



## **Avaliação técnica e econômica para o reuso de água cinza em uma instituição de ensino no município de Itajubá**

<sup>(1)</sup> Rayne Goulart Braga, raynebraga@yahoo.com.br

<sup>(1)</sup> Leopoldo Uberto Ribeiro Júnior, leopoldo\_junior@yahoo.com.br

<sup>1</sup> Centro Universitário de Itajubá – FEPI, Rua Doutor Antônio Braga Filho, 687 – Varginha – Itajubá - Minas Gerais.

Recebido: 17 de Setembro de 2016; Revisado: 22 de Novembro de 2016

### **Resumo**

Visando a preservação ambiental e a diminuição de custos com o insumo e redução do consumo de água em uma Instituição de Ensino em Itajubá, estudou-se a reutilização das águas cinzas provenientes dos lavatórios para uso não potável nos vasos sanitários. Buscou-se analisar a viabilidade econômica e técnica da implantação de um sistema que capte as águas cinzas para o reaproveitamento em situações menos nobres, como descarga sanitária. Para tal realizou-se levantamentos de dados, medição de vazão dos aparelhos sanitários existentes e faturas de consumo de água. Verificou-se a frequência e o tempo médio de utilização dos vasos sanitários, através de pesquisas, 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. Visando atender as legislações vigentes sobre a qualidade da água, procurou-se aplicar um complemento no tratamento de água, com sistema de filtração substituindo o carvão ativado por fibras de bananeira e a desinfecção através de raios ultravioleta, objetivando obter uma solução que atenda os fatores técnicos, econômicos e ambientais. Para analisar os fatores associados ao reuso de água cinza (não potável) fez-se necessário determinar o tratamento correto e mais eficaz. O tratamento empregado mostrou melhorias nos aspectos físicos do efluente, principalmente quando empregado o processo de decantação e posterior filtração e desinfecção. Porém este ainda necessita de aprimoramentos a fim de atender as normas técnicas e os padrões mínimos exigidos.

**Palavras-chave:** Redução do consumo, Métodos alternativos, Tratamento das águas.

### **Technical and economic evaluation for grey water reuse in an educational institution in the municipality of Itajubá**

#### **Abstract**

For environmental preservation and costs reduction with the input and water consumption reduction in an educational institution in Itajubá, sought to reuse grey water from the sinks for non-potable uses in the toilets. To meet the current legislation on water quality, it attempted to apply a supplement in the water treatment with filtration system replacing the activated carbon in banana fibers and disinfection by ultraviolet rays, in order to obtain a solution that addresses the factors technical, economic and environmental. To analyze factors associated with the reuse of gray waters (not drinking), emphasizing the rational use of water and reduce consumption in the institution, it was necessary to determine, through the parameters and the viability of the project, the correct and most effective treatment. It sought to analyze the economic feasibility and implementation of a technique system that captures the grey water from sinks for reuse in less noble situations, sanitary discharge. For this did data surveys, flow measurement of existing sanitary appliances and invoice water consumption. The frequency was founded and the average time of use of equipment, through research and what are the



main activities that consume water. These surveys allowed estimating the end-use of water and also the average daily consumption and per capita consumption.

**Keywords:** Reduced consumption, alternative methods, water treatment.

## Introdução

A água é um bem natural e essencial à vida, porém o volume disponível de água potável se torna cada vez mais escasso. O aumento populacional acompanhado pelas mudanças climáticas globais vem contribuindo para o aumento na demanda pelos recursos hídricos. Embora a água existente seja um recurso renovável, ela tende a se deteriorar em função do seu uso indiscriminado o que conseqüentemente compromete a quantidade de água com qualidade disponível para consumo nas diversas localidades.

No Brasil, segundo Leal (2000) o índice de perda física é muito alto, se comparado com outros países. A perda total de água tratada corresponde cerca de 39% da água produzida (IBNET, 2011). Sendo assim se torna necessário a criação de meios capazes de atenuar o uso demasiado e descontrolado dos recursos hídricos, evitando ou minimizando sua poluição e desperdício. Desde a década de 80 vem se difundindo e valorizando o conceito de “construção sustentável” e a

aplicação de seus conceitos. Mesmo assim, o desperdício é considerável.

Percebe-se a urgência de implementar ações para a conservação da água com finalidade de contribuir para a promoção da sustentabilidade dos recursos hídricos. Sendo assim, o uso de águas residuais se torna cada vez mais importante para o aumento da demanda hídrica e a diminuição da poluição, ao atenuar a quantidade de resíduos lançados ao meio. As construções devem ser dotadas de mecanismos que possam contribuir para a minimização de impactos ao ambiente, desde sua construção até seu uso final, como o aproveitamento de fontes alternativas de energia e águas para fins não potáveis.

As águas cinzas se tornam uma fonte alternativa para usos não potáveis e vem sendo aplicada em alguns países como Estados Unidos, Japão, Canadá, Alemanha, Reino Unido e Israel. Segundo Mancuso e Santos (2003), a reutilização de águas cinzas vem se consolidando cada vez mais como um instrumento de grande



importância para a preservação e conservação dos recursos naturais. No Brasil já existem algumas aplicações do sistema para consumo não potável (BRANCATELLI, 2007), porém é um conceito novo.

Os edifícios escolares são estruturas potenciais para a implantação de sistemas prediais de aproveitamento das águas cinzas para usos não potáveis, pois geralmente apresentam grande consumo de água. 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).

O uso das águas residuais fez-se necessário, visando a redução do consumo atual em uma Instituição de ensino em Itajubá. Para tal, a utilização das águas captadas no ponto de consumo foi aplicada nas descargas sanitárias dos banheiros. De acordo com Hespanhol (2002), a água proveniente de pias, lavatórios e chuveiros, podem ser utilizadas para descarga de bacias sanitárias e lavagem de pisos. Já a água originária de efluentes com resíduos de bacias sanitárias (águas negras) só pode

ser utilizada novamente para os mesmos fins após tratamento.

Para a implantação de um sistema de reuso são necessários analisar a qualidade da água e os aspectos técnicos e financeiros associados ao sistema, enfatizando o uso racional de água e a redução do consumo na Instituição, verificando os parâmetros e a viabilidade do projeto.

Objetiva-se avaliar os aspectos técnicos e financeiros associados ao reuso de águas cinzas (não potáveis), bem como avaliar tratamentos inovadores e sustentáveis para atingir a qualidade necessária da água para o reuso, objetivando o uso racional de água e a redução do consumo na Instituição, verificando os parâmetros e a viabilidade do projeto.

### Material e Métodos

A pesquisa foi embasada em pesquisas bibliográficas, pesquisa de campo e análise experimental, estruturada conforme Figura 1.

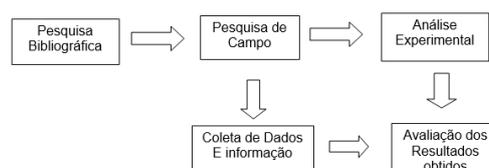


Figura 1. Etapas de estudo.



O objeto de estudo do presente trabalho foi uma instituição de ensino em Itajubá - Minas Gerais. A edificação, conta com blocos onde são distribuídas salas de aula, laboratórios, biblioteca, auditórios, restaurante e lanchonete, além de guaritas de vigilância.

Para a reutilização das águas cinzas, foram realizados balanços hídricos, identificando os pontos de consumo e as peças sanitárias. Após a identificação dos principais pontos de consumo, tornou-se necessário uma análise da qualidade da água a ser reutilizada. O método adequado para o tratamento do efluente, a fim de atingir a qualidade requerida foi avaliado utilizando filtros a base de fibras de bananeira em substituição do carvão ativado e o uso de desinfecção com luzes ultravioleta, conforme especificado na Figura 2.

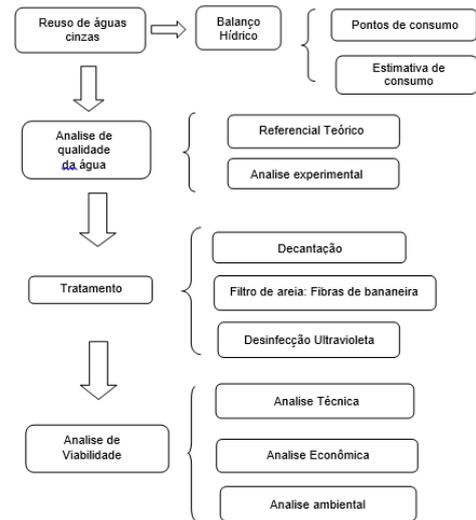


Figura 2. Metodologia

Através de pesquisa em campo, coletou-se os dados referentes às peças sanitárias e suas respectivas quantidades. Para o número de usuários, através de dados fornecidos pela instituição, definiu-se os tipos de usuários e quantidade dos mesmos.

Os dados de consumo de água medidos pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA, 2016) foram necessários para se obter o consumo diário e realizar uma estimada através dos levantamentos de vazões dos aparelhos sanitários.

O consumo total diário de água estimado em cada aparelho sanitário considerado foi estimado com base nos dados de frequência, de tempo de uso, os quais foram obtidos por meio de



referências bibliográficas, nas vazões estimadas e no número de pessoas que efetivamente utilizam cada aparelho.

Para o cálculo de consumo total diário de água em cada aparelho sanitário, considerou-se como usuários os alunos que utilizam tais aparelhos. A fórmula utilizada para estimar o consumo de água por aparelho (MARINOSKI, A. K.; GHISI, E. 2008), se encontra na Equação 1.

$$C_{\text{médio}} = \sum_i^n f_i \times t_i \times Q/n \quad (I)$$

Onde:

$C_{\text{médio}}$  – Consumo médio diário de água per capita do aparelho (litros/dia/pessoa);

$f_i$  – Frequência diárias de uso do aparelho (número de vezes/dia);

$t_i$  – Tempo diário de uso do aparelho (segundos/dia);

$Q$  – vazão do aparelho (litros/segundos);

$n$  – Amostra de pessoas entrevistadas.

Após obter o consumo mensal da Instituição e através de levantamento cadastral, o número de usuários ou agentes consumidores, fez-se o cálculo do Indicador de Consumo ( $IC$ ). Segundo Oliveira (1999), calcula-se pela Equação 2, tendo intuito de corrigir possíveis diferenças obtidas na estimativa de consumo.

$$IC = \frac{C_m \times 1000}{N_a \times D_m} \quad (2)$$

Onde:

$IC$  – Indicador de consumo

(L/agente/Consumidor por dia)

$C_m$  – Consumo Mensal (m<sup>3</sup>/mês)

$N_a$  – Número de agentes consumidores

$D_m$  – Quantidade de dias úteis por mês

Foram coletados 500 mL de efluente proveniente de lavatório e realizadas nas amostras coletadas análises de pH, turbidez, Cor, Cloro residual (mg/L) e Coliformes Termotolerantes, conforme NBR 13969/1997. Depois da caracterização do efluente, foram propostos os tratamentos com filtro de areia e brita e a substituição do carvão ativado por fibras de bananeiras e desinfecção com o sistema ultravioleta.

Para o reuso em descargas sanitárias, a água pode oferecer riscos de contaminação ao usuário, por isso a importância de análise de qualidade da água e o tratamento estarem enquadrados nos requisitos mínimos de qualidade para o reuso.

Em virtude da potabilidade que as águas cinzas devem apresentar, o efluente deve passar por uma análise de qualidade de água. A água cinza foi coletada nos



lavatórios da instituição e foram analisadas em laboratório especializado. Os parâmetros analisados se encontram especificados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros físicos, químicos e biológicos a serem analisados.

<b>Parâmetros de qualidade da água</b>
Cor
Turbidez (UNT)
PH
Coliformes Termotolerantes NMP/100ml
Cloro residual (mg/L)

O sistema de filtração é um método de tratamento bastante antigo. O funcionamento deste sistema baseia-se na aplicação de afluente intermitentemente sobre a superfície de um leito de areia. Durante a sua infiltração, ocorre a purificação por meios físicos, químicos e biológicos. O tratamento físico é resultante do peneiramento e o químico se dá pela absorção de determinados compostos.

O sistema consiste em um tanque preenchido de areia e outros meios filtrantes, com fundo drenante e com esgoto em fluxo descendente, onde ocorre a remoção de poluentes, tanto por ação biológica quanto física.

O tratamento empregado para tratar as águas cinzas coletadas nos lavatórios se

fez por meio de filtração de camadas múltiplas e desinfecção por ultravioleta, com e sem decantadores a fim de obter o que melhor satisfaça os parâmetros de qualidade vigente.

O tratamento consiste no emprego de um decantador, a fim de remover partículas grosseiras através da sedimentação. Este fica 90 minutos, tempo necessário para que os flocos se depositem no fundo (LEGNER, 2013).

Após este foi submetido a um filtro de camadas múltiplas. A altura de água nos leitos de filtração teve 0,90 metros, mínimo aplicável (NADRUZ, 1979). A primeira camada foi constituída de areia média, cujo diâmetro adotado foi de 0,35 mm, areia eficiente, com uma camada de 0,25 metros. A próxima camada consistiu em fibras de bananeira, cuja camada possui uma altura adotada de 0,10 metros. A camada suporte foi constituída de pedregulhos com uma altura de 0,05 metros. E por fim a camada de aeração que foi constituída de brita 2 (16 mm), cuja profundidade é de 0,20 metros, conforme Figura 3.

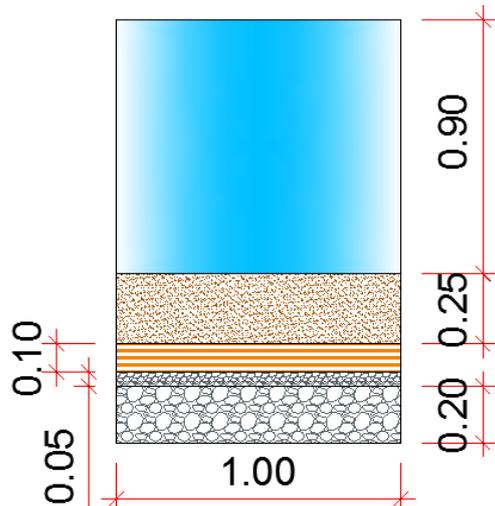


Figura 3. Filtro de camadas múltiplas.

A desinfecção por radiação ultravioleta foi realizada através de uma lâmpada germicida de 30 watts, que possui uma vida útil de 9000 horas (aproximadamente um ano). O reator UV que possui consumo de energia nominal de 30 W. O comprimento de onda utilizado foi de 253,7 nm, correspondente à faixa UV-C.

A lâmpada foi aquecida 10 minutos antes de ser inserida água ao reator. Em seguida encheu-se o reator com água cinza por 1 minuto e 50 segundos, (SOETHE, 2013).

### Resultados e Discussão

Através de coletas em campo, pôde-se obter os seguintes pontos de consumo e suas respectivas quantidades, conforme representado na Tabela 2.

Tabela 2. Número de peças sanitárias na instituição.

Pontos de consumo de água

Aparelho	Banheiro Feminino	Banheiro Masculino	Total
Mictório	-	14	14
Lavatório	41	33	74
Sanitário	55	46	101
Torneira	13	12	25
Total			214

O número de usuários estimado, através do levantamento de campo e dos dados fornecidos pela instituição, está representado na Tabela 3.

Tabela 3. Número de usuários.

Categorias de usuários	População
Alunos	2945
Funcionários	170
Professores	200
Total	3315

O consumo médio real da instituição é de 545 m<sup>3</sup>, considerando os meses letivos. A Figura 4 representa o consumo durante um ano (12 meses) estudados.

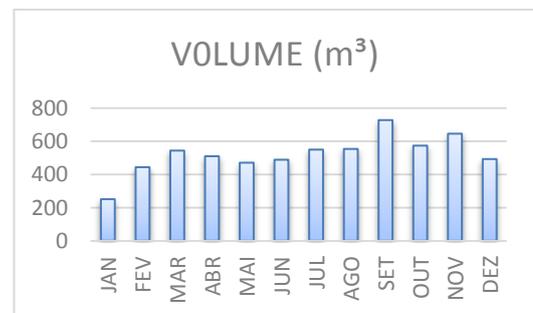


Figura 4. Consumo mensal de água na instituição.



O indicador de consumo obtido, de acordo com a Equação 2, encontra-se representado na Tabela 4.

Tabela 4. Indicador de consumo da instituição.

3 últimos meses	Volume (m <sup>3</sup> )	12 últimos meses	Volume (m <sup>3</sup> )
Média	571,00	Média	521,16
Desvpad	76,54	Desvpad	115,60
Média + Desvpad	647,54	Média + 2x Desvpad	752,37
Média - Desvpad	494,46	Média - 2x Desvpad	289,96

$$IC = \frac{521166,7}{3315 \times 23}$$

IC = 6,8 litros/ (agente consumidor x dia)

O índice de consumo na instituição é de 6,8 litros por pessoa por dia, isto significa que cada usuário consome 6,8 litros por dia dentro da instituição, perfazendo assim o consumo total no mês.

Coletou-se uma amostra de efluente proveniente de lavatórios, conforme Figura 5 e realizou uma análise física e química para identificar seus respectivos parâmetros de qualidade, a fim de empregar o tratamento adequado, atendendo à NBR 16969/1997 e SINDUSCON (2005).



Figura 5. Efluente coletado dos lavatórios da instituição.

Os resultados das análises realizadas, através da COPASA de Brasópolis, empresa responsável pela coleta e distribuição de água na cidade, é expresso pela Tabela 5, onde há um comparativo com a NBR 13969/1997 e SINDUSCON (2005).

Tabela 5. Parâmetros de qualidade obtidos no efluente coletado através de análise laboratorial.

Parâmetros	Amostra	NBR	SINDUSCON
PH	7,7	-	6 -9
Coliformes	-	<500	ND
Turbidez	163	<10	<2
Cloro residual	0,0	-	-
Cor	400	-	<10

Fonte: COPASA (2016)

Para o tratamento do efluente coletado foi empregado o filtro de camadas múltiplas com a substituição do carvão ativado pela fibra de bananeira. Preparou-se o pseudocaule da bananeira retirando as fibras desejáveis. Após limpou-se as fibras e lavou-a com água

deixando secar por 3 dias, conforme ilustrado na figura 6.



Figura 6. Preparação da fibra de bananeira.

O filtro foi composto por camadas de brita, pedregulho, fibras de bananeiras e areia respectivamente e submetido ao processo de filtração, conforme ilustrado na Figura 7. No processo adotou-se o sistema com o emprego de um decantador a fim de ocorrer a sedimentação das partículas. Os resultados obtidos foram comparados com e sem o emprego do decantador.

O processo de desinfecção foi realizado através de luzes ultravioleta, a fim de realizar a desinfecção do efluente.



Figura 7. Filtro de camadas múltiplas.

Após a submissão do efluente ao sistema de tratamento, decantação, filtração e desinfecção, obteve-se as amostras representadas na Figura 8. A amostra 1 representa o efluente que passou pelo processo de decantação e filtração. A amostra 2 representa o efluente submetido apenas ao processo de filtração. Na amostra 3 o efluente foi submetido ao processo de decantação, filtração e desinfecção. Já a amostra 4 representa o efluente submetido ao processo de filtração e desinfecção.



Figura 8. Amostras do efluente tratado.



Os resultados obtidos dos ensaios laboratoriais realizados pela COPASA de Brazópolis são apresentados na Tabela 6, analisando os parâmetros de acordo com SINDUSCON (2005) e NBR 13969/1997.

Tabela 6. Parâmetros de qualidade obtidos no efluente coletado e tratado através de análise laboratorial.

Parâmetros	Resultados	
	Amostra 1	Amostra 2
PH	6,3	6
Coliformes	-	-
Turbidez	33,1	53,7
Cloro residual	0	0
Cor	300	500

Parâmetros	Resultados	
	Amostra 3	Amostra 4
PH	6,4	6
Coliformes	-	-
Turbidez	45	83,6
Cloro residual	0	0
Cor	360	500

Fonte: COPASA (2016)

A comparação entre o resultado obtido e os padrões estabelecidos na NBR 13969/1997 e SINDUSCON (2005) é ilustrado na Tabela 8, onde amostra A passou pelo sistema de tratamento de filtração e desinfecção e a amostra B submetida ao processo de decantação, filtração e desinfecção).

Tabela 7. Resultado comparativo com NBR13969 e SINDUSCON 2005.

Parâmetros	Amostra A	Amostra B
PH	6	6,4
Coliformes	-	-
Turbidez	83,6	45
Cloro residual	0	0
Cor	500	360
Parâmetros	NBR 13969/1997	SINDUSCON
PH	-	06-07
Coliformes	<500	ND
Turbidez	<10	<2
Cloro residual	-	-
Cor	-	<=10

Fonte: COPASA (2016)

Percebeu-se que a amostra A apresentou valores de turbidez acima do exigido pela NBR 13969/1997, cuja valor foi de 83,6 em vista que o mínimo exigido era de 10. Segundo SINDUSCON (2005), a turbidez deve ser menor que 2 e cor inferior a 10, entretanto a amostra analisada apresentou valores de 83,6 e 500 respectivamente.

Para a amostra B analisada percebeu-se que os valores de cor e turbidez obtidos foram inferiores se comparado com a amostra A, porém este ainda apresentou superior ao exigido pela NBR 13969/1997 e SINDUSCON (2005), apresentando turbidez de 45 e cor de 360.

Na amostra B, para a análise de PH, percebeu-se que este está dentro dos padrões mínimos exigidos pela



SINDUSCON (2005), apresentando um valor igual a 6,4, em vista que o deve estar entre 6 e 7.

### **Conclusões**

As águas cinzas constituem uma fonte alternativa para suprimento de água em períodos de escassez ou aumento de preço do insumo. Apesar de serem menos contaminadas do que o esgoto sanitário bruto, as águas cinzas necessitam de tratamento adequado visando seu reuso com segurança para a população.

Concluiu-se que é necessário determinar a demanda para que a realização do sistema seja capaz de atender toda a população. Portanto fez-se necessário um estudo do consumo de água para que se possa verificar a demanda e oferta de água. Conforme dados, pode-se verificar que o consumo de água na instituição é alto, sendo o maior deles empregado para o uso em bacias sanitárias e para a limpeza, nas torneiras de uso geral.

Pôde-se concluir que o reuso deve ser realizado nos lavatórios para o emprego nas descargas sanitárias, uma vez que o maior consumo se dá neste aparelho.

Os parâmetros físicos, químicos e biológicos analisados nas águas coletadas demonstraram uma alta cor e turbidez, sendo necessários neutralizá-los. Para tal, aplicou-se o tratamento de filtração com camadas de diferentes materiais filtrantes e desinfecção com luzes UVc para a purificação da água cinza classificada com classe 3 (NBR13696, 1997)

Os ensaios de tratamento mostraram que quando comparados os valores obtidos entre a amostra A (submetida apenas ao processo de filtração e desinfecção) e a amostra B (submetida ao sistema de decantação, filtração e desinfecção) concluiu-se que a amostra B é a mais eficaz pois os valores de cor, turbidez e PH são inferiores à amostra A. Portanto a decantação é eficiente e necessário para se obter melhor qualidade do efluente.

Quando se analisa os valores encontrados com os referenciais concluiu-se que o tratamento empregado não atinge os limites mínimos estabelecidos pela SINDUSCON (2005) e NBR 13696/1997, apesar de terem diminuídos os parâmetros quando comparados com o efluente bruto.

### **Agradecimentos**



Agradeço a oportunidade de realizar a pesquisa com auxílio da bolsa da FAPEMIG.

### Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. NBR 13969,1997.
- BRANCATELLI, R. São Paulo começa a investir em reúso de água. São Paulo: O Estado de São Paulo, 2007. p.C 12.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS. Análise laboratorial. Brazópolis, 2016.
- HESPANHOL, I.; MIERZWA, J. C. Programa para o gerenciamento de água e efluentes nas indústrias visando o uso racional e o reúso. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 4, n. ½, p. 11-15, 2002.
- IBNET-international benchmarking network for water and sanitation utilities. Parâmetros Internacionais para Redes de Operadoras de Saneamento, 2011.
- LEAL, U. Ciclo de água na edificação. Técnica, v. 9, n. 48, p. 45-6, set/out, 2000.
- LEGNER, C. Sistema de decantação. TAE, Revista Técnica de tratamento de água e efluente, 2013.
- MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. Reuso de água. Barueri, S.P.: Manole, 2003.
- MARINOSKI, A. K.; GHISI, E. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC, 2008.
- MAY, Simone. Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações. S. May. São Paulo, 2008. 222 p.
- NADRUZ, N. Areia para filtros. Dae. Ed. 35. [1979]. Disponível em: <[revistadae.com.br/artigos/artigo\\_edicao\\_35\\_n\\_721.pdf](http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_35_n_721.pdf)>. Acesso em: 22 fev. 2016.
- OLIVEIRA, L. H. Metodologia para a implantação de programa de uso racional de água em edifícios. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- SCHERER, F. A. Uso racional da água em escolas públicas: diretrizes para secretarias de educação. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- SINDUSCON – Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo. Manual de Conservação e Reuso da água em edificações. São Paulo, 2005.
- SOETHER, G. C. Desinfecção de Águas Cinzas pelos Métodos de Cloração e



Radiação Ultravioleta para fins de reúso não potável. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, 2013.