

REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS CINZA E PLUVIAIS

Mirian Yasmine Krauspenhar Niz & Paula Loureiro Paulo

Resumo: O presente trabalho fornece diagnóstico quali-quantitativo da água cinza e pluvial gerada e captada em uma residência para posterior tratamento e reuso na mesma. A caracterização da água cinza e pluvial foi realizada através da aplicação de questionários, acompanhamento da rotina dos moradores e dados de pluviosidade regional. A água cinza clara (sem contribuição da pia da cozinha) correspondeu a 57,7% do total do efluente gerado na residência, apresentou ampla variabilidade em suas características físico-químicas e biológicas analisadas e elevado potencial de biodegradabilidade, o que viabiliza o tratamento domiciliar em sistemas compactos. A água pluvial captada e armazenada na residência tem quantidade e qualidade satisfatória para reuso recomenda-se porém a cloração para garantir a ausência de organismos patogênicos.

Palavras-Chave: Saneamento focado em recursos, biodegradabilidade, água da chuva

GREY WATER AND RAINWATER REUSE

Abstract: This study provides qualitative and quantitative diagnosis of gray water and rainwater, both respectively generated and captured in a residence for further treatment and reuse. The characterization of greywater and rainwater was accomplished through the use of questionnaires, routine monitoring and regional rainfall data. The clear gray water (no contribution from the kitchen sink) accounted for 57.7% of the total wastewater generated in residence, showed wide physico-chemical and biological parameter variability and high potential for biodegradability, which enables residential treatment in compact systems. Captured and stored rainwater has satisfactory quantity and quality for reuse, however, chlorination is recommended to ensure the absence of pathogens.

Palavras-Chave: Ecological sanitation, biodegradability, Rainwater

INTRODUÇÃO

Saneamento focado em recursos (Ecosan) é uma abordagem sistemática para resolver problemas ambientais e sanitários, o princípio básico do ecosan é: “respeitar a integridade ecológica e o sistema de saneamento” (LANGERGRABER et al, 2005). O Ecosan tem como enfoque principal o aumento da disponibilidade hídrica pela economia de água, a proteção dos recursos hídricos pelo não lançamento de esgoto -tratado ou não - nos cursos de água, possibilitando a reutilização racional de todos os nutrientes presentes nas excretas (WINBLAD & SIMPSON-HÉRBERT, 2004).

A segregação na fonte é um passo importante na simplificação do processo de tratamento domiciliar de esgotos em sistemas descentralizados e compactos, possibilitando o reuso de águas cinza que é a porção com menor potencial poluidor, e o tratamento de águas negras, que contêm maior carga poluidora (OTTERPOHL, 2001).

Água cinza é definida como todo o efluente gerado em uma residência excluindo-se a contribuição das bacias sanitárias, correspondendo ao efluente produzido na higiene pessoal e na limpeza domiciliar (ERIKSSON, 2002; GHUNMI, 2010; BHAUSAHEB, 2010; CHRISTOVA-BOAL, 1996) podendo ainda ser discriminada em água cinza clara e escura (HENZE & LEDIN, 2001 *apud* MAY, 2008), a diferença entre elas se encontra no fato de que a água cinza clara contempla efluente do chuveiro, lavatório e da lavagem de roupas, enquanto que a água cinza escura abrange também o efluente da pia da cozinha.

Segundo Al-Hamaiedeh *et al* (2010) o reuso de efluentes e água cinza está emergindo como uma parte integral da gestão por demanda de água, promovendo a preservação de água de alta qualidade e reduzindo a poluição ambiental e os custos elevados com abastecimento. A água cinza é relativamente pouco poluída e devido a isso, após tratamento apropriado, tem grande potencial para reuso em aplicações que não exigem água potável (HERNÁNDEZ LEAL et al, 2011).

Da mesma forma, o uso da água da chuva promove significante economia de água potável em residências em diferentes países (GHISI, 2006). Segundo Marinowski (2008), 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.

