz.....	32
4.2.1	Considerações gerais .....	32
4.2.2	Materiais utilizados .....	34
4.2.3	Sistema elétrico .....	35
4.2.4	Automação.....	35
4.2.5	Sistema hidráulico.....	35
4.2.5.1	Sistema de reúso de águas cinzas.....	35
5	RESULTADOS .....	40
6	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	42
7	CONCLUSÕES .....	44
8	BIBLIOGRAFIA.....	46
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama: Tipos de reúso.....	7
Figura 2: Diagrama ilustrativo em corte do sistema de reúso de águas cinzas fornecido pela empresa Acquanova.....	19
Figura 3: Diagrama ilustrativo em planta do sistema de reúso de águas cinzas fornecido pela empresa Acquanova.....	20
Figura 4: Estação de tratamento de águas cinzas em condomínio residencial localizado na cidade de São Paulo/SP. Fonte: chuveiros e lavatórios. Uso: descarga em vasos sanitários. Quantidade de moradores: 600. Utilização: 20m <sup>3</sup> /d. ....	26
Figura 5: Estação de tratamento de águas cinzas em condomínio residencial localizado na cidade de São Paulo/SP. Fonte: chuveiros e lavatórios. Uso: descarga em vasos sanitários. Quantidade de moradores: 600. Utilização: 20m <sup>3</sup> /d. ....	27
Figura 6: Estação de tratamento de águas cinzas em edifício comercial localizado na cidade de Igarassu/SP. Fonte: lavatórios. Uso: irrigação e limpeza em áreas comuns e subsolos. Utilização: 10m <sup>3</sup> /d.....	27
Figura 7: Estação de tratamento de águas cinzas em edifício comercial localizado na cidade de Igarassu/SP. Fonte: lavatórios. Uso: irrigação e limpeza em áreas comuns e subsolos. Utilização: 10m <sup>3</sup> /d.....	28
Figura 8: Diagrama ilustrativo em planta do sistema de reúso de águas cinzas fornecido pela empresa Ecoracional.....	29
Figura 9: ETAC 1000 – Estação de Tratamento de Águas Cinzas.....	32

Figura 10: Vista do edifício Forluz, à direita, em novembro de 2013, ao lado do edifício da CEMIG, à esquerda. ....	33
Figura 11: Vista eletrônica tridimensional do edifício Forluz. ....	33
Figura 12: Reservatório inferior de águas cinzas localizado no 5º subsolo. ....	38
Figura 13: Sistema de filtração em areia. ....	38
Figura 14: Sistema de dosagem de produtos químicos. ....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Padrões de qualidade da água para reúso segundo seus diferentes usos. ....	9
Tabela 2: Divisão do esgotamento sanitário gerado em residências para fins de separação e reúso .....	13
Tabela 3: Os sistemas prediais de reutilização águas cinzas analisados e a síntese dos aspectos relativos a eles expostos nessa monografia.....	41

## LISTA DE NOTAÇÕES E ABREVIATURAS

ABNT = Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA = Agência Nacional das Águas

CNRH = Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CEMIG: Companhia Energética de Minas Gerais

CTE = Centro de Tecnologia de Edificações

DBO = Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO = Demanda Química de Oxigênio

EPA = *US Environmental Protection Agency* (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos)

EPAS = Estações de Produção de Águas de Reúso

ETA = Estação de Tratamento de Água

ETAC = Estação de Tratamento de Águas Cinzas

ETE = Estação de Tratamento de Esgoto

KWh/mês = Quilowatt-hora por mês

L = Litro

LEED: *Leadership in Energy and Environmental Design* (Liderança em Energia e Design Ambiental);

m<sup>3</sup> = Metros cúbicos

mg = Miligramas

mL= Mililitros

mg/L = Miligramas por litro

NBR = Norma Brasileira

PNCDA = Plano Nacional de Combate ao Desperdício de Água

USGBC = *U.S. Green Building Council*

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  = Sulfato de alumínio

$\text{FeCl}_3$  = Cloreto Férrico

$\text{H}_2\text{S}$  = Sulfeto de hidrogênio ou gás sulfídrico

$\text{NaClO}$  = Hipoclorito de sódio

NMP = Metilpirrolidona

pH = Potencial Hidrogeniônico

$\text{SO}_4^{2-}$  = íon sulfato

## 1. INTRODUÇÃO

As alterações climáticas vividas presentemente, assim como outros problemas ambientais recorrentes, resultam na crescente escassez de recursos necessários à manutenção da sociedade. Nesse sentido, a disponibilidade de recursos hídricos em diferentes regiões do planeta encontra-se bastante reduzida, tornando a questão do acesso à água cada vez mais complexa. No território nacional, observa-se a insuficiência de recursos hídricos em certas regiões, ocasionando na falta de água em sistemas de abastecimentos regionais de cidades, de indústrias, etc.

A região metropolitana da cidade de São Paulo, no estado de São Paulo, vive a pior escassez de água dos últimos 80 anos. Há meses o sistema Cantareira, reservatório responsável por abastecer a capital e vários municípios do entorno, atinge níveis negativos de reservação de água. Sabe-se que o racionamento, antes descartado pelo governo estadual, já é dado como certo, e outras medidas de contenção, como aplicação de multas para quem desperdiçar água, estão sendo cogitadas. Ressalta-se que o mesmo pode vir a ocorrer em cidades como Belo Horizonte/MG e em municípios pertencentes à sua Região Metropolitana, uma vez que a estiagem vem sendo recorrente na região.

O efeito estufa é um fenômeno natural que contribui para que a temperatura do planeta mantenha-se ideal para a nossa sobrevivência. Entretanto, a intensificação desse efeito, causada principalmente pelo aumento antropogênico da emissão de gás carbônico, gerado a partir da queima de combustíveis fósseis (carvão e petróleo dos motores, das indústrias e usinas) para obtenção de energia e, dentre outros fatores, em menor grau, pela emissão de outros gases, vem causando o aumento da temperatura média global. Dessa maneira, para que haja uma disponibilidade adequada de recursos hídricos necessários à manutenção da sociedade, faz-se necessária a diminuição dos efeitos do aquecimento global no planeta.

Segundo Proença (2008), este panorama de carência de água potável vem

fazendo com que organizações internacionais, governos e sociedade civil adotem medidas para racionalizar o uso dos recursos hídricos e tornar a gestão do uso da água o mais sustentável possível. Com essa finalidade, em nível regional, o Governo Federal instituiu, no ano de 1997, o Plano Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), objetivando a promoção do uso racional da água de abastecimento público nas cidades brasileiras, e, ainda, a Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei Federal nº 9.433/1977, visando à conservação e manejo adequado dos recursos hídricos.

Já na esfera local, no que tange os empreendimentos imobiliários propriamente ditos, a sustentabilidade se tornou um ponto importante a ser considerado ao longo de todo o ciclo de vida de uma edificação, o que inclui a redução do consumo de água, importante parâmetro indicativo da sustentabilidade de empreendimentos.

Em vista das informações anteriormente expostas a presente monografia pretende contribuir com a análise de sistemas de economia de água em edificações, considerando a alternativa do reúso de águas cinzas. Os sistemas de reaproveitamento de águas cinzas fazem uso do efluente doméstico já utilizado uma vez na edificação, desde que não possua contribuição da bacia sanitária e pia de cozinha, para usos secundários que não necessitem de água potável.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

O objetivo da presente monografia é contribuir com a análise de sistemas de economia de água em edificações, considerando a alternativa de reúso de águas cinzas, a partir da coleta de esgotos sanitários de ramais secundários e do tratamento dos mesmos. Os sistemas de reaproveitamento de águas cinzas fazem uso do efluente doméstico já utilizado uma vez na edificação, desde que não possua contribuição da bacia sanitária e pia de cozinha (como em chuveiros, banheiras, lavatórios, tanques e máquinas de lavar), para usos secundários que não necessitem de água potável (como em irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, entre outros).

### **2.2 Objetivo específico**

Este trabalho apresenta como objetivo específico a análise e avaliação de três sistemas prediais padronizados de reúso de águas cinzas fornecidos por empresas distintas, todas localizadas em cidades brasileiras (Belo Horizonte/MG, São Paulo/SP e Londrina/PR ).

A partir do estudo aprofundado desses sistemas, e da apresentação de um estudo de caso relacionado ao tema, no qual será analisado, *in loco*, um sistema predial de reutilização de águas cinzas já implantado e em funcionamento, ou em vias de entrar em operação, objetiva-se concluir: se é válida (economicamente, financeiramente e tecnicamente), atualmente, a implantação desse tipo de sistema em território brasileiro ou se existe, ainda, a necessidade de desenvolvimento da tecnologia brasileira para sistemas de reúso, a partir do surgimento de novos ou mais adequados processos de tratamento, reservação ou distribuição.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 A importância da conservação da água**

Constatou-se, nas últimas décadas, o intenso crescimento das cidades em decorrência do êxodo rural e da formação de grandes concentrações populacionais, exercendo fortes pressões no aumento do consumo e no agravamento das condições de qualidade dos mananciais existentes no planeta.

Segundo a Agência Nacional das Águas (ANA):

A água se constitui, atualmente, no fator limitante para o desenvolvimento agrícola, urbano e industrial, tendo em vista que a disponibilidade per capita de água doce vem sendo reduzida rapidamente, face ao aumento gradativo da demanda para seus múltiplos usos e à contínua poluição dos mananciais ainda disponíveis. (ANA *et al.*, 2005, p. 10).

Perante a atual carência de recursos hídricos no planeta, o acesso da população à água potável vem se tornando tarefa difícil de ser cumprida.

Dessa maneira, tanto a manutenção das condições de qualidade de vida da população, quanto o crescimento das atividades econômicas, dependem da conscientização quanto à importância da água e de seu uso de forma racional por todos os setores.

Conclui-se, portanto, que uma das alternativas para se solucionar este problema é o reuso de esgoto, sendo esta a política que deve ser seguida tanto com ênfase local, quanto regionalmente.

A fim de explorar a questão da conservação e do uso racional da água abordaremos com mais detalhes nos próximos tópicos o tema do reuso de águas, com ênfase na reutilização das águas cinzas em sistema prediais.

### 3.2 Esgoto

Segundo a norma brasileira NBR 9.648 (ABNT, 1986), o esgoto sanitário “é o despejo líquido constituído de esgoto doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária”. A norma citada define:

- Esgoto doméstico é o “despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas”;
- Esgoto industrial é o “despejo de líquido resultante dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos”;
- Água de infiltração é “toda água proveniente do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações”;
- Contribuição pluvial parasita define-se como a “parcela do deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede de esgoto sanitário”.

