

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Lucas Ruiz Lombardi**

**DISPOSITIVOS POUPADORES DE ÁGUA EM UM SISTEMA  
PREDIAL: ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICO-  
ECONÔMICA DE IMPLEMENTAÇÃO NO INSTITUTO DE  
PESQUISAS HIDRÁULICAS**

Porto Alegre  
dezembro 2012

**LUCAS RUIZ LOMBARDI**

**DISPOSITIVOS POUPADORES DE ÁGUA EM UM SISTEMA  
PREDIAL: ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICO-  
ECONÔMICA DE IMPLEMENTAÇÃO NO INSTITUTO DE  
PESQUISAS HIDRÁULICAS**

Trabalho de Diplomação a ser apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientador: Juan Martín Bravo**

Porto Alegre  
dezembro 2012

**LUCAS RUIZ LOMBARDI**

**DISPOSITIVOS POUPADORES DE ÁGUA: ANÁLISE DA  
VIABILIDADE TÉCNICO ECONÔMICA DE  
IMPLEMENTAÇÃO NO INSTITUTO DE PESQUISAS  
HIDRÁULICAS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 20 de dezembro de 2012

Prof. Juan Martín Bravo  
Doutor pela UFRGS  
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt  
Coordenadora

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Eder Nonnemacher (UPF)**  
Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Eng. Adalberto Meller (ANA)**  
Mestre pela Universidade Federal de Santa Maria

**Eng. Rodrigo Cauduro Dias de Paiva (UFRGS)**  
Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Fernando e Carla e  
minha avó Norma Luiza que sempre me apoiaram e  
especialmente durante o período do meu Curso de  
Graduação estiveram ao meu lado.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Prof. Juan Martín Bravo, orientador deste trabalho, pelo incentivo e empenho ao longo de todo período em que o estive elaborando. As aulas ministradas por ele motivaram minha vontade de realizar esta pesquisa.

Agradeço também a Professora Carin pela dedicação incansável em ajudar e coordenar todos os alunos na realização dos trabalhos. A metodologia de ensino, utilizada por ela, tornou este trabalho mais fácil de ser elaborado e os ensinamentos passados contribuirão muito para minha vida profissional.

Agradeço aos membros da Banca Examinadora, por aceitarem o convite.

Agradeço a todos os meus familiares pelo suporte emocional e financeiro ao longo de todo o Curso de Graduação.

Agradeço a minha namorada Melaine Terra, que sempre me ajudou muito dando conselhos e apoio moral, contribuindo para a realização deste trabalho.

Agradeço aos meus colegas do curso de graduação em Engenharia Civil que colaboraram com a minha formação.

No que diz respeito ao desempenho, ao compromisso,  
ao esforço, à dedicação, não existe meio termo.  
Ou você faz uma coisa bem feita, ou não faz.

*Ayrton. Senna*

## RESUMO

Com a crescente escassez de água nos centros urbanos e consequente elevação do seu custo, torna-se necessária a adoção de medidas para o uso racional deste recurso natural. O presente trabalho avaliou a utilização de equipamentos economizadores de água nas instalações existentes do Instituto de Pesquisas Hidráulicas na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O objetivo principal do estudo é verificar a melhor adequação para implantação de dispositivos e o tempo de retorno do investimento realizado, definindo se a instalação é viável. Com a definição dos equipamentos que podem ser utilizados e a disposição destes nos sanitários, foram estimados os custos envolvidos. Posteriormente, com a estimativa dos custos de implementação, consumo de água e o custo unitário da água, foi elaborada uma análise econômica para estabelecer o período de tempo para o retorno do investimento. Diferentes cenários foram criados em função dos equipamentos utilizados e dos índices de reajuste consideradas. Os resultados mostraram que o investimento é viável para reduções no consumo superiores a 40%, com um tempo de retorno do investimento podendo chegar a 11 anos. Um valor alto, quando comparado a São Paulo, cujo custo unitário da água é muito superior. A estimativa de redução do consumo na edificação foi de 43%, prevendo-se o uso de torneiras com fechamento automático e arejador na saída, válvulas de mictório com fechamento automático e descargas com acionamento duplo. Alguns programas já implantados em instituições de ensino tiveram um rápido retorno de investimento e se mostraram muito eficientes na redução do consumo. A implementação nos prédios da Universidade Federal do Rio Grande do Sul ainda não foi posta em prática e por isso existe a necessidade de um estudo detalhado para utilização racional da água. Além disso, a implantação desses dispositivos poupadores de água visa despertar uma mentalidade sustentável nos alunos, professores e funcionários que frequentam o local.

Palavras-chave: Programas para uso racional da água. Tecnologias disponíveis para redução do consumo. Previsão do consumo de água em Universidades. Custos para implantação de dispositivos economizadores. Tempo de retorno do investimento.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de etapas da pesquisa .....	17
Figura 2 – Disponibilidade de água na Terra .....	20
Figura 3 – Distribuição dos recursos hídricos e da população no Brasil .....	20
Figura 4 – Distribuição da demanda de água em uma residência .....	28
Figura 5 – (a) torneira com acionamento fotoelétrico, (b) torneira com fechamento automático, (c) dispositivo arejador e (d) dispositivo pulverizador .....	33
Figura 6 – (a) válvula de fechamento automático, (b) válvula com acionamento infravermelho .....	34
Figura 7 – Esquema de um mictório sem o uso de água e vista do aparelho .....	34
Figura 8 – Ilustração do acionamento <i>duo-flush</i> em válvulas de descarga e caixas acopladas .....	37
Figura 9 – Bacia sanitária com reúso da água proveniente do lavatório acoplado .....	38
Figura 10 – Foto de satélite do Instituto de Pesquisas Hidráulicas .....	39
Figura 11 – Banheiro existente no Instituto de Pesquisas Hidráulicas .....	40
Figura 12 – Banheiro existente no Instituto de Pesquisas Hidráulicas com mau funcionamento dos aparelhos sanitários .....	41
Figura 13 – Planta baixa de banheiro existente no Instituto de Pesquisas Hidráulicas ....	41
Figura 14 – Planta baixa de banheiro existente no Instituto de Pesquisas Hidráulicas ....	42
Figura 15 – Planta baixa de banheiro existente no Instituto de Pesquisas Hidráulicas ....	42
Figura 16 – Campanha para promover o uso racional da água na UFRGS .....	45
Figura 17 – Planta baixa dos banheiros com dispositivos poupadores .....	47
Figura 18 – Planta baixa dos banheiros com dispositivos poupadores .....	48
Figura 19 – Planta baixa dos banheiros com dispositivos poupadores .....	48
Figura 20 – Orientação para utilização das bacias sanitárias de duplo acionamento .....	49
Figura 21 – Orientação para utilização dos mictórios .....	49
Figura 22 – Tempo de retorno do investimento em função da porcentagem de redução..	54



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Torneiras economizadoras de água .....	32
Quadro 2 – Mictórios economizadores de água .....	35
Quadro 3 – Bacias sanitárias e válvulas economizadoras de água .....	37

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação da disponibilidade hídrica .....	21
Tabela 2 – Exemplos de aplicação do PURA em diversas instituições .....	24
Tabela 3 – Estimativa do consumo de água em diversas instituições .....	26
Tabela 4 – Médias de consumo dos frequentadores de uma Instituição de Ensino Superior .....	27
Tabela 5 – Componentes de consumo de água em uma residência .....	28
Tabela 6 – Equipamentos convencionais e de baixo consumo de água .....	30
Tabela 7 – Demanda de água nos banheiros da edificação .....	44
Tabela 8 – Quantitativo de materiais necessários .....	46
Tabela 9 – Custo da água projetado .....	51
Tabela 10 – Quantitativo e orçamento dos materiais .....	52
Tabela 11 – Cenários adotados para redução do consumo de água .....	52
Tabela A1 – Estimativa do retorno de investimento para uma taxa de ajuste de 4% e porcentagens de redução de consumo de 15% e 20% .....	61
Tabela A2 – Estimativa do retorno de investimento para uma taxa de ajuste de 4% e porcentagens de redução de consumo de 25% e 30% .....	62
Tabela A3 – Estimativa do retorno de investimento para uma taxa de ajuste de 4% e porcentagens de redução de consumo de 35%, 40% e 45%.....	63
Tabela B1 – Estimativa do retorno de investimento para uma taxa de ajuste de 5,50% e porcentagens de redução de consumo de 15% e 20% .....	65
Tabela B2 – Estimativa do retorno de investimento para uma taxa de ajuste de 5,50% e porcentagens de redução de consumo de 25% e 30% .....	66
Tabela B3 – Estimativa do retorno de investimento para uma taxa de ajuste de 5,50% e porcentagens de redução de consumo de 35%, 40% e 45% .....	67
Tabela C1 – Estimativa do retorno de investimento para uma taxa de ajuste de 7,48% e porcentagens de redução de consumo de 15% e 20% .....	69
Tabela C2 – Estimativa do retorno de investimento para uma taxa de ajuste de 7,48% e porcentagens de redução de consumo de 25% e 30% .....	70
Tabela C3 – Estimativa do retorno de investimento para uma taxa de ajuste de 7,48% e porcentagens de redução de consumo de 35%, 40% e 45% .....	71
Tabela D1 – Estimativa do retorno de investimento para uma taxa de ajuste de 9,00% e porcentagens de redução de consumo de 15% e 20% .....	73
Tabela D2 – Estimativa do retorno de investimento para uma taxa de ajuste de 9,00% e porcentagens de redução de consumo de 25% e 30% .....	74
Tabela D3 – Estimativa do retorno de investimento para uma taxa de ajuste de 9,00% e porcentagens de redução de consumo de 35%, 40% e 45% .....	75

## **LISTA DE SIGLAS**

Asfamas – Associação Brasileira de Fabricantes de Materiais e Equipamentos para Saneamento

DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto

IGPM – Índice Geral de Preços do Mercado

INCC – Índice Nacional da Construção Civil

IPH – Instituto de Pesquisas Hidráulicas

PBQP-H – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat

PNCDA – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água

PURA – Programa de Uso Racional da Água

PVC – Cloreto de Polivinila

RS – Rio Grande do Sul

Sinduscon – Sindicato da Indústria da Construção Civil

Sinapi – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 DIRETRIZES DA PESQUISA.....</b>	<b>15</b>
2.1 QUESTÃO DA PESQUISA.....	15
2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO.....	15
<b>2.2.1 Objetivo principal.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2.2 Objetivos secundários.....</b>	<b>15</b>
2.3 HIPÓTESE.....	16
2.4 PREMISA.....	16
2.5 DELIMITAÇÕES.....	16
2.6 LIMITAÇÕES.....	16
2.7 DELINEAMENTO .....	17
<b>3 GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS .....</b>	<b>19</b>
3.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA.....	19
3.2 USO RACIONAL DA ÁGUA.....	22
3.3 PREVISÃO DO CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES.....	25
<b>4 EQUIPAMENTOS ECONOMIZADORES EM UM SISTEMA PREDIAL.....</b>	<b>29</b>
4.1 DISPOSITIVOS POUPADORES DE ÁGUA.....	29
4.2 TORNEIRAS.....	31
4.3 MICTÓRIOS .....	33
4.4 BACIAS SANITÁRIAS DE VOLUME REDUZIDO .....	36
<b>5 OBJETO DO ESTUDO.....</b>	<b>39</b>
5.1 LOCALIZAÇÃO.....	39
5.2 USO DA EDIFICAÇÃO.....	40
5.3 DADOS DA EDIFICAÇÃO.....	40
5.4 DEMANDA DE ÁGUA NA EDIFICAÇÃO .....	43
5.5 CONSCIENTIZAÇÃO DOS USUÁRIOS .....	44
<b>6 PROJETO DE IMPLEMENTAÇÃO DOS DISPOSITIVOS .....</b>	<b>46</b>
6.1 QUANTITATIVO DE MATERIAIS .....	46
6.2 PLANTA BAIXA DOS BANHEIROS .....	47
6.3 ORIENTAÇÃO AOS USUÁRIOS .....	49
<b>7 ANÁLISE DO CUSTO-BENEFÍCIO .....</b>	<b>50</b>
7.1 CUSTOS CONSIDERADOS .....	50
7.2 CENÁRIOS DE COMPARAÇÃO .....	52

7.3 VIABILIDADE ECONÔMICA .....	53
<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>55</b>
REFERÊNCIAS .....	57
APÊNDICE A .....	60
APÊNDICE B .....	64
APÊNDICE C .....	68
APÊNDICE D .....	72



## 1 INTRODUÇÃO

O consumo racional da água é um tema que está cada vez mais em pauta nos estudos atuais. Com o passar dos anos, verifica-se um crescente aumento no número de evidências alarmantes a respeito das reservas hídricas do Planeta. Assim, o antigo conceito de que a água doce é inesgotável já não é mais aceito. Com o crescimento populacional e o aumento da poluição dos mananciais, torna-se cada vez mais importante o desenvolvimento de tecnologias para exercer um uso racional d'água.

Segundo Gonçalves (2006, p. 12), os valores de demanda hídrica *per capita* média das regiões Norte e Nordeste do Brasil são muito inferiores, denotando que o aumento do padrão de vida da população tem como consequência um significativo aumento no consumo de água. Soluções com baixo custo e retorno rápido vêm sendo desenvolvidas por especialistas da área. No Brasil, essas tecnologias estão cada vez mais presentes em residências e grandes estabelecimentos.

A utilização de arejadores de torneira, redutores de pressão, bacias sanitárias com acionamento duplo, torneiras com fechamento automático ou com sensor fotoelétrico permitem uma redução de até 70% do consumo de água. Quando comparados aos custos, a implementação destes dispositivos representa uma inversão viável que é recuperada em um curto período de tempo. Estimativas, descritas por Tomaz (2000, p. 37), mostram que bacias sanitárias consomem até 41% da água de uma residência. Esse consumo pode ser significativamente diminuído por meio da utilização de dispositivos de acionamento reduzido, havendo um decréscimo de 18 para até três litros de água por acionamento, representando um importante benefício econômico. Nos Estados Unidos e na Europa, o uso de torneiras com fechamento automático e com sensor fotoelétrico já é adotado há muitos anos em locais públicos com grande movimentação de pessoas. No Brasil, a utilização desses dispositivos está crescendo cada vez mais, seguindo as tendências mundiais de racionalização do consumo de água.

Frente ao panorama mundial que se observa com relação à água, torna-se indispensável a aplicação prática destas novas tecnologias. A utilização eficiente da água reduz

consideravelmente o desperdício. A aplicação em um prédio público não apenas acarretaria na redução do consumo da edificação, mas também traria à sociedade um estímulo ao desenvolvimento da sustentabilidade em edificações no que se refere ao consumo de água. Dessa forma, o uso racional d'água no Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul insere-se no contexto atual de promover o conceito de responsabilidade no uso da água, através da aplicação de dispositivos poupadores.

Este trabalho visa analisar o custo-benefício da instalação de dispositivos poupadores de água no IPH. Por meio de um estudo de equipamentos disponíveis no mercado, do custo de implantação desses dispositivos na edificação e da projeção do consumo de água na edificação ao longo do período analisado, torna-se possível criar um gráfico no qual se observa qual o tempo de retorno do investimento, para diferentes porcentagens de redução no consumo.

O trabalho contém, no seu capítulo dois, as diretrizes da pesquisa. Nesse capítulo são apresentadas a questão da pesquisa, bem como os objetivos, hipótese, premissa, delimitações, limitações e o delineamento. No terceiro capítulo é abordada a disponibilidade hídrica na Terra, programas criados para incentivar o uso racional da água e também a previsão do consumo de água em edificações, ressaltando-se quais os equipamentos de maior consumo em uma residência. O capítulo quatro trata dos equipamentos economizadores de água em um sistema predial; quais os dispositivos disponíveis no mercado e quais as porcentagens de redução no consumo em relação a dispositivos mais antigos. No capítulo cinco é identificado o local onde são implementados os aparelhos redutores de consumo de água. Também são expostos dados da edificação, o público que frequenta o local, qual a situação atual dos banheiros existentes e uma campanha existente para promover o uso racional da água. O capítulo seis aborda o quantitativo de materiais necessários para implantar e promover o uso correto dos recursos hídricos, bem como a apresentação da planta baixa da edificação após a implantação desses dispositivos e como será feita a orientação para a utilização correta dos novos aparelhos pelos usuários. No capítulo sete é realizada a análise do custo-benefício de utilização de dispositivos economizadores. São expostos os custos a serem considerados, cenários propostos de economia de água e a viabilidade econômica ao longo de um período de tempo arbitrado. Por fim, no capítulo oito são realizadas as considerações finais do trabalho.



## **2 DIRETRIZES DA PESQUISA**

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

### **2.1 QUESTÃO DE PESQUISA**

A questão de pesquisa do trabalho é a seguinte: com base nos custos de substituição e consumo de água, quais são os aspectos financeiros relevantes para a implementação de dispositivos poupadores de água no Instituto de Pesquisas Hidráulicas, e qual o tempo de retorno associado a diferentes eficiências destes dispositivos para reduzir o consumo d'água, sem alterar o grau de conforto do usuário?

### **2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA**

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos a seguir.

#### **2.2.1 Objetivo Principal**

O objetivo principal do trabalho é a análise da implementação de dispositivos poupadores de água no Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

#### **2.2.2 Objetivos secundários**

Os objetivos secundários do trabalho são:

- a) estudo de tecnologias que propiciam a redução no consumo de água em edificações;
- b) estudo dos custos de substituição dos equipamentos sanitários existentes por equipamentos que consomem menos água;

- c) estudo da situação atual dos banheiros existentes no IPH e quantificação de aparelhos e louças sanitárias.

## 2.3 HIPÓTESE

O trabalho tem como hipótese que a implementação de dispositivos poupadores de água é viável do ponto de vista técnico-econômico, com um rápido retorno de investimento em função do grau de redução do consumo alcançado.

## 2.4 PREMISSA

O trabalho tem por premissa que o mercado hoje oferece dispositivos poupadores d'água com desempenho e qualidade garantida ao usuário e sua utilização é eficiente para o uso racional de água em edificações, frente à eminente escassez deste bem nos centros urbanos.

## 2.5 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se a estimativa de redução de consumo nas dependências do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

## 2.6 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

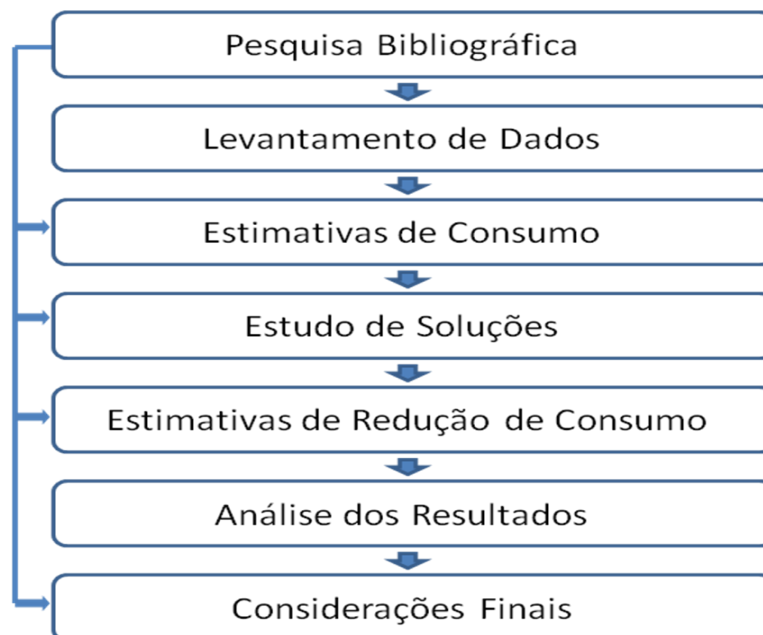
- a) o gasto de água dos equipamentos foi calculado conforme a bibliografia consultada;
- b) o estudo foi realizado em três prédios do Instituto de Pesquisas Hidráulicas, considerando-se os banheiros existentes;
- c) foram utilizados dispositivos nacionais;
- d) na estimativa de demanda foram considerados como usuários alunos, professores e funcionários, adotando-se um perfil de acordo com o tempore permanência na edificação.
- e) os custos com mão de obra foram avaliados em 45% do valor total dos materiais utilizados.