A captação da água de chuva é uma prática muito difundida em países como a Alemanha e a Austrália, onde novos sistemas estão sendo desenvolvidos, permitindo a captação de água de boa qualidade de maneira simples e bastante efetiva em termos de custo benefício (JAQUES, 2005). Ainda segundo Jaques (2005), em vista da degradação dos recursos hídricos e a consequente escassez da água em praticamente todo o mundo, o seu racionamento e gerenciamento eficaz ganha extrema importância, e uma das formas de se obter água é justamente o aproveitamento da água de chuva, ou seja, águas pluviais. A água de chuva pode ser aproveitada para uso doméstico, industrial e agrícola, entre outros, e estando em franco crescimento este tipo de utilização.

O objetivo deste trabalho foi diagnosticar quali-quantitativamente a água cinza e a água pluvial respectivamente gerada e captada em uma residência para implantação de sistema de tratamento de água cinza e reuso domiciliar de águas pluviais.

METODOLOGIA

Para a quantificação das águas cinza geradas, procurou-se conhecer a rotina dos moradores da residência através de aplicação de questionários durante 3 semanas (21 dias). Os questionários eram compostos de planilhas de anotação para cada ponto de geração de águas residuárias; como o

chuveiro, o lavatório, a descarga, a pia da cozinha, o tanque e a máquina de lavar roupa, eram anotadas também a frequência e a duração de uso.

Para a caracterização qualitativa das águas cinza a rotina dos moradores foi simulada durante 1 dia, onde os moradores coletavam separadamente em baldes e bacias toda a água que era usada em banho, lavagem de mão, escovação de dentes, lavagem de roupas e limpeza da casa. A partir desses volumes foram coletadas amostras simples das diferentes porções (banho, lavagem de mão, escovação, etc.) bem como uma amostra composta por parcelas proporcionais aos volumes gerados em cada aparelho hidrosanitário, gerando assim uma amostra com as características semelhantes à água cinza a ser lançada ao sistema de tratamento.

Além disso, foram realizadas três campanhas de amostragem da água proveniente do banho e do lavatório da residência, bem como mais uma campanha de coleta de amostra do tanque. Assim, ao final da caracterização, contamos com quatro amostras da água cinza proveniente do banho e lavatório, duas amostras do tanque, uma da máquina de lavar e uma composta.

O período de amostragem ocorreu de dezembro de 2012 até a primeira semana de fevereiro de 2013, e os parâmetros analisados foram: turbidez, DBO_(5,20), DQO, amônia, nitrogênio total, nitrito, nitrato, fosfato, surfactantes, séries de sólidos, Coliformes totais e *Escherichia coli*.

A previsão de oferta e demanda de água de chuva foi feita utilizando-se dados do INMET, juntamente com dados levantados em questionários, detalhes técnicos das descargas das bacias sanitárias e a área de captação na residência (telhado). As amostras para caracterização qualitativa de água da chuva foram coletadas no reservatório subterrâneo (cisterna) já instalado na residência, os parâmetros analisados foram: turbidez, pH, Coliformes totais e *Escherichia coli*.

A metodologia utilizada para a coleta e análise dos parâmetros, foi realizada de acordo com as técnicas preconizadas no “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, 21th ed. (APHA; AWWA; WPCF, 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A porcentagem de água cinza gerada na residência é de 71,7% a água cinza clara, sem contribuição da pia da cozinha, corresponde a 57,7% do total de efluente gerado, a água negra corresponde a 28,09% do total de efluente gerado (Tabela 1), verificando-se semelhança com os dados levantados na literatura (HERNÁNDEZ LEAL et al, 2011).