Ainda, sabe-se que o esgoto divide-se em três partes. São elas:

- 1) Esgoto primário: trata-se da porção do esgoto que está em contato com os gases provenientes do coletor público ou fossa. Ou seja, após a caixa sifonada no sentido do escoamento, as partes componentes da rede de esgoto primário são: ramal de descarga, ramal de esgoto, tubo de queda, subcoletor, coletor predial, caixa de gordura, caixa de inspeção e caixa coletora;
- 2) Esgoto secundário: refere-se à parcela do esgoto que não entra em contato com os gases originados do coletor público ou fossa séptica. Ou seja, as partes componentes da rede de esgoto secundário vão dos aparelhos de utilização até a caixa sifonada;
- 3) Ventilação: sua finalidade é dar escape aos gases provenientes da rede pública ou mesmo da rede interna do edifício e, ainda, manter a pressão atmosférica dentro da tubulação quando das descargas nos aparelhos.

### 3.3 Reúso de água

De acordo com Telles *et al.* (2007), considera-se o reúso o aproveitamento do efluente após uma extensão de seu tratamento, com ou sem investimentos adicionais. Nem todo o volume de esgoto gerado precisa ser tratado para ser reutilizado, porém em algumas ocasiões estes efluentes exigem um processo particular de purificação.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (1973), de maneira geral, o reúso da água pode ocorrer de forma direta ou indireta, por meio de ações planejadas ou não. Temos:

- Reúso direto: trata-se do uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como uso industrial, recarga de aquífero, irrigação e água potável.
- Reúso indireto: ocorre quando a água já utilizada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante, de forma diluída;

Ainda, Mancuso e Santos (2003) afirmam que as águas para reúso são classificadas em potável e não-potável. O reúso potável é dividido em direto e indireto, caracterizando-se conforme abaixo:

- Reúso potável direto: trata-se do esgoto recuperado por meio de tratamento avançado e reutilizado diretamente no sistema como água potável;
- Reúso potável indireto: ocorre quando o esgoto, após o tratamento, é descarregado nas águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilizado como água potável.

Por outro lado, o reúso não-potável é classificado de acordo com sua finalidade

de uso, e é nele em que o reúso de águas cinzas se encaixa. A água de reúso não-potável pode ser destinada para fins industriais, agrícolas, recreacionais, domésticos, manutenção de vazões, aquicultura, recarga de aquíferos subterrâneos, etc (MANCUSO E SANTOS, 2003).

Entende-se que os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados e os custos de operação e manutenção associados dependem da qualidade da água coletada e de seu objetivo específico de reúso. A Figura 1 apresenta um esquema básico para aplicação do esgoto tratado, tanto em áreas urbanas como em áreas rurais, conforme Hespagnol (1999).

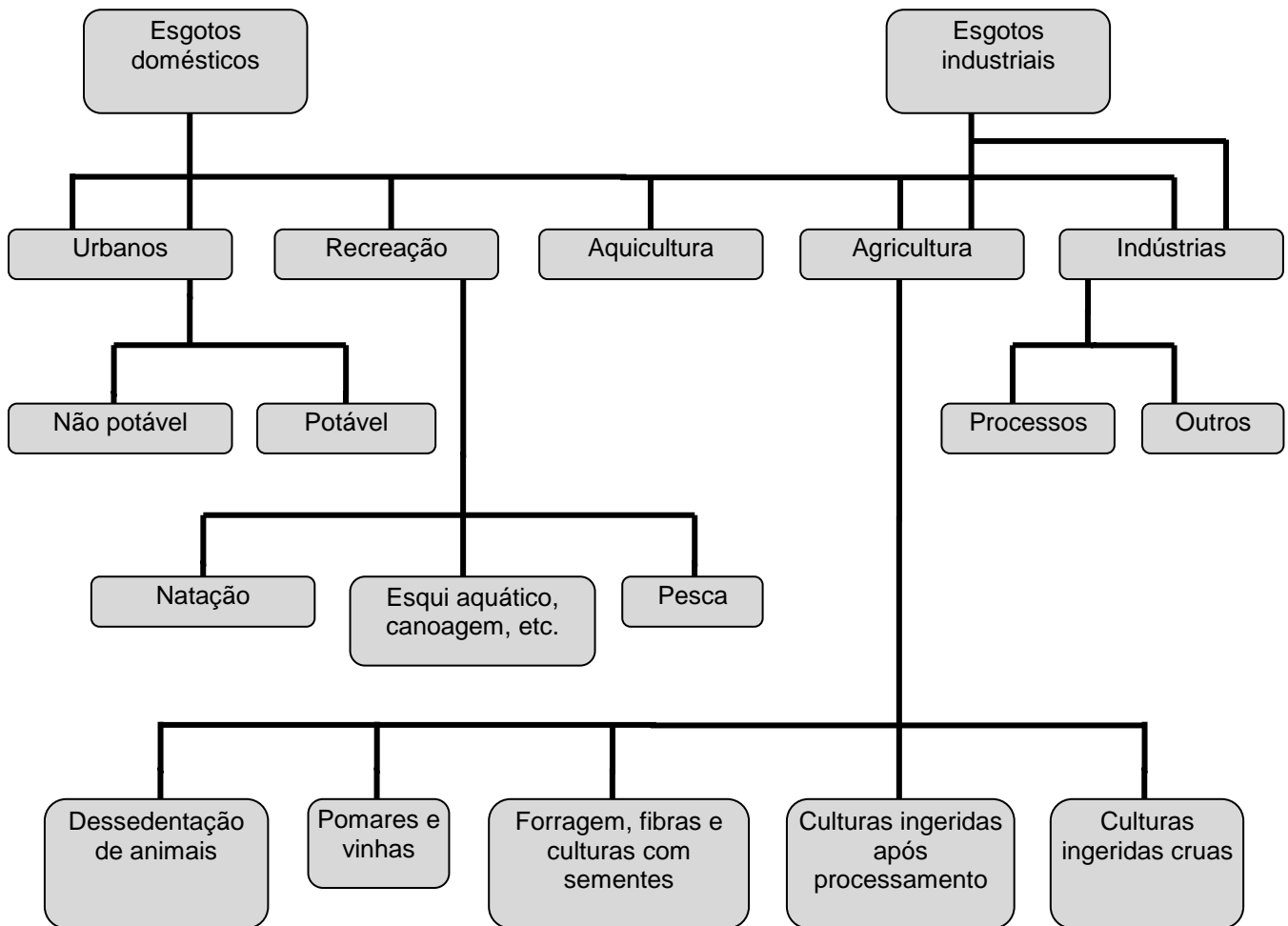


Figura 1: Diagrama: Tipos de reúso.  
Fonte: próprio autor.

Em 2005, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos publicou a Resolução nº 54, que justifica a importância do reúso da água devido à escassez de recursos hídricos observada em certas regiões do território nacional, à elevação dos custos de tratamento de água em função da degradação de mananciais, à redução de descarga de poluentes em corpos receptores (conservando os recursos hídricos para o abastecimento público e outros usos mais exigentes quanto à qualidade), à redução dos custos associados à poluição e contribuição para a proteção do meio ambiente e da saúde pública, entre outros.

Ainda, a Resolução nº 54 de 2005 prevê a reutilização de água não potável em cinco modalidades distintas:

**Art. 3º** O reúso direto não potável de água, para efeito desta Resolução, abrange as seguintes modalidades:

I - reúso para fins urbanos: utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;

II - reúso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;

III - reúso para fins ambientais: utilização de água de reúso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;

IV - reúso para fins industriais: utilização de água de reúso em processos, atividades e operações industriais; e,

V - reúso na aquicultura: utilização de água de reúso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos. (CNRH, 2005).

ANA *et al.* (2005) apresenta padrões de qualidade da água para reúso, divididos em quatro classes, conforme tabela abaixo:

Tabela 1: Padrões de qualidade da água para reúso segundo seus diferentes usos.

Fonte: próprio autor.

<b>Classes</b>	<b>Locais de Aplicação</b>	<b>Tipos de Atividades</b>
1	Edificações	Descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos e fins ornamentais (chafarizes, espelhos de água etc.); lavagem de roupas e de veículos.
2	Construção da edificação	Lavagem de agregados; preparação de concreto; compactação do solo e; controle de poeira.
3	Irrigação	Irrigação de áreas verdes e rega de jardins.
4	Climatização	Resfriamento de equipamentos de ar condicionado (torres de resfriamento).

Ainda, a norma brasileira NBR 13.969 (ABNT, 1997) afirma que ao se tratar do esgoto de origem essencialmente doméstica ou com características semelhantes, o esgoto tratado deve ser reutilizado para fins que exigem qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura, tais como lavagem de veículos automotivos e de pisos, na descarga de vasos sanitários, na irrigação de jardins, na irrigação dos campos agrícolas e pastagens, na manutenção paisagística dos lagos e canais com água, dentre outras.

Em termos gerais, a norma brasileira NBR 13.969 (ABNT, 1997) adota quatro classes e valores de parâmetros para esgotos, conforme o reuso:

- 1) Classe 1: lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes:
  - Turbidez inferior a 5;
  - Coliforme fecal inferior a 200 NMP/100 mL;
  - Sólidos dissolvidos totais inferior a 200 mg/L;
  - pH entre 6,0 e 8,0;
  - Cloro residual entre 0,5 mg/L e 1,5 mg/L.

Observação: nessa classe, serão geralmente necessários tratamento aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido por filtração convencional (areia e carvão ativado) e, finalmente, cloração. Pode-se substituir a filtração convencional por membrana filtrante;

2) Classe 2: lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes:

- Turbidez inferior a cinco;
- Coliforme fecal inferior a 500 NMP/100 mL;
- Cloro residual superior a 0,5 mg/L.

Observação: nessa classe é satisfatório um tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido de filtração de areia e desinfecção. Pode-se também substituir a filtração por membranas filtrantes.

3) Classe 3: reúso nas descargas dos vasos sanitários:

- Turbidez inferior a 10;
- Coliformes fecais inferiores a 500 NMP/100 mL.

Observação: normalmente, as águas de enxágue das máquinas de lavar roupas satisfazem a este padrão, sendo necessário apenas uma cloração. Para casos gerais, um tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção satisfaz a este padrão;

4) Classe 4: reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual:

- Coliforme fecal inferior a 50 NMP/100 mL;
- Oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/L.