## 2.7 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas representadas na figura 1, descrita nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) levantamento de dados;
- c) estimativas de consumo;
- d) estudos de soluções;
- e) estimativas de redução de consumo;
- f) análise dos resultados;
- g) considerações finais.

Figura 1 – Diagrama de etapas da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

A primeira etapa do trabalho foi a pesquisa bibliográfica. Nesta etapa foi realizada a busca por diversos estudos sobre quais são os dispositivos poupadores de água comumente utilizados em um sistema predial e qual a importância deles nos tempos atuais. Também foram pesquisados exemplos práticos de aplicação destes dispositivos.

Logo após, foi realizado um levantamento de dados sobre os locais a serem estudados. A prefeitura do Campus do Vale foi contatada para verificar a existência de projetos dos banheiros pesquisados e dados de medição individualizada. Também foram solicitados, junto à secretaria do Instituto de Pesquisas Hidráulicas, um quantitativo de alunos, professores e funcionários que frequentam o local.

Com embasamento na pesquisa bibliográfica, relacionada aos dispositivos poupadores de água existentes no mercado, foram pesquisados os mais adequados ao local e quais teriam um retorno de investimento em um curto período de tempo. Baseando-se nos dispositivos a serem instalados e as respectivas reduções médias de consumo, foram estimados os custos envolvidos para implantação e qual a diminuição do consumo de água após a instalação desses dispositivos.

Por fim, foi realizada uma análise dos resultados, verificando-se se a questão da pesquisa foi respondida e se os objetivos propostos foram alcançados. Com base em tal análise, foram apresentadas as considerações finais.

### 3 GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Neste capítulo, é abordada a disponibilidade hídrica no planeta. O acesso à água é um problema mundial, que afeta uma relevante parcela da população. Devido a esse preocupante quadro, foram criadas por governos e instituições brasileiras medidas que visam o uso racional da água. Tendo em vista o crescimento populacional nos grandes centros urbanos, torna-se necessária a conscientização da população de que a água é um bem escasso e que futuramente a disponibilidade da água tenderá a diminuir significativamente em função do aumento do consumo. É abordado, nesse capítulo, o consumo de água em edificações e quais os equipamentos de maior consumo em uma residência.

#### 3.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA

O acesso à água é fundamental para a sobrevivência de qualquer população. Historicamente, o acesso aos recursos hídricos sempre foi um fator de grande importância para o desenvolvimento econômico e social dos povos. Com o crescimento dos centros urbanos, a oferta de água tem sido cada vez mais prejudicada. Verifica-se ainda uma crescente poluição dos mananciais, tendo como consequência maiores custos requeridos pelas companhias de saneamento para o tratamento da água que é distribuída à população.

Estudos realizados pela Organização Mundial da Saúde apontam que, em 1990, aproximadamente 1,23 bilhões de pessoas não tinham acesso à água em condições de uso. Em 2001, esse valor passou para mais de dois bilhões de pessoas (ROAF et al. 2007, p. 216). Apesar das dificuldades de acesso à água das populações mais antigas, no século XIX, o consumo era muito menor quando comparado ao consumo atual de diversos países de primeiro mundo.

A água doce não está bem distribuída ao longo de todo o Planeta. Conforme ilustrado na figura 2, verifica-se que, de toda a água, 97,5% é salgada e, apenas, 2,5% é doce. Desses 2,5%, 99,7% está nas calotas polares e lençóis profundos, enquanto que apenas 0,3% está nos

rios e lençóis subterrâneos pouco profundos de fácil acesso à população (UNIVERSIDADE DA ÁGUA, [2012?]).

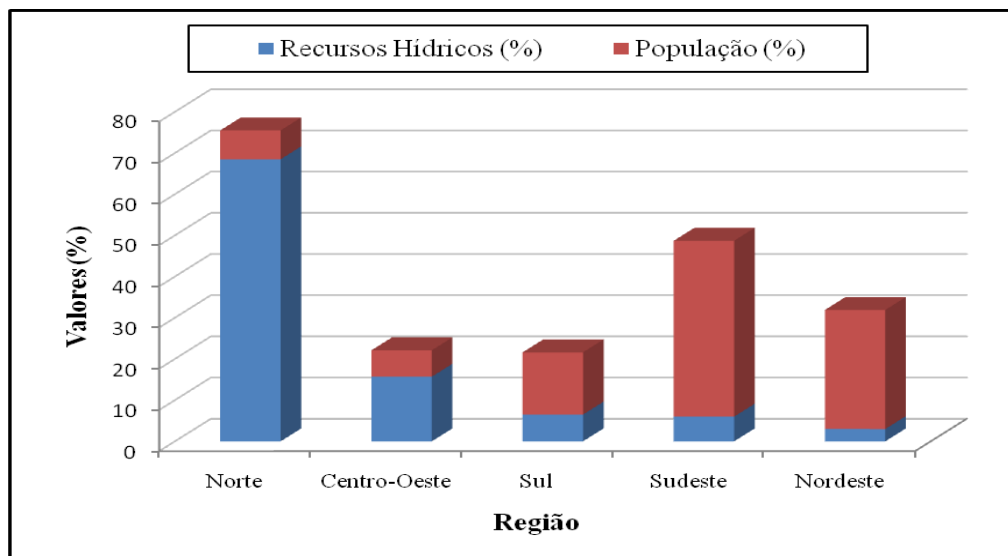
Figura 2 – Disponibilidade de água na Terra



(fonte: UNIVERSIDADE DA ÁGUA, [2012?])

No Brasil, a água também não é bem distribuída. De acordo com a figura 3, a região Norte, com uma população relativamente pequena, detém quase 70% dos recursos hídricos disponíveis no território brasileiro. Já nas regiões Sul e Sudeste, onde a população é bem mais numerosa, concentram 12,5% dos recursos hídricos disponíveis.

Figura 3 – Distribuição dos recursos hídricos e da população no Brasil



(fonte: BRASIL, 2002, p. [30])

Alguns dos principais fatores da falta de água nos grandes centros populacionais são descritos por Silva (2005, p. 26):

- a) urbanização elevada e desordenada da infraestrutura urbana;
- b) diversificação e intensificação das atividades e conseqüentemente do uso da água;
- c) impermeabilização e erosão do solo;
- d) ocupação de área de mananciais, com conseqüente poluição e assoreamento das margens;
- e) preponderância histórica dos interesses do setor hidroelétrico na política dos recursos hídricos;
- f) deficiências do setor de saneamento e a relação entre água e saúde.

Segundo Ghisi<sup>1</sup> (2006 apud GONÇALVES, 2006, p. 2), não havendo programas de uso racional da água, a escassez hídrica no Brasil tende a diminuir significativamente com o passar dos anos. Estimativas apontam que em 2100 a região Sul, hoje com uma disponibilidade *per capita* considerada alta, conforme mostra a tabela 1, passará para uma disponibilidade média. Neste mesmo ano, as regiões Nordeste e Sudeste, terão uma disponibilidade considerada muito baixa.

Tabela 1 – Classificação da disponibilidade hídrica

Disponibilidade Hídrica (m <sup>3</sup> per capita/ano)	Classificação
Maior que 20.000	Muito alta
10.000 - 20.000	Alta
5.000 - 10.000	Média
2.000 - 5.000	Baixa
1.000 - 2.000	Muito baixa
Menor que 1.000	Catastroficamente baixa

(fonte: UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME<sup>2</sup>, 2002  
apud GONÇALVES, 2006, p. 3)

<sup>1</sup> GHISI, E. Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. **Building and Environment**, West Lafayette, v. 41, n. 11, p. 1544-1550, 2006.

<sup>2</sup> UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Global environment outlook 3: past, present and future perspectives**. London: Earthscan, 2002.

## 3.2 USO RACIONAL DA ÁGUA

Visando promover a sustentabilidade, foram criados diversos programas e leis que instituíram diretrizes para o uso racional e o reaproveitamento das águas.

Segundo Oliveira<sup>3</sup> (1999 apud SILVA, 2005, p. 37):

O Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), cujas ações ocorrem nos níveis meso e micro, mas sem deixar de se articular com programas no nível macro, o que confirma a visão sistêmica de que o inter-relacionamento nos três níveis é indispensável para a preservação da água no âmbito urbano.

O PNCDA deu início a pesquisas de dispositivos de baixo consumo de água, mediante à parcerias de instituições públicas e empresas fabricantes de aparelhos e equipamentos sanitários. Com a necessidade de programas no âmbito Federal, iniciou-se a modernização do setor de saneamento. O programa conta ainda com o apoio ao desenvolvimento institucional e de aprofundamento tecnológico (SILVA, 2005).

Em âmbito Municipal, a Lei n. 10506 (PORTO ALEGRE, 2008, p. [1-2]) que institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas reitera que:

Art. 3º A conservação dos mananciais exige, dentre outras, as seguintes medidas:

- I – a coleta e o tratamento de esgotos;
- II – o controle da ocupação urbana;
- III – o controle da poluição de córregos, rios e lagos; e
- IV – a educação ambiental para evitar a poluição e o desperdício.

Art. 4º O uso racional das águas implica combate ao comprometimento dos mananciais e ao desperdício e compreende, principalmente:

- I – o desenvolvimento e a disseminação de ações educacionais sobre a importância do uso racional da água para o ser humano e para o meio ambiente;
- II – a progressiva substituição dos hidrômetros convencionais e a implantação de medição computadorizada, com telemetria, para o acompanhamento do consumo;

---

<sup>3</sup> OLIVEIRA, L. H. **Metodologia para a implantação de Programa de Uso Racional da Água em Edifícios**. 1999. 344 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.



III – a correção sistemática de falhas no sistema de medição, bem como a detecção de eventuais vazamentos como resultado da maior eficiência no sistema de medição e leitura à distância;

IV – a intensificação da fiscalização relativa a ligações irregulares ou clandestinas na rede de água em ramais, assim como a fraudes nos hidrômetros.

Art. 5º Para combater o desperdício de água nas edificações, serão utilizados, dentre outros, os seguintes equipamentos:

I – bacias sanitárias de volume reduzido de descarga;

II – chuveiros e lavatórios de volumes fixos de descarga;

III – torneiras com arejadores.

Parágrafo Único – Nos condomínios, além dos equipamentos para o combate ao desperdício de água, serão instalados hidrômetros para medição individualizada do volume de água consumido.

Art. 6º Os sistemas hidráulico e sanitário das novas edificações serão projetados de modo a propiciar a economia e o combate ao desperdício de água, privilegiando a sustentabilidade dos recursos hídricos, sem prejuízo do conforto e da segurança dos habitantes.

Outra medida muito eficiente para incentivar a redução no consumo de água é o Programa de Uso Racional da Água (PURA), criado em 1996, pela Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo. Tal programa tem como meta promover a utilização de dispositivos poupadores d'água e a conscientização da população. Os benefícios da utilização destes dispositivos estão descritos no manual do programa (SÃO PAULO, 2009, p. 13-14):

- a) reduz o consumo e o desperdício de água, gerando uma economia de no mínimo 10% e em geral da ordem de 20 a 40 %;
- b) conscientiza os funcionários, terceiros e clientes sobre a preocupação com o meio ambiente, economizando água – um recurso natural escasso;
- c) agrega valor ao negócio, reduzindo despesas e custos operacionais. A empresa que adotar o PURA estará reduzindo o consumo e as despesas com a água;
- d) evidencia a responsabilidade ambiental das empresas e seu esforço na construção da sustentabilidade;
- e) embute oportunidades de redução conjugada do consumo de energia, pois a circulação de água requer bombeamento;
- f) cria oportunidades para prevenir acidentes, que vão de um escorregão em poça gerada por vazamento, a um curto-circuito por água atingindo a fiação energizada;
- g) aumenta a vida útil das instalações ao evitar problemas como umidade e mofo atingindo pintura e acabamento até danos à estabilidade estrutural por corrosão do concreto e armação metálica.

O PURA já foi implantado em diversas instituições no estado de São Paulo. Na tabela 2 pode-se visualizar o rápido retorno do investimento, com ações relativamente simples.

Tabela 2 – Exemplos de aplicação do PURA em diversas instituições

Programa	Principais ações	Redução do consumo	Economia mensal	Retorno de investimento
PURA - Escola Estadual Fernão Dias Paes em São Paulo	correção de vazamentos	94,00%	R\$ 37.409,60	3 dias
	substituição de equipamentos	9,00%	R\$ 199,76	15 meses
PURA - Instituto do Coração	correção de vazamentos	28,40%	R\$ 39.352,72	27 dias
	substituição de equipamentos	15,30%	R\$ 18.278,04	86 dias
PURA - Universidade de São Paulo	diversas fases entre:	24,00%	R\$ 240.000,00	-
	medições setorizadas			
	campanhas educativas			
	correção de vazamentos			
PURA - Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo	substituição de equipamentos	32,00%	R\$ 238.000,00	26 dias
	correção de vazamentos			
Shopping Center em São Paulo	Substituição de bacias sanitárias (6Lpf)	20,00%	-	3 meses

(fonte: DREHER<sup>4</sup>, 2008, p. 33)

Outras tratativas para racionalizar o consumo de água são citadas no capítulo 18 da Agenda 21 Brasileira, criada pelo Ministério do Meio Ambiente. Neste documento foram estabelecidas metas de redução de consumo e o incentivo a novas tecnologias que promovam a diminuição do consumo de água. De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (2004, p. [1-2]), as seguintes áreas do programa são propostas, com relação à água doce:

- a) desenvolvimento e manejo integrado dos recursos hídricos;

<sup>4</sup> O autor indica ter consultado:

OLIVEIRA, L. H. **Metodologia para a implantação de Programa de Uso Racional da Água em Edifícios**. 1999. 344 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999 e

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2005 – consta na lista de referências.

- b) avaliação dos recursos hídricos;
- c) proteção dos recursos hídricos, da qualidade da água e dos ecossistemas aquáticos;
- d) abastecimento de água potável e saneamento;
- e) água e desenvolvimento urbano sustentável;
- f) água para produção sustentável de alimentos e desenvolvimento rural sustentável;
- g) impactos da mudança do clima sobre os recursos hídricos.

A redução na disponibilidade hídrica mundial está cada vez mais alarmante. Rios e lençóis freáticos estão sofrendo com a crescente poluição, elevando-se o custo para o tratamento da água. Visando racionalizar o consumo, o governo brasileiro incentivou a criação de programas para diminuir o consumo de água e tornar o seu uso racional. Foram desenvolvidas novas tecnologias, bem como boletins técnicos e boletins de conscientização da população para utilização dos recursos hídricos. Através do estudo do consumo de água em edificações, é possível conhecer os equipamentos de maior consumo e promover a utilização de equipamentos economizadores para diminuir o desperdício.

### 3.3 PREVISÃO DO CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES

De acordo com a Agência Nacional de Águas (2005, p. 42), para otimização da demanda de água devem ser levados em conta os seguintes aspectos:

- a) análise documental – levantamento e análise de todos os documentos e informações disponíveis que possam auxiliar no entendimento da edificação sob a ótica do uso da água;
- b) reconhecimento das necessidades de qualidade da água específica para cada uso contido na edificação, devendo ser feito questionário contendo informações específicas de usos, usuários e sistemas prediais.

Na concepção propriamente dita dos sistemas hidráulicos prediais, deverão ser premissas de projeto:

- a) garantia de vazão e pressão apropriadas nos diversos pontos de consumo, de forma que eliminem possíveis desperdícios;
- b) avaliação das possibilidades mais apropriadas de equipamentos hidráulicos e componentes, a partir do levantamento das atividades que ocorrem na edificação e identificação dos usuários, levantando-se as especificações técnicas e custos de aquisição;

- c) setorização do consumo de água;
- d) traçados otimizados;
- e) locação dos sistemas hidráulicos considerando a facilidade de acesso;
- f) atendimento às normas técnicas brasileiras de projetos, materiais e componentes.

Tomaz (2000, p. 69) cita algumas fórmulas que podem ser usadas para prever a demanda de água em instituições distintas, mostrados na tabela 3. Os dados foram obtidos através de análise por regressão linear múltipla, juntamente com a Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo. Na quarta linha está disposta a fórmula para prever o consumo de Escolas de Nível Superior. Tal consumo é obtido através da área construída, número de funcionários e o número de bacias sanitárias nos banheiros.

Tabela 3 –Estimativa do consumo de água em diversas instituições

Tipo de consumidor	Consumo m <sup>3</sup> /mês
Clubes Esportivos	(26 x nº de chuveiros)
Creches	(3,8 x nº de funcionários) + 10
Edifícios Comerciais	(0,08 x área construída)
Escolas de Nível Superior	(0,03 x área construída) + (0,7 x nº de funcionários) + (0,8 x nº de bacias) + 50
Escolas Pré, 1º e 2º Graus	(0,05 x área construída) + (0,1 x nº de vagas) + (0,7 x nº de funcionários) + 20
Hospitais	(2,9 x nº de funcionários) + (11,8 x nº de bacias) + (2,5 x nº de leitos) + 280
Hotéis de 1ª Categoria	(6,4 x nº de banheiros) + (2,6 x nº de leitos) + 400
Lava Rápidos	(9,85 x nº de funcionários)
Postos de Gasolina	60 x (nº de lavadores) + 8 x (nº de funcionários)
Prédios de Apartamentos	(6 x nº de banheiros) + (3 x nº de dormitórios) + (0,01 x área construída) + 30
Pronto-socorros	(10 x nº de funcionários) - 70
Residência Unifamiliar	3,7 x (nº de habitantes)
Restaurantes	(7,5 x nº de funcionários) + (8,4 x nº de bacias)

(fonte: TOMAZ, 2000, p. 69)

A realização de entrevistas com amostras de usuários da edificação também permite prever o consumo de água. Esse levantamento possibilita estimar o consumo médio diário e o consumo *per capita*, para diferentes perfis. Marinoski (2007, p. 57), ressalta que alguns usuários apresentam dificuldade em estimar o tempo de uso dos aparelhos e, por isso, valores não

condizentes devem ser excluídos, após análise. A tabela 4 evidencia os resultados de uma pesquisa realizada em uma Instituição de Ensino Superior, no estado de Santa Catarina.