Tabela 1 - Geração de efluente e água cinza na residência

Aparelhos sanitários	Produção (L.hab.dia ⁻¹)	Tipo de efluente
Chuveiro	24,5	Água cinza clara
Lavatório	4,6	Água cinza clara
Bacia Sanitária	34,3	Água negra
Pia	17,3	Água cinza escura
Máquina de lavar	28,1	Água cinza clara
Tanque	13,3	Água cinza clara
Águas Cinza Claras	70,5	Águas Cinza Claras
Águas Cinza Escuras	87,8	Águas Cinza Escuras
Águas Negras	34,3	Águas Negras
Total de efluente	122,1	Total de efluente

A água cinza gerada em uma residência apresenta ampla variação em concentrações e constituintes. Essa variação é causada devido aos diferentes usos dados aos aparelhos

hidrosanitários, aos diferentes indivíduos que os usam, e aos saponáceos e produtos de higiene usados durante a rotina familiar (ERIKSSON, 2002).

As maiores concentrações de DQO e DBO foram encontrada na água cinza proveniente da máquina de lavar (460 mg/L e 305 mg/L respectivamente), já as amostras do lavatório apresentaram menores concentrações, com médias de 164,06 mg/L para DQO e 119,17mg/L para DBO (Figura 1A). A relação entre DBO e DQO fornece a biodegradabilidade do efluente, ou seja, quando menor for a relação DBO/DQO maior será a biodegradabilidade do efluente, assim maior será a eficiência de tratamento em sistemas naturais. Como pode ser visto na figura 1B, a porção de água cinza proveniente do lavatório é a que apresenta maior biodegradabilidade (relação DBO/DQO de 0,88), a porção proveniente da máquina de lavar e do tanque apresentaram as menores relações DBO/DQO, o que significa que essa é a porção menos biodegradável na residência.

A amostra composta apresentou DQO de 450 mg/L e DBO de 295 mg/L, Pansonato (2007) encontrou valores de 1031,4 mg/L e 487,14 mg/L para DQO e DBO respectivamente.

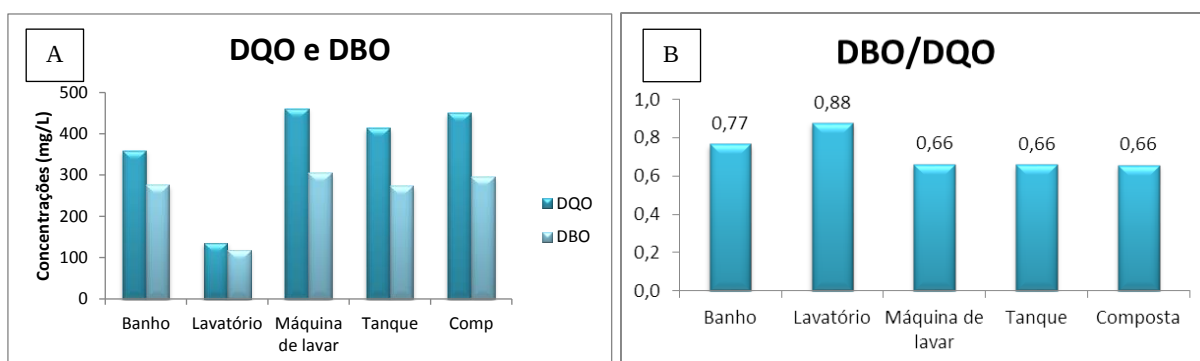


Figura 1 – Concentrações de DQO e DBO (A) e Relação DQO/DBO (B)

As concentrações da série de nitrogênio da amostra (nitrogênio total, amônia, nitrito e nitrato) são apresentadas na figura 2. Segundo Eriksson (2002), as concentrações de nitrogênio total para águas cinza varia de 0,6 – 74 mg/L, assim, os resultados encontrados coincidem com dados da literatura. A maior concentração de nitrogênio na porção proveniente da máquina de lavar pode haver ocorrido devido ao componente Alquil -Dimetil -Hidroxietil Cloreto de Amônio presente no sabão em pó utilizado.