Observação: as aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita.

O Guia para Reuso de Água de 2004 (*The 2004 Guidelines for Water Reuse*), publicado pela a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA, sigla em inglês), reúne diretrizes para o reuso de água no país e analisa oportunidades para a utilização da água de reuso em locais onde a água potável não é necessária, incluindo o reuso urbano, industrial, na agricultura, entre outros. Segundo o guia, nos Estados Unidos, 27 dos 50 estados já promovem o reuso de água. O manual apresenta, ainda, estudos de casos com experiências de reuso de água em ambientes urbanos e rurais em outros países, incluindo o Brasil.

Observa-se que o Brasil caminha vagarosamente na direção da sustentabilidade já adotada por muitos países, principalmente no tocante ao uso inteligente da água.

No âmbito regional, estima-se que, na grande São Paulo, fazendo-se o uso da água de reúso seria possível existir mais dois sistemas com estoques de água equivalentes ao do Sistema da Cantareira (sistema produtor de água da região), sendo capaz de sanar a crise de abastecimento de água que ocorre atualmente no local, segundo reportagem do Jornal Folha de São Paulo, publicada em 21 de setembro de 2014.

Ainda, a reportagem afirma que, no Brasil, a água de reúso não é utilizada para consumo humano, mas destinada apenas para limpeza de calçadas, irrigação de jardins e na produção industrial. Faz-se necessária a regulamentação do emprego dessa água no abastecimento, como ocorreu em cidades (muitas delas até misturam a água de reúso com a convencional) de países como Estados Unidos, Austrália e Bélgica.

Entretanto, em 5 de novembro de 2014, o governador do estado de São Paulo, Geraldo Alckmin, anunciou que na grande São Paulo será utilizado o esgoto tratado na produção de água para consumo humano, a partir de dezembro de 2015. Segundo reportagem divulgada pelo Jornal Estadão, em 5 de novembro de 2014, a alternativa terá o objetivo de reduzir a dependência do Sistema

Cantareira, resultando na produção de mais 3 mil litros de água por segundo, suficientes para abastecer 900 mil pessoas.

Serão construídas duas Estações de Produção de Águas de Reúso (EPAS), que farão o tratamento do esgoto para posteriormente despejá-lo na represa de Guarapiranga, na zona sul da capital, e no Rio Cotia, em Barueri, na grande São Paulo. Ressalta-se que, a água de reúso, embora não seja potável, possui 99% de pureza e, desse modo, pode ser despejada nas represas para futuro tratamento.

Conclui-se, portanto, que o reúso da água em edificações é inteiramente possível, contanto que seja projetado para este fim. Deve-se respeitar o fato que a água a ser reutilizada não pode ser misturada com a água tratada, assim como não é permitido o uso da água reutilizada para consumo direto, preparação de alimentos e higiene pessoal.

Ainda, é importante ressaltar que o reúso local de água permite flexibilidade nos parâmetros de qualidade das águas a serem reutilizadas, conforme a necessidade local. Porém, a qualidade necessária para atender aos usos previstos deve ser rigorosamente avaliada, para a garantia da segurança sanitária.

### **3.4 As águas servidas e as cores da água**

As águas servidas ou residuais são as águas provenientes da totalidade do esgoto doméstico ou comercial, derivadas dos vasos sanitários, chuveiros, lavatórios de banheiro, banheiras, tanques, máquinas de lavar roupas, pias de cozinha e lavagem de automóveis. Para fins de separação e reúso, o esgotamento sanitário gerado em residências pode ser dividido em quatro classes, de acordo com Otterpohl (2001):

Tabela 2: Divisão do esgotamento sanitário gerado em residências para fins de separação e reúso

Fonte: próprio autor.

<b>Classes</b>	<b>Cor da Água</b>	<b>Componentes</b>
1	Água negra	Efluente proveniente dos vasos sanitários, incluindo fezes, urina e papel higiênico, principalmente.
2	Água cinza	Águas servidas, excluindo o efluente dos vasos sanitários.
3	Água amarela	Consiste apenas na urina.
4	Água marrom	Consiste apenas nas fezes.

Conforme Bazzarella (2005) é importante que seja feita a distinção entre os diferentes tipos de águas residuais, obtendo-se, assim, sucesso nos projetos de reúso. Ainda, quanto mais informações se obtiverem a respeito do efluente, melhor será possível caracterizá-lo e, portanto, escolher o tratamento mais adequado, atendendo aos requisitos de qualidade exigidos para o reúso que se deseja.

### **3.5 Águas cinzas**

Conforme citado no item 3.3., as águas cinzas são classificadas, conforme Mancuso e Santos (2003), como águas de reúso não-potáveis.

Tomaz (2001) define água cinza como o efluente originário de chuveiros, torneiras de banheiro, máquinas de lavar roupas e banheiras. De maneira geral, trata-se do esgoto doméstico não contaminado com dejetos humanos (águas negras) nem com gorduras e óleos (esgoto advindo da pia da cozinha).

Ainda, de acordo com ANA *et al.* (2005), a água cinza para reúso consiste no efluente doméstico que não possui contribuição da bacia sanitária e pia de cozinha. Ou seja, as águas cinzas são os efluentes gerados pelo uso de chuveiros, banheiras lavatórios, máquinas de lavar roupas em residências,

escritórios comerciais, escolas e etc. Os principais critérios que direcionam um programa de reúso de água cinza são:

- 1) Preservação da saúde dos usuários;
- 2) Preservação do meio ambiente;
- 3) Atendimento às exigências relacionadas às atividades a que se destina;
- 4) Quantidade suficiente ao uso a que será submetida.

Observa-se que os efluentes oriundos de cozinhas não são considerados como água cinza por muitos autores, uma vez que são classificados como altamente poluídos, putrescíveis e com inúmeros compostos indesejáveis, como por exemplo, óleos e gorduras. Porém, nota-se que é um conceito sobre o qual ainda não há consenso internacional.

Ainda, deve-se levar em conta o fato de que a água cinza é passível de conter contaminações das mais diversas, devido a grande flexibilidade de uso dos aparelhos hidráulicos. Limpeza das mãos após o uso do toalete, lavagem de roupas fecalmente contaminadas, como fraldas, ou o próprio banho podem contaminar as águas cinzas.

No território brasileiro, o estado do Rio de Janeiro já prevê a obrigatoriedade de uso de sistemas de tratamento de águas servidas em edificações. Segundo a Lei nº 4956, de 20 de dezembro de 2006, temos:

Art. 1º - Os prédios de unidades imobiliárias destinados ao uso residencial e/ou empresarial, construídos a partir da entrada em vigor desta Lei, deverão dispor de unidade de tratamento para as águas servidas que, serão reaproveitadas no esgotamento sanitário.

Art. 2º - Define-se como prédio de unidades imobiliárias para efeito desta Lei, aqueles constituídos por mais de 03 (três) unidades habitacionais e/ou empresariais.

Segundo Proença (2008), presume-se que o termo “reaproveitamento no esgotamento sanitário” retirado do Art. 1º refere-se ao reúso de águas cinzas, embora a lei não especifique diretamente.

### **3.5.1 Características qualitativas das águas cinzas**

#### **3.5.1.1 Características físicas**

Conforme Bazzarella (2005) as características físicas mais importantes que devem ser consideradas em relação às águas cinzas são temperatura, turbidez, cor e o conteúdo de sólidos suspensos. Quanto à temperatura, altos índices são considerados indesejáveis, devido ao favorecimento do aparecimento de microorganismos; já os valores de sólidos suspensos e turbidez podem informar a respeito do conteúdo de partículas e colóides que poderiam contribuir para o entupimento de instalações de transporte e tratamento desses efluentes.

#### **3.5.1.2 Características químicas**

As características químicas serão divididas de acordo com o tipo de composto presente. De acordo com Bazzarella (2005), são eles:

- Compostos orgânicos:

Quanto aos aspectos orgânicos, devem ser observados os índices de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e de DQO (Demanda Química de Oxigênio). Esses valores são responsáveis por indicar o risco de depleção de oxigênio devido à degradação da matéria orgânica durante o transporte e estocagem e, ligado a isso, o risco de produção de sulfeto. Sabe-se que grande parte da DQO advém de produtos químicos utilizados em edificações, tais como detergentes e outros produtos de limpeza.

- Compostos nitrogenados e fosforados (nutrientes):

Sabe-se que a principal fonte de nitrogênio presente no esgoto convencional advém da urina. Dessa maneira, as concentrações de nitrogênio total na água cinza são mais baixas do que no esgoto comum, uma vez que as águas advindas

da bacia sanitária não são consideradas águas cinzas, ainda que seja comum costume de urinar durante o banho em algumas residências.

Para os autores que consideram as águas originadas da pia da cozinha como água cinza, sabe-se que esse efluente contribui para os níveis de nitrogênio encontrados nessas águas. Do mesmo modo, a principal fonte de fósforo nas águas cinzas são os detergentes, principalmente em locais onde ainda é permitido o uso de detergentes contendo fosfatos (ERIKSSON *et al.*, 2002).

- Compostos de enxofre:

Um composto de enxofre importante que é encontrado na água cinza é o íon sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), presente também no esgoto sanitário convencional. Porém, ressalta-se que, nas águas cinzas essas concentrações são preocupantes em virtude da rapidez em que podem se tornar anaeróbias, reduzindo os sulfatos a sulfetos que, combinados com hidrogênio formam o sulfeto de hidrogênio ou gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ). A formação de  $\text{H}_2\text{S}$  acima de 1mg/L gera maus odores.

- Outros componentes:

Conforme Eriksson (2002), o pH presente nas águas cinzas depende fundamentalmente do pH presente na água de abastecimento fornecida pela empresa local. Ainda assim, alguns produtos químicos utilizados podem contribuir para aumento do mesmo.

Compostos químicos originados pelo uso de xampus, sabões, detergentes, tinturas, perfumes, produtos de limpeza e outros são comuns nas águas cinzas. Já na lavanderia, diferentes tipos de detergentes, alvejantes e perfumes são utilizados. Ainda, para os autores que consideram as águas oriundas da pia da cozinha como água cinza, nas mesmas é comum encontrar lipídios (óleos e gorduras), chá, café, amido solúvel, glicose, entre outros.

### **3.5.1.3 Características microbiológicas**

Ottoson e Stenström (2003) afirmam que a maior parte dos microorganismos patogênicos advém da água oriunda dos vasos sanitários. Embora as águas cinzas não possuam esse tipo de contribuição, algumas atividades são possíveis fontes geradoras de agentes microbiológicos, tais como: limpeza das mãos após o uso do toalete, lavagem de roupas fecalmente contaminadas, como fraldas, ou o próprio banho.