Tabela 4 – Médias de consumo dos frequentadores de uma Instituição de Ensino Superior

Usuários	Alunos			Professores			Funcionários		
	Frequência (vezes/dia)	Tempo (s/vez)	Consumo (l/dia/pessoa)	Frequência (vezes/dia)	Tempo (s/vez)	Consumo (l/dia/pessoa)	Frequência (vezes/dia)	Tempo (s/vez)	Consumo (l/dia/pessoa)
Aparelho	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média
Torneira	2,79	8,87	2,13	3,24	9,92	2,65	4,00	11,56	4,11
Vano San.	1,39	5,38	17,05	1,54	5,28	17,82	1,88	6,34	26,52
Mictório	1,58	7,52	1,88	2,18	6,06	2,43	2,71	7,75	3,24

(fonte: adaptado de MARINOSKI, 2007, p. 57-58)

Em sistemas prediais antigos, nos quais a medição não é individualizada por apartamentos, as estimativas de consumo podem ser realizadas de outra maneira. A distribuição do consumo pode ser obtida com estudos que apontam quantos litros consomem, em um dia, diversos componentes ligados à rede hidrossanitária. Na tabela 5, um estudo realizado na Holanda aponta que o chuveiro e a bacia sanitária são os grandes responsáveis pela maior parcela do consumo residencial. No Brasil pode-se utilizar como base tal estudo, pois os aparelhos utilizados pelos usuários são semelhantes. Na figura 4, pode-se observar o gráfico que evidencia a grande parcela de consumo do chuveiro e da bacia sanitária, em uma residência.

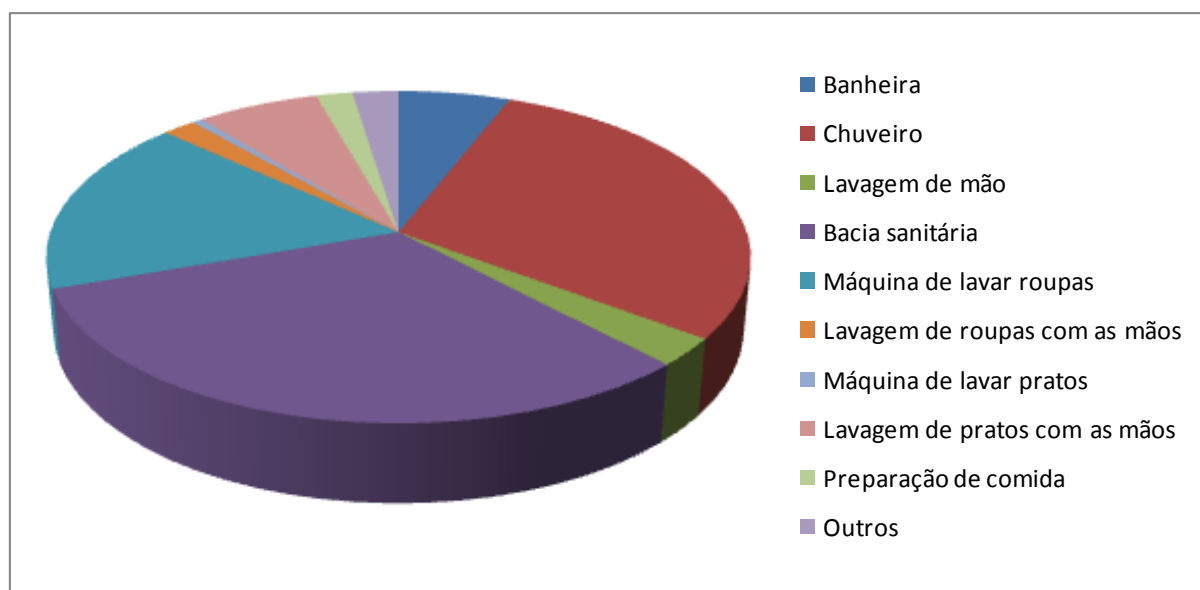
A existência de muitos estudos relativos ao gasto de água em edificações, contudo, não prevê com exatidão qual o consumo real. Existe a incerteza do tempo de uso dos equipamentos pelos usuários, o qual pode variar de acordo com seus hábitos. Além disso, vazamentos nas instalações hidráulicas nem sempre são quantificados e podem alterar significativamente o consumo.

Tabela 5 – Componentes de consumo de água em uma residência

Componentes da demanda	Litros/uso	Frequência/dia	Uso Litros/dia/pessoa
Banheira	120,00	0,17	8,00
Chuveiro	63,50	0,63	39,50
Lavagem de mão	4,00	0,97	3,70
Bacia sanitária	7,16	5,94	42,70
Máquina de lavar roupas	100,00	0,25	23,20
Lavagem de roupas com as mãos	40,00	0,06	2,40
Máquina de lavar pratos	25,00	0,22	0,70
Lavagem de pratos com as mãos	11,20	0,78	8,80
Preparação de comida			2,60
Outros			3,30
Total			134,90

(fonte: TOMAZ, 2000, p. 36)

Figura 4 – Distribuição da demanda de água em uma residência



(fonte: TOMAZ, 2000, p.36)

## 4 EQUIPAMENTOS ECONOMIZADORES EM UM SISTEMA PREDIAL

Neste capítulo são abordados quais os tipos de equipamentos que podem ser utilizados em um sistema predial, promovendo a redução do consumo de água e garantindo a manutenção do grau do conforto na atividade atendida.

### 4.1 DISPOSITIVOS POUPADORES DE ÁGUA

A principal solução para o uso racional da água são os equipamentos economizadores. Tais equipamentos promovem a economia de água independentemente da participação dos usuários. Atualmente existem diversos fabricantes nacionais de equipamentos poupadores disponíveis no mercado. Na tabela 6, tem-se a relação dos equipamentos convencionais, quais equipamentos economizadores podem substituí-los e a sua redução no consumo de água. Segundo Sousa et al. (2008, p. [3]):

A primeira pesquisa desses equipamentos foi realizada a partir das empresas da área, vinculadas à Associação Brasileira de Fabricantes de Materiais e Equipamentos para Saneamento (ASFAMAS). Essas empresas carregam em seus produtos o selo do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), que é um instrumento do Governo Federal para cumprimento dos compromissos firmados pelo Brasil quando da assinatura da Carta de Istambul (Conferência do Habitat II/1996).

Sobre o PBQP-H, de acordo com Brasil<sup>5</sup> (1998 apud SILVA, 2005, p. 40):

O PBQP-H, instituído em 1998, tem por objetivo básico o apoio ao esforço brasileiro de modernidade e à promoção da qualidade e da produtividade no setor da construção habitacional, visando o aumento da competitividade de bens e serviços por ele produzidos. No escopo de um de seus projetos, o de Qualidade de Materiais e Componentes, e com vistas à Meta Mobilizadora Nacional da Habitação (elevação para 90%, até o ano de 2002, do percentual médio de conformidade com as normas técnicas) foram criados os Programas Setoriais da Qualidade, entre os quais o de Tubos e Conexões de PVC, o de Metais Sanitários e de Aparelhos Economizadores de Água e o de Louças Sanitárias.

---

<sup>5</sup> BRASIL. Ministério das Cidades. **Portaria MPO n. 134**, de 18 de dezembro de 1998. Institui o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade na Construção Habitacional. Brasília, DF, 1998. Disponível em: <[http://www.cidades.gov.br/pbqp-h/download\\_doc.php](http://www.cidades.gov.br/pbqp-h/download_doc.php)>. Acesso em 30 jan. 2004.

Tabela 6 – Equipamentos convencionais e de baixo consumo de água

Equipamento convencional	Consumo médio	Equipamento de baixo consumo	Consumo médio	Redução média
Bacia com caixa acoplada ou caixa elevada bem regulada	12 litros/descarga	Bacia VDR	6 litros/descarga	50%
		Bacia VDR com válvula de duplo acionamento (caixa acoplada)	3 e 6 litros/descarga	50%
Bacia com válvula bem regulada	10 litros/descarga	Bacia VDR	6 litros/descarga	40%
		Bacia VDR com válvula de duplo acionamento	3 e 6 litros/descarga	40%
Ducha (água quente/ fria) - até 6mca	0,19 litros/seg	Regulador de vazão	0,10 litros/seg	47%
		Restritor de vazão 8 litros/min	0,13 litros/seg	32%
		Válvula de fechamento automático	0,11 litros/seg	42%
Ducha (água quente/ fria) - 15 a 20 mca	0,34 litros/seg	Regulador de vazão	0,10 litros/seg	71%
		Restritor de vazão 8 litros/min	0,13 litros/seg	62%
		Válvula de fechamento automático	0,11 litros/seg	67%
Torneira uso geral - 15 a 20mca	0,42 litros/seg	Regulador de vazão	0,21 litros/seg	50%
Torneira uso geral - até 6mca	0,26 litros/seg	Restritor de vazão	0,10 litros/seg	62%
Torneira uso geral - 15 a 20mca	0,42 litros/seg	Restritor de vazão	0,10 litros/seg	76%
Torneira de jardim - 40 a 50mca	0,66 litros/seg	Regulador de vazão	0,33 litros/seg	50%
Mictório	4 litros/uso	Válvula de fechamento automático	1 litro/uso	75%

(fonte: SÃO PAULO, 2009, p. [31])



## 4.2 TORNEIRAS

As torneiras podem ser utilizadas em diversos locais da edificação como banheiros, cozinha, área de serviço e irrigação do jardim. Seu consumo está diretamente ligado à sua vazão e ao período de tempo em que o usuário a utiliza. Os equipamentos convencionais costumam apresentar um elevado consumo de água, o qual pode ser reduzido por acessórios incorporados à torneira, como:

- a) arejador;
- b) pulverizador;
- c) fechamento automático;
- d) acionamento fotoelétrico.

A utilização de arejadores pode reduzir o consumo em até 50%. Este dispositivo é instalado na saída da bica e é composto por uma tela fina que reduz a área de saída e possibilita a entrada de ar pelas laterais. De acordo com a NBR 10.281 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003, p. 8), a vazão de uma torneira com arejador não pode ser inferior a 0,05 litros por segundo. Garantindo esse valor, não há perda de satisfação ao usuário durante o uso do aparelho. Os pulverizadores atuam por dois mecanismos: eles dividem a saída de água em diversos jatos e também reduzem a vazão para 0,13 litros por segundo, o que resulta em até 70% de redução do consumo.

Segundo Carvalho Júnior<sup>6</sup> (2007 apud DREHER, 2008, p. 42), as torneiras com fechamento automático e acionamento fotoelétrico promovem uma redução do consumo de água de 55% e 70%, respectivamente. Por terem um custo mais elevado, são indicadas para locais com alto fluxo de pessoas, de modo que o retorno do investimento ocorre em um curto período de tempo. As pressões nos lavatórios e chuveiros têm importância fundamental para a redução no consumo de água. No quadro 1 estão dispostas torneiras economizadoras de marcas nacionais. Na figura 5, estão ilustradas as torneiras e dispositivos que promovem o uso racional da água.

---

<sup>6</sup> CARVALHO JÚNIOR, R. **Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura**. São Paulo: Blucher, 2007.

Quadro 1 – Torneiras economizadoras de água

<b>Torneira automática</b>			
	Fabricante: Draco Linha: Dracopress		Fabricante: Draco Linha: Pro Delta
	Fabricante: Lorenzetti Linha: Smart System		Fabricante: Lorenzetti Linha: Smart System
	Fabricante: Deca Linha: Decamatic Eco		Fabricante: Deca Linha: Decamatic Eco
<b>Torneira eletrônica</b>			
	Fabricante: Draco Linha: Anti-Vandálica		Fabricante: Lorenzetti Linha: LorenSense
	Fabricante: Draco Linha: Eco		Fabricante: Deca Linha: Decalux
	Fabricante: Deca Linha: Decalux		Fabricante: Fabrimar Linha: Vision

(fonte: baseado em DECA, [2012]; DRACO, [2012];  
FABRIMAR, [2012] LORENZETTI, [2012])

Figura 5 – (a) Torneira com acionamento fotoelétrico, (b) torneira com fechamento automático, (c) dispositivo arejador e (d) dispositivo pulverizador.



(fonte: DECA, [2012])

### 4.3 MICTÓRIOS

Os mictórios são equipamentos que podem consumir uma quantidade elevada de água. Em alguns casos o acionamento da água ocorre de forma contínua, através de um registro de pressão acionado manualmente. Gonçalves (2006, p. 225) afirma que o uso das bacias sanitárias ocorre principalmente para remover a urina. Gonçalves (2006, p. 299), também cita que existem dois grandes grupos de mictórios:

- a) individuais de louça sanitária que podem ser apoiados no solo ou fixados na parede, proporcionando maior privacidade aos usuários, porém sendo mais suscetíveis ao vandalismo, pois têm mais mangueiras de acionamento expostas;
- b) coletivos, os quais consistem em uma calha de aço inoxidável ou alvenaria, que propicia uma maior metragem linear ocupada por usuários, sendo adequado para locais com grande fluxo de pessoas.

Conforme ilustrado na figura 6, existem no mercado, dispositivos com válvula de fechamento automático e acionamento infravermelho, que promovem o uso racional da água. Em países da América do Norte e Europa estão disponíveis equipamentos com uma superfície repelente a líquidos, ilustrados na figura 7, que não utilizam água na sua limpeza e promovem uma economia significativa de água. O fecho hídrico é feito através de um líquido de coloração

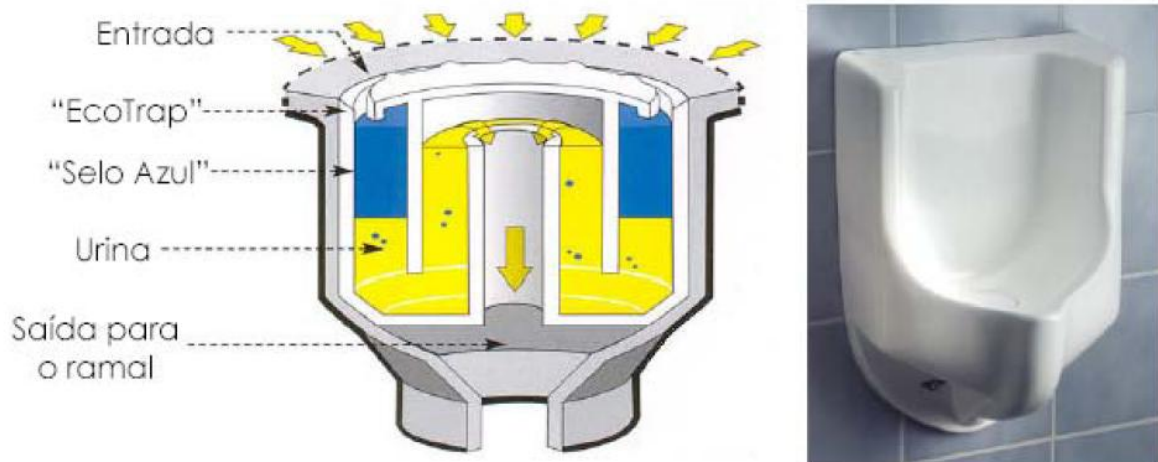
azul, menos denso que a urina, chamado de *EcoTrap* (SCHERER<sup>7</sup> 2003 apud MENDES 2006, p. 82). No Brasil, esta tecnologia ainda tem um custo alto, porém já existem fornecedores para este produto. Com uma alta eficiência no consumo de água, incentivos do governo para baixar o custo seriam uma forma de alavancar o uso deste equipamento. No quadro 2 são apresentadas válvulas e mictórios, que não utilizam água na sua limpeza, de diversos fabricantes.

Figura 6 – (a) válvula de fechamento automático, (b) válvula com acionamento infravermelho



(fonte: DECA, [2012])

Figura 7 – Esquema de um mictório sem o uso de água e vista do aparelho



(fonte: SCHERER<sup>8</sup>, 2003 apud MENDES, 2006, p. 83)

<sup>7</sup> SCHERER, F. A. **Uso racional de água em escolas públicas:** diretrizes para secretarias de educação. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. → As demais informações não foram disponibilizadas.

<sup>8</sup> op. cit.

Quadro 2 – Mictórios economizadores de água

<b>Válvula de descarga automática para mictório</b>			
	<b>Fabricante:</b> Lorenzetti <b>Linha:</b> Smart System		<b>Fabricante:</b> Draco <b>Linha:</b> Dracopress
	<b>Fabricante:</b> Deca <b>Linha:</b> Decamatic Eco		<b>Fabricante:</b> Fabrimar <b>Linha:</b> Biopress
<b>Válvula de descarga com sensor para mictório</b>			
	<b>Fabricante:</b> Draco <b>Linha:</b> ABS		<b>Fabricante:</b> Deca <b>Linha:</b> Decalux
	<b>Fabricante:</b> Deca <b>Linha:</b> Decalux		<b>Fabricante:</b> Draco <b>Linha:</b> Eco Toque
<b>Mictórios economizadores (não utilizam água)</b>			
	<b>Fabricante:</b> Acquamenos <b>Linha:</b> Zero <i>Flush</i>		<b>Fabricante:</b> Acquamenos <b>Linha:</b> Zero <i>Flush</i>
	<b>Fabricante:</b> Ecowin <b>Linha:</b> Urimat		<b>Fabricante:</b> Bobson <b>Linha:</b> <i>WaterLess</i>

(fonte: baseado em ACQUAMENTOS, 2012; BOBSON [2012]; DECA, [2012]; DRACO, [2012]; ECOWIN [2012]; FABRIMAR, [2012]; LORENZETTI, [2012])

#### 4.4 BACIAS SANITÁRIAS DE VOLUME REDUZIDO

De acordo com Tomaz<sup>9</sup> (2001 apud MENDES, 2006), a comercialização de bacias sanitárias com volume reduzido (6 litros por acionamento) teve início no Brasil em 1999, proporcionando uma redução no consumo de água e diminuindo significativamente a emissão de efluentes. Atualmente no mercado estão disponíveis três tipos de equipamentos sanitários: por gravidade, a vácuo e por pressão.

As bacias por gravidade são as mais utilizadas nacionalmente. O acionamento ocorre através de uma descarga, que libera a água e encaminha para a rede predial de esgoto sanitário todos os dejetos humanos. Logo após, recompõe-se o fecho hídrico, responsável por vedar a passagem de gases e odores provenientes do sistema de esgoto sanitário.

As bacias a vácuo, quando acionadas, geram uma pressão negativa que suga os dejetos. Apenas uma pequena quantidade de água é necessária para a limpeza dessas bacias. Por fim, as bacias de pressão, que utilizam uma pequena quantidade de água e desloca dejetos com maior facilidade devido à liberação de ar comprimido. Essas duas últimas bacias mencionadas, entretanto, têm um consumo elevado de energia elétrica para suprir as necessidades de vácuo e ar comprimido, tornando-as inviáveis em alguns casos.

No grupo das bacias sanitárias por gravidade existem diversos dispositivos de acionamento, os quais são fundamentais para o correto funcionamento do equipamento. Cita-se como exemplo a válvula de descarga e a caixa de descarga convencional ou acoplada (GONÇALVES, 2006, p. 269). O acionamento por válvula é o mais utilizado no Brasil. A descarga ocorre através da instalação desse dispositivo na parede, e o acionamento pode ser regulado de acordo com a necessidade de limpeza da bacia. Atualmente, já existem dispositivos chamados de *duo-flush* com descargas de três litros para o descarte de efluentes líquidos e de 6 litros para o arraste de efluentes sólidos. A utilização desse tipo de sistema propicia uma significativa redução no consumo de água e os fabricantes já estão fornecendo tanto em caixas acopladas, como em válvulas de descarga (figura 8).

---

<sup>9</sup> TOMAZ, P. **Economia de água para empresas e residências**: um estudo atualizado sobre o uso racional da água. São Paulo: Navegar Editora, 2001.

Figura 8 – Ilustração do acionamento *duo-flush* em válvulas de descarga e caixas acopladas



(fonte: DECA, [2012])

Nos Estados Unidos, já existem dispositivos capazes de diminuir o volume de descarga sem alterar o funcionamento dentro da caixa de descarga. Nesses casos, a diminuição do consumo pode chegar a valores de 3,8 litros por acionamento (UNITEDSTATES<sup>10</sup>, 1995 apud MENDES, 2006; WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME<sup>11</sup>, 2003 apud MENDES, 2006, p. 79). No quadro 3 estão alguns exemplos de bacias sanitárias e válvulas de descarga e seus fabricantes.

Quadro 3 – Bacias sanitárias e válvulas economizadoras de água

<b>Bacias sanitárias e válvulas economizadoras</b>			
	<p><b>Fabricante:</b> Acquamenos  <b>Linha:</b> <i>Flushmate</i></p>		<p><b>Fabricante:</b> Deca  <b>Linha:</b> <i>DualFlux</i></p>
	<p><b>Fabricante:</b> Draco  <b>Linha:</b> <i>DualFlush</i></p>		<p><b>Fabricante:</b> Deca  <b>Linha:</b> <i>Hydra Duo</i></p>

(fonte: baseado em ACQUAMENOS, 2012; DECA, [2012]; DRACO, [2012])

<sup>10</sup> UNITED STATES. Environmental Protection Agency. **Clean water through conservation:** when morir better. Washington, 1995. Disponível em: <<http://www.epa.gov/warthhome/you/intro.html>>. Acesso em 10 jan. 2006.

<sup>11</sup> WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME. **Water for people, water for life:** a joint report by the twenty three UN agencies concerned with fresh water. New York: Unesco Publications, 2003.

Um elemento complementar ao próprio aparelho e que também contribui ao uso racional da água em bacias sanitárias é a utilização de água não potável proveniente do reúso. Essa é uma tecnologia que está sendo utilizada em países europeus e consiste em colocar um lavatório na parte superior da caixa de descarga, em que toda água utilizada para lavar as mãos, é reservada para posterior acionamento da descarga (figura 9). Para o uso de tal tecnologia é necessária uma mudança de hábito dos usuários, tendo em vista que a pia muitas vezes é utilizada para descarte de diversas substâncias, que podem dar coloração e cheiro diferenciado à água da descarga, impossibilitando o seu reúso.

Figura 9 – Bacia sanitária com reúso da água proveniente do lavatório acoplado



(fonte: GWA INTERNATIONAL LIMITED, 2012)



## 5 OBJETO DO ESTUDO

Neste capítulo é descrita a localização dos prédios, a situação atual dos banheiros da edificação, qual o público que frequenta o local e uma estimativa da demanda anual de água, campanhas de conscientização dos usuários já existentes no IPH e os dados que devem necessariamente ser abordados para o andamento da pesquisa.

### 5.1 LOCALIZAÇÃO

O local onde foi realizado o estudo é o Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul inaugurado no ano de 1953, pelo professor e então reitor da Universidade Elyseu Paglioli (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, [2012a?]). O local está situado no município de Porto Alegre e na figura 10 é possível visualizar os prédios onde foi realizado o estudo de implantação dos dispositivos poupadores de água.

Figura 10 – Foto de satélite do Instituto de Pesquisas Hidráulicas



(fonte: GOOGLE, 2011)

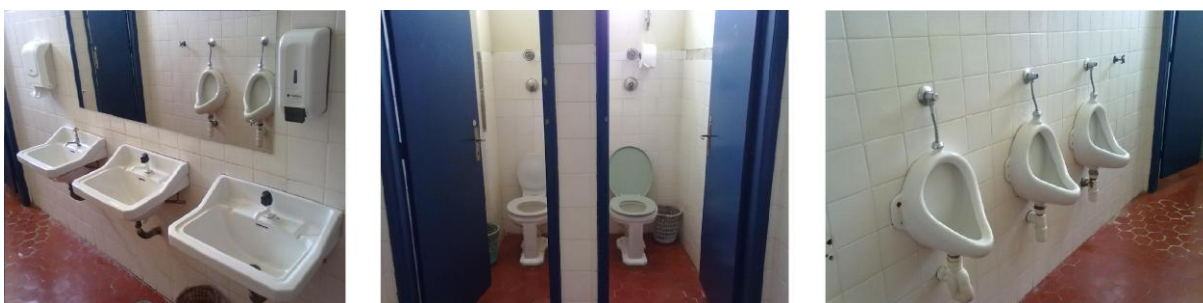
## 5.2 USO DA EDIFICAÇÃO

As edificações a serem estudadas são frequentadas pela maior parte dos alunos, professores e funcionários da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Neles estão as salas de aula onde são ministradas as disciplinas para cursos técnicos, graduação e pós-graduação e desenvolvidos projetos de pesquisa e extensão na área de Recursos Hídricos. Estimativas iniciais apontam que o local receba em torno de 350 pessoas por turno, incluindo-se alunos, professores e funcionários.

## 5.3 DADOS DA EDIFICAÇÃO

O Instituto de Pesquisas Hidráulicas, na sua área principal, é composto por três edificações. Ao todo existem 12 banheiros nos quais se planeja implementar os dispositivos poupadores de água. Cada banheiro possui dois ou três lavatórios, duas bacias sanitárias com acionamento por válvula de descarga. Além disto, os seis banheiros masculinos possuem dois ou três mictórios cada um (figura 11). O quantitativo exato dos aparelhos será descrito posteriormente.

Figura 11 – Banheiro existente no Instituto de Pesquisas Hidráulicas



(fonte: foto do autor)

Atualmente, os banheiros do IPH apresentam precária conservação. Durante a visita ao local, foram constatados diversos aparelhos fora de uso por mau funcionamento. A necessidade de uma reforma é eminente e a redução no consumo de água tende a diminuir ainda mais com a substituição dos aparelhos hidráulicos desregulados. Na figura 12 é possível visualizar as condições dos banheiros.

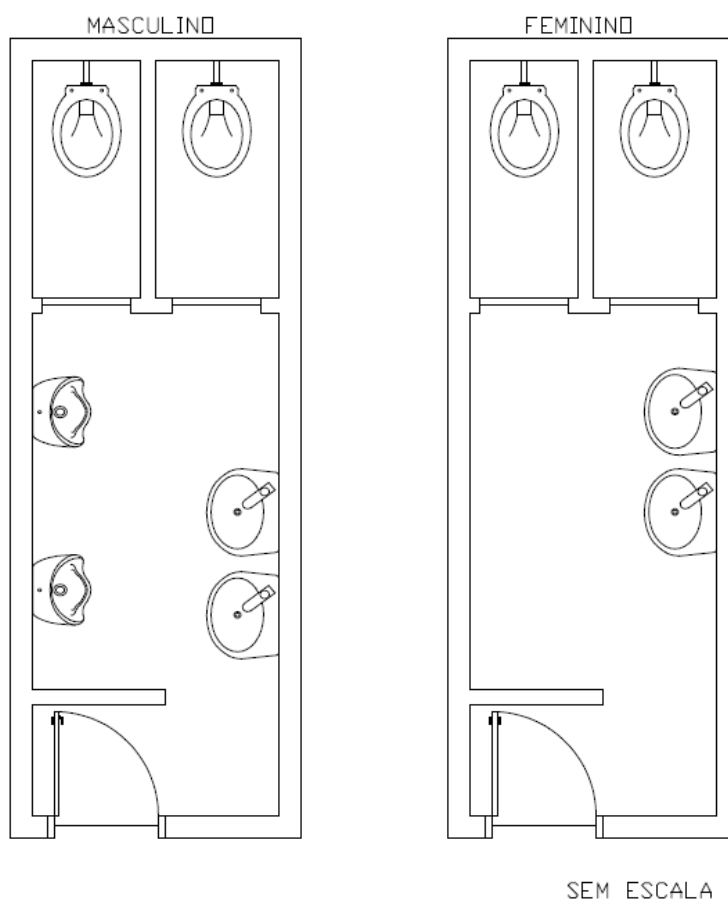
Figura 12 – Banheiro existente no Instituto de Pesquisas Hidráulicas com mau funcionamento dos aparelhos sanitários



(fonte: foto do autor)

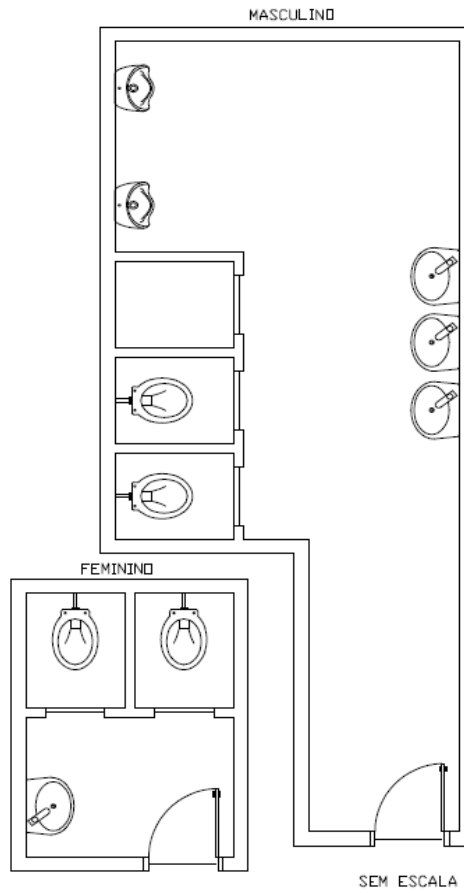
As figuras 13 a 15 mostram o *layout* dos banheiros. Pode-se observar que eles não seguem um padrão, com plantas baixas bem diferentes entre si. Os aparelhos desativados, por falta de manutenção, não foram quantificados.

Figura 13 – Planta baixa de banheiro existente no Instituto de Pesquisas Hidráulicas



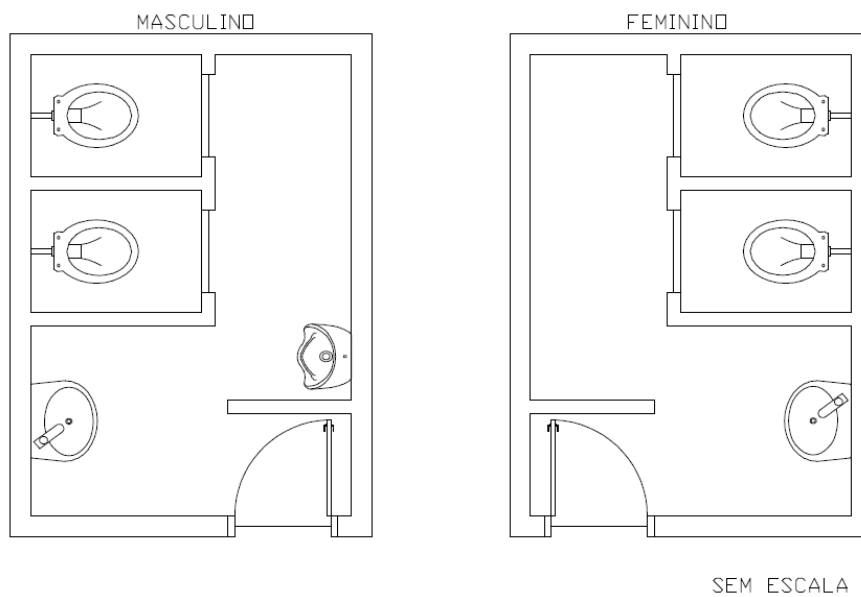
(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 14 – Planta baixa de banheiro existente no Instituto de Pesquisas Hidráulicas



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 15 – Planta baixa de banheiro existente no Instituto de Pesquisas Hidráulicas



(fonte: elaborado pelo autor)

## 5.4 DEMANDA DE ÁGUA NA EDIFICAÇÃO

A demanda de água na edificação foi elaborada através da estimativa do consumo por alunos, professores e funcionários. O consumo foi estimado como o produto da vazão de utilização, a frequência ou tempo de uso e o número de pessoas que frequentam os prédios analisados. Na entrada do IPH, existe um hidrômetro geral que abrange todas as edificações pertinentes ao *campi*. Como existem diversos laboratórios que utilizam bastante água e outras edificações que consomem água para diferentes públicos, a medição individualizada não seria precisa. Portanto, tornou-se necessário realizar a estimativa de demanda exclusivamente para os banheiros presentes nos principais prédios do IPH.

Enquanto ao número de alunos, este foi estimado em função das vagas oferecidas em disciplinas do primeiro e do segundo semestre do ano de 2011 e cujas aulas são ministradas em salas existentes nos prédios analisados. Assim, a demanda estimada em função do consumo por parte dos discentes corresponderia à situação mais crítica onde todas as vagas oferecidas fossem preenchidas. Para futuras ampliações, novas instalações devem ser estudadas. Por sua vez, o número de professores foi estimado em função da análise da localização das salas de aulas e salas de professores. Por fim, o número de funcionários foi estimado de acordo com a sua frequência nos prédios analisados. Os dados foram obtidos junto ao Departamento de Obras Hidráulicas e o Departamento de Hidromecânica e Hidrologia do Instituto de Pesquisas Hidráulicas.

As frequências de uso e o tempo de utilização diário foram obtidos a partir do trabalho de Marinoski (2007), que obteve os valores dessas variáveis através de questionários aplicados a um grande conjunto de alunos, professores e funcionários frequentadores uma Instituição de Ensino Superior na cidade de Florianópolis. Os resultados apresentados nesse trabalho foram considerados válidos para o estudo de caso aqui analisado e os valores médios dessas variáveis adotados. A vazão de utilização dos aparelhos foi determinada de acordo com a bibliografia e testes práticos nos banheiros realizados pela mesma autora das pesquisas mencionadas acima. Avaliando-se que a edificação é frequentada por algumas pessoas em alguns sábados, para fins de cálculo de demanda, foi utilizado o valor de 23 dias úteis em um mês. Na tabela 7, estão resumidos os valores adotados para o cálculo da demanda.

Tabela 7 – Demanda de água nos banheiros da edificação

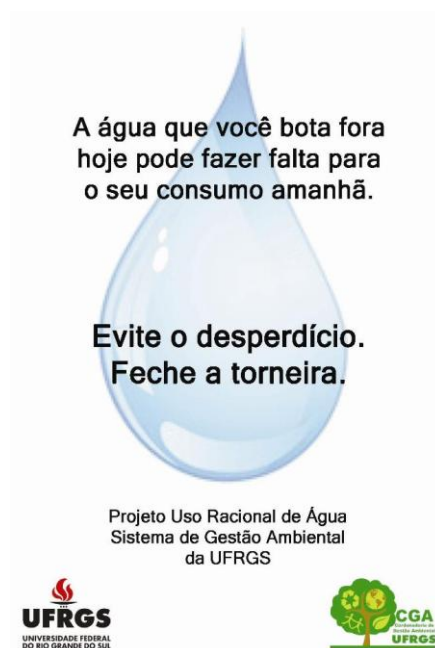
<b>Demanda dos vasos sanitários existentes</b>						
População		Frequência por pessoa (uso/dia)	Vazão de Utilização (l/uso)	Consumo Total (m <sup>3</sup> /dia)	Consumo Total (m <sup>3</sup> /mês)	Demanda Total
Alunos	282	1,39	10,0	3,908	85,986	112,297
Professores	23	1,54	10,0	0,353	7,767	
Funcionários	43	1,88	10,0	0,806	18,544	
<b>Demanda dos mictórios existentes</b>						
População		Frequência por pessoa (uso/dia)	Vazão de Utilização (l/uso)	Consumo Total (m <sup>3</sup> /dia)	Consumo Total (m <sup>3</sup> /mês)	Demanda Total
Alunos	141	1,58	1,0	0,223	4,905	7,156
Professores	19	2,18	1,0	0,041	0,911	
Funcionários	22	2,71	1,0	0,058	1,340	
<b>Demanda das torneiras existentes</b>						
População		Tempo de Utilização Diária (min)	Vazão de Utilização (l/s)	Consumo Total (m <sup>3</sup> /dia)	Consumo Total (m <sup>3</sup> /mês)	Demanda Total
Alunos	282	0,41	0,07	0,489	10,755	15,087
Professores	23	0,53	0,07	0,052	1,137	
Funcionários	43	0,77	0,07	0,139	3,196	
<b>Estimativa da demanda (m<sup>3</sup>/mês) =</b>					<b>134,54</b>	
<b>Estimativa da demanda (m<sup>3</sup>/ano) =</b>					<b>1.614,49</b>	

(fonte: elaborado pelo autor)

## 5.5 CONSCIENTIZAÇÃO DOS USUÁRIOS

A conscientização dos usuários é de extrema importância para a redução do consumo de água. Com isso, tornam-se necessárias medidas para orientar o correto uso dos aparelhos poupadores d'água implantados na edificação. Atualmente, na UFRGS, existe uma campanha incentivando o uso racional da água nos banheiros através de cartazes, como o apresentado na figura 16, que são colocados nos banheiros da Universidade.

Figura 16 – Campanha para promover o uso racional da água na UFRGS



(fonte: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, 2012b)

## 6 PROJETO DE IMPLEMENTAÇÃO DOS DISPOSITIVOS

Neste capítulo são abordados os quantitativos de materiais que devem ser utilizados para promover uma redução do consumo de água na edificação. São apresentadas as plantas baixas dos banheiros, com os novos dispositivos instalados e os locais que devem receber adesivos para conscientização e orientação dos usuários.

### 6.1 QUANTITATIVO DE MATERIAIS

O quantitativo de materiais foi elaborado de acordo com as instalações existentes no local. Foram utilizados materiais com o baixo custo, prevendo-se que a demanda não tornaria viável um investimento maior. Não foi proposta nenhuma alteração no *layout* dos banheiros da edificação, devido ao alto custo de execução. Na tabela 8 é possível visualizar quais os materiais necessários.

Tabela 8 – Quantitativo de materiais necessários

Discriminação	Unidade	Quantidade
Bancada em granito e=2,5cm e L=60cm c/ furo para cuba	m <sup>2</sup>	12,8
Cuba de embutir oval louça branca s/ ladrão	und.	26,0
Válvula em plástico cromado 1" p/ lavatório	und.	26,0
Sifão flexível	und.	26,0
Vaso sanitário sifonado com caixa acoplada (3 e 6 litros/acionamento) louça branca	und.	28,0
Mictório sifonado louça branca	und.	13,0
Válvula de descarga com fechamento automático para mictório	und.	13,0
Torneira de pressão com fechamento automático e acabamento cromado com arejador	und.	26,0
Engate flexível metálico cromado 1/2" x 40cm	und.	54,0
Vedação 100mm PVC para saída vaso tipo EG-27	und.	28,0
Parafuso niquelado para fixar peça sanitária, incluindo porca cega, arruela bucha de nylon S-8	und.	56,0
Mão de obra	vb.	1,0

(fonte: elaborado pelo autor)

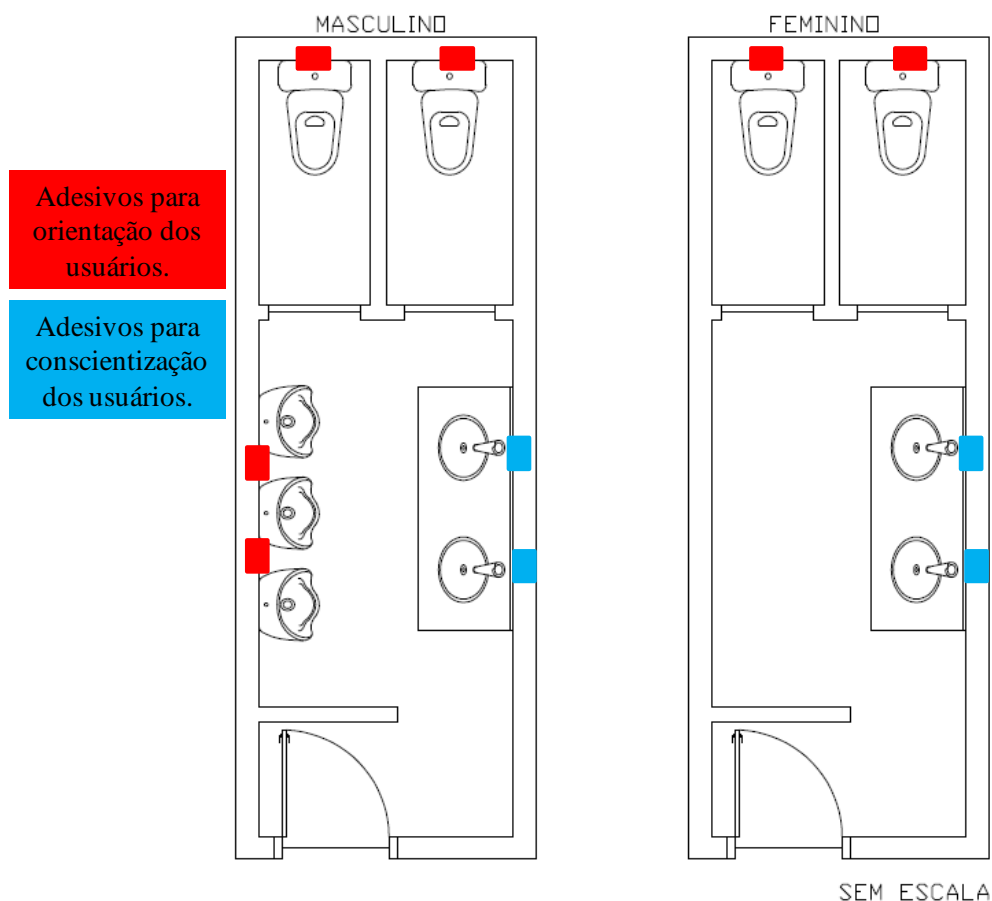


## 6.2 PLANTA BAIXA DOS BANHEIROS

Para um prévio projeto de execução foram elaboradas as plantas baixas dos banheiros, nas quais são implantados dispositivos de baixo consumo de água. Através da análise das plantas baixas é possível escolher quais os aparelhos mais adequados para o local, levando-se em conta as dimensões disponíveis e a sua posição correta, de acordo com as instalações hidrossanitárias existentes.

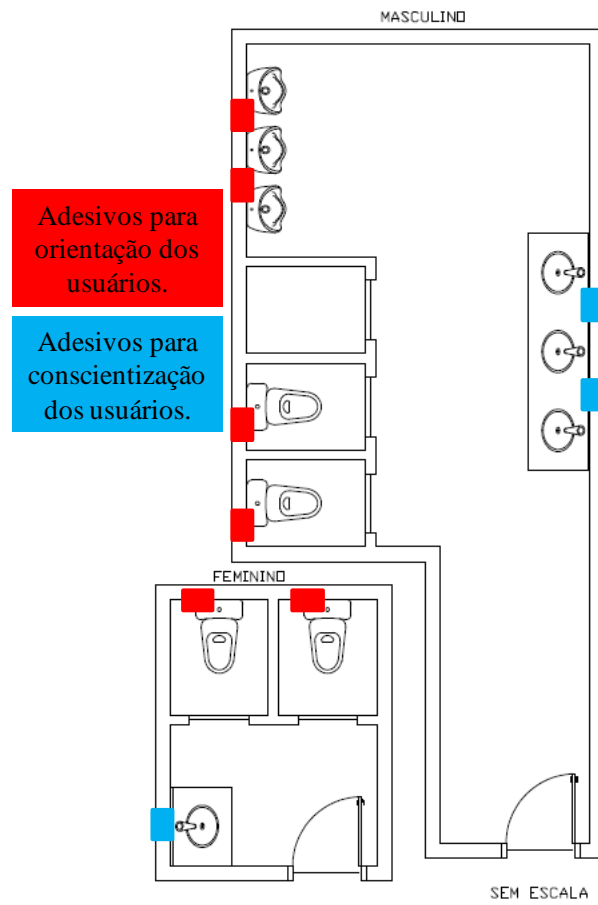
Nas figuras 17 a 19 se observa a disposição dos aparelhos economizadores e os possíveis locais onde serão colocados adesivos para orientação e conscientização dos usuários. Esses adesivos são apresentados no item 6.3.

Figura 17 – Planta baixa dos banheiros com dispositivos poupadores



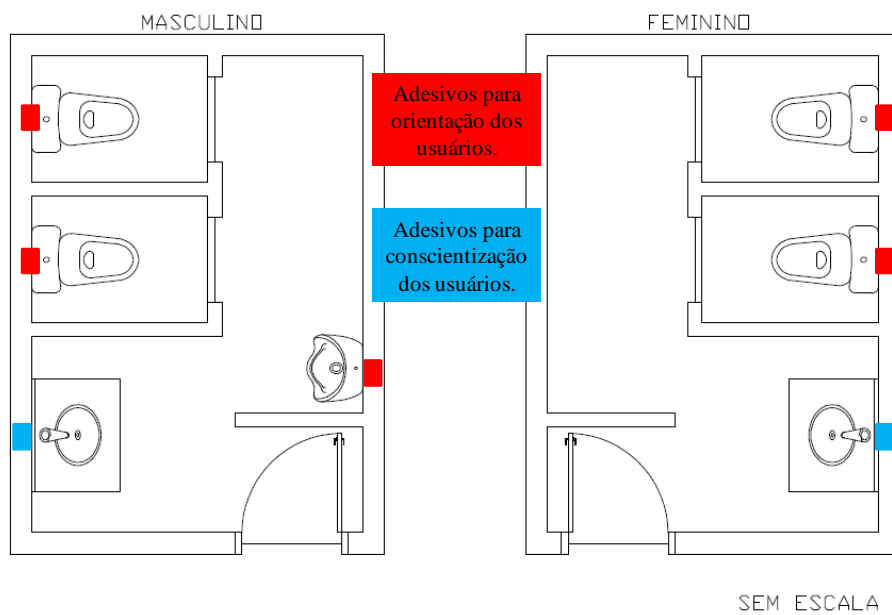
(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 18 – Planta baixa dos banheiros com dispositivos poupadores



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 19 – Planta baixa dos banheiros com dispositivos poupadores



(fonte: elaborado pelo autor)

### 6.3 ORIENTAÇÃO AOS USUÁRIOS

A orientação dos usuários é muito relevante para reduzir o consumo de água. Para tanto, verificou-se a necessidade de criar opções simples de orientação. A colocação de adesivos, em locais estratégicos, com 10 centímetros de altura por 15 centímetros de largura foi a maneira mais fácil encontrada.

A instalação de bacias sanitárias com duplo acionamento reduz significativamente o consumo. Entretanto, se o usuário acionar apenas o compartimento de seis litros sempre que utilizar torna-se dispensável o compartimento de três litros, que reduz em 50% o consumo. A figura 20 indica como deve ser feito o acionamento, de acordo com o uso da bacia.

Figura 20 – Orientação para utilização das bacias sanitárias de duplo acionamento



(fonte: elaborado pelo autor)

O uso do mictório também deve ser orientado aos usuários. O botão de acionamento libera 1 litro de água, suficiente para limpeza da louça. A utilização inadequada consome mais água que o necessário e por isso a importância da fixação de adesivos para orientação (figura 21).

Figura 21 – Orientação para utilização dos mictórios



(fonte: elaborado pelo autor)

## 7 ANÁLISE DE CUSTO-BENEFÍCIO

Neste capítulo são estimados os custos necessários para implementação dos dispositivos poupadores de água nos banheiros do IPH/UFRGS. Os benefícios diretos do sistema proposto estão relacionados à diminuição do consumo de água. Assim, em função das incertezas associadas à eficiência desses dispositivos, um conjunto de cenários foi proposto, considerando diferentes porcentagens de redução do consumo. Além disso, o custo unitário da água foi estimado para situações futuras. Por fim, uma análise econômica permitiu estimar o período de retorno do investimento.

### 7.1 CUSTOS CONSIDERADOS

Para elaboração do estudo, foram identificados os custos envolvidos na implantação dos dispositivos poupadores de água na edificação. Foram quantificados, também, os custos com a água consumida e a mão de obra para instalação dos dispositivos.

A análise do custo unitário da água foi obtida junto ao Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE). Para instituições públicas o valor cobrado, no ano de 2012, é de R\$ 4,64 por metro cúbico consumido. Este valor foi extrapolado linearmente de acordo com o Índice Geral de Preços do Mercado (IGP-M) acumulado para o mês de dezembro de 2011, até o ano de 2061 e tende a aumentar ainda mais com a crescente escassez. Os resultados estão representados na tabela 9.

Os custos de mão de obra foram simplificados, considerando-se o valor de 45% sobre os valores com os materiais orçados. Esse valor representa uma boa aproximação, podendo ser visualizado nas planilhas de composição do cálculo do Custo Unitário Básico realizado pelo Sinduscon-RS.

Alguns custos de insumos não foram considerados neste orçamento. Os valores para troca do revestimento cerâmico de pisos e paredes, esquadrias e as demais aberturas dos banheiros não estão relacionados. A economia de água na edificação não está ligada à instalação destes materiais, o que explica a necessidade de excluí-los.

Tabela9 – Custo unitário da água projetado

Ano	Custo unitário (R\$/m <sup>3</sup> )	Ano	Custo unitário (R\$/m <sup>3</sup> )
2012	4,64	2037	10,56
2013	4,88	2038	10,79
2014	5,11	2039	11,03
2015	5,35	2040	11,27
2016	5,59	2041	11,50
2017	5,82	2042	11,74
2018	6,06	2043	11,98
2019	6,30	2044	12,21
2020	6,53	2045	12,45
2021	6,77	2046	12,69
2022	7,01	2047	12,92
2023	7,24	2048	13,16
2024	7,48	2049	13,40
2025	7,72	2050	13,63
2026	7,95	2051	13,87
2027	8,19	2052	14,11
2028	8,43	2053	14,34
2029	8,66	2054	14,58
2030	8,90	2055	14,82
2031	9,14	2056	15,05
2032	9,37	2057	15,29
2033	9,61	2058	15,53
2034	9,85	2059	15,76
2035	10,08	2060	16,00
2036	10,32	2061	16,24

(fonte: elaborado pelo autor)

Para orçar os insumos envolvidos, utilizou-se a tabela de preços do Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil (Sinapi). A database considerada é de julho de 2012. A torneira a pressão com fechamento automático não é citada na tabela Sinapi. Seu valor foi obtido através do valor mediano de uma pesquisa realizada em três estabelecimentos. No primeiro estabelecimento, o valor orçado foi de R\$ 139,80, no segundo, foi R\$ 170,00 e no terceiro, foi de R\$ 135,00. A tabela10 resume esses resultados.

Tabela10 – Quantitativo e orçamento dos materiais

Código SINAPI	Discriminação	Unidade	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
11693	Bancada em granito e=2,5cm e L=60cm c/ furo para cuba	m <sup>2</sup>	12,8	369,13	4.724,86
20269	Cuba de embutir oval louça branca s/ ladrão	und.	26,0	47,08	1.224,08
6154	Válvula em plástico cromado 1" p/ lavatório	und.	26,0	4,64	120,64
20261	Sifão flexível	und.	26,0	13,81	359,06
10422	Vaso sanitário sifonado com caixa acoplada (3 e 6 litros/acionamento) louça branca	und.	28,0	201,07	5.629,96
10432	Mictório sifonado louça branca	und.	13,0	118,39	1.539,07
21112	Válvula de descarga com fechamento automático para mictório	und.	13,0	92,97	1.208,61
	Torneira de pressão com fechamento automático e acabamento cromado com arejador	und.	26,0	139,80	3.634,80
11684	Engate flexível metálico cromado 1/2" x 40cm	und.	54,0	23,07	1.245,78
6138	Vedação 100mm PVC para saída vaso tipo EG-27	und.	28,0	2,78	77,84
4351	Parafuso niquelado para fixar peça sanitária, incluído porca cega, arruela bucha de nylon S-8	und.	56,0	1,90	106,40
	Mão de obra	vb.	1,0	8.942,00	8.942,00
<b>TOTAL GERAL (R\$)</b>					<b>28.813,10</b>

(fonte: elaborado pelo autor)

## 7.2 CENÁRIOS DE COMPARAÇÃO

Para a realização do estudo foram criados cenários variados, com diferentes reduções no consumo de água. Os cenários foram arbitrados, prevendo-se que a economia na edificação pode sofrer variações. Além disso, novos equipamentos podem ser disponibilizados no futuro com melhora na eficiência e conseqüente aumento da redução do consumo. Na tabela 11 é possível visualizar quais as porcentagens adotadas.

Tabela11 – Cenários adotados para redução do consumo de água

Cenário	1	2	3	4	5	6	7
Redução no consumo	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%

(fonte: elaborado pelo autor)

### 7.3 VIABILIDADE ECONÔMICA

A viabilidade econômica de implementação de dispositivos poupadores de água foi calculada pelo método de Valor Presente Líquido (VPL), de acordo com o Índice Nacional de Custo da Construção para o Mercado (INCC-M) que, para dezembro de 2011, está acumulado em 7,48%. O VPL está explicitado na fórmula abaixo e consiste em trazer para o presente, os valores futuros dos custos com o consumo de água da edificação. Além do INCC-M, foram propostas outras taxas de reajuste com valores de 9,00%, 5,50% e 4,00%. Estes valores foram arbitrados, prevendo-se futuras variações das taxas de reajuste de preços.

Onde:

VPL = Valor Presente Líquido;

FC = Fluxo de Caixa Inicial;

FC1 = Fluxo de Caixa no Primeiro Período;

FC2 = Fluxo de Caixa no Segundo Período;

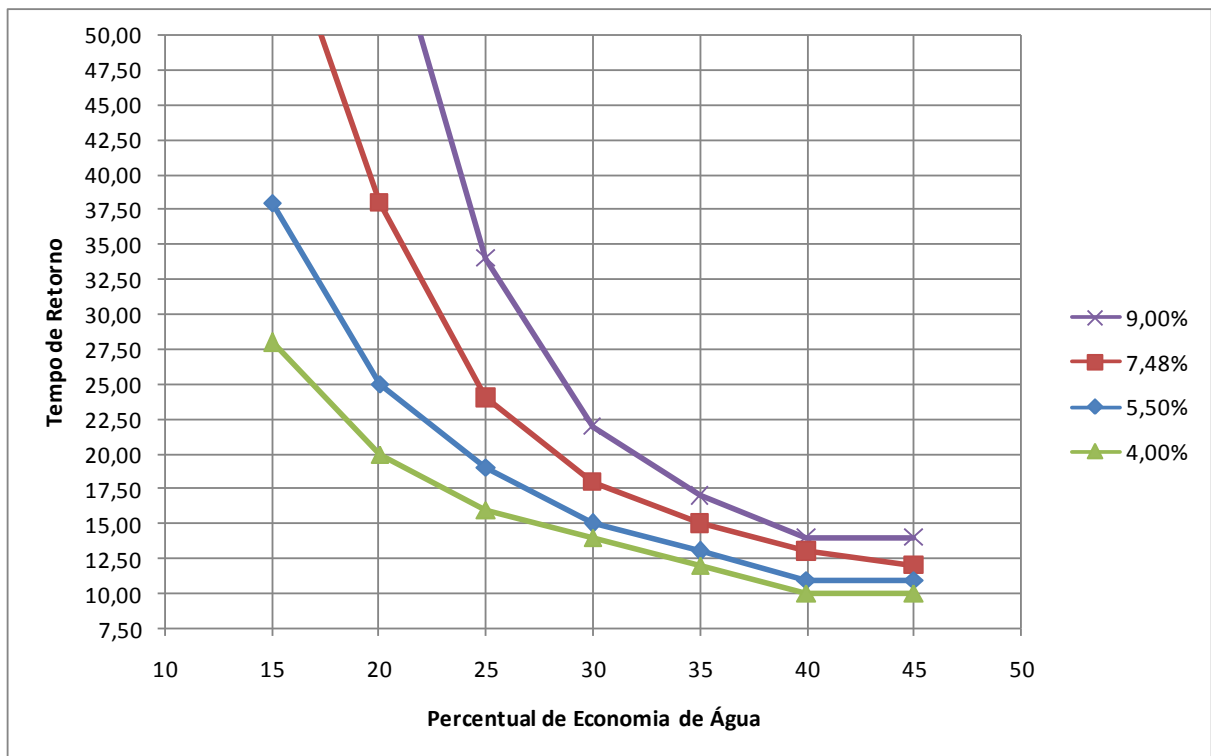
n = Período do Fluxo de Caixa;

i = Taxa de Juros Aplicada.

No IPH, o consumo anual foi estimado em 1.614,49 metros cúbicos de água, dividido entre alunos, professores e funcionários. Com o custo inicial de R\$28.813,10, para implantação dos novos dispositivos economizadores de água, e projetando-se os custos com o consumo até o ano de 2061, verificou-se, para diferentes potenciais de redução no consumo de água, qual o fluxo de caixa e o tempo de retorno estimado do investimento realizado. A figura 22 apresenta um gráfico no qual se visualiza qual o tempo de retorno do investimento, em função da redução do consumo de água, para diferentes valores do índice de reajuste. Observa-se que, para reduções no consumo inferiores a 25%, o tempo de retorno é muito elevado, não sendo viável economicamente. Todavia, para reduções no consumo superiores a 30%, o tempo de retorno é relativamente baixo. Com uma redução de 40% o investimento é viável, com retorno de investimento próximo a 10 anos. Em função dos aparelhos utilizados no projeto proposto, a porcentagem de redução teórica obtida resulta igual a 43% o que demonstraria a viabilidade

econômica do sistema proposto. Para obter tal valor considerou-se a redução no consumo de água dos dispositivos citados na planilha de orçamento. Com base na bibliografia, os consumos mensais foram multiplicados pela porcentagem de redução e obteve-se um valor reduzido de consumo. Esse valor foi comparado com o valor existente de consumo e chegou-se na porcentagem de redução desejada.

Figura 22–Tempo de retorno do investimento em função da porcentagem de redução



(fonte: elaborado pelo autor)

Os dados de benefícios devido à redução no consumo, fluxo de caixa ao longo do período estudado e VPL são apresentados nos apêndices A, B e C. Através dos cálculos realizados observa-se que quanto menor o índice de reajuste do VPL, menor é o tempo de retorno, conforme esperado.



## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em uma época em que é fundamental a conservação dos recursos hídricos, torna-se necessário buscar medidas e soluções sustentáveis que contribuam para o uso racional da água. A implementação de aparelhos economizadores em edificações existentes pode reduzir significativamente o consumo de água. De acordo com as informações obtidas junto ao DMAE, em órgãos públicos, o valor unitário da água é o dobro do normal, o retorno de investimento mostra-se ainda mais viável.

O presente trabalho avaliou econômica e tecnicamente alternativas para reduzir o consumo de água nos banheiros do Instituto de Pesquisas Hidráulicas, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Foram pesquisadas tecnologias disponíveis no mercado para substituição dos equipamentos existentes. Para elaboração dos benefícios de implantação do sistema, foi necessário quantificar os equipamentos e realizar um orçamento e esse foi elaborado com base na tabela de custos do Sinapi. O valor orçado foi de R\$ 28.813,0 incluindo-se apenas os dispositivos diretamente relacionados com a utilização de água.