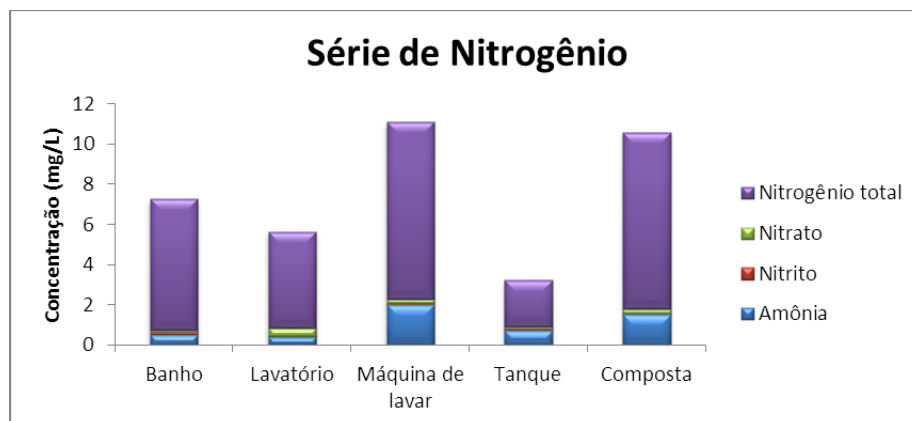


Figura 2 - Série de nitrogênio das amostras de água cinza

A amostra proveniente do tanque apresentou maiores resultados entre todas as amostras para turbidez, sólidos totais (ST) e sólidos suspensos totais (SST). Analisando o gráfico da figura 3 verifica-se que o aumento na concentração de sólidos em suspensão causa aumento na turbidez da amostra.

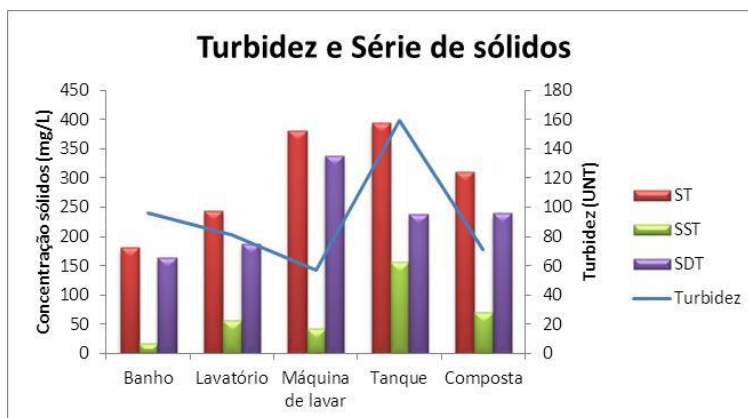


Figura 3 - Relação turbidez e série de sólidos

A porção de água cinza proveniente do lavatório foi a que apresentou a maior concentração de fosfato, atingindo valor de 42,28 mg/L, com média de 18,98 mg/L, enquanto que a porção da máquina de lavar e do tanque apresentaram concentrações de 4,3 mg/L e 3,5 mg/L respectivamente. Isso mostra que os produtos utilizados na limpeza da residência e da roupa dos moradores não são as maiores fontes de fosfato para a água cinza gerada. Analisando a composição de produtos utilizados na residência é possível verificar que o único produto que apresentou fosfato foi a pasta de dente, devido a isso as maiores concentrações de fosfato foram encontradas na fração do lavatório.

Os surfactantes são compostos orgânicos que formam coloides ou micelas em solução, amplamente usados em vários produtos de cuidado pessoal e limpeza doméstica (HERNÁNDEZ LEAL *et al*, 2011), como pode ser visto na figura 4, as concentrações de surfactantes na água cinza proveniente da máquina de lavar da residência apresentou a maior concentração dentre todas as amostras (72,085 mg/L), o que pode ser explicado pelo uso de produtos que apresentam surfactantes em sua composição. As menores concentrações de surfactantes foram encontradas nas amostras provenientes do lavatório (12,398 mg/L).



Figura 4 – Concentração de surfactantes nas diferentes amostras de águas cinza

Para reuso em irrigação, recomenda-se que a concentração de surfactantes aniