

Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis - SC

Rainwater harvesting for non-potable uses in schools: case study in Florianópolis - SC

Ana Kelly Marinowski
Enedir Ghisi

Resumo

Este trabalho analisa a viabilidade econômica de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em uma instituição de ensino localizada em Florianópolis. Primeiramente, foram realizados levantamentos de dados da população que ocupa o prédio, medições de vazão dos aparelhos sanitários existentes e faturas de consumos de água. Por meio de entrevistas com amostras de usuários, verificou-se a frequência e o tempo médio de utilização dos aparelhos, bem como quais são as principais atividades que consomem água. Esses levantamentos possibilitaram estimar os usos finais de água e também o consumo médio diário e o consumo per capita. Com base nos resultados obtidos e com o auxílio do programa computacional Netuno, foram determinados os volumes dos reservatórios de água pluvial. Todas essas etapas foram necessárias para a avaliação do potencial de economia de água potável, que resultou em 45,8%. Mediante uma pesquisa de mercado, foram levantados os custos relativos à implantação do sistema, orçado em R\$ 17.615,56. O período de retorno do investimento foi de 4 anos e 10 meses. Assim, constatou-se que a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial no local do estudo mostrou-se economicamente viável para a instituição de ensino estudada, pois, além de apresentar um período de retorno do investimento relativamente curto, proporciona grande potencial de economia de água potável.

Palavras-chave: Instituições de ensino. Usos finais de água. Água pluvial.

Abstract

The main objective of this article is to assess the economic feasibility of installing a rainwater harvesting system for non-potable water uses for a school located in Florianópolis. First, information on building users, water flow rates, and water consumption were obtained. By interviewing users, the average daily amount of time and frequency of water use were determined for each plumbing fixture and activity. These data were used to estimate water end-uses in the building as well as the daily water consumption. Based on these data and using the Neptune computer programme, the rainwater tank size was estimated. Potential potable water savings were estimated in 45.8%. By surveying local stores, the total cost for the rainwater system was R\$ 17.615.56. Therefore, the payback period was estimated as 4 years and 10 months, indicating that this system of rainwater harvesting is economically feasible for the school investigated as the payback period is relatively short and potable water savings are high.

Keywords: School buildings. Water end-uses. Rainwater.

Ana Kelly Marinowski
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil
Universidade Federal de Santa
Catarina
Caixa Postal 476
Florianópolis - SC - Brasil
CEP 88040-900
Tel.: (48) 3721-5184
E-mail: anak@labeee.ufsc.br

Enedir Ghisi
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil
Universidade Federal de Santa
Catarina
Tel.: (48) 3721-5536
Fax: (48) 3721-5191
E-mail: enedir@labeee.ufsc.br

Tel.: (48) 3721-5536
E-mail: enedir@labeee.ufsc.br

Recebido em 07/01/08
Aceito em 11/06/08

Introdução

Atualmente vem ocorrendo uma redução gradual da qualidade e da disponibilidade dos recursos hídricos no planeta, principalmente devido ao acentuado aumento da população mundial e ao aumento do consumo de água potável.

Um fator preocupante é a questão da má distribuição populacional em função das reservas hídricas. Segundo Ghisi (2006), os locais mais populosos são justamente os que possuem pouca água; por outro lado, onde há muita água ocorre baixo índice populacional. Pode-se citar como exemplos a Região Sudeste do Brasil, que dispõe de um potencial hídrico de apenas 6% do total nacional, porém conta com 43% do total de habitantes do país, enquanto a Região Norte, que compreende a Bacia Amazônica, apresenta 69% de água disponível, contando com apenas 8% da população brasileira.

Dessa forma, percebe-se a necessidade de novas técnicas de aproveitamento da água. Uma alternativa que visa suprir a demanda da população em relação ao uso de água para usos não potáveis é o aproveitamento de água pluvial, um recurso natural amplamente disponível na maioria das regiões do Brasil.

A água pluvial coletada pode ser utilizada em descarga de bacias sanitárias, torneiras de jardins, lavagem de roupas, de calçadas e de automóveis. Através de sistemas de captação da água pluvial é possível reduzir o consumo de água potável, minimizar alagamentos e enchentes, diminuir problemas com falta de água e preservar o meio ambiente para evitar a escassez dos recursos hídricos.

Os edifícios escolares são estruturas potenciais para a implantação de sistemas prediais de aproveitamento das águas pluviais para usos não potáveis, pois geralmente apresentam grandes áreas de captação. Para a implantação desses sistemas, são necessários estudos de viabilidade técnica e econômica, que verifiquem o potencial de economia de água potável e determinem a relação entre custo e benefício (SCHERER, 2003).

Objetivo

Este trabalho tem por objetivos verificar o potencial de economia de água potável obtido com a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis e analisar a viabilidade econômica da implantação desse sistema em uma instituição de ensino localizada em Florianópolis.

Metodologia

Objeto de estudo

O objeto de estudo do presente trabalho é o SENAI/Florianópolis (SENAI, 2007), Centro de Tecnologia em Automação e Informática, localizado na Rodovia SC-401, bairro Saco Grande, na cidade de Florianópolis, SC.

A edificação, localizada em um terreno de 28.114,58 m², possui dois pavimentos, tendo uma área total construída de 5.199,45 m², onde estão distribuídas salas de aula, laboratórios, biblioteca, auditórios, restaurante e lanchonete, além de guaritas de vigilância.

Mediante informações obtidas por funcionários do SENAI/Florianópolis, constatou-se que não existe atualmente – e também nunca foi utilizado – nenhum tipo de sistema de aproveitamento de água pluvial na edificação.

Levantamento de dados

Áreas de cobertura

O levantamento das áreas de cobertura (áreas de captação) de todos os blocos do SENAI/Florianópolis fez-se necessário para estimar o volume do reservatório de água pluvial. Esse levantamento foi realizado considerando-se as áreas de cobertura da edificação no plano inclinado.

Dados pluviométricos

Os dados pluviométricos utilizados neste trabalho foram fornecidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. (EPAGRI). Foram coletados da Estação Meteorológica de Florianópolis, localizada no bairro Itacorubi. Os dados fornecidos incluem informações sobre precipitações diárias de sete anos, de 01/01/2000 a 31/12/2006.

Consumo de água medido

Os dados de consumo de água medidos pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN) foram necessários para se fazer uma comparação entre os valores de consumo diário reais e o consumo diário estimado através dos levantamentos de vazões dos aparelhos sanitários e de entrevistas.

Foram fornecidos os consumos mensais de água de um período de dois anos (2005 e 2006) e de alguns meses de 2007 (janeiro a junho).

Usos finais de água

Para realizar a estimativa do consumo de água por usos finais no prédio, foi necessário levantar as características dos aparelhos sanitários, a frequência e o tempo com que eles são utilizados. Dessa forma, foi realizado levantamento dos tipos de aparelhos sanitários existentes, medições das vazões desses aparelhos e entrevistas com os usuários. Realizaram-se os levantamentos no período de janeiro a junho de 2007.

Vazões

A estimativa da vazão de cada aparelho sanitário foi realizada utilizando-se um recipiente com volume conhecido e cronometrando-se o tempo necessário para o enchimento do recipiente com água.