Com o orçamento de implantação pronto, projetou-se o custo da água em um período de 50 anos e através da demanda existente foi possível verificar a viabilidade econômica dos dispositivos economizadores. A análise dos custos trazidos para o presente, através do método de Valor Presente Líquido, indica um tempo de retorno relativamente baixo, sendo altamente recomendável a implantação dos dispositivos. A grande demanda de água da edificação, que é frequentada diariamente por aproximadamente 350 pessoas, foi o fator determinante para tornar viável a troca dos equipamentos existentes, por dispositivos que consomem menos água. A bibliografia estudada demonstra que, em alguns casos, a economia chega a 40% em locais com intervenções parecidas com as que o estudo propõe no IPH.

O tempo de retorno foi estudado para três índices diferentes de correção. Como base utilizou-se o INCC atual, que é de 7,48%, para analisar, no presente, os gastos futuros com o consumo de água. Em função de que esse valor pode mudar ao longo do tempo, o estudo foi realizado com outros dois valores arbitrados em 4,00% e 5,50%. Verificou-se que, para um índice menor, o período de retorno do investimento teve um valor mais baixo, conforme esperado.

Uma consideração importante que deve ser levada em conta pra implantação de dispositivos que poupam água é a questão ambiental. O IPH representa o *campi* universitário onde são elaboradas diversas pesquisas com os recursos hídricos. Um sistema para diminuir o consumo de água terá um impacto social para os frequentadores do local, tornando-se difícil de mensurar qual a abrangência que esse estudo terá com relação ao público que utiliza a edificação. Figurar como uma Universidade que preza a sustentabilidade representa um ganho muito importante para toda a população.

A reutilização de águas provenientes das pias dos banheiros não foi aprofundada neste trabalho. Para tal, seriam necessárias intervenções maiores nos banheiros, com a construção de filtros, reservatórios e bombas de recalque. Outra limitação da pesquisa foi a impossibilidade de identificar o consumo exato na edificação. Os ramais são misturados com as construções vizinhas que não pertencem ao IPH, e o consumo seria irreal. Um estudo mais abrangente com a utilização de água de reúso, fazendo-se uma medição real do consumo fica como sugestão para outras pesquisas.

## REFERÊNCIAS

- ACQUAMENOS. [Bacias sanitárias economizadoras]. Belo Horizonte, [2012]. Disponível em: <<http://www.exergis.com.br/>>. Acesso em: 28 nov. 2012.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conservação e Reúso da água em Edificações**. São Paulo: Prol Editora, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.281**: torneira de pressão – requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2003.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Proteção da qualidade e do abastecimento de recursos hídricos**: aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos. Brasília, DF, 2004. Não paginado. Disponível em: <[www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/\\_arquivos/cap18.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/cap18.pdf)>. Acesso em: 28 mar. 2012.
- BOBSON. [Sistemas de limpeza e automatização de banheiros]. Taipei-Taiwan, [2012]. Disponível em: <<http://www.bobson.com.br/>>. Acesso em: 28 nov. 2012.
- BRASIL. Ministério da Educação; Ministério do Meio Ambiente. **Consumo sustentável**: manual de educação. Brasília, 2002. Disponível em: <[portal.mec.gov.br/dmdocuments/publicacao8.pdf](http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/publicacao8.pdf)>. Acesso em 14 ago. 2012.
- DECA. [Metais sanitários poupadores de água]. São Paulo, [2012]. Disponível em: <<http://www.deca.com.br/>>. Acesso em: 28 mar. 2012.
- DRACO. [Metais sanitários para banheiros]. São Paulo, [2012]. Disponível em: <<http://www.dracoeletronica.com.br/>>. Acesso em: 28 nov. 2012.
- DREHER, V. P. **Possíveis soluções para o uso racional da água na edificação da Câmara Municipal de Porto Alegre**. 2008. 103 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- ECOWIN. [Soluções ecológicas para promover o baixo consumo de água]. Gotemburgo-Suécia, [2012]. Disponível em: <<http://www.ecowin.com.br/>>. Acesso em: 28 nov. 2012.
- FABRIMAR. [Metais sanitários para banheiros]. Rio de Janeiro, [2012]. Disponível em: <<http://www.fabrimar.com.br/>>. Acesso em: 28 nov. 2012.
- GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.
- GOOGLE. **Google maps**. [Av. Bento Gonçalves, 9500 – Instituto de Pesquisas Hidráulicas]. [S.l.], 2011. Disponível em: <<http://maps.google.com.br>>. Acesso em: 14 abr. 2012.
- GWA INTERNATIONAL LIMITED. [Fábrica de aparelhos e louças sanitárias sustentáveis.]. Sydney, 2008. Disponível em: <<http://www.caroma.com.au/>>. Acesso em: 10 maio 2012.

LORENZETTI. [Metais sanitários para banheiros]. São Paulo, [2012]. Disponível em: <<http://www.lorenzetti.com.br/>>. Acesso em: 28 nov. 2012.

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino:** estudo de caso em Florianópolis-SC, 2007. 118 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: <[www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/tccs/TCC\\_Ana\\_Kelly\\_Marinoski.pdf](http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/tccs/TCC_Ana_Kelly_Marinoski.pdf)>. Acesso em: 09 set. 2012.

MENDES, C. F. **Estudo exploratório de programas de uso racional de água em instituições de ensino superior e a pré-implantação no anel viário do campus do vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.** 2006. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. Disponível em: <[www.lume.ufrgs.br/handle/10183/8959](http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/8959)>. Acesso em: 29 maio 2012.

PORTO ALEGRE. Secretaria Municipal de Planejamento. **Lei Complementar n. 10506**, de 5 de agosto de 2008. Institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas. Porto Alegre, 2008. Disponível em: <<http://www2.portoalegre.rs.gov.br/cgi-bin/nph-brs?s1=000029949.DOCN.&l=20&u=/netahtml/sirel/simples.html&p=1&r=1&f=G&d=atos&SECT1=TEXT>>. Acesso em: 25 maio 2012.

ROAF, S.; FUENTES, M.; THOMAS, S. **Ecohouse:** a design guide. 3rd ed. Oxford, UK: Architectural Press, 2007.

SÃO PAULO (Estado). Companhia de Saneamento Básico. **Manual de gerenciamento para controladores de consumo de água.** São Paulo, 2009. Disponível em: <[site.sabesp.com.br/uploads/file/.../Manual%20do%20controlador.pdf](http://site.sabesp.com.br/uploads/file/.../Manual%20do%20controlador.pdf)>. Acesso em: 28 mar. 2012.

SILVA, G. S. **Programas permanentes de uso racional da água em Campi Universitários:** Programa de uso racional da água da Universidade de São Paulo. 2005. 482 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <[www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-12042005-102420/publico/GISELESANCHES.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-12042005-102420/publico/GISELESANCHES.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2012.

SOUSA, E. C.; SOUSA JÚNIOR, W. C.; RIBEIRO, E. N.; PESSOA, G. B. P. Uso eficiente da água: o caso do Aeroporto Internacional de São Paulo. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO SUL-SUDESTE, 2., 2008, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: ABRH, 2008. Não paginado. Disponível em: <[www.hidroaer.ita.br/PDF/Anexo\\_13.pdf](http://www.hidroaer.ita.br/PDF/Anexo_13.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2012.

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

UNIVERSIDADE DA ÁGUA. Água no Planeta. São Paulo, [2012?]. Disponível em: <[http://www.uniagua.org.br/public\\_html/website/default.asp?tp=3&pag=aguaplaneta.htm](http://www.uniagua.org.br/public_html/website/default.asp?tp=3&pag=aguaplaneta.htm)>. Acesso em: 15 maio 2012.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. [Histórico da criação do IPH]. Porto Alegre, [2012a?]. Disponível em:<<http://www.ufrgs.br/iph/institucional>>. Acesso em: 22 mar. 2012.

\_\_\_\_\_. Projeto uso racional de água. Porto Alegre, 2012b. Disponível em:<<http://paginas.ufrgs.br/sga/operacao-do-sga-da-ufrgs-1/projetos/EtiquetaprontaAgua.jpg>>. Acesso em: 22 out. 2012.

**APÊNDICEA – Cálculo da viabilidade econômica para uma taxa de 4,00%**

Tabela A1 – Estimativa do retorno de investimento para uma taxa de ajuste de 4% e porcentagens de redução de consumo de 15% e 20%

Período	Ano	Custo com consumo de água (R\$)	Viabilidade para uma Taxa de 4,00%					
			15%			20%		
			VPL (R\$)	Custo Inicial (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)	VPL (R\$)	Custo Inicial (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
1	2012	7.491,22	1.080,46	-28.813,10	-27.732,64	1.440,62	-28.813,10	-27.372,48
2	2013	7.873,27	1.091,89		-26.640,75	1.455,86		-25.916,63
3	2014	8.255,32	1.100,84		-25.539,90	1.467,79		-24.448,84
4	2015	8.637,37	1.107,49		-24.432,41	1.476,65		-22.972,18
5	2016	9.019,42	1.112,00		-23.320,42	1.482,66		-21.489,52
6	2017	9.401,48	1.114,52		-22.205,90	1.486,02		-20.003,50
7	2018	9.783,53	1.115,20		-21.090,70	1.486,94		-18.516,56
8	2019	10.165,58	1.114,18		-19.976,51	1.485,58		-17.030,98
9	2020	10.547,63	1.111,59		-18.864,92	1.482,13		-15.548,86
10	2021	10.929,68	1.107,56		-17.757,36	1.476,74		-14.072,12
11	2022	11.311,74	1.102,18		-16.655,18	1.469,58		-12.602,54
12	2023	11.693,79	1.095,59		-15.559,59	1.460,78		-11.141,76
13	2024	12.075,84	1.087,87		-14.471,73	1.450,49		-9.691,27
14	2025	12.457,89	1.079,12		-13.392,61	1.438,82		-8.252,45
15	2026	12.839,94	1.069,43		-12.323,18	1.425,91		-6.826,53
16	2027	13.222,00	1.058,90		-11.264,28	1.411,87		-5.414,67
17	2028	13.604,05	1.047,59		-10.216,68	1.396,79		-4.017,88
18	2029	13.986,10	1.035,59		-9.181,09	1.380,79		-2.637,09
19	2030	14.368,15	1.022,96		-8.158,13	1.363,95		-1.273,14
20	2031	14.750,20	1.009,77		-7.148,36	1.346,36	<b>TR: 20</b>	73,22
21	2032	15.132,26	996,08		-6.152,28	1.328,11		
22	2033	15.514,31	981,95		-5.170,33	1.309,27		
23	2034	15.896,36	967,44		-4.202,89	1.289,91		
24	2035	16.278,41	952,58		-3.250,31	1.270,11		
25	2036	16.660,46	937,44		-2.312,87	1.249,92		
26	2037	17.042,52	922,06		-1.390,81	1.229,41		
27	2038	17.424,57	906,47		-484,34	1.208,63		
28	2039	17.806,62	890,72	<b>TR: 28</b>	406,38	1.187,62		
29	2040	18.188,67	874,83			1.166,44		
30	2041	18.570,73	858,86			1.145,14		
31	2042	18.952,78	842,81			1.123,75		
32	2043	19.334,83	826,73			1.102,31		
33	2044	19.716,88	810,64			1.080,86		
34	2045	20.098,93	794,57			1.059,42		
35	2046	20.480,99	778,53			1.038,04		
36	2047	20.863,04	762,55			1.016,73		
37	2048	21.245,09	746,65			995,53		
38	2049	21.627,14	730,84			974,46		
39	2050	22.009,19	715,15			953,53		
40	2051	22.391,25	699,58			932,77		
41	2052	22.773,30	684,15			912,20		
42	2053	23.155,35	668,87			891,83		
43	2054	23.537,40	653,76			871,68		
44	2055	23.919,45	638,82			851,75		
45	2056	24.301,51	624,06			832,08		
46	2057	24.683,56	609,49			812,65		
47	2058	25.065,61	595,12			793,49		
48	2059	25.447,66	580,95			774,60		
49	2060	25.829,71	566,99			755,99		
50	2061	26.211,77	553,25			737,67		

Tabela A2 – Estimativa do retorno de investimento para uma taxa de ajuste de 4% e porcentagens de redução de consumo de 25% e 30%

Período	Ano	Custo com consumo de água (R\$)	Viabilidade para uma Taxa de 4,00%					
			25%			30%		
			VPL (R\$)	Custo Inicial (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)	VPL (R\$)	Custo Inicial (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
1	2012	7.491,22	1.800,77	-28.813,10	-27.012,33	2.160,93	-28.813,10	-26.652,17
2	2013	7.873,27	1.819,82		-25.192,51	2.183,78		-24.468,39
3	2014	8.255,32	1.834,74		-23.357,77	2.201,68		-22.266,70
4	2015	8.637,37	1.845,82		-21.511,95	2.214,98		-20.051,73
5	2016	9.019,42	1.853,33		-19.658,63	2.223,99		-17.827,73
6	2017	9.401,48	1.857,53		-17.801,10	2.229,04		-15.598,70
7	2018	9.783,53	1.858,67		-15.942,43	2.230,40		-13.368,29
8	2019	10.165,58	1.856,97		-14.085,45	2.228,37		-11.139,93
9	2020	10.547,63	1.852,66		-12.232,80	2.223,19		-8.916,74
10	2021	10.929,68	1.845,93		-10.386,87	2.215,11		-6.701,63
11	2022	11.311,74	1.836,97		-8.549,90	2.204,37		-4.497,26
12	2023	11.693,79	1.825,98		-6.723,92	2.191,17		-2.306,09
13	2024	12.075,84	1.813,11		-4.910,81	2.175,73		-130,36
14	2025	12.457,89	1.798,53		-3.112,28	2.158,24	TR: 14	2.027,88
15	2026	12.839,94	1.782,39		-1.329,89	2.138,87		
16	2027	13.222,00	1.764,83	TR: 16	434,94	2.117,80		
17	2028	13.604,05	1.745,99			2.095,19		
18	2029	13.986,10	1.725,98			2.071,18		
19	2030	14.368,15	1.704,93			2.045,92		
20	2031	14.750,20	1.682,95			2.019,54		
21	2032	15.132,26	1.660,14			1.992,16		
22	2033	15.514,31	1.636,59			1.963,90		
23	2034	15.896,36	1.612,39			1.934,87		
24	2035	16.278,41	1.587,64			1.905,17		
25	2036	16.660,46	1.562,41			1.874,89		
26	2037	17.042,52	1.536,76			1.844,12		
27	2038	17.424,57	1.510,78			1.812,94		
28	2039	17.806,62	1.484,53			1.781,43		
29	2040	18.188,67	1.458,06			1.749,67		
30	2041	18.570,73	1.431,43			1.717,71		
31	2042	18.952,78	1.404,69			1.685,62		
32	2043	19.334,83	1.377,89			1.653,46		
33	2044	19.716,88	1.351,07			1.621,28		
34	2045	20.098,93	1.324,28			1.589,13		
35	2046	20.480,99	1.297,55			1.557,06		
36	2047	20.863,04	1.270,92			1.525,10		
37	2048	21.245,09	1.244,41			1.493,30		
38	2049	21.627,14	1.218,07			1.461,68		
39	2050	22.009,19	1.191,91			1.430,29		
40	2051	22.391,25	1.165,96			1.399,16		
41	2052	22.773,30	1.140,25			1.368,30		
42	2053	23.155,35	1.114,78			1.337,74		
43	2054	23.537,40	1.089,59			1.307,51		
44	2055	23.919,45	1.064,69			1.277,63		
45	2056	24.301,51	1.040,09			1.248,11		
46	2057	24.683,56	1.015,81			1.218,98		
47	2058	25.065,61	991,86			1.190,23		
48	2059	25.447,66	968,25			1.161,90		
49	2060	25.829,71	944,99			1.133,98		
50	2061	26.211,77	922,08			1.106,50		



Tabela A3 – Estimativa do retorno de investimento para uma taxa de ajuste de 4% e porcentagens de redução de consumo de 35%, 40% e 45%

Período	Ano	Custo com consumo de água (R\$)	Viabilidade para uma Taxa de 4,00%								
			35%			40%			45%		
			VPL (R\$)	Custo Inicial (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)	VPL (R\$)	Custo Inicial (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)	VPL (R\$)	Custo Inicial (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
1	2012	7.491,22	2.521,08	-28.813,10	-26.292,02	2.881,24	-28.813,10	-25.931,86	3.241,39	-28.813,10	-25.571,71
2	2013	7.873,27	2.547,75		-23.744,27	2.911,71		-23.020,15	2.911,71		-22.660,00
3	2014	8.255,32	2.568,63		-21.175,64	2.935,58		-20.084,57	2.935,58		-19.724,42
4	2015	8.637,37	2.584,14		-18.591,50	2.953,30		-17.131,27	2.953,30		-16.771,11
5	2016	9.019,42	2.594,66		-15.996,84	2.965,32		-14.165,94	2.965,32		-13.805,79
6	2017	9.401,48	2.600,54		-13.396,30	2.972,05		-11.193,89	2.972,05		-10.833,74
7	2018	9.783,53	2.602,14		-10.794,16	2.973,87		-8.220,02	2.973,87		-7.859,87
8	2019	10.165,58	2.599,76		-8.194,40	2.971,16		-5.248,87	2.971,16		-4.888,71
9	2020	10.547,63	2.593,72		-5.600,68	2.964,25		-2.284,62	2.964,25		-1.924,46
10	2021	10.929,68	2.584,30		-3.016,38	2.953,48	TR: 10	668,86	2.953,48	TR: 10	1.029,02
11	2022	11.311,74	2.571,76		-444,62	2.939,16			2.939,16		
12	2023	11.693,79	2.556,37	TR: 12	2.111,75	2.921,56			2.921,56		
13	2024	12.075,84	2.538,35			2.900,97			2.900,97		
14	2025	12.457,89	2.517,94			2.877,65			2.877,65		
15	2026	12.839,94	2.495,35			2.851,83			2.851,83		
16	2027	13.222,00	2.470,77			2.823,73			2.823,73		
17	2028	13.604,05	2.444,38			2.793,58			2.793,58		
18	2029	13.986,10	2.416,38			2.761,57			2.761,57		
19	2030	14.368,15	2.386,91			2.727,89			2.727,89		
20	2031	14.750,20	2.356,13			2.692,72			2.692,72		
21	2032	15.132,26	2.324,19			2.656,22			2.656,22		
22	2033	15.514,31	2.291,22			2.618,54			2.618,54		
23	2034	15.896,36	2.257,35			2.579,83			2.579,83		
24	2035	16.278,41	2.222,70			2.540,22			2.540,22		
25	2036	16.660,46	2.187,37			2.499,85			2.499,85		
26	2037	17.042,52	2.151,47			2.458,82			2.458,82		
27	2038	17.424,57	2.115,10			2.417,25			2.417,25		
28	2039	17.806,62	2.078,34			2.375,24			2.375,24		
29	2040	18.188,67	2.041,28			2.332,89			2.332,89		
30	2041	18.570,73	2.004,00			2.290,28			2.290,28		
31	2042	18.952,78	1.966,56			2.247,50			2.247,50		
32	2043	19.334,83	1.929,04			2.204,62			2.204,62		
33	2044	19.716,88	1.891,50			2.161,71			2.161,71		
34	2045	20.098,93	1.853,99			2.118,85			2.118,85		
35	2046	20.480,99	1.816,57			2.076,08			2.076,08		
36	2047	20.863,04	1.779,28			2.033,47			2.033,47		
37	2048	21.245,09	1.742,18			1.991,06			1.991,06		
38	2049	21.627,14	1.705,30			1.948,91			1.948,91		
39	2050	22.009,19	1.668,68			1.907,06			1.907,06		
40	2051	22.391,25	1.632,35			1.865,54			1.865,54		
41	2052	22.773,30	1.596,35			1.824,40			1.824,40		
42	2053	23.155,35	1.560,70			1.783,66			1.783,66		
43	2054	23.537,40	1.525,43			1.743,35			1.743,35		
44	2055	23.919,45	1.490,57			1.703,51			1.703,51		
45	2056	24.301,51	1.456,13			1.664,15			1.664,15		
46	2057	24.683,56	1.422,14			1.625,30			1.625,30		
47	2058	25.065,61	1.388,61			1.586,98			1.586,98		
48	2059	25.447,66	1.355,55			1.549,20			1.549,20		
49	2060	25.829,71	1.322,98			1.511,98			1.511,98		
50	2061	26.211,77	1.290,91			1.475,33			1.475,33		

## **APÊNDICE B – Cálculo da viabilidade econômica para uma taxa de 5,50%**

Tabela B1 – Estimativa do retorno de investimento para uma taxa de ajuste de 5,50% e porcentagens de redução de consumo de 15% e 20%

Período	Ano	Custo com consumo de água (R\$)	Viabilidade para uma Taxa de 5,50%					
			15%			20%		
			VPL (R\$)	Custo Inicial (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)	VPL (R\$)	Custo Inicial (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
1	2012	7.491,22	1.065,10	-28.813,10	-27.748,00	1.420,14	-28.813,10	-27.392,97
2	2013	7.873,27	1.061,06		-26.686,94	1.414,75		-25.978,21
3	2014	8.255,32	1.054,55		-25.632,38	1.406,07		-24.572,14
4	2015	8.637,37	1.045,83		-24.586,55	1.394,45		-23.177,70
5	2016	9.019,42	1.035,16		-23.551,39	1.380,21		-21.797,48
6	2017	9.401,48	1.022,76		-22.528,63	1.363,68		-20.433,81
7	2018	9.783,53	1.008,83		-21.519,80	1.345,11		-19.088,70
8	2019	10.165,58	993,58		-20.526,22	1.324,78		-17.763,92
9	2020	10.547,63	977,18		-19.549,04	1.302,91		-16.461,02
10	2021	10.929,68	959,79		-18.589,25	1.279,71		-15.181,30
11	2022	11.311,74	941,55		-17.647,70	1.255,40		-13.925,90
12	2023	11.693,79	922,61		-16.725,09	1.230,14		-12.695,76
13	2024	12.075,84	903,08		-15.822,01	1.204,11		-11.491,65
14	2025	12.457,89	883,08		-14.938,93	1.177,44		-10.314,21
15	2026	12.839,94	862,72		-14.076,21	1.150,29		-9.163,92
16	2027	13.222,00	842,07		-13.234,14	1.122,76		-8.041,16
17	2028	13.604,05	821,24		-12.412,91	1.094,98		-6.946,18
18	2029	13.986,10	800,28		-11.612,62	1.067,04		-5.879,13
19	2030	14.368,15	779,28		-10.833,34	1.039,04		-4.840,09
20	2031	14.750,20	758,30		-10.075,04	1.011,06		-3.829,02
21	2032	15.132,26	737,38		-9.337,66	983,18		-2.845,85
22	2033	15.514,31	716,59		-8.621,07	955,45		-1.890,39
23	2034	15.896,36	695,96		-7.925,11	927,94		-962,45
24	2035	16.278,41	675,53		-7.249,58	900,71		-61,75
25	2036	16.660,46	655,34		-6.594,24	873,79	<b>TR: 25</b>	812,04
26	2037	17.042,52	635,42		-5.958,82	847,23		1.659,27
27	2038	17.424,57	615,80		-5.343,03	821,06		
28	2039	17.806,62	596,49		-4.746,54	795,32		
29	2040	18.188,67	577,53		-4.169,01	770,03		
30	2041	18.570,73	558,92		-3.610,10	745,22		
31	2042	18.952,78	540,68		-3.069,42	720,90		
32	2043	19.334,83	522,82		-2.546,60	697,09		
33	2044	19.716,88	505,36		-2.041,24	673,81		
34	2045	20.098,93	488,29		-1.552,95	651,06		
35	2046	20.480,99	471,63		-1.081,31	628,85		
36	2047	20.863,04	455,39		-625,93	607,18		
37	2048	21.245,09	439,55		-186,38	586,07		
38	2049	21.627,14	424,13	<b>TR: 38</b>	237,75	565,50		
39	2050	22.009,19	409,12			545,49		
40	2051	22.391,25	394,52			526,03		
41	2052	22.773,30	380,34			507,11		
42	2053	23.155,35	366,56			488,74		
43	2054	23.537,40	353,18			470,90		
44	2055	23.919,45	340,20			453,60		
45	2056	24.301,51	327,61			436,82		
46	2057	24.683,56	315,42			420,56		
47	2058	25.065,61	303,60			404,80		
48	2059	25.447,66	292,16			389,55		
49	2060	25.829,71	281,09			374,78		
50	2061	26.211,77	270,37			360,50		

Tabela B2 – Estimativa do retorno de investimento para uma taxa de ajuste de 5,50% e porcentagens de redução de consumo de 25% e 30%

Período	Ano	Custo com consumo de água (R\$)	Viabilidade para uma Taxa de 5,50%					
			25%			30%		
			VPL (R\$)	Custo Inicial (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)	VPL (R\$)	Custo Inicial (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
1	2012	7.491,22	1.775,17	-28.813,10	-27.037,93	2.130,20	-28.813,10	-26.682,90
2	2013	7.873,27	1.768,44		-25.269,49	2.122,13		-24.560,77
3	2014	8.255,32	1.757,59		-23.511,91	2.109,10		-22.451,67
4	2015	8.637,37	1.743,06		-21.768,85	2.091,67		-20.360,00
5	2016	9.019,42	1.725,27		-20.043,58	2.070,32		-18.289,68
6	2017	9.401,48	1.704,60		-18.338,98	2.045,51		-16.244,16
7	2018	9.783,53	1.681,39		-16.657,60	2.017,67		-14.226,49
8	2019	10.165,58	1.655,97		-15.001,63	1.987,16		-12.239,33
9	2020	10.547,63	1.628,63		-13.372,99	1.954,36		-10.284,97
10	2021	10.929,68	1.599,64		-11.773,35	1.919,57		-8.365,40
11	2022	11.311,74	1.569,25		-10.204,10	1.883,10		-6.482,30
12	2023	11.693,79	1.537,68		-8.666,42	1.845,21		-4.637,09
13	2024	12.075,84	1.505,13		-7.161,29	1.806,16		-2.830,92
14	2025	12.457,89	1.471,80		-5.689,48	1.766,17		-1.064,76
15	2026	12.839,94	1.437,86		-4.251,62	1.725,43	TR: 15	660,67
16	2027	13.222,00	1.403,45		-2.848,17	1.684,14		
17	2028	13.604,05	1.368,73		-1.479,44	1.642,47		
18	2029	13.986,10	1.333,81		-145,64	1.600,57		
19	2030	14.368,15	1.298,81	TR: 19	1.153,17	1.558,57		
20	2031	14.750,20	1.263,83			1.516,60		
21	2032	15.132,26	1.228,97			1.474,77		
22	2033	15.514,31	1.194,31			1.433,18		
23	2034	15.896,36	1.159,93			1.391,91		
24	2035	16.278,41	1.125,88			1.351,06		
25	2036	16.660,46	1.092,23			1.310,68		
26	2037	17.042,52	1.059,03			1.270,84		
27	2038	17.424,57	1.026,33			1.231,59		
28	2039	17.806,62	994,15			1.192,98		
29	2040	18.188,67	962,54			1.155,05		
30	2041	18.570,73	931,53			1.117,83		
31	2042	18.952,78	901,13			1.081,35		
32	2043	19.334,83	871,37			1.045,64		
33	2044	19.716,88	842,26			1.010,71		
34	2045	20.098,93	813,82			976,59		
35	2046	20.480,99	786,06			943,27		
36	2047	20.863,04	758,98			910,77		
37	2048	21.245,09	732,58			879,10		
38	2049	21.627,14	706,88			848,26		
39	2050	22.009,19	681,86			818,24		
40	2051	22.391,25	657,54			789,04		
41	2052	22.773,30	633,89			760,67		
42	2053	23.155,35	610,93			733,11		
43	2054	23.537,40	588,63			706,36		
44	2055	23.919,45	567,00			680,40		
45	2056	24.301,51	546,02			655,23		
46	2057	24.683,56	525,70			630,84		
47	2058	25.065,61	506,00			607,20		
48	2059	25.447,66	486,93			584,32		
49	2060	25.829,71	468,48			562,17		
50	2061	26.211,77	450,62			540,75		

Tabela B3 – Estimativa do retorno de investimento para uma taxa de ajuste de 5,50% e porcentagens de redução de consumo de 35%, 40% e 45%

Período	Ano	Custo com consumo de água (R\$)	Viabilidade para uma Taxa de 5,50%								
			35%			40%			45%		
			VPL (R\$)	Custo Inicial (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)	VPL (R\$)	Custo Inicial (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)	VPL (R\$)	Custo Inicial (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
1	2012	7.491,22	2.485,24	-28.813,10	-26.327,86	2.840,27	-28.813,10	-25.972,83	3.195,31	-28.813,10	-25.617,80
2	2013	7.873,27	2.475,81		-23.852,05	2.829,50		-23.143,33	2.829,50		-22.788,29
3	2014	8.255,32	2.460,62		-21.391,43	2.812,14		-20.331,19	2.812,14		-19.976,16
4	2015	8.637,37	2.440,28		-18.951,15	2.788,89		-17.542,30	2.788,89		-17.187,26
5	2016	9.019,42	2.415,38		-16.535,77	2.760,43		-14.781,87	2.760,43		-14.426,83
6	2017	9.401,48	2.386,43		-14.149,34	2.727,35		-12.054,52	2.727,35		-11.699,48
7	2018	9.783,53	2.353,95		-11.795,39	2.690,22		-9.364,29	2.690,22		-9.009,26
8	2019	10.165,58	2.318,36		-9.477,04	2.649,55		-6.714,74	2.649,55		-6.359,71
9	2020	10.547,63	2.280,08		-7.196,95	2.605,81		-4.108,93	2.605,81		-3.753,90
10	2021	10.929,68	2.239,50		-4.957,45	2.559,43		-1.549,50	2.559,43		-1.194,47
11	2022	11.311,74	2.196,95		-2.760,50	2.510,80	TR: 11	961,30	2.510,80	TR: 11	1.316,33
12	2023	11.693,79	2.152,75		-607,75	2.460,29			2.460,29		
13	2024	12.075,84	2.107,19	TR: 13	1.499,44	2.408,22			2.408,22		
14	2025	12.457,89	2.060,53			2.354,89			2.354,89		
15	2026	12.839,94	2.013,00			2.300,57			2.300,57		
16	2027	13.222,00	1.964,83			2.245,52			2.245,52		
17	2028	13.604,05	1.916,22			2.189,96			2.189,96		
18	2029	13.986,10	1.867,33			2.134,09			2.134,09		
19	2030	14.368,15	1.818,33			2.078,09			2.078,09		
20	2031	14.750,20	1.769,36			2.022,13			2.022,13		
21	2032	15.132,26	1.720,56			1.966,36			1.966,36		
22	2033	15.514,31	1.672,04			1.910,90			1.910,90		
23	2034	15.896,36	1.623,90			1.855,89			1.855,89		
24	2035	16.278,41	1.576,24			1.801,41			1.801,41		
25	2036	16.660,46	1.529,13			1.747,57			1.747,57		
26	2037	17.042,52	1.482,65			1.694,45			1.694,45		
27	2038	17.424,57	1.436,86			1.642,12			1.642,12		
28	2039	17.806,62	1.391,81			1.590,64			1.590,64		
29	2040	18.188,67	1.347,56			1.540,07			1.540,07		
30	2041	18.570,73	1.304,14			1.490,44			1.490,44		
31	2042	18.952,78	1.261,58			1.441,81			1.441,81		
32	2043	19.334,83	1.219,92			1.394,19			1.394,19		
33	2044	19.716,88	1.179,17			1.347,62			1.347,62		
34	2045	20.098,93	1.139,35			1.302,12			1.302,12		
35	2046	20.480,99	1.100,48			1.257,69			1.257,69		
36	2047	20.863,04	1.062,57			1.214,36			1.214,36		
37	2048	21.245,09	1.025,62			1.172,13			1.172,13		
38	2049	21.627,14	989,63			1.131,01			1.131,01		
39	2050	22.009,19	954,61			1.090,98			1.090,98		
40	2051	22.391,25	920,55			1.052,06			1.052,06		
41	2052	22.773,30	887,45			1.014,23			1.014,23		
42	2053	23.155,35	855,30			977,48			977,48		
43	2054	23.537,40	824,08			941,81			941,81		
44	2055	23.919,45	793,80			907,20			907,20		
45	2056	24.301,51	764,43			873,64			873,64		
46	2057	24.683,56	735,97			841,11			841,11		
47	2058	25.065,61	708,40			809,60			809,60		
48	2059	25.447,66	681,71			779,09			779,09		
49	2060	25.829,71	655,87			749,56			749,56		
50	2061	26.211,77	630,87			721,00			721,00		

## **APÊNDICE C – Cálculo da viabilidade econômica para uma taxa de 7,48%**

Tabela C1 – Estimativa do retorno de investimento para uma taxa de ajuste de 7,48% e porcentagens de redução de consumo de 15% e 20%

Período	Ano	Custo com consumo de água (R\$)	Viabilidade para uma Taxa de 7,48%					
			15%			20%		
			VPL (R\$)	Custo Inicial (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)	VPL (R\$)	Custo Inicial (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
1	2012	7.491,22	1.045,48	-28.813,10	-27.767,62	1.393,97	-28.813,10	-27.419,13
2	2013	7.873,27	1.022,33		-26.745,29	1.363,11		-26.056,02
3	2014	8.255,32	997,34		-25.747,95	1.329,78		-24.726,24
4	2015	8.637,37	970,87		-24.777,08	1.294,50		-23.431,74
5	2016	9.019,42	943,26		-23.833,82	1.257,68		-22.174,06
6	2017	9.401,48	914,79		-22.919,03	1.219,72		-20.954,34
7	2018	9.783,53	885,71		-22.033,32	1.180,95		-19.773,39
8	2019	10.165,58	856,25		-21.177,06	1.141,67		-18.631,72
9	2020	10.547,63	826,60		-20.350,46	1.102,14		-17.529,58
10	2021	10.929,68	796,93		-19.553,53	1.062,58		-16.467,00
11	2022	11.311,74	767,39		-18.786,14	1.023,19		-15.443,81
12	2023	11.693,79	738,10		-18.048,04	984,13		-14.459,68
13	2024	12.075,84	709,17		-17.338,87	945,56		-13.514,12
14	2025	12.457,89	680,69		-16.658,18	907,59		-12.606,54
15	2026	12.839,94	652,74		-16.005,44	870,32		-11.736,22
16	2027	13.222,00	625,38		-15.380,06	833,84		-10.902,38
17	2028	13.604,05	598,67		-14.781,39	798,23		-10.104,15
18	2029	13.986,10	572,65		-14.208,73	763,53		-9.340,61
19	2030	14.368,15	547,35		-13.661,38	729,80		-8.610,81
20	2031	14.750,20	522,80		-13.138,58	697,07		-7.913,74
21	2032	15.132,26	499,02		-12.639,57	665,35		-7.248,39
22	2033	15.514,31	476,01		-12.163,56	634,68		-6.613,71
23	2034	15.896,36	453,79		-11.709,77	605,05		-6.008,66
24	2035	16.278,41	432,35		-11.277,42	576,47		-5.432,19
25	2036	16.660,46	411,71		-10.865,71	548,94		-4.883,25
26	2037	17.042,52	391,84		-10.473,87	522,45		-4.360,80
27	2038	17.424,57	372,74		-10.101,13	496,99		-3.863,81
28	2039	17.806,62	354,40		-9.746,73	472,54		-3.391,27
29	2040	18.188,67	336,81		-9.409,91	449,09		-2.942,18
30	2041	18.570,73	319,96		-9.089,96	426,61		-2.515,58
31	2042	18.952,78	303,81		-8.786,14	405,08		-2.110,49
32	2043	19.334,83	288,37		-8.497,78	384,49		-1.726,00
33	2044	19.716,88	273,60		-8.224,18	364,80		-1.361,20
34	2045	20.098,93	259,49		-7.964,68	345,99		-1.015,21
35	2046	20.480,99	246,02		-7.718,66	328,03		-687,18
36	2047	20.863,04	233,17		-7.485,49	310,89		-376,29
37	2048	21.245,09	220,92		-7.264,58	294,55		-81,73
38	2049	21.627,14	209,24		-7.055,34	278,98	<b>TR: 38</b>	197,25
39	2050	22.009,19	198,11		-6.857,22	264,15		
40	2051	22.391,25	187,53		-6.669,70	250,04		
41	2052	22.773,30	177,45		-6.492,24	236,60		
42	2053	23.155,35	167,87		-6.324,37	223,83		
43	2054	23.537,40	158,77		-6.165,60	211,69		
44	2055	23.919,45	150,12		-6.015,49	200,15		
45	2056	24.301,51	141,90		-5.873,59	189,20		
46	2057	24.683,56	134,10		-5.739,49	178,80		
47	2058	25.065,61	126,70		-5.612,79	168,93		
48	2059	25.447,66	119,68		-5.493,12	159,57		
49	2060	25.829,71	113,02		-5.380,10	150,69		
50	2061	26.211,77	106,71		-5.273,39	142,28		

Tabela C2 – Estimativa do retorno de investimento para uma taxa de ajuste de 7,48% e porcentagens de redução de consumo de 25% e 30%

Período	Ano	Custo com consumo de água (R\$)	Viabilidade para uma Taxa de 7,48%					
			25%			30%		
			VPL (R\$)	Custo Inicial (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)	VPL (R\$)	Custo Inicial (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
1	2012	7.491,22	1.742,47	-28.813,10	-27.070,63	2.090,96	-28.813,10	-26.722,14
2	2013	7.873,27	1.703,88		-25.366,75	2.044,66		-24.677,48
3	2014	8.255,32	1.662,23		-23.704,52	1.994,68		-22.682,81
4	2015	8.637,37	1.618,12		-22.086,40	1.941,75		-20.741,06
5	2016	9.019,42	1.572,10		-20.514,30	1.886,52		-18.854,54
6	2017	9.401,48	1.524,65		-18.989,65	1.829,58		-17.024,96
7	2018	9.783,53	1.476,19		-17.513,46	1.771,43		-15.253,53
8	2019	10.165,58	1.427,09		-16.086,37	1.712,51		-13.541,03
9	2020	10.547,63	1.377,67		-14.708,70	1.653,21		-11.887,82
10	2021	10.929,68	1.328,22		-13.380,48	1.593,87		-10.293,95
11	2022	11.311,74	1.278,98		-12.101,49	1.534,78		-8.759,17
12	2023	11.693,79	1.230,16		-10.871,33	1.476,20		-7.282,97
13	2024	12.075,84	1.181,95		-9.689,38	1.418,34		-5.864,64
14	2025	12.457,89	1.134,48		-8.554,90	1.361,38		-4.503,26
15	2026	12.839,94	1.087,90		-7.467,00	1.305,48		-3.197,78
16	2027	13.222,00	1.042,30		-6.424,70	1.250,77		-1.947,02
17	2028	13.604,05	997,79		-5.426,91	1.197,34		-749,67
18	2029	13.986,10	954,42		-4.472,49	1.145,30	<b>TR: 18</b>	395,63
19	2030	14.368,15	912,25		-3.560,24	1.094,70		
20	2031	14.750,20	871,33		-2.688,90	1.045,60		
21	2032	15.132,26	831,69		-1.857,21	998,03		
22	2033	15.514,31	793,35		-1.063,86	952,02		
23	2034	15.896,36	756,31		-307,55	907,58		
24	2035	16.278,41	720,59	<b>TR: 24</b>	413,04	864,71		
25	2036	16.660,46	686,18			823,41		
26	2037	17.042,52	653,06			783,67		
27	2038	17.424,57	621,23			745,48		
28	2039	17.806,62	590,67			708,81		
29	2040	18.188,67	561,36			673,63		
30	2041	18.570,73	533,26			639,91		
31	2042	18.952,78	506,36			607,63		
32	2043	19.334,83	480,61			576,74		
33	2044	19.716,88	456,00			547,20		
34	2045	20.098,93	432,49			518,98		
35	2046	20.480,99	410,04			492,04		
36	2047	20.863,04	388,62			466,34		
37	2048	21.245,09	368,19			441,83		
38	2049	21.627,14	348,73			418,47		
39	2050	22.009,19	330,19			396,23		
40	2051	22.391,25	312,54			375,05		
41	2052	22.773,30	295,75			354,91		
42	2053	23.155,35	279,79			335,75		
43	2054	23.537,40	264,61			317,53		
44	2055	23.919,45	250,19			300,23		
45	2056	24.301,51	236,50			283,80		
46	2057	24.683,56	223,50			268,20		
47	2058	25.065,61	211,16			253,40		
48	2059	25.447,66	199,46			239,35		
49	2060	25.829,71	188,37			226,04		
50	2061	26.211,77	177,85			213,42		



Tabela C3 – Estimativa do retorno de investimento para uma taxa de ajuste de 7,48% e porcentagens de redução de consumo de 35%, 40% e 45%

Período	Ano	Custo com consumo de água (R\$)	Viabilidade para uma Taxa de 7,48%								
			35%			40%			45%		
			VPL (R\$)	Custo Inicial (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)	VPL (R\$)	Custo Inicial (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)	VPL (R\$)	Custo Inicial (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
1	2012	7.491,22	2.439,45	-28.813,10	-26.373,65	2.787,95	-28.813,10	-26.025,15	3.136,44	-28.813,10	-25.676,66
2	2013	7.873,27	2.385,44		-23.988,21	2.726,21		-23.298,94	2.726,21		-22.950,45
3	2014	8.255,32	2.327,12		-21.661,09	2.659,57		-20.639,37	2.659,57		-20.290,88
4	2015	8.637,37	2.265,37		-19.395,72	2.588,99		-18.050,38	2.588,99		-17.701,89
5	2016	9.019,42	2.200,94		-17.194,78	2.515,36		-15.535,02	2.515,36		-15.186,52
6	2017	9.401,48	2.134,51		-15.060,27	2.439,44		-13.095,58	2.439,44		-12.747,08
7	2018	9.783,53	2.066,66		-12.993,60	2.361,90		-10.733,68	2.361,90		-10.385,18
8	2019	10.165,58	1.997,92		-10.995,68	2.283,34		-8.450,33	2.283,34		-8.101,84
9	2020	10.547,63	1.928,74		-9.066,94	2.204,28		-6.246,06	2.204,28		-5.897,56
10	2021	10.929,68	1.859,51		-7.207,43	2.125,16		-4.120,90	2.125,16		-3.772,41
11	2022	11.311,74	1.790,58		-5.416,85	2.046,37		-2.074,53	2.046,37		-1.726,03
12	2023	11.693,79	1.722,23		-3.694,62	1.968,26		-106,26	1.968,26	TR: 12	242,23
13	2024	12.075,84	1.654,73		-2.039,89	1.891,11	TR: 13	1.784,85	1.891,11		
14	2025	12.457,89	1.588,27		-451,62	1.815,17			1.815,17		
15	2026	12.839,94	1.523,06	TR: 15	1.071,44	1.740,64			1.740,64		
16	2027	13.222,00	1.459,23			1.667,69			1.667,69		
17	2028	13.604,05	1.396,90			1.596,46			1.596,46		
18	2029	13.986,10	1.336,19			1.527,07			1.527,07		
19	2030	14.368,15	1.277,15			1.459,61			1.459,61		
20	2031	14.750,20	1.219,87			1.394,14			1.394,14		
21	2032	15.132,26	1.164,37			1.330,71			1.330,71		
22	2033	15.514,31	1.110,69			1.269,36			1.269,36		
23	2034	15.896,36	1.058,84			1.210,10			1.210,10		
24	2035	16.278,41	1.008,83			1.152,94			1.152,94		
25	2036	16.660,46	960,65			1.097,88			1.097,88		
26	2037	17.042,52	914,29			1.044,90			1.044,90		
27	2038	17.424,57	869,73			993,97			993,97		
28	2039	17.806,62	826,94			945,08			945,08		
29	2040	18.188,67	785,90			898,17			898,17		
30	2041	18.570,73	746,56			853,22			853,22		
31	2042	18.952,78	708,90			810,17			810,17		
32	2043	19.334,83	672,86			768,98			768,98		
33	2044	19.716,88	638,40			729,60			729,60		
34	2045	20.098,93	605,48			691,98			691,98		
35	2046	20.480,99	574,05			656,06			656,06		
36	2047	20.863,04	544,06			621,79			621,79		
37	2048	21.245,09	515,47			589,11			589,11		
38	2049	21.627,14	488,22			557,97			557,97		
39	2050	22.009,19	462,27			528,31			528,31		
40	2051	22.391,25	437,56			500,07			500,07		
41	2052	22.773,30	414,06			473,21			473,21		
42	2053	23.155,35	391,70			447,66			447,66		
43	2054	23.537,40	370,46			423,38			423,38		
44	2055	23.919,45	350,27			400,31			400,31		
45	2056	24.301,51	331,10			378,40			378,40		
46	2057	24.683,56	312,90			357,60			357,60		
47	2058	25.065,61	295,63			337,86			337,86		
48	2059	25.447,66	279,25			319,14			319,14		
49	2060	25.829,71	263,71			301,39			301,39		
50	2061	26.211,77	248,99			284,56			284,56		

## **APÊNDICE D – Cálculo da viabilidade econômica para uma taxa de 9,00%**

Tabela D1 – Estimativa do retorno de investimento para uma taxa de ajuste de 9,00% e porcentagens de redução de consumo de 15% e 20%

Período	Ano	Custo com consumo de água (R\$)	Viabilidade para uma Taxa de 9,00%					
			15%			20%		
			VPL (R\$)	Custo Inicial (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)	VPL (R\$)	Custo Inicial (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
1	2012	7.491,22	1.030,90	-28.813,10	-27.782,20	1.374,54	-28.813,10	-27.438,57
2	2013	7.873,27	994,02		-26.788,18	1.325,35		-26.113,21
3	2014	8.255,32	956,19		-25.831,99	1.274,92		-24.838,29
4	2015	8.637,37	917,84		-24.914,15	1.223,79		-23.614,50
5	2016	9.019,42	879,30		-24.034,85	1.172,40		-22.442,10
6	2017	9.401,48	840,87		-23.193,98	1.121,16		-21.320,94
7	2018	9.783,53	802,79		-22.391,19	1.070,39		-20.250,56
8	2019	10.165,58	765,26		-21.625,93	1.020,35		-19.230,20
9	2020	10.547,63	728,46		-20.897,46	971,28		-18.258,92
10	2021	10.929,68	692,52		-20.204,94	923,36		-17.335,55
11	2022	11.311,74	657,55		-19.547,39	876,73		-16.458,82
12	2023	11.693,79	623,63		-18.923,76	831,51		-15.627,31
13	2024	12.075,84	590,83		-18.332,93	787,78		-14.839,54
14	2025	12.457,89	559,20		-17.773,73	745,60		-14.093,94
15	2026	12.839,94	528,76		-17.244,97	705,01		-13.388,93
16	2027	13.222,00	499,53		-16.745,44	666,04		-12.722,88
17	2028	13.604,05	471,53		-16.273,91	628,71		-12.094,18
18	2029	13.986,10	444,74		-15.829,16	592,99		-11.501,18
19	2030	14.368,15	419,17		-15.410,00	558,89		-10.942,29
20	2031	14.750,20	394,78		-15.015,21	526,38		-10.415,92
21	2032	15.132,26	371,57		-14.643,64	495,42		-9.920,49
22	2033	15.514,31	349,49		-14.294,15	465,99		-9.454,50
23	2034	15.896,36	328,53		-13.965,62	438,04		-9.016,45
24	2035	16.278,41	308,65		-13.656,96	411,53		-8.604,92
25	2036	16.660,46	289,81		-13.367,15	386,42		-8.218,50
26	2037	17.042,52	271,98		-13.095,17	362,64		-7.855,86
27	2038	17.424,57	255,12		-12.840,06	340,15		-7.515,71
28	2039	17.806,62	239,18		-12.600,87	318,91		-7.196,80
29	2040	18.188,67	224,14		-12.376,73	298,86		-6.897,94
30	2041	18.570,73	209,95		-12.166,78	279,94		-6.618,00
31	2042	18.952,78	196,58		-11.970,20	262,11		-6.355,89
32	2043	19.334,83	183,99		-11.786,21	245,31		-6.110,58
33	2044	19.716,88	172,13		-11.614,08	229,51		-5.881,07
34	2045	20.098,93	160,98		-11.453,10	214,64		-5.666,44
35	2046	20.480,99	150,49		-11.302,61	200,66		-5.465,78
36	2047	20.863,04	140,64		-11.161,97	187,52		-5.278,26
37	2048	21.245,09	131,39		-11.030,58	175,19		-5.103,07
38	2049	21.627,14	122,71		-10.907,87	163,61		-4.939,45
39	2050	22.009,19	114,57		-10.793,30	152,76		-4.786,70
40	2051	22.391,25	106,93		-10.686,37	142,58		-4.644,12
41	2052	22.773,30	99,78		-10.586,59	133,04		-4.511,09
42	2053	23.155,35	93,07		-10.493,51	124,10		-4.386,99
43	2054	23.537,40	86,80		-10.406,72	115,73		-4.271,26
44	2055	23.919,45	80,92		-10.325,79	107,90		-4.163,36
45	2056	24.301,51	75,43		-10.250,36	100,57		-4.062,79
46	2057	24.683,56	70,29		-10.180,08	93,72		-3.969,07
47	2058	25.065,61	65,48		-10.114,59	87,31		-3.881,76
48	2059	25.447,66	60,99		-10.053,60	81,32		-3.800,44
49	2060	25.829,71	56,80		-9.996,81	75,73		-3.724,71
50	2061	26.211,77	52,88		-9.943,93	70,50		-3.654,21

Tabela D2 – Estimativa do retorno de investimento para uma taxa de ajuste de 9,00% e porcentagens de redução de consumo de 25% e 30%

Período	Ano	Custo com consumo de água (R\$)	Viabilidade para uma Taxa de 9,00%					
			25%			30%		
			VPL (R\$)	Custo Inicial (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)	VPL (R\$)	Custo Inicial (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
1	2012	7.491,22	1.718,17	-28.813,10	-27.094,93	2.061,80	-28.813,10	-26.751,30
2	2013	7.873,27	1.656,69		-25.438,24	1.988,03		-24.763,27
3	2014	8.255,32	1.593,66		-23.844,58	1.912,39		-22.850,88
4	2015	8.637,37	1.529,73		-22.314,85	1.835,68		-21.015,20
5	2016	9.019,42	1.465,50		-20.849,35	1.758,60		-19.256,60
6	2017	9.401,48	1.401,45		-19.447,90	1.681,74		-17.574,86
7	2018	9.783,53	1.337,98		-18.109,92	1.605,58		-15.969,28
8	2019	10.165,58	1.275,44		-16.834,48	1.530,53		-14.438,75
9	2020	10.547,63	1.214,11		-15.620,37	1.456,93		-12.981,83
10	2021	10.929,68	1.154,20		-14.466,17	1.385,05		-11.596,78
11	2022	11.311,74	1.095,92		-13.370,25	1.315,10		-10.281,68
12	2023	11.693,79	1.039,39		-12.330,86	1.247,26		-9.034,42
13	2024	12.075,84	984,72		-11.346,14	1.181,66		-7.852,75
14	2025	12.457,89	932,00		-10.414,15	1.118,39		-6.734,36
15	2026	12.839,94	881,26		-9.532,89	1.057,52		-5.676,84
16	2027	13.222,00	832,56		-8.700,33	999,07		-4.677,78
17	2028	13.604,05	785,88		-7.914,45	943,06		-3.734,72
18	2029	13.986,10	741,24		-7.173,21	889,49		-2.845,23
19	2030	14.368,15	698,61		-6.474,59	838,34		-2.006,89
20	2031	14.750,20	657,97		-5.816,62	789,57		-1.217,32
21	2032	15.132,26	619,28		-5.197,34	743,14		-474,19
22	2033	15.514,31	582,49		-4.614,85	698,99	<b>TR: 22</b>	224,80
23	2034	15.896,36	547,56		-4.067,29	657,07		
24	2035	16.278,41	514,42		-3.552,87	617,30		
25	2036	16.660,46	483,02		-3.069,85	579,62		
26	2037	17.042,52	453,30		-2.616,55	543,96		
27	2038	17.424,57	425,19		-2.191,36	510,23		
28	2039	17.806,62	398,64		-1.792,72	478,37		
29	2040	18.188,67	373,57		-1.419,15	448,28		
30	2041	18.570,73	349,92		-1.069,23	419,91		
31	2042	18.952,78	327,64		-741,59	393,16		
32	2043	19.334,83	306,64		-434,95	367,97		
33	2044	19.716,88	286,88		-148,07	344,26		
34	2045	20.098,93	268,29	<b>TR: 34</b>	120,23	321,95		
35	2046	20.480,99	250,82			300,98		
36	2047	20.863,04	234,40			281,28		
37	2048	21.245,09	218,99			262,78		
38	2049	21.627,14	204,52			245,42		
39	2050	22.009,19	190,95			229,14		
40	2051	22.391,25	178,22			213,86		
41	2052	22.773,30	166,30			199,55		
42	2053	23.155,35	155,12			186,15		
43	2054	23.537,40	144,66			173,60		
44	2055	23.919,45	134,87			161,85		
45	2056	24.301,51	125,71			150,86		
46	2057	24.683,56	117,15			140,58		
47	2058	25.065,61	109,14			130,96		
48	2059	25.447,66	101,65			121,98		
49	2060	25.829,71	94,66			113,59		
50	2061	26.211,77	88,13			105,75		

Tabela D3 – Estimativa do retorno de investimento para uma taxa de ajuste de 9,00% e porcentagens de redução de consumo de 35%, 40% e 45%

Período	Ano	Custo com consumo de água (R\$)	Viabilidade para uma Taxa de 9,00%								
			35%			40%			45%		
			VPL (R\$)	Custo Inicial (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)	VPL (R\$)	Custo Inicial (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)	VPL (R\$)	Custo Inicial (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
1	2012	7.491,22	2.405,44	-28.813,10	-26.407,66	2.749,07	-28.813,10	-26.064,03	3.092,70	-28.813,10	-25.720,40
2	2013	7.873,27	2.319,37		-24.088,29	2.650,71		-23.413,32	2.650,71		-23.069,69
3	2014	8.255,32	2.231,12		-21.857,18	2.549,85		-20.863,47	2.549,85		-20.519,84
4	2015	8.637,37	2.141,63		-19.715,55	2.447,57		-18.415,90	2.447,57		-18.072,27
5	2016	9.019,42	2.051,70		-17.663,85	2.344,80		-16.071,10	2.344,80		-15.727,46
6	2017	9.401,48	1.962,03		-15.701,82	2.242,32		-13.828,78	2.242,32		-13.485,15
7	2018	9.783,53	1.873,17		-13.828,65	2.140,77		-11.688,01	2.140,77		-11.344,38
8	2019	10.165,58	1.785,62		-12.043,03	2.040,70		-9.647,31	2.040,70		-9.303,67
9	2020	10.547,63	1.699,75		-10.343,28	1.942,57		-7.704,74	1.942,57		-7.361,10
10	2021	10.929,68	1.615,89		-8.727,40	1.846,73		-5.858,01	1.846,73		-5.514,38
11	2022	11.311,74	1.534,28		-7.193,11	1.753,47		-4.104,54	1.753,47		-3.760,91
12	2023	11.693,79	1.455,14		-5.737,97	1.663,02		-2.441,52	1.663,02		-2.097,89
13	2024	12.075,84	1.378,61		-4.359,36	1.575,55		-865,97	1.575,55		-522,34
14	2025	12.457,89	1.304,79		-3.054,57	1.491,19	TR: 14	625,22	1.491,19	TR: 14	968,86
15	2026	12.839,94	1.233,77		-1.820,80	1.410,02			1.410,02		
16	2027	13.222,00	1.165,58		-655,22	1.332,09			1.332,09		
17	2028	13.604,05	1.100,24	TR: 17	445,01	1.257,41			1.257,41		
18	2029	13.986,10	1.037,74			1.185,99			1.185,99		
19	2030	14.368,15	978,06			1.117,78			1.117,78		
20	2031	14.750,20	921,16			1.052,76			1.052,76		
21	2032	15.132,26	866,99			990,85			990,85		
22	2033	15.514,31	815,49			931,99			931,99		
23	2034	15.896,36	766,58			876,09			876,09		
24	2035	16.278,41	720,19			823,07			823,07		
25	2036	16.660,46	676,23			772,83			772,83		
26	2037	17.042,52	634,62			725,28			725,28		
27	2038	17.424,57	595,27			680,31			680,31		
28	2039	17.806,62	558,09			637,82			637,82		
29	2040	18.188,67	523,00			597,71			597,71		
30	2041	18.570,73	489,89			559,88			559,88		
31	2042	18.952,78	458,69			524,22			524,22		
32	2043	19.334,83	429,30			490,63			490,63		
33	2044	19.716,88	401,64			459,01			459,01		
34	2045	20.098,93	375,61			429,27			429,27		
35	2046	20.480,99	351,15			401,31			401,31		
36	2047	20.863,04	328,16			375,05			375,05		
37	2048	21.245,09	306,58			350,38			350,38		
38	2049	21.627,14	286,33			327,23			327,23		
39	2050	22.009,19	267,32			305,51			305,51		
40	2051	22.391,25	249,51			285,15			285,15		
41	2052	22.773,30	232,81			266,07			266,07		
42	2053	23.155,35	217,17			248,20			248,20		
43	2054	23.537,40	202,53			231,46			231,46		
44	2055	23.919,45	188,82			215,80			215,80		
45	2056	24.301,51	176,00			201,14			201,14		
46	2057	24.683,56	164,00			187,43			187,43		
47	2058	25.065,61	152,79			174,62			174,62		
48	2059	25.447,66	142,31			162,64			162,64		
49	2060	25.829,71	132,52			151,45			151,45		
50	2061	26.211,77	123,38			141,00			141,00		