### **3.5.2 Características quantitativas das águas cinzas**

Segundo Santos (2002), tanto os aspectos de produção quanto os aspectos de demanda das águas cinzas (ambos aspectos quantitativos) dependem do consumo de água nas edificações, que varia principalmente de acordo com a região, com o clima e com os costumes dos moradores. Características como vazão específica dos aparelhos sanitários, associadas à realidade de seus usos (frequência e duração de uso), permitem estimar a vazão diária de água cinza a ser produzida.

## **3.6 O tratamento das águas cinzas**

É importante ressaltar que aspectos socioculturais e econômicos podem implicar na composição da água cinza. Assim, é recomendável que o sistema hidráulico de água potável da concessionária local seja inteiramente independente do sistema hidráulico destinado ao tratamento e distribuição de água de reúso proveniente da água cinza, sendo proibida a conexão cruzada entre esses dois sistemas.

Ainda, sabe-se que tipos diferentes de água cinza requerem diferentes tipos de tratamento e, assim, podem ser adequados para diferentes tipos de reúso, dependendo do reúso que se pretende dar a ela (BAZZARELLA, 2005).

## **4. SISTEMAS PREDIAIS DE REÚSO DE ÁGUAS CINZAS**

### **4.1 Sistemas prediais de reúso de águas cinzas em cidades brasileiras**

#### **4.1.1 Empresa Acquanova**

##### **4.1.1.1 Considerações gerais**

A Acquanova é um grupo empresarial constituído no ano de 1988, localiza-se à Rua Platina nº 1265/Loja 30, no bairro Prado, em Belo Horizonte/MG e possui sua unidade fabril à Rua Cinco, nº 1800, no Distrito industrial de Nova Lima/MG.

Possui atuação nas áreas de tratamento de água, tubos e conexões em aço carbono e inoxidável e fomento comercial. Já no segmento de tratamento de água, a Acquanova produz equipamentos com tecnologia 100% nacional, oferecendo soluções rápidas e práticas para potabilizar águas; seja nas áreas residencial, industrial, rural, hoteleira, mineradora, siderúrgica, alimentícia e farmacêutica.

O sistema predial de reúso de águas cinzas fornecido pela empresa abrange tanto edificações residenciais quanto comerciais. Na primeira, a fonte de água advém de expurgo de chuveiros, banheiras, lavatórios de banheiros, máquinas de lavar e tanques, enquanto na última a fonte que abastece o sistema é basicamente as águas utilizadas nas pias dos toaletes. Ainda, o sistema requer um espaço reduzido para implantação, de no mínimo 30m<sup>2</sup>, sendo adaptável e ideal também para edificações já concluídas.

##### **4.1.1.2 Funcionamento do sistema**

A partir de informações fornecidas por funcionários da Acquanova, responsáveis pela implantação do sistema de reutilização de águas cinzas da empresa, nos foi explicado o funcionamento do mesmo, conforme elucidado abaixo.



Legenda:

1. Fontes de água para abastecer o sistema
2. Conjugação (optativa) do sistema de reúso de águas cinzas com o sistema de aproveitamento de água da chuva
3. Reservatório inferior de águas cinzas: adição de elementos para floculação
4. Pré-filtragem da água coletada: Floculação
5. Decantação
6. Finalização da filtragem: Depuração
7. Reservatório superior de reúso
8. Pontos de utilização da água de reúso

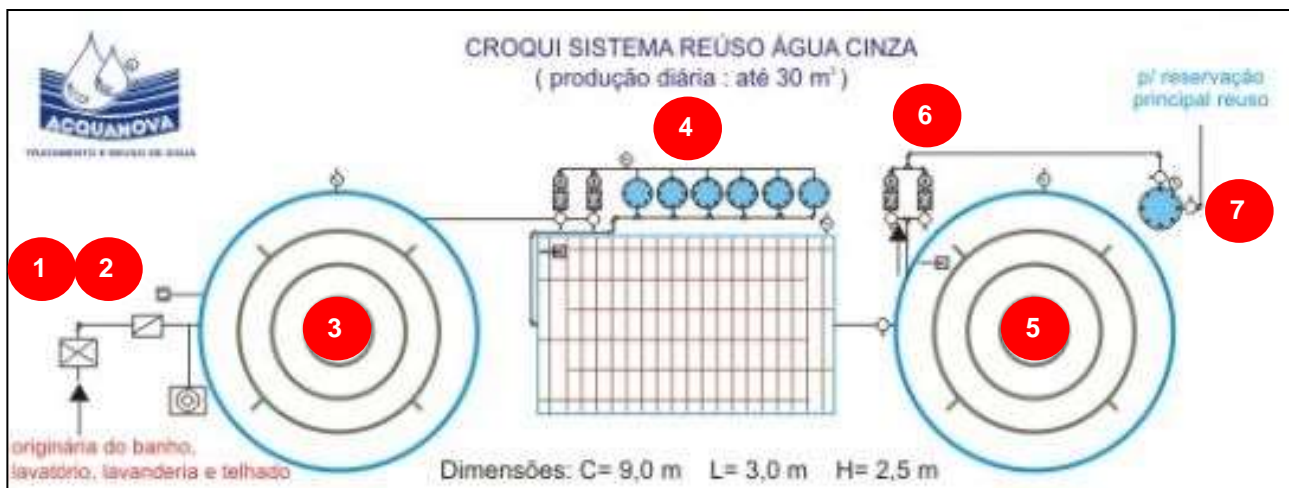


Figura 3: Diagrama ilustrativo em planta do sistema de reúso de águas cinzas fornecido pela empresa Acquanova.

Fonte: <http://www.acquanova.com.br>

Legenda:

1. Fontes de água para abastecer o sistema
2. Conjugação (optativa) do sistema de reúso de águas cinzas com o sistema de aproveitamento de água da chuva
3. Reservatório inferior de águas cinzas: adição de elementos para floculação
4. Pré-filtragem da água coletada: Floculação
5. Decantação
6. Finalização da filtragem: Depuração
7. Reservatório superior de reúso

Conforme as Figura 2 e Figura 3, nota-se que o sistema de reaproveitamento de águas cinzas provido pela empresa Acquanova é composto de várias fases: na etapa inicial (etapa 1), as águas que irão abastecer o sistema são captadas de chuveiros, banheiras, lavatórios, tanques e máquinas de lavar que, ainda, poderão ser combinadas com a água de chuva (etapa 2) em reservatório único, caso seja de interesse do cliente. No caso deste trabalho, trataremos apenas do reaproveitamento das águas cinzas, que desaguarão no reservatório inferior de águas cinzas (etapa 3), podendo o mesmo ser ou não subterrâneo. Ainda nessa

etapa, são adicionados à água os elementos para floculação, como o cloreto férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) e o sulfato de alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), que promovem a aglomeração de impurezas e micróbios e acelera a coagulação. Posteriormente, inicia-se o processo de pré-filtragem da água (etapa 4), realizada inicialmente através dos floculadores, equipamentos de agitação utilizados em estações de tratamento de água e esgoto para a coagulação dos sólidos em suspensão, dispersos na massa líquida, para posterior separação em decantadores. Os sólidos são coletados na caixa de retenção de sólidos, na qual é realizada a cloração. A cloração consiste na aplicação do hipoclorito de sódio ( $\text{NaClO}$ ) à água, através de bomba dosadora. O hipoclorito de sódio ( $\text{NaClO}$ ) possui a função de desinfecção da água, diminuindo significativamente a carga de micróbios. Na etapa 5, a água pré-filtrada é reservada para decantação: a etapa de decantação consiste na remoção de partículas em suspensão mais densas que a água por ação da gravidade. Para uma maior eficiência, o percurso da água floculada para os decantadores deve ser o menor possível e em condições que evitem a quebra dos flocos ou que impeçam a sedimentação das partículas. As partículas mais densas que a água irão se depositar no fundo do decantador. Na fase final da filtragem, chamada de depuração (etapa 6), são utilizados elementos naturais (como a dolomita e o quartzo) que filtram as impurezas sólidas, polímeros e Acqualox (produto que adequa os parâmetros de cor e turbidez da água). Finalmente, a água filtrada é conduzida até o reservatório superior de reúso (etapa 7), através de motobomba. O reservatório citado trata de uma caixa d'água independente do reservatório de água potável fornecido pela concessionária local, cuja água poderá ser utilizada para fins de jardinagem, lavagens de veículos, bacia sanitária, entre outros (etapa 8).

#### **4.1.1.3 Outros fatores a serem considerados**

Ressalta-se que o sistema faz o uso de corantes e que sua limpeza é realizada através da inversão do mesmo (retrolavável), sendo necessárias a drenagem e a limpeza das caixas d'águas e reservatórios periodicamente. Ainda, é imprescindível a troca do leito filtrante a cada dois anos.

No caso de o reservatório superior de reúso encontrar-se em nível mínimo de abastecimento, o sistema é dotado de mecanismo que aciona uma válvula de controle automático, liberando a entrada de água da companhia local.

Os volumes das caixas d'águas/reservatórios de reúso utilizados variam de acordo com a demanda de cada empreendimento, sendo bastante comuns as de 3.000L, 5.000L e 10.000L.

Informou-se que a economia de água em determinadas edificações pode chegar a até 60%, mas os valores variam de caso a caso. Ainda, o custo mínimo de instalação de um sistema como o citado acima é de R\$13.000,00 em edifícios residenciais e de R\$ 25.000,00 em edificações comerciais;

#### **4.1.2 Empresa Acquabrazilis**

##### **4.1.2.1 Considerações gerais**

A Acquabrazilis foi fundada no ano de 2001, e atualmente possui escritório central na cidade de São Paulo/SP, à Rua Carlos Weber, nº 1838, no bairro Vila Leopoldina e outro no Rio de Janeiro/RJ, à Avenida Franklin Roosevelt, nº 39, Centro.

A Acquabrazilis foi uma das pioneiras em projetos de reúso de água cinza em empreendimentos imobiliários no Brasil. Ainda, desenvolve projetos customizados também para sistemas de tratamento de água para as mais diversas finalidades, como ETAs (Estações de Tratamento de Água) compactas, visando a potabilização de águas e sistemas de tratamento de águas pluviais para aproveitamento em fins não potáveis.

A empresa recebeu o prêmio TopS Meio Ambiente 2003 de "Excelência Ambiental em Produtos e Sistemas na Construção e Habitação" concedido pelo Instituto Brasileiro de Serviços e Terceirização na Construção e na Habitação. Em

2007, a Acquabrazilis desenvolveu diversos trabalhos no âmbito da certificação ambiental, “LEED”, tendo colaborado com a GAFISA e com a CTE, no desenvolvimento de soluções no âmbito das águas, para a certificação ambiental do empreendimento Eldorado Business Tower em São Paulo.

O sistema predial de reúso de águas cinzas fornecido pela empresa abrange tanto edificações residenciais quanto comerciais. Na primeira, a fonte de água advém de expurgo de chuveiros, banheiras, lavatórios de banheiros, máquinas de lavar e tanques, enquanto na última a fonte que abastece o sistema é basicamente as águas utilizadas nas pias dos toaletes.

Hoje, a AcquaBrasilis conta com mais de 300 projetos realizados, mais de 100 projetos simultâneos em andamento em todo o Brasil e mais de 110 sistemas instalados em diversas áreas de tratamento de efluentes e aproveitamento de águas.

#### **4.1.2.2 Tipos de sistema**

##### **1) Sistema Acquahome – Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs)**

Para residências em que habitem de quatro a doze moradores, ou qualquer outra edificação (empresas, escritórios, edificações comerciais, etc.) que abrigue a mesma quantidade de pessoas, a empresa faz o uso do sistema Acquahome.

O sistema Acquahome é uma unidade compacta, destinada ao tratamento de efluentes que utiliza a tecnologia de leitos fixos rotativos otimizada pela Acquabrazilis. Trata-se de um sistema com rotores constituídos de material plástico que conta com grande superfície de contato, que giram em torno de um eixo horizontal, com uma parte sempre submersa em um efluente previamente decantado. O movimento dos rotores permite a formação de biofilme, que ocasiona reações químicas de degradação da matéria orgânica, aproveitando o oxigênio do ar. Pela simplicidade da concepção, o sistema Acquahome, uma vez

instalado, funciona de modo automático, com poucos cuidados e simples manutenção, além do baixo consumo energético.

O seu funcionamento, baseado em princípios naturais de degradação da matéria orgânica, permite a digestão do esgoto em presença de oxigênio, sem a necessidade de introduzir nenhuma substância ou produto estranho ao processo.

#### 1) Sistema Acquaciclus – Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs)

O sistema Acquaciclus utiliza a mesma tecnologia de leitos fixos rotativos do sistema Acquahome tradicional, porém é ideal para residências, empresas ou escritórios comerciais em que habitem ou trabalhem mais de doze pessoas.

#### **4.1.2.3 Funcionamento dos sistemas**

Na etapa inicial as águas que irão abastecer os sistemas serão captadas de chuveiros, banheiras, lavatórios, tanques e máquinas de lavar e serão armazenadas em reservatório.

Inicialmente, em efluente previamente decantado faz-se o uso dos sistemas Acquaciclus ou Acquahome, constituídos de material plástico que giram em torno de um eixo horizontal, com uma parte sempre submersa e o restante externo. Conforme dito anteriormente, o movimento dos rotores permite a formação de biofilme, que ocasiona reações químicas de degradação da matéria orgânica, aproveitando o oxigênio do ar.

O seu funcionamento, baseado em princípios naturais de degradação da matéria orgânica, permite a digestão do esgoto em presença de oxigênio, sem a necessidade de introduzir nenhuma substância ou produto estranho ao processo.

Em seguida, para garantir que o efluente após tratamento não prejudique os usuários, além da etapa de tratamento biológico, as estações possuem a etapa

de final de filtragem, na qual é utilizado o filtro misto de areia e carvão ativado. Esse tipo de filtro destina-se a clarificação da água, diminuição da contaminação, eliminação de sólidos dissolvidos e catalisação do cloro.

Finalmente, a água filtrada é conduzida até o reservatório de reúso. O reservatório citado trata de uma caixa d'água independente do reservatório de água potável fornecido pela concessionária local, cuja água poderá ser utilizada para fins de jardinagem, lavagens de veículos, bacia sanitária, entre outros.

#### **4.1.2.4 Outros fatores a serem considerados**

A utilização de corante nos sistemas é opcional e depende da escolha do cliente, não influenciando na qualidade final da água de reúso. Ainda, os sistemas não requerem troca de cartucho filtrante ou refil substituíveis.

Ressalta-se que no caso de o reservatórios de reúso encontrar-se em nível mínimo de abastecimento, o sistema é dotado de mecanismo que aciona uma válvula de controle automático, liberando a entrada de água da companhia local.

Os volumes de caixas d'águas e tanques variam de acordo com o consumo de cada empreendimento, não existindo reservatórios padrões.

Apesar de cada estação de tratamento como as citadas acima serem dimensionadas de acordo com a vazão ou consumo do empreendimento, é possível prever que tais sistemas possam custar de R\$ 65.000,00 até R\$ 180.000,00.

As estações Acquabrazilis são compactas, de concepção e operação simples, com baixo custo de manutenção e podem ser instaladas próximas aos pontos de geração do esgoto. Seus sistemas são moduláveis, podendo sua capacidade ser aumentada caso haja necessidade.

Pela simplicidade de concepção, os sistemas, uma vez instalados, funcionam de

modo automático. O consumo energético do conjunto não chega a atingir 1 KWh/mês por habitante.

Ainda, em edificações residenciais, segundo dados fornecidos pela empresa, no que se refere às bacias sanitárias, atinge-se até 100% de redução de consumo de água fornecida pela concessionária local, sendo utilizada somente a água cinza gerada pelo sistema de tratamento. Em relação a edificações comerciais, tem-se uma demanda de utilização de águas cinzas maior que a gerada, uma vez que a água cinza produzida advém somente das pias dos toaletes. Assim, nesses edifícios, a quantidade total de água não potável utilizada é composta de cerca de 50% de água cinza gerada no próprio empreendimento e de aproximadamente 50% de água fornecida pela concessionária local.

#### 4.1.2.5 Referências de alguns sistemas instalados em cidades brasileiras



Figura 4: Estação de tratamento de águas cinzas em condomínio residencial localizado na cidade de São Paulo/SP. Fonte: chuveiros e lavatórios. Uso: descarga em vasos sanitários. Quantidade de moradores: 600. Utilização: 20m<sup>3</sup>/d.  
Fonte: Folder fornecido pela empresa Acquabrazilis.



Figura 5: Estação de tratamento de águas cinzas em condomínio residencial localizado na cidade de São Paulo/SP. Fonte: chuveiros e lavatórios. Uso: descarga em vasos sanitários. Quantidade de moradores: 600. Utilização: 20m<sup>3</sup>/d.  
Fonte: Folder fornecido pela empresa Acquabrazilis.



Figura 6: Estação de tratamento de águas cinzas em edifício comercial localizado na cidade de Igarassu/SP. Fonte: lavatórios. Uso: irrigação e limpeza em áreas comuns e subsolos. Utilização: 10m<sup>3</sup>/d.  
Fonte: Folder fornecido pela empresa Acquabrazilis.



Figura 7: Estação de tratamento de águas cinzas em edifício comercial localizado na cidade de Igarassu/SP. Fonte: lavatórios. Uso: irrigação e limpeza em áreas comuns e subsolos. Utilização: 10m<sup>3</sup>/d.

Fonte: Folder fornecido pela empresa Acquabrasilis.

### **4.1.3 Empresa Ecoracional**

#### **4.1.3.1 Considerações gerais**

A Ecoracional é uma empresa coligada à Tekenge Engenharia, fundada em 1980, e oferece soluções para clientes residenciais, industriais e comerciais para a preservação da água. Localiza-se à Avenida Presidente Castelo Branco, nº 560, no bairro Jardim Presidente, na cidade de Londrina/PR.

O sistema predial de reúso de águas cinzas fornecido pela empresa abrange tanto edificações residenciais quanto comerciais. Na primeira, a fonte de água advém de expurgo de chuveiros, banheiras, lavatórios de banheiros, máquinas de lavar e tanques, enquanto na última a fonte que abastece o sistema é basicamente as águas utilizadas nas pias dos toaletes.

#### 4.1.3.2 Funcionamento do sistema

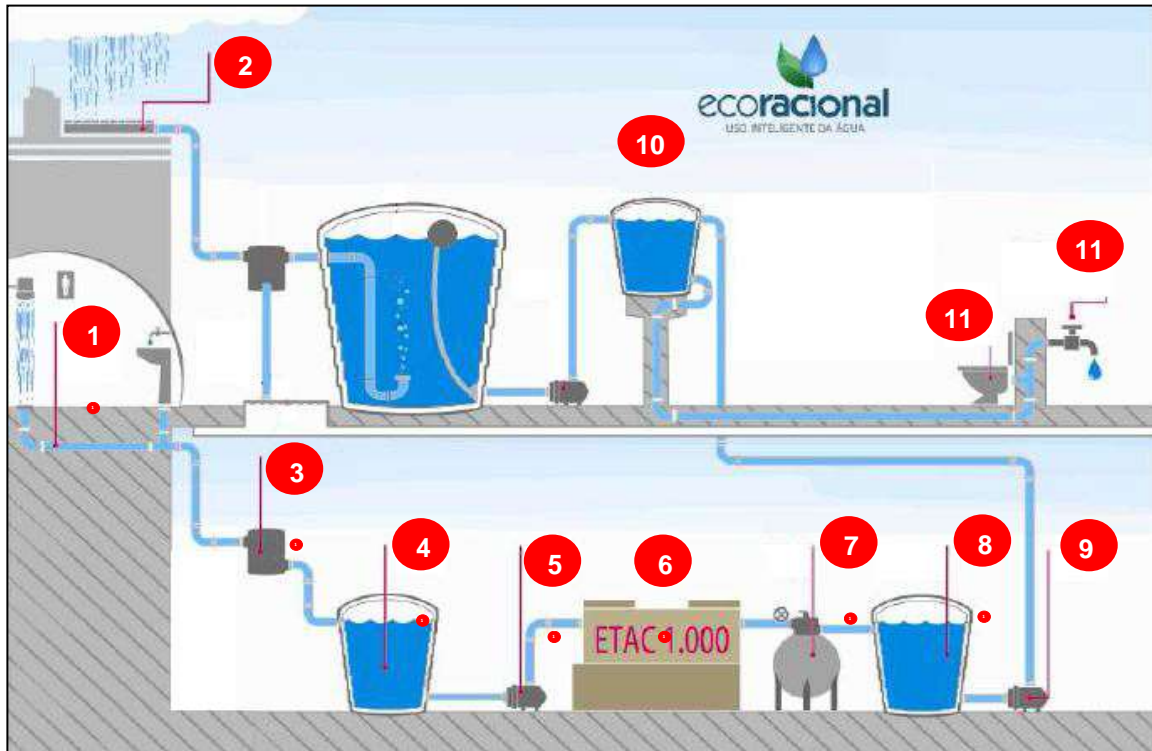


Figura 8: Diagrama ilustrativo em corte do sistema de reúso de águas cinzas fornecido pela empresa Ecoracional.

Fonte: <http://www.ecoracional.com.br>

Legenda:

1. Fontes de água para abastecer o sistema (expurgo de chuveiros, banheiras, lavatórios de banheiros, máquinas de lavar e tanques)
2. Captação de água da chuva: sistema independente
3. Filtro separador de sólidos
4. Tanque de equalização
5. Bomba de circulação
6. Estação de Tratamento de Águas Cinzas (ETAC) – No caso da ilustração trata-se da ETAC com capacidade de tratar 1000 litros de água por hora (Ver Figura 9)
7. Filtro de areia
8. Tanque de água tratada
9. Bomba de recalque
10. Reservatório elevado de água tratada
11. Pontos de utilização da água de reúso

A partir da Figura 8 é possível compreender o sistema de reaproveitamento de águas cinzas provido pela empresa Ecoracional: na etapa inicial (etapa 1), as águas que irão abastecer o sistema são captadas de chuveiros, banheiras, lavatórios, tanques e máquinas de lavar que, enquanto, na fase 2, observa-se o sistema de captação de água de chuva, totalmente independente do de reúso de águas cinzas. No caso deste trabalho, trataremos apenas do reaproveitamento

das águas cinzas, que desaguarão no filtro separador de sólidos (etapa 3), que através da centrifugação removem os sólidos com alta eficiência. Posteriormente, na etapa 4, a água será conduzida até o tanque de equalização, no qual ocorre sua adequada mistura e homogeneização e, assim, a água chega até a bomba de circulação (etapa 5), responsável por transportá-la até a ETAC (Estação de Tratamento de Águas Cinzas). No interior da ETAC (etapa 6), a água sofrerá o processo de o processo de pré-filtragem da água, realizado inicialmente através dos flocladores, equipamentos de agitação utilizados em estações de tratamento de água e esgoto para a coagulação dos sólidos em suspensão, dispersos na massa líquida, para posterior separação em decantadores. Posteriormente, a água pré-filtrada é reservada para decantação: a etapa de decantação consiste na remoção de partículas em suspensão mais densas que a água por ação da gravidade e, assim, as partículas mais densas que a água irão se depositar no fundo do decantador. Na etapa 7 os filtros de areia são responsáveis pela etapa final da filtragem, pois possuem sistemas de coleta, permitindo somente a passagem da água, retendo o material filtrante. O filtro de areia opera em fluxo descendente, percolando pelas várias camadas de material filtrante, reduzindo os sólidos em suspensão e auxiliando na remoção de contaminações bacteriológicas. Ainda, nessa etapa é realizada a cloração, na qual o hipoclorito de sódio ( $\text{NaClO}$ ) é aplicado à água através de bomba dosadora. Sua função é a desinfecção da água, diminuindo significativamente a carga de micróbios. A partir daí, a água filtrada é conduzida até o tanque de água tratada (etapa 8), na qual a bomba de recalque (etapa 9) possui a função de transportar a água até o reservatório elevado de água tratada (etapa 10). O reservatório citado trata de uma caixa d'água independente do reservatório de água potável fornecido pela concessionária local, cuja água poderá ser utilizada para fins de jardinagem, lavagens de veículos, bacia sanitária, entre outros (etapa 11).

#### **4.1.3.3 Outros fatores a serem considerados**

A utilização de corante nos sistemas não se faz necessária, mas é opcional e

depende da escolha do cliente, não influenciando na qualidade final da água de reúso. Ainda, a manutenção do sistema é realizada através da retirada e lavagem com jato de água do elemento filtrante e do filtro separador de sólidos. Ainda, é necessária a lavagem semestral dos reservatórios e caixas d'águas.

Ressalta-se que no caso de o reservatório de reúso encontrar-se em nível mínimo de abastecimento, o sistema é dotado de mecanismo que aciona uma válvula de controle automático, composto de chaves-bóia e solenoides, liberando a entrada de água da companhia local. Geralmente, dá-se preferência para a utilização das águas de chuva (quando o sistema contemplar esse tipo de tecnologia) e posteriormente das águas cinzas, com o objetivo de se esvaziar as cisternas e criar espaço para armazenar a próxima chuva.

O dimensionamento de todos os componentes do sistema depende do volume de águas cinzas gerado diariamente e do consumo estimado. Comumente, para os sistemas que necessitam da ETAC 1000 (capaz de tratar 1m<sup>3</sup>/h de água cinza), são adotados tanques de equalização com volumes de 10m<sup>3</sup> e tanques de água tratada também com volumes de 10m<sup>3</sup>.

Ainda, para a instalação de uma ETAC 1000 (Ver Figura 9), tem-se um custo aproximado do sistema completo de R\$ 60.000,00, fazendo-se necessária a avaliação das condições de instalação. Ainda, informou-se que a economia de água em determinadas edificações pode chegar a até 80%, mas os valores variam de caso a caso.

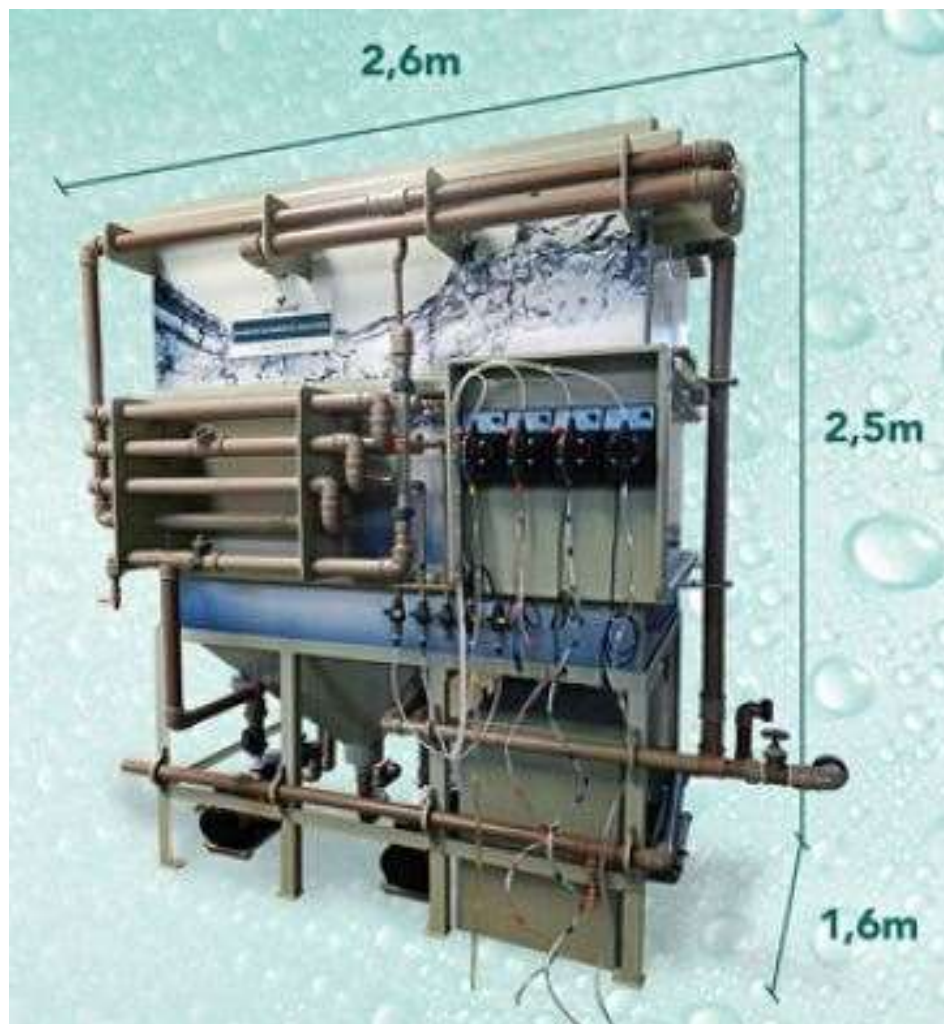


Figura 9: ETAC 1000 – Estação de Tratamento de Águas Cinzas com capacidade de tratar 1000 m<sup>3</sup> de água por hora, fornecida pela empresa Ecoracional.

Fonte: <http://www.ecoracional.com.br>

## 4.2 Estudo de caso – Edifício Forluz

### 4.2.1 Considerações gerais

O edifício Forluz, ainda em fase de construção, localiza-se à Avenida Barbacena nº 1219, no bairro Santo Agostinho, em Belo Horizonte/MG e foi projetado por arquitetos do escritório Gustavo Penna Arquiteto & Associados, em conjunto com o escritório Trínia, para abrigar a Fundação Forluminas de Seguridade Social (Forluz). Abaixo seguem algumas imagens da edificação (ver Figura 10 e Figura

11).



Figura 10: Vista do edifício Forluz, à direita, em novembro de 2013, ao lado do edifício da CEMIG, à esquerda.  
Fonte: <http://www.em.com.br>



Figura 11: Vista eletrônica tridimensional do edifício Forluz.  
Fonte: <http://www.gustavopenna.com.br>

Com o objetivo de obter o selo *Gold* de Certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), a edificação faz o uso de elementos que diminuem a poluição, economizam energia e racionalizam o uso da água, além de materiais reciclados e não agressivos. O LEED, desenvolvido pelo *U.S. Green Building Council* (USGBC) no ano de 2000, é um sistema internacional de certificação que tem o intuito de incentivar a transformação de projetos, obras e operações com foco em sustentabilidade para edificações;

Abaixo seguem algumas informações importantes a respeito do edifício:

- Número de pavimentos: 24;
- Número de subsolos: 5;
- Número de vagas de garagem: 472;
- Capacidade: é capaz de abrigar 2.850 pessoas;
- Área do terreno: 4.500,00m<sup>2</sup>;
- Área projetada: 52.000,00m<sup>2</sup>;
- Previsão de conclusão: 1º semestre de 2015.

#### **4.2.2 Materiais utilizados**

Em relação aos materiais utilizados na edificação, houve um cuidado com a especificação dos mesmos, sendo adotados os que apresentam alto índice de conteúdo reciclado, como o cimento; e outros que apresentam baixo índice de compostos orgânicos voláteis. Ainda, foram utilizados moldes pré-fabricados reutilizáveis de polipropileno, em vez de formas de madeira.

Sabe-se que grande parte dos materiais especificados foi produzida em regiões próximas à da edificação, minimizando os impactos ambientais do seu transporte. Ainda, os resíduos produzidos na operação serão armazenados e destinados à reciclagem.

Quanto às fachadas envidraçadas e layout proposto (com grandes espaços abertos), ressalta-se que os mesmos permitem que o edifício tenha iluminação

natural em 75% de suas áreas, sendo que 90% delas terão acesso visual às paisagens externas. Ainda, na fachada norte, o vidro é associado à brises que garantem proteção solar, enquanto as fachadas leste e oeste, que são atingidas por grande incidência solar, são cegas.

#### **4.2.3 Sistema elétrico**

A economia de energia elétrica será proporcionada pela adoção de equipamentos elétricos eficientes e lâmpadas de baixo consumo.

Serão também utilizadas fontes de energia renováveis – aquecimento solar de água e sistema fotovoltaico de geração de energia.

Ainda, um sistema de medidores de energia individuais, por pavimento, permitirá um monitoramento efetivo do consumo, enquanto o sistema de ventilação natural proporcionará redução no custo de energia elétrica do edifício.

#### **4.2.4 Automação**

O sistema de automação monitorará e integrará todos os sistemas que o constitui, como controle de tráfego de elevadores, sistemas de irrigação, medição de temperaturas externas e internas, persianas, fechaduras, condicionamento de ar, entre outros, resultando em grande eficiência no consumo de energia e água.

#### **4.2.5 Sistema hidráulico**

##### **4.2.5.1 Sistema de reúso de águas cinzas**

A partir de visita *in loco* realizada no mês de janeiro de 2015, constatou-se que o sistema hidráulico do edifício Forluz reutilizará a água dos lavatórios de mãos, pias, tanques e chuveiros para abastecer a descarga dos vasos sanitários e

mictórios, através de um sistema predial de reúso de águas cinzas. O sistema ainda não se encontra em funcionamento, mas já está apto para entrar em operação quando da inauguração do edifício.

As águas citadas (advindas de dos lavatórios de mãos, pias, tanques e chuveiros) serão captadas e transportadas até o reservatório inferior de águas cinzas (ver Figura 12), localizado no 5º subsolo, com capacidade para armazenar até 30,00m<sup>3</sup> de água. Ainda, outro reservatório localizado no mesmo andar receberá as águas pluviais advindas de rampas, coberturas e jardineiras, assim como a água proveniente dos drenos do sistema de ar-condicionado, para abastecer o sistema de irrigação e também a própria torre de ar. Ainda, o sistema é composto de dois reservatórios elevados para águas cinzas tratadas com capacidade de 17,00m<sup>3</sup> e 19,75m<sup>3</sup>;

As dimensões totais ocupadas pelo equipamento de tratamento das águas cinzas são:

- Área total: aproximadamente 4,00m<sup>2</sup>;
- Altura total: 2,00m.

Abaixo segue a composição geral de equipamentos responsáveis pelo tratamento das águas cinzas na edificação:

- Sistema de filtração em areia (ver Figura 14) – filtro (retrolavável) pressurizado para redução de sólidos em suspensão;
- Sistema de dosagem de produtos químicos (ver Figura 14) – bombas dosadoras para o tratamento de desinfecção e eliminação de espumas;
- Tanques de preparo/dissolução dos reagentes químicos;
- Painel elétrico de acionamento dos equipamentos;
- Bombas de recalque – transferência do efluente do tanque subterrâneo passando pelo sistema de tratamento até o reservatório de água cinza tratada.

O tratamento proposto para as águas cinzas geradas no edifício em análise foi a

filtração, utilizada no grupo compacto pressurizado, que reduz consideravelmente a turbidez, cor e quantidade de matéria em suspensão, além da desinfecção para eliminação de contaminações microbiológicas e ausência de odores.

O equipamento que compõe a estação compacta de filtração é de construção metálica que, além das bases sobre as quais é instalado, não exige obras civis complementares. Apresenta ainda outra vantagem no que diz respeito a futuras ampliações ou transportes, uma vez que se trata de um equipamento modular. Além disso, a estação é de operação bastante simples e apresenta um custo de manutenção e operação bem reduzido.

Ainda, para o tratamento de desinfecção foram adotados dosadores eletromagnéticos de pulsação que permitem a regulação instantânea das dosagens (como a de cloro residual), de modo a assegurar os reajustes necessários ao tratamento, e controle da formação de espumas por um agente ante-espumante.

O reuso de águas cinzas no edifício Forluz resultará em uma economia de 13,62m<sup>3</sup>/dia (60% em média) de água potável destinada para as descargas de sanitários e mictórios, se for considerada a demanda das empresas de saneamento no tratamento de água potável, e ainda menor produção de esgoto sanitário na edificação. O atendimento complementar da demanda de água para o uso nas descargas sanitárias será suprido por águas pluviais tratadas e água potável nos meses de baixas precipitações, ou seja, na ausência de chuvas.



Figura 12: Reservatório inferior de águas cinzas localizado no 5º subsolo.  
Fonte: próprio autor



Figura 13: Sistema de filtração em areia.  
Fonte: próprio autor



Figura 14: Sistema de dosagem de produtos químicos.  
Fonte: próprio autor

## 5 RESULTADOS

Nos itens anteriores foi possível observar as vantagens da utilização de unidades ou sistemas de tratamento de águas cinzas, e como podem ser os mesmos ideais para diversos tipos de empreendimentos que necessitem reduzir custos ao abastecimento de água e, ainda, colaborar para o desenvolvimento sustentado de nossa sociedade.

Ressalta-se que os hábitos de consumo, ou seja, o modo como cada família ou indivíduo faz uso da água, assim como aspectos socioculturais e econômicos, são temas muito relevantes em estudos de perfis de consumo de água e na composição do esgoto gerado.

A partir do estudo dos dados apresentados pelas empresas anteriormente mencionadas, com relação aos sistemas de reúso de águas cinzas, e da apresentação de um estudo de caso relacionado ao tema, no qual foi analisado, *in loco* um sistema predial de reutilização de águas cinzas já implantado e em vias de entrar em operação, buscou-se confirmar se: é válida (economicamente, financeiramente e tecnicamente), atualmente, a implantação desse tipo de sistema em território brasileiro ou se existe, ainda, a necessidade de desenvolvimento da tecnologia brasileira para sistemas de reúso, a partir do surgimento de novos ou mais adequados processos de tratamento, reservação ou distribuição.

A seguir, a Tabela 3 apresenta uma síntese dos importantes aspectos relativos aos sistemas prediais de reutilização de águas cinzas aqui expostos, os quais o presente trabalho se propôs a avaliar.

Tabela 3: Os sistemas prediais de reutilização águas cinzas analisados e a síntese dos aspectos relativos a eles expostos nessa monografia

Fonte: Próprio autor.

<b>Sistemas Prediais de Reúso de Águas Cinzas</b>		<b>Síntese dos Aspectos Analisados</b>	
<b>Empresa/Edifício</b>	<b>Item 1: Economia de Água</b>	<b>Item 2: Investimento Financeiro</b>	<b>Item 3: Aspectos Técnicos (Avaliação do Funcionamento do Sistema <i>in loco</i>)</b>
<b>Empresa Acquanova (Belo Horizonte/MG)</b>	Pode-se atingir até 60% de economia de água na edificação	O custo mínimo de instalação do sistema é de R\$13.000,00, em edifícios residenciais, e de R\$ 25.000,00, em edificações comerciais.	*
<b>Empresa Acquabrazilis (São Paulo/SP)</b>	Em edificações residenciais atinge-se até 100% de redução de consumo de água fornecida pela concessionária local, em bacias sanitárias. Já em edificações comerciais, atinge-se uma redução do consumo de água de até 50%.	Os sistemas podem custar de R\$ 65.000,00 até R\$ 180.000,00.	*
<b>Empresa Ecoracional (Londrina/PR)</b>	Pode-se atingir até 80% de economia de água na edificação.	Um custo aproximado do sistema completo é de R\$ 60.000,00, para a ETAC 1000 (Ver Figura 9).	*
<b>Edifício Forluz (Belo Horizonte/MG)</b>	Redução do consumo de água em valores próximos a 60%.	**	Sistema testado pela empresa fornecedora e apto para funcionamento

\*Informação não coletada;

\*\*Dado não fornecido.

## 6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir dos aspectos econômico, financeiro e técnico, os quais a presente monografia se propôs a avaliar, conforme Tabela 3, relacionados aos três sistemas prediais de reutilização de águas cinzas aqui expostos e ao sistema de tratamento de águas cinzas implantado em uma edificação localizada na capital mineira, foi possível concluir que cada sistema ou estação de tratamento de água cinza deve levar em conta os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados e os custos de operação e manutenção associados, que dependem diretamente do objetivo específico de reúso da água cinza e da vazão ou consumo esperado para cada empreendimento.

Observou-se que o investimento financeiro para implantação de um sistema de reutilização de águas cinzas em uma edificação é bastante variável, não sendo possível precisar esse valor no momento, uma vez que o mesmo dependerá diretamente da quantidade de esgoto gerado (fator influenciado pela dimensão do empreendimento e pela quantidade de usuários presentes no local), da escolha dos aparelhos hidráulicos que farão a utilização da água cinza, além das condições de instalação. Sabe-se que o custo ainda é alto, e que em determinados empreendimentos em que se consome menos água o retorno do investimento pode ser demorado.

Em relação à redução do consumo de água, as três empresas analisadas, assim como o sistema implantado no edifício Forluz, apresentaram valores não precisos, mas que servem como base informativa, podendo ser alcançados a partir da instalação daquele sistema de tratamento de águas cinzas específico.

Conforme informado pela Acquanova, localizada na cidade de Belo Horizonte/MG, a empresa já identificou em alguns dos empreendimentos que fazem o uso do seu sistema de reúso de águas cinzas a redução do consumo de água em até 60%. Já a empresa Ecoracional, situada em Londrina/PR, fazendo-se o uso de seu sistema, pode-se atingir até 80% de economia de água na

edificação.

Segundo a Acquabrazilis (São Paulo/SP), em edificações residenciais, no que se refere às bacias sanitárias, atinge-se até 100% de redução de consumo de água fornecida pela concessionária local, sendo utilizada somente a água cinza gerada pelo sistema de tratamento. Em relação a edificações comerciais, tem-se uma demanda de utilização de águas cinzas maior que a geração, uma vez que a água cinza produzida advém somente das pias dos toaletes, não havendo banho. Assim, nesses edifícios, a quantidade total de água não potável utilizada é composta de cerca de 50% de água cinza gerada no próprio empreendimento e de aproximadamente 50% de água fornecida pela concessionária local.

A partir de visita realizada no edifício Forluz, para avaliação do sistema de reúso de águas cinzas implantado no local, foi informado que o mesmo resultará em uma economia de 13,62m<sup>3</sup>/dia (60% em média) de água potável destinada para as descargas de sanitários e mictórios, se for considerada a demanda das empresas de saneamento no tratamento de água potável, e ainda menor produção de esgoto sanitário na edificação.

Apesar de o sistema de tratamento de águas cinzas implantado no edifício citado ainda não encontrar-se em funcionamento, foi informado que o mesmo já fora testado após a finalização de sua instalação, pela empresa fornecedora, e que encontra-se apto para executar adequados tratamento, reservação e distribuição do efluente produzido no empreendimento.

## 7 CONCLUSÕES

Embora a técnica do reúso da água cinza seja cada vez mais reconhecida como uma inteligente opção para a racionalização dos recursos hídricos, após análises e estudos realizados durante o desenvolvimento dessa monografia, foi possível concluir que o Brasil caminha a passos lentos e na direção da sustentabilidade já adotada por muitos países, principalmente no que se refere ao uso inteligente da água.

O fato de ainda existirem poucas empresas que desenvolvem e fornecem sistemas prediais de reúso de águas cinzas em cidades brasileiras, combinado com a enorme resistência das companhias já existentes em fornecerem informações à respeito de seus sistemas de tratamento de águas cinzas, assim como de empreendimentos que já fazem o uso dessa tecnologia, contribuem ainda mais para a pouca disseminação e carência de informações em relação ao reúso da água cinza no Brasil.

Ainda, devido a baixa disseminação da informação relacionada ao reúso de águas cinzas ou até mesmo pela falta dela, grande parte da população brasileira não vê interesse na instalação desse tipo de sistema em sua residência ou local de trabalho, devido ao receio infundado de que poderá haver o surgimento de mau cheiro (devido ao fato de a água não ser potável), sujeiras (devido à cor da água) e entupimentos em aparelhos hidráulicos, ocasionando numa manutenção específica mais complexa que a usual. Assim, muitas vezes, a existência desse tipo de tecnologia em determinada edificação não a faz mais atrativo em termos mercadológicos.

Entretanto, em estados como Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná, crê-se numa crescente expansão da informação e numa maior aceitação em relação ao reúso de águas cinzas, uma vez que em tais locais é possível perceber um maior número de edificações que já fazem o uso do sistema.

Observou-se, ainda, que o investimento financeiro para implantação de um sistema de reutilização de águas cinzas em uma edificação ainda é alto, não sendo possível precisar esse valor no momento, uma vez que o mesmo dependerá de uma série de fatores. Além do mencionado, é sabido que em determinados empreendimentos, principalmente naqueles em que se consome menos água, o retorno do investimento pode ser bastante demorado. Assim, notou-se que para grande parcela do mercado brasileiro, atualmente, assim como ocorre no estado de Minas Gerais, a instalação de um sistema predial de reúso de águas cinzas em uma edificação não é, ainda, um fator atrativo ou acessível para as construtoras e empreendedoras.

Contudo, a partir do desenvolvimento desse trabalho, percebeu-se que os sistemas de reúso de águas cinzas desenvolvidos atualmente pelas empresas brasileiras alcançam seus objetivos, executando adequados tratamento, reservação e distribuição do efluente produzido, além de gerarem uma economia significativa em relação ao uso da água.

Conclui-se, que a expansão do conhecimento e da informação sobre o reúso da água cinza é uma realidade e, em suas várias formas de aplicação revela-se uma técnica segura e confiável, fator incentivador do uso e do desenvolvimento dessa tecnologia, capaz de atrair investimentos financeiros cada vez menores.

Desta forma, a disseminação da informação ligada ao reúso das águas cinzas, o desenvolvimento de novos e adequados processos para seu tratamento, reservação ou distribuição e o surgimento de novas empresas que atuem nesse ramo estão diretamente ligados a incentivos políticos, a aprovação mercadológica e a aceitação popular.

## 8 BIBLIOGRAFIA

GREY, S. R.; BECKER, N. S. C. Contaminant flows in urban residential water system. **Urban Water**. v. 4, n. 4, p. 331-346, 2002.

HAFNER, A. V. **Conservação de água em edificações- experiências nacionais e internacionais**. Dissertação de mestrado (Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2007.

HIDRAULIS LTDA. Disponível em: <<http://www.hidraulis.com.br>>. Acesso em: out. 2014.

PETERS, M. R. **Potencial de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial**. Dissertação de mestrado (Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO (PROSAB). **Uso racional de água**. Disponível em: <[http://www.finep.gov.br/prosab/consumo\\_agua.htm](http://www.finep.gov.br/prosab/consumo_agua.htm)>. Acesso em: dez. de 2014.

SABESP. **Programa de uso racional de água**. Disponível em: <<http://200.144.74.11/pura/cases/default.htm>>. Acesso em: dez. de 2004.

SAUTCHÚK, C. A. **Código de prática de projeto de execução de sistemas prediais de conservação de água em edifícios**. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – DTA - Documento Técnico de Apoio nº F3. Brasília, 2004.

SCHMIDT, W. **Produtos economizadores de água nos sistemas prediais**. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – DTA - Documento Técnico de Apoio nº F2 (revisão). Brasília, 2004.

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

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA; FIESP; SINDUSCON-SP. **Conservação e reúso da água em edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005. Manual em versão digital. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/arquivos/Conserva%C3%A7%C3%A3o%20e%20re%C3%BAso.pdf>>. Acesso em: nov. 2014.

ACQUABRASILIS. Disponível em: <<http://www.acquabrasilis.com.br>>. Acesso em: nov. 2014.

ACQUANOVA. Disponível em: <<http://www.aquanova.com.br>>. Acesso em: out. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário: NBR 9.648. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Tanques sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação: NBR 13.969. Rio de Janeiro, 1997.

AYER, F. **Prefeitura de Belo Horizonte vende espaço aéreo**. Estado de Minas. Minas Gerais, 21 set. 2013. Caderno Gerais. Disponível em: <[http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2013/11/27/interna\\_gerais,473881/prefeitura-de-belo-horizonte-vende-espaco-aereo.shtml](http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2013/11/27/interna_gerais,473881/prefeitura-de-belo-horizonte-vende-espaco-aereo.shtml)>. Acesso em: nov. de 2014.

BAZZARELLA, B. B. **Caracterização e aproveitamento de água cinzas para uso não potável em edificações**. Dissertação de mestrado (Engenharia Ambiental), Universidade Federal do Espírito Santo, 2005.

BRASIL. **Lei no 9.433**, de 08/01/1997 – Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13/03/1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/LEIS/L9433.htm>>. Acesso em: out. de 2014.

BRENHA, H. **Com água de reúso, Grande São Paulo teria mais dois sistemas Cantareira**. Folha de São Paulo. São Paulo, 21 set. 2014. Caderno Cotidiano. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2014/09/1519477-com-agua-de-reuso-grande-sp-teria-mais-2-cantareiras.shtml>>. Acesso em: nov. de

2014.

CAMBRICOLI, F.; ITALIANI, R. **São Paulo vai tratar esgoto para consumo**. Estadão. São Paulo, 5 nov. 2014. Caderno Política. Disponível em: <<http://sao-paulo.estadao.com.br/noticias/geral,sao-paulo-vai-tratar-esgoto-para-consumo>>. Acesso em: nov. de 2014.

CNRH. **Resolução nº 54**, de 28/11/2005 – Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. Disponível em: < <http://www.cnrh-srh.gov.br/> CNRH. Acesso em: out. de 2014.

ECORACIONAL. Disponível em: <<http://www.ecoracional.com.br>>. Acesso em: nov. 2014.

EPA. **Guidelines for water reuse**. U. S. Agency for International Development, Washington, DC, 2004. Disponível em: <<http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/625r04108/625r04108.pdf>>. Acesso em: dez. de 2014.

ERIKSSON, E.; AUFFARTH, K.; MOGENS, H. LEDIN, A. Characteristics of grey wastewater. **Urban Water**. v. 4, n.1, p. 58-104, 2002.

GPA&A, GUSTAVO PENNA ARQUITETO E ASSOCIADOS. Disponível em: <<http://www.gustavopenna.com.br>>. Acesso em: nov. 2014.

GUSTAVO PENNA ARQUITETO & ASSOCIADOS. et al.. **Especificação Técnica de Reaproveitamento de água**. Edifício Forluz. Revisão:00. 2009.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. Barueri-SP: Manole, 2003

OTTERPOHL, R.; GROTTKER, M.; LANGE, J. Sustainable water and waste management in urban areas. **Water Science Technologies**. V. 35, N. 9, p. 121-133, 1997.

PROENÇA, L. C. **Uso racional de água em edifícios de escritórios: avaliação de alternativas para redução do consumo de água potável**. Relatório de Iniciação Científica (Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

RIO DE JANEIRO (Estado). **Lei no 4.956**, de 20/12/2006. Dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de unidade de tratamento de águas servidas em prédios de apartamentos e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.alerj.rj.gov.br/processo2.htm>>. Acesso em: out. 2014.

ROAF, S., FUENTES, M., THOMAS, S. **Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável**. Tradução: SALVATERRA, A. 3ª edição. Porto Alegre: Bookman. 2009.

TELLES, D.D. *et al.*. **Reúso da água**. Conceitos, teorias e práticas. 1ª edição. São Paulo: editora Blucher. 2007. ISBN 978-852120411-4

HESPANHOL, I. **Esgotos Domésticos Como Recursos Hídricos** – Parte I – Dimensões Políticas, Institucionais, Legais, Econômico-financeiras e Sócio-culturais. Revista Engenharia, São Paulo, n. 523, p.45-58, 1997. **Água e Saneamento Básico. Uma Visão Realista**. In.: Rebouças A.C. (Coord.). Águas Doces no Brasil. São Paulo: Escrituras, 1999.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards**. Of a WHO meeting of experts. Technical report series n. 517. Genebra. 1973.