Entrevistas com os usuários

As entrevistas foram realizadas por meio de questionários aplicados aos funcionários, professores e alunos, a fim de descobrir a frequência e o tempo de utilização de cada tipo de aparelho sanitário.

Realizou-se uma pesquisa por amostragem. As amostras foram calculadas segundo a metodologia apresentada por Barbeta (2003), o qual salienta que é possível determinar uma amostra que represente determinado número de pessoas pela Equação 1.

$$n \geq \frac{n_0 * N}{n_0 + N}, \quad (1)$$

onde:

$$n_0 \geq \frac{1}{\epsilon_0^2}$$

N é o número total de pessoas;

ϵ_0 é o erro amostral desejado (1% a 20%); e

n é a amostra de pessoas entrevistadas.

Para uma amostra ser significativa, o erro adotado deveria estar entre 1% e 4% (BARBETTA, 2003). Porém, para esse estudo, foram adotados valores maiores de erros, em função do número de pessoas que foram efetivamente entrevistadas.

Foram aplicados quatro tipos de questionários. Para funcionários, professores e alunos foram aplicados questionários com as mesmas perguntas.

Para os funcionários da limpeza, jardinagem, cozinha do restaurante/lanchonete e lavação de automóveis, foram aplicados questionários caracterizados para as respectivas funções.

Estimativa do consumo de água

O consumo total diário de água em cada aparelho sanitário considerado de uso individual foi estimado com base nos dados de frequência e tempo de uso obtidos por meio das entrevistas, nas vazões estimadas e no número de pessoas que efetivamente utilizam cada aparelho.

O cálculo de consumo médio diário de água *per capita* por aparelho sanitário foi realizado por meio da Equação 2.

$$C_{\text{médio aparelho}} = \frac{\sum_i^n f_i * t_i * Q}{n}, \quad (2)$$

onde:

$C_{\text{médio aparelho}}$ é o consumo médio diário de água *per capita* do aparelho (litros/dia/pessoa);

f_i é a frequência diária de uso do aparelho (número de vezes/dia);

t_i é o tempo diário de uso do aparelho (segundos/dia);

Q é a vazão do aparelho (litros/segundo); e

n é a amostra de pessoas entrevistadas.

Para o cálculo de consumo total diário de água em cada aparelho sanitário, considerou-se como usuários a população que utilizava tais aparelhos, conforme apresentado na Equação 3.

$$C_{\text{total aparelho}} = C_{\text{médio aparelho}} * P, \quad (3)$$

onde:

$C_{\text{total aparelho}}$ é o consumo total diário de água em cada aparelho sanitário (litros/dia);

$C_{\text{médio aparelho}}$ é o consumo médio diário de água *per capita* no aparelho (litros/dia/pessoa); e

P é a população adotada.

No cálculo de consumo diário total de água em torneiras de lavatórios e bebedouros, considerou-se como usuários a população total do prédio. Já para o cálculo do consumo de água nas bacias sanitárias, considerou-se como usuários toda a população feminina somada ao percentual da população masculina que utiliza as bacias sanitárias.

O consumo médio diário de água em mictórios foi calculado considerando-se toda a população masculina.

Para o cálculo de consumo de água em torneiras de tanques de laboratórios, utilizou-se o total de funcionários homens (47 pessoas), pelo fato de, durante as entrevistas, terem sido os únicos a citar

o uso desse dispositivo para lavagem de peças e das mãos.

Depois de efetuada a estimativa de consumo em cada aparelho de uso individual, realizou-se um somatório para verificar o volume total diário de água consumido nos aparelhos usados em atividades estimadas por amostragem.

A estimativa dos consumos de água referentes à limpeza do prédio, lavagem de carros, cozinha do restaurante, irrigação de jardins e banhos foi calculada com base em entrevistas com todos os responsáveis por tais atividades, e não por amostras. Dessa forma, o consumo estimado nessas atividades não foi multiplicado pelo número de usuários, pois já se trata do consumo total de cada atividade.

O consumo médio diário de água total foi calculado mediante a soma do consumo total diário de água para aparelhos de uso individual e do consumo total diário de água utilizada em atividades de limpeza geral do prédio, lavagem de carros, restaurante, irrigação de jardins e banhos.

O consumo diário de água *per capita* foi determinado através do quociente entre o consumo total diário real de água e a população total do prédio.

Análise de sensibilidade

Para ajustar a diferença entre o consumo calculado e o consumo medido pela CASAN, fez-se uma análise de sensibilidade, de modo a verificar a influência do erro de cada dado levantado no consumo estimado. A análise da sensibilidade consiste em variar a frequência e a duração de utilização dos aparelhos sanitários em intervalos adequados, para constatar a influência de cada tipo de aparelho sobre a variação do consumo final de água.

Aplicaram-se variações de +30% a -30%, em intervalos de 10%, sobre a frequência, vazão e tempo de uso dos aparelhos que possuíam os maiores consumos de água no prédio.

O ajuste foi feito após a comparação entre o consumo diário de água estimado e o consumo real. A diferença verificada entre o consumo real e o estimado foi atribuída proporcionalmente aos consumos estimados dos dois aparelhos de maior sensibilidade.

Usos finais corrigidos

Depois de verificados os dois aparelhos mais sensíveis através da análise de sensibilidade e de realizados ajustes no consumo estimado de água, os usos finais foram corrigidos, definindo-se os novos percentuais de consumo em cada aparelho sanitário e atividade.

Avaliação do potencial de economia de água potável

Para a avaliação do potencial de economia de água verificou-se o percentual de água potável para usos não potáveis através da análise dos usos finais corrigidos. Também estimou-se o volume ideal de reservatório de acumulação da água pluvial.

Percentual de água potável que poderia ser substituído por água pluvial

Neste estudo, considerou-se que a água utilizada em descargas de bacia sanitária, mictórios, irrigação de jardins, lavagem de carros, torneiras de tanques usadas para limpeza do prédio, que também inclui lavagem de calçadas e limpeza de vidros, não necessita ser potável, podendo ser substituída por pluvial.

O percentual de água potável que poderia ser substituído por água pluvial foi verificado após a estimativa dos usos finais de água corrigidos, por meio da soma dos percentuais de consumo de água das atividades com fins não potáveis.

Reservatório de água pluvial

O algoritmo do programa Netuno (GHISI; TRÉS, 2004), desenvolvido para verificar o potencial de economia de água potável obtido pelo uso de água pluvial, foi utilizado para estimar a economia apresentada para diferentes volumes de reservatório até se alcançar o volume ideal.

Os dados de entrada necessários foram: área de cobertura da edificação, consumo diário de água *per capita*, precipitação pluviométrica da região, coeficiente de perdas e percentual de água potável para usos não potáveis que poderia ser substituída por água pluvial.

O volume de reservatório inferior é um dado de entrada do programa que precisa ser adotado. O valor adotado deve ser maior que a demanda diária de água pluvial, para que supra esse consumo diário e possa manter uma reserva para épocas de baixa precipitação pluviométrica.

A demanda diária de água pluvial é calculada pelo próprio programa Netuno, conforme mostra a Equação 4.

$$D_{\text{pluvial}} = C_{\text{diário per capita}} * P * AP, \quad (4)$$

onde:

D_{pluvial} é a demanda diária de água pluvial (litros/dia);

$C_{\text{diário per capita}}$ é o consumo diário de água potável per capita (litros/dia/pessoa);

P é a população total; e

AP é o percentual de água potável que poderia ser substituída por água pluvial (%).

Para a escolha do volume de reservatório adequado, fez-se variar o volume inicial do reservatório inferior em intervalos de 1.000 litros até se obter o volume ideal. Assim, para cada variação realizada, o programa calculava um novo potencial de economia de água potável. Quando a variação do volume do reservatório promoveu um aumento menor ou igual a 0,5% no potencial de economia de água potável, foi escolhido o volume anterior como ideal para o reservatório inferior.

Verificou-se o potencial de economia de água potável para diferentes percentuais de água potável que poderiam ser substituídos por água pluvial, tendo como referência o percentual estimado de usos finais não potáveis.

A determinação do volume do reservatório superior de água pluvial levou em conta a quantidade de água consumida com fins não potáveis.

Análise econômica

Os custos verificados resumem-se basicamente em custos de implantação e operação do sistema de aproveitamento de água pluvial. Porém, essa análise econômica é apenas uma estimativa preliminar de custos, que poderá servir como referência para novas instituições de ensino com padrões semelhantes que desejem implantar um sistema de aproveitamento de água pluvial durante a execução da obra. Atualmente, não há indicativo de que esse sistema possa ser implantado no local do estudo.

Custos de implantação do sistema de aproveitamento da água pluvial

Foi realizada uma estimativa dos valores de materiais e equipamentos necessários, através de uma pesquisa de preço nas maiores lojas de materiais de construção da cidade, onde se verificou as médias de preços e obteve-se o orçamento. Os materiais orçados foram reservatórios de fibra de vidro e motobombas.

Os custos com tubulações e conexões foram estimados em função de um percentual de 15% do custo total de implantação do sistema, conforme recomendado em outros estudos similares (GHISI; FERREIRA, 2007).

Custos relacionados aos processos de desinfecção e tratamento da água pluvial não foram considerados neste estudo.

Custos de mão-de-obra

Os custos com mão-de-obra foram obtidos por meio de uma estimativa de preços realizada por profissionais especializados em execução de projetos hidrossanitários.

Custos de operação do sistema de aproveitamento da água pluvial

Para o bombeamento de água em instalações elevatórias, a NBR 5626 recomenda que devem ser instaladas no mínimo duas motobombas independentes para garantir o abastecimento de água no caso de falha de uma das unidades (ABNT, 1998).

A potência da motobomba foi selecionada com o auxílio de informações apresentadas em catálogos de fabricantes, e após isso foi estimado o tempo de funcionamento diário e o número de dias de uso no mês.

Para determinar os custos com energia elétrica devido ao bombeamento, utilizaram-se as informações referentes às motobombas adotadas e os valores cobrados pelas Centrais Elétricas de Santa Catarina (CELESC), conforme apresenta a Equação 5.

$$CM_{\text{energia elétrica}} = P_{\text{motobombas}} * t * N * V_{\text{CELESC}}, \quad (5)$$

onde:

$CM_{\text{energia elétrica}}$ é o custo mensal da energia elétrica para o funcionamento do sistema de bombeamento de água pluvial (R\$);

$P_{\text{motobombas}}$ é a potência da motobomba (kW);

t é o tempo de funcionamento da motobomba (h/dia);

N é o número de dias de funcionamento da motobomba no mês; e

V valor cobrado pela CELESC pela energia elétrica consumida (R\$/kWh).

Novos custos de água potável

Foi realizado um levantamento dos novos custos de água potável, considerando o potencial de economia de água potável gerado pelo uso de água pluvial, verificado no programa Netuno.

Assim, pela aplicação da Equação 6 é possível verificar qual seria o novo custo de água potável após a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

$$CM_{\text{água potável 2}} = C_{\text{mensal}} * [(1 - P_{\text{economia}}) / 100] * V_{\text{CASAN}}, \quad (6)$$

onde:

$CM_{\text{água potável } 2}$ é o custo médio mensal de água potável após a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial (R\$/mês);

C_{mensal} é o consumo médio mensal de água no prédio ($\text{m}^3/\text{mês}$);

P_{economia} é o potencial de economia de água potável obtido com o uso de água pluvial (verificado no programa Netuno) (%); e

V_{CASAN} é o valor cobrado pela CASAN pela água potável consumida (R\$/ m^3).

Economia de água potável

Foi verificada a diferença entre o custo mensal atual de água potável e o custo mensal após a implantação do sistema. Essa diferença representa a economia em reais (R\$) relativa ao novo consumo de água, conforme apresentado na Equação 7.

$$E = CM_{\text{potável } 1} - CM_{\text{potável } 2} - CM_{\text{energia elétrica}}, \quad (7)$$

onde:

E é a economia monetária de água potável após o uso de água pluvial (R\$/mês);

$CM_{\text{potável } 1}$ é o custo médio mensal de água potável atual antes da implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial (R\$/mês);

$CM_{\text{potável } 2}$ é o custo médio mensal de água potável após a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial (R\$/mês); e

$CM_{\text{energia elétrica}}$ é o custo mensal da energia elétrica para o funcionamento do sistema de bombeamento de água pluvial (R\$).

Período de retorno do investimento

O período de retorno do investimento foi verificado pelo método do *payback* descontado.

Por esse método foi calculado o número de meses (ou anos) que será necessário para que os fluxos de caixa futuros acumulados igualem o montante do investimento inicial. Pode-se obter o *payback* descontado através da Equação 8.

$$I_0 \leq \sum_1^n \left[\frac{B_n - C_n}{(1+i)^n} \right], \quad (8)$$

onde:

I_0 é o investimento inicial;

B são os benefícios;

C são os custos relevantes, excluindo os custos iniciais;

i é a taxa mínima de atratividade (TMA); e

n é a variável tempo – indica o número de períodos, medido em meses.

A TMA adotada neste estudo foi de 1% ao mês, cujo valor atualmente é utilizado em alguns fundos de renda fixa. A vida útil do sistema foi considerada para um período de 10 anos.

Resultados

Consumo de água potável

Para realizar uma comparação entre o consumo diário estimado com o consumo diário real, foram coletados os consumos mensais de água medidos nas faturas da CASAN de janeiro de 2005 a junho de 2007, conforme apresentado na Figura 1.

Analisando a Figura 1, verifica-se que a média de consumo de água no ano de 2005, 415 m^3 , é muito alta comparada com as médias de consumo de 2006 e 2007, equivalentes a 140 m^3 e 147 m^3 , respectivamente.

As informações obtidas no SENAI mostraram que no ano de 2005 a edificação passou por algumas reformas e também que houve o rompimento de algumas tubulações.

Devido às discrepâncias entre os consumos de água, foram verificadas as médias de consumo dos meses letivos apenas para os anos 2006 e 2007. Esses valores, juntamente com o custo médio, encontram-se na Tabela 1.

Para a comparação do consumo real com o consumo estimado, utilizou-se o valor da média de consumo de água apenas dos meses letivos de 2007, por englobarem o período em que foram realizadas as entrevistas. Calculou-se o consumo médio diário dividindo este consumo médio mensal por 23 dias úteis. Assim, o consumo médio diário e o consumo *per capita*, com base nos consumos medidos pela CASAN, foram de 8.750 litros/dia e 15,5 litros/pessoa por dia respectivamente.

Usos finais de água

Vazões

Para as bacias sanitárias e mictórios, foram adotados valores de vazão indicados pela norma NBR 5626 e pelos fabricantes. Para a descarga das bacias sanitárias adotou-se a vazão de 1,7 L/s, e para os mictórios, 0,15 L/s (ABNT, 1998).

Os valores das medições de vazões dos aparelhos sanitários existentes encontram-se na Tabela 2.

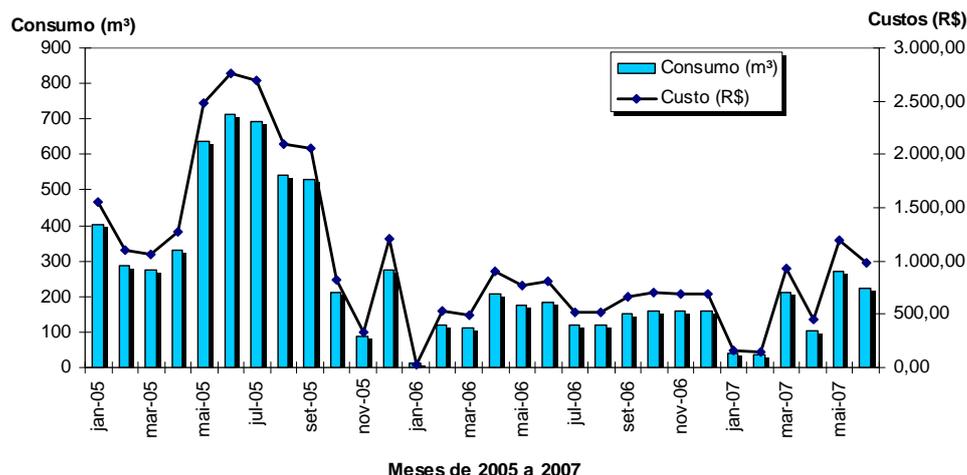


Figura 1 - Consumos e custos das faturas de água de 2005 a 2007

Meses letivos	Consumo médio mensal (m³)	Custo médio mensal (R\$)
Ano 2006 (mar - dez)	154,30	676,25
Ano 2007 (mar - jun)	201,25	887,20

Tabela 1 - Consumos e custos médios mensais de água para os meses letivos dos anos 2006 e 2007

Aparelho sanitário	Local	Vazão (L/s)
Torneiras de lavatórios	Banheiros femininos e masculinos	0,09
Torneira de tanque	Banheiros	0,14
Torneira de tanque	Cozinha e laboratórios	0,15
Torneira de pia	Cozinha	0,17
Torneira de lavatório	Banheiro e cozinha	0,13
Chuveiro	Banheiro, cozinha e banheiro masculino	0,02
Bebedouros elétricos	Pátios internos	0,01
Bacias sanitárias (válvula de descarga)	Todos os banheiros	1,70
Mictórios (válvula de descarga)	Todos os banheiros	0,15
Mangueira	Área externa	0,12

Tabela 2 - Vazão dos aparelhos sanitários existentes

Entrevistas com os usuários

Foi calculada uma amostra que seria representativa para cada categoria de usuários levando-se em consideração um erro amostral de 10%.

Com base nos dados de população obtidos e na aplicação da Equação 1, obteve-se o tamanho desejado de amostra de cada categoria a ser entrevistada, totalizando 227 pessoas.

Devido a algumas dificuldades, efetivamente foi entrevistado um número menor para a maioria das amostras. Desse modo, entrevistou-se 36% da

população total do prédio, que corresponde a 202 pessoas.

A Tabela 3 permite visualizar os dados referentes à população que ocupa o prédio, por categorias de usuários e por sexo, apresentando também as amostras de entrevistas desejadas e as amostras efetivamente obtidas. Além disso, a Tabela 3 apresenta os percentuais desses dados em relação ao seu respectivo total.

Estimativa do consumo de água

Para verificar qual seria o consumo diário de água *per capita* por categoria de usuários do sexo feminino e masculino separadamente, foi feita uma

média diária de frequência, de tempo de uso e de consumo de água para cada aparelho de uso individual.

Nas entrevistas verificou-se que os usuários encontraram dificuldades em informar o tempo de utilização dos aparelhos. Além disso, como as respostas dos questionários eram abertas, houve grande variabilidade de resultados, o que ocasionou valores altos de desvio padrão.

Após, foi verificada a média diária e o desvio padrão da frequência, do tempo de utilização e do consumo de água *per capita* por aparelhos, para cada categoria de usuários, conforme apresentam as Tabelas 4 a 6.

Fazendo uma média geral de frequência e tempo de uso, e de consumo de água em aparelhos de uso individual, considerando-se todos os 202 entrevistados, abrangendo todas as categorias, independentemente de sexo, obtiveram-se os valores que estão apresentados na Tabela 7.

Os valores da Tabela 7 são utilizados para a estimativa do consumo total em cada aparelho sanitário, em função da população usuária deles.

Os valores estimados de consumo total diário de água por aparelhos sanitários, determinados

através da aplicação das Equações 2 e 3, com base no número de pessoas que utilizam os aparelhos, estão apresentados na Tabela 8.

A estimativa dos consumos de água referentes à limpeza geral, lavação de carros, cozinha do restaurante/lanchonete, irrigação de jardins, entre outras atividades, foi calculada com base em entrevistas com todos os responsáveis por tais atividades. Dessa forma, o consumo estimado nessas atividades, apresentado na Tabela 9, não foi multiplicado pelo número de usuários.

O consumo total diário de água totalizou 10.490 litros/dia, o qual foi obtido somando-se todos os consumos específicos de todos os aparelhos e atividades apresentados anteriormente, nas Tabelas 8 e 9.

Para determinar o consumo de água mensal, adotou-se uma média de 23 dias úteis por mês. Assim, todos os consumos diários foram multiplicados por 23 dias, porém as atividades semanais, mensais ou anuais tiveram a frequência fracionada para o cálculo do consumo diário. O valor de consumo total de água estimado foi de 241.274 litros/mês

Categorias de usuários	População			Amostra desejada			Amostra obtida		
	H	M	Total	H	M	Total	H	M	Total
Alunos	337	38	375	77	28	105	90	19	109
% Alunos	90%	10%	100%	73%	27%	100%	83%	17%	100%
Funcionários	47	77	124	32	44	76	28	38	66
% Funcionários	38%	62%	100%	42%	58%	100%	42%	58%	100%
Professores	52	14	66	34	12	46	17	10	27
% Professores	79%	21%	100%	74%	26%	100%	63%	37%	100%
Total	436	129	565	143	84	227	135	67	202
% total	77%	23%	100%	63%	37%	100%	67%	33%	100%

Nota: H=homens e M=mulheres

Tabela 3 - Número total de usuários por categorias e por sexo e amostras de entrevistas desejadas e obtidas

Aparelho	Frequência (vezes/dia)				Tempo (segundos/vez)				Consumo (litros/dia/pessoa)			
	Alunos		Alunas		Alunos		Alunas		Alunos		Alunas	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Torneira	2,53	1,34	3,05	0,91	9,48	4,55	8,26	2,54	2,10	1,51	2,15	0,84
Bebedouro	2,72	1,00	2,26	2,05	7,73	4,63	6,95	5,88	0,33	0,25	0,36	0,45
Bacia San.	0,40	0,55	2,37	0,83	3,54	4,86	7,21	3,01	6,09	8,61	28,01	12,34
Mictório	1,58	1,13	-	-	7,52	6,01	-	-	1,88	1,73	-	-
Consumo médio diário total									10,40		30,51	

Tabela 4 - Médias diárias de frequência, de tempo de uso e de consumo de água *per capita* por aparelhos sanitários para alunos e alunas

Aparelho	Frequência (vezes/dia)				Tempo (segundos/vez)				Consumo (litros/dia/pessoa)			
	Funcionários		Funcionárias		Funcionários		Funcionárias		Funcionários		Funcionárias	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Torneira	3,75	1,48	4,24	1,92	8,50	4,76	14,61	8,71	2,79	2,17	5,42	4,30
Bebedouro	0,32	0,77	0,24	0,54	1,21	2,78	1,05	2,39	0,03	0,09	0,02	0,05
Bacia San.	0,54	0,69	3,21	0,96	4,14	4,67	8,53	3,24	7,89	9,59	45,14	18,68
Mictório	2,71	1,08	-	-	7,75	4,58	-	-	3,24	2,17	-	-
Tanque (Lab.)	0,33	0,82	-	-	24,29	113,09	-	-	1,47	3,62	-	-
Consumo médio diário total									15,43		50,57	

Tabela 5 - Médias diárias de frequência, de tempo de uso e de consumo de água *per capita* por aparelhos sanitários para funcionários e funcionárias

Aparelho	Frequência (vezes/dia)				Tempo (segundos/vez)				Consumo (litros/dia/pessoa)			
	Professores		Professoras		Professores		Professoras		Professores		Professoras	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Torneira	3,47	2,00	3,00	0,67	10,24	7,21	9,60	5,15	2,93	2,48	2,37	1,28
Bebedouro	0,35	0,79	0,10	0,32	2,35	4,72	1,50	4,74	0,06	0,14	0,02	0,07
Bacia San.	0,47	0,51	2,60	0,70	3,76	4,74	6,80	2,15	6,40	8,05	29,24	11,44
Mictório	2,18	1,59	-	-	6,06	3,65	-	-	2,43	2,11	-	-
Consumo médio diário total									11,81		31,63	

Tabela 6 - Médias diárias de frequência, de tempo de uso e de consumo de água *per capita* por aparelhos sanitários para professores e professoras

Aparelho	Frequência (vezes/dia)		Tempo (segundos/vez)		Consumo (litros/dia/pessoa)	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Torneira	3,17	3,00	10,24	6,10	2,91	2,69
Bebedouro	1,55	1,88	4,71	5,23	0,19	0,27
Bacia sanitária	1,25	1,36	5,09	4,72	16,92	19,42
Mictório	1,89	1,27	7,38	5,48	2,23	1,92
Tanque (Lab.)	0,36	1,00	16,67	89,42	1,69	4,66
Consumo médio diário total					23,95	

Tabela 7 - Frequência, tempo e consumo médio de água *per capita* para aparelhos de uso individual

Consumo diário total por aparelho e usuários (litros/dia)										
Aparelhos	Alunos			Funcionários			Professores			Todas as categorias
	H	M	Total	H	M	Total	H	M	Total	Total (L/dia)
Torneira de lavatório	980,9	110,6	1.091,5	136,8	224,1	360,9	151,3	40,7	192,1	1.644,50
Bebedouro	65,1	7,3	72,4	9,1	14,9	23,9	10,0	2,7	12,7	109,00
Bacia sanitária	1.928,3	648,5	2.576,8	716,7	1.314,0	2.030,7	392,5	238,9	631,4	5.238,90
Mictório	752,3	---	752,3	104,9	---	104,9	116,1	---	116,1	973,30
Tanque (laboratórios)	---	---	---	79,9	---	79,9	---	---	---	79,90
Total	3.726,6	766,4	4.493,0	1.047,4	1.553,0	2.600,3	669,9	282,3	952,3	8.045,60
Percentual	82,9%	17,1%	100%	40,3%	59,7%	100%	70,3%	29,6%	100%	

Legenda: H=homens e M=mulheres

Tabela 8 - Valores estimados de consumo diário total de água por aparelho de uso individual

Atividade	Consumo total (litros/dia)
Torneiras de tanques	420,00
Mangueira	228,34
Lavação de alimentos	612,00
Preparo de alimentos	102,00
Lavação de louças	1.020,00
Torneira de pia	1.769,00
Chuveiros	26,66

Tabela 9 - Consumo diário de água nas atividades gerais

A Tabela 10 apresenta um resumo da estimativa do consumo total de água diário e total mensal para os aparelhos sanitários e demais atividades.

A Tabela 11 mostra um comparativo entre os valores de consumo estimados e os valores reais fornecidos pela CASAN, bem como a diferença obtida, cujo valor foi de 19,9%.

Análise de sensibilidade

A análise foi aplicada para os aparelhos que possuíam os maiores consumos de água, e também para o menor consumo, verificando-se a influência de cada aparelho sobre o consumo final.

Verificou-se, com a análise de sensibilidade, que o aparelho mais sensível é a torneira de pia da cozinha, pois uma variação de 30% sobre o tempo ou a frequência na sua utilização geraria um erro de 27% sobre o consumo total de água. O segundo aparelho mais sensível verificado através da análise foi a bacia sanitária.

A Figura 2 apresenta o gráfico que mostra a sensibilidade das torneiras de lavatórios, bebedouros, torneira de pia da cozinha, bacias sanitárias e mictórios.

Aparelho ou atividade	Consumo (L/dia)	Consumo (L/mês)
Limpeza de vidros	0,54	12,50
Lavação de calçadas	14,40	331,20
Chuveiro	26,66	613,30
Irrigação de jardins	41,14	946,29
Tanque (laboratórios)	79,94	1.838,60
Bebedouro	109,08	2.508,84
Lavação de carros	172,80	3.974,40
Limpeza	420,00	9.660,00
Mictório	973,28	22.385,49
Torneira de lavatório	1.644,47	37.822,80
Torneira de pia (cozinha)	1.769,00	40.687,00
Bacia sanitária	5.238,85	120.493,50
Total	10.490,00	241.274,00

Tabela 10 - Consumo diário e mensal de água estimado para aparelhos e atividades

Consumo	Consumo diário (L/dia)	Consumo mensal (L/mês)
Estimado	10.490,00	241.274,00
Real	8.750,00	201.250,00
<i>Diferença (litros)</i>	<i>1.740,00</i>	<i>40.024,00</i>
<i>Diferença</i>	<i>19,9%</i>	

Tabela 11 - Comparação entre o consumo de água estimado e o real

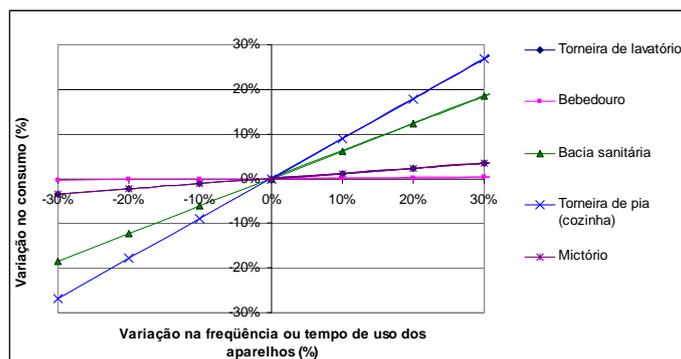


Figura 2 - Sensibilidade na frequência ou no tempo de uso dos aparelhos

Usos finais de água corrigidos

Depois de realizada a análise de sensibilidade dos aparelhos sanitários e feita a comparação entre o consumo diário estimado e o consumo real, onde se verificou uma diferença de 19,9%, que corresponde a 1.740 litros/dia, foi possível realizar os ajustes nos usos finais de água.

A correção foi realizada atribuindo-se a diferença proporcionalmente ao consumo de água estimado de cada um dos dois aparelhos de maior sensibilidade (bacia sanitária e torneira de pia da cozinha).

Verificou-se que o consumo de água estimado desses dois aparelhos totaliza cerca de 7.000 litros/dia, e desse total 75% do consumo corresponde à bacia sanitária e 25% à torneira de pia da cozinha do restaurante. De posse desses percentuais, as diferenças entre o consumo real e o estimado foram corrigidas.

Os consumos diário e mensal de água corrigidos para cada aparelho sanitário e atividade estão apresentados na Tabela 12, onde também se encontram o valor total e o percentual de consumo de água em usos considerados para fins não potáveis.

Da análise da Tabela 12, é possível perceber que algumas atividades possuem um consumo de água muito baixo se comparado com o consumo total. Por isso, optou-se em agrupar lavagem de calçadas, limpeza de vidros e limpeza em uma nova atividade chamada limpeza do prédio. Para facilitar a visualização, a Figura 3 apresenta os usos finais de água corrigidos.

Após a correção dos usos finais, verifica-se que a bacia sanitária continua sendo o aparelho responsável pela maior parcela de consumo de água, equivalente a 45% do total. Porém, o segundo maior consumidor de água passa a ser as torneiras de lavatórios, responsáveis por 18,8% do total.

Por fim, verificou-se o consumo diário *per capita*, dividindo-se o consumo total diário real da CASAN de 8.750 litros pela população total do prédio (565 pessoas), pelo que se obtiveram 15,50 litros *per capita*/dia.

Avaliação do potencial de economia de água potável

Percentual de água potável que poderia ser substituída por água pluvial

O percentual de água potável que poderia ser substituída por água pluvial foi verificado através da soma dos percentuais dos usos finais de água das atividades consideradas para fins não potáveis, totalizando 63,5%.

Áreas de cobertura

O levantamento foi realizado considerando as áreas de cobertura da edificação no plano inclinado. Dessa forma, obtiveram-se 3.300 m² de área de telhado.

Dados pluviométricos

A precipitação média diária obtida para o período avaliado foi de 4,37 mm; a precipitação média mensal obtida foi de 132,90 mm; e a precipitação média anual foi de 1.595 mm. A Figura 4 ilustra os valores de precipitação média mensal.

Aparelho ou atividade	Consumo (L/dia)	Consumo (L/mês)
Limpeza de vidros*	0,54	12,50
Lavação de calçadas *	14,40	331,20
Chuveiro	26,66	613,26
Irrigação de jardins*	41,14	946,29
Tanque (laboratórios)	79,94	1.838,60
Bebedouro	109,08	2.508,84
Lavação de carros *	172,80	3.974,40
Limpeza*	420,00	9.660,00
Mictório*	973,28	22.385,49
Torneira de pia (cozinha)	1.329,73	30.583,72
Torneira de lavatório	1.644,47	37.822,80
Bacia sanitária*	3.937,95	90.572,90
Total	8.750,00	201.250,00
*Total não potável	5.560,12	127.882,80
Percentual do total não potável	63,5%	

Tabela 12 - Consumos de água após correção

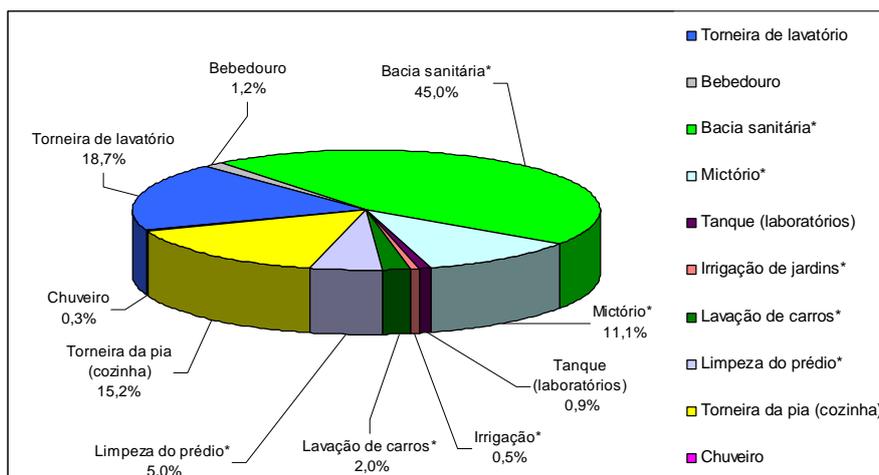


Figura 3 - Usos finais de água corrigidos

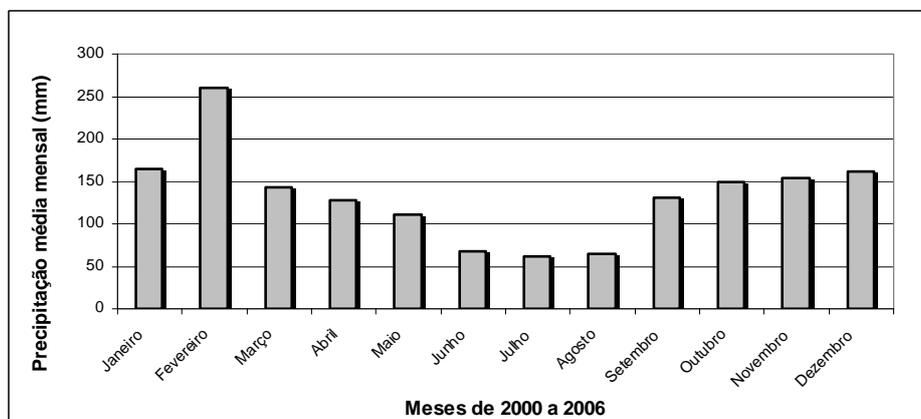


Figura 4 - Precipitação média mensal dos anos 2000 a 2006

Reservatórios de água pluvial

O volume ideal do reservatório de acumulação de água pluvial e o seu respectivo potencial de economia de água potável foram obtidos por meio do programa Netuno. A Tabela 13 apresenta os dados de entrada utilizados no programa.

A demanda diária de água pluvial calculada pelo programa Netuno foi de 5.561 litros/dia. Desse modo, iniciaram-se as simulações com 6.000 litros de volume para o reservatório inferior de água pluvial. O próximo passo para a escolha do volume de reservatório adequado foi variar o volume do reservatório inferior.

Como forma de considerar eventuais erros na estimativa de usos finais, as simulações foram realizadas considerando-se variações de -15% a +15%, em intervalos de 5%, sobre o percentual de

63,5% obtido na estimativa dos usos finais (não potáveis).

Os resultados do dimensionamento do volume ideal do reservatório inferior, potencial de economia de água potável e demanda diária de água pluvial, para os diferentes percentuais de usos finais não potáveis, estão apresentados na Tabela 14.

Para facilitar a visualização, a Figura 5 ilustra todos os resultados de potencial de economia de água potável em percentual, obtidos no programa Netuno, através das variações de diferentes volumes de reservatório inferior e diferentes percentuais de água potável (usada para fins não potáveis) que poderiam ser substituídos por água pluvial.

Dados de entrada	
Consumo diário <i>per capita</i> de água potável (litros/dia/pessoa)	15,50
Área de captação do telhado (m ²)	3.300
População total	565
Coefficiente de perdas	0,20
Período de precipitação pluviométrica diária	2000 a 2006
Usos finais de água com fins não potáveis (%)	63,5

Tabela 13 - Dados de entrada utilizados no programa Netuno

Usos finais para fins não potáveis (%)	Volume ideal do reservatório inferior (litros)	Potencial de economia de água potável (%)	Demanda diária de água pluvial (litros)
48,5	22.000	34,5	4.247
53,5	24.000	37,5	4.685
58,5	27.000	40,9	5.123
63,5	27.000	42,6	5.561
68,5	31.000	46,3	5.998
73,5	33.000	48,9	6.437
78,5	35.000	51,4	6.875

Tabela 14 - Resultados do dimensionamento do volume ideal do reservatório inferior, potencial de economia de água potável e demanda diária de água pluvial para diferentes percentuais de usos finais para fins não potáveis

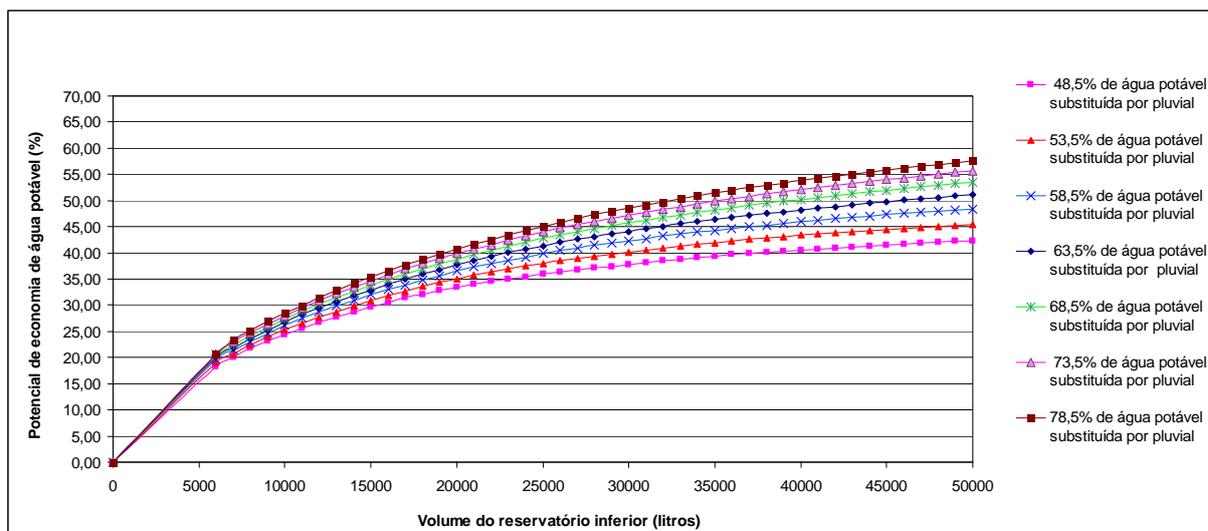


Figura 5 - Resultados do dimensionamento do volume ideal de reservatório inferior e potencial de economia de água potável para diferentes percentuais de usos finais não potáveis

Com base na análise dos resultados do programa Netuno, o volume ideal do reservatório inferior indicado foi de 27.000 litros, pois, passando para 28.000 litros, o aumento no potencial de economia é de apenas 0,5%. O potencial de economia de água potável obtido para o reservatório ideal seria de 42,6%.

Para facilitar a execução, foi considerado um volume de 30.000 litros, cujo potencial de economia é de 44,1%. Porém, como não há reservatórios de fibra de vidro com esse volume disponíveis no mercado, foram adotados dois reservatórios interligados de 15.000 litros.

O reservatório superior foi dimensionado para armazenar a demanda diária de água consumida em usos com fins não potáveis. A Tabela 15 apresenta os dados necessários para o dimensionamento do reservatório superior.

Foram adotados dois reservatórios superiores de 3.000 litros, totalizando o volume de 6.000 litros.

Portanto, com 6.000 litros para o reservatório superior e 30.000 litros para o reservatório inferior, o percentual total de economia de água potável obtido através do programa Netuno foi de 45,8%.

Análise econômica

Para o estudo de viabilidade econômica, faz-se necessária a determinação dos custos relativos à implantação e operação do sistema de aproveitamento de água pluvial, ou seja, custos com materiais, equipamentos e energia elétrica, além da economia de água gerada com a implantação do sistema.

Custos de implantação do sistema de aproveitamento da água pluvial

Os valores médios pesquisados dos materiais e serviços orçados, as quantidades e custo total estão apresentados na Tabela 16.

Já os gastos com tubulações e conexões foram estimados adotando-se um percentual de 15% do custo total de implantação do sistema orçado (GHISI; FERREIRA, 2007). Esse percentual foi adotado para suprir todos os custos desses materiais, incluindo as instalações internas na edificação.

Custos de operação do sistema de aproveitamento da água pluvial

Para a determinação da potência adequada das motobombas, buscaram-se informações apresentadas em catálogos de fabricantes e verificou-se que a potência indicada para cada motobomba foi de $\frac{3}{4}$ CV, e a sua respectiva vazão foi de 3.213 litros/hora.

Com base nessa vazão verificou-se que a motobomba deverá funcionar 1,85 hora por dia (1 hora e 51 minutos) para suprir a demanda diária de água pluvial do prédio (cerca de 6.000 litros). Também se estimou o seu tempo de funcionamento durante 23 dias no mês. Assim, foi possível estimar os custos de operação do sistema relativos aos gastos com energia elétrica.

Através de informações obtidas na CELESC, verificou-se que o SENAI está classificado na categoria comercial, alta tensão, segmento sazonal azul A1. Desse modo, foi assumida a condição mais desfavorável, em que o funcionamento da motobomba ocorrerá durante os

horários de ponta da estação seca, cujo valor cobrado pelo consumo de energia elétrica é R\$ 0,24/kWh (CELESC, 2007).

O consumo de energia elétrica resultou em 24,13 kWh/mês. Aplicando esses valores na Equação 5, foi obtido o custo mensal de energia elétrica relativo ao bombeamento de água pluvial, que se mostrou muito pequeno (R\$ 5,88) em comparação aos outros custos levantados.

Custos de mão-de-obra

O número de dias necessários para a execução dos serviços relativos à implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial varia dependendo das soluções adotadas. Para este caso, foi estimado um período de aproximadamente 20 dias para a execução da instalação do sistema. O custo médio diário da mão-de-obra utilizado foi de R\$ 80,00, o que totalizou o valor de R\$ 1.600,00.

Novos custos de água potável

Foram determinados os novos custos de água potável, considerando-se o potencial de economia

de água gerado pelo uso da água pluvial. Verificou-se que o custo médio mensal do metro cúbico de água cobrado nas faturas de água do SENAI/Florianópolis, dos meses março a junho de 2007, corresponde ao valor de R\$ 4,41/m³, conforme apresentado na Tabela 17.

Assim, tendo em vista o potencial de economia de água potável de 45,8%, calculou-se, através da aplicação da Equação 6, o novo custo de água potável. O valor obtido foi de R\$ 481,03 por mês.

Economia de água potável e período de retorno do investimento

Com base na Equação 7, foi calculada a economia monetária de água, computando também os gastos de energia elétrica. O período de retorno do investimento foi calculado com o método do *payback* descontado, apresentado na Equação 8.

A Tabela 18 apresenta os dados utilizados, resultados obtidos e o período de retorno do investimento.

Consumo diário per capita	15,5	Litros per capita/dia
População total	565	pessoas
Usos finais com fins não potáveis	63,5	%
Volume a ser armazenado	5.561	litros

Tabela 15 - Dimensionamento do volume do reservatório superior

Equipamento ou serviço	Quantidade (unid.)	Custo unitário	Custo total (R\$)
Reservatório de 3.000 litros	2	R\$ 560,50	1.121,00
Reservatório de 15.000 litros	2	R\$ 2.383,00	4.766,00
Motobomba de ¾ CV	2	R\$ 407,50	815,00
Chave de nível com bóia flutuante e vareta para os reservatórios	3	R\$ 70,00	210,00
Conjunto para sucção com bóia flutuante	1	R\$ 350,00	350,00
Válvula solenóide	1	R\$ 150,00	150,00
Desviador horizontal para as primeiras águas pluviais	3	R\$ 600,00	1.800,00
Filtro modelo VF1 Marca 3P Teknik	3	R\$ 1.500,00	4.500,00
Mão-de-obra	20 dias	R\$ 80,0/dia	1.600,00
Energia elétrica	1,85 h/dia (23 dias/mês)	R\$ 0,24/kW/h	5,88
Tubulações, conexões	---	15% do custo total	2.297,68
Custo Total			17.615,56

Tabela 16 - Resumo dos custos de implantação e operação do sistema

Meses	Consumo (m ³)	Custo (R\$)	Custo/m ³ (R\$)
Mar-07	211	926,92	4,39
Abr-07	103	452,48	4,39
Mai-07	269	1.191,60	4,43
Jun-07	222	980,43	4,42
Média	201,25	887,86	4,41

Tabela 17 - Custo médio do metro cúbico de água verificado nas faturas de março a junho de 2007

	Dados de consumo, custo e economia	Valor	Unidade
Consumos	Consumo médio diário de água potável	8,75	m ³ /mês
	Consumo médio mensal de água potável	201,25	m ³ /mês
	Novo consumo médio mensal de água potável	109,08	m ³ /mês
Custos	Atual custo médio mensal com água potável	888,80	R\$/mês
	Novo custo médio mensal com água potável	481,03	R\$/mês
	Custo de operação do sistema	5,88	R\$/mês
	Custo total de implantação do sistema	17.615,56	R\$
Econ.	Potencial de economia de água potável	45,8	%
	Economia total gerada	407,77	R\$/mês
	<i>Período de retorno do investimento (payback descontado)</i>	<i>4,8</i>	<i>anos</i>

Tabela 18 - Dados utilizados, resultados obtidos e período de retorno do investimento

Da análise dos valores da Tabela 18 verifica-se que a economia monetária gerada através da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, estimada em R\$ 407,77 mensais, mostrou-se bastante significativa, pois os custos com água potável seriam reduzidos em 45,9%. Além disso, o período de retorno do investimento verificado através do método do *payback* descontado foi de aproximadamente 4,8 anos, o que corresponde a 4 anos e 10 meses.

Conclusões

Mediante este estudo foi estimado o potencial de economia de água potável obtido por meio da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis no SENAI/Florianópolis, Centro de Tecnologia em Automação e Informática do SENAI/SC, localizado na cidade de Florianópolis, SC.

Por meio do levantamento de usos finais de água verificou-se um potencial de economia de água potável de 63,5%, o que corresponde à água utilizada para fins não potáveis. Com base nos dados pluviométricos e áreas de telhados levantados, estimou-se o volume ideal do reservatório inferior por meio do uso do programa

Netuno. O dimensionamento apontou um volume de 30.000 litros como ideal. Para o reservatório superior foi adotado um volume de 6.000 litros, suficiente para armazenar a demanda diária de água consumida apenas em fins não potáveis. Dessa forma, o potencial de economia de água potável foi estimado em 45,8%.

Além disso, foi realizada uma análise de viabilidade econômica da implantação do sistema. O custo total de implantação foi de R\$ 17.615,56 e o benefício com economia de água foi de R\$ 407,77 ao mês (equivalente a 92,17 m³ de água potável por mês). Com base na economia mensal de água potável gerada e no custo total de implantação do sistema, estimou-se que o período de retorno do investimento é de 4 anos e 10 meses. Na análise econômica do investimento, os custos associados à desinfecção e tratamento da água pluvial não foram considerados.

Constatou-se que a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial no SENAI/Florianópolis mostrou-se economicamente viável, pois proporcionaria grande potencial de economia de água potável, trazendo benefícios financeiros em médio prazo e benefícios ambientais imediatos por preservar os recursos

hídricos da região. Além disso, esse estudo poderá servir como referência para novas instituições de ensino com padrões semelhantes, que desejam implantar um sistema de aproveitamento de água pluvial.

Referências

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

BARBETTA, P. A. **Estatística aplicada às ciências sociais**. 5. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2003. 340 p.

CASAN. **Companhia Catarinense de Águas e Saneamento**. Disponível em: <<http://www.casan.com.br>>. Acesso em: 10 fev. 2007.

CELESC. **Centrais Elétricas de Santa Catarina**. Disponível em: <<http://www.celesc.com.br>>. Acesso em: 15 jun. 2007.

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, nov. 2006.

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

GHISI, E.; TRÉS, A. C. R. **Netuno**: aproveitamento de águas pluviais no setor residencial. Disponível em <<http://www.labee.ufsc.br/software/netuno.html>>. Programa computacional, 2004.

SCHERER, F. A. **Uso racional da água em escolas públicas**: diretrizes para secretarias de educação. 2003. 257 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SENAI. FLORIANÓPOLIS. **Centro de Tecnologia em Automação e Informática do SENAI/SC**. Disponível em: <<http://www.ctai.senai.br>>. Acesso em: 20 mar. 2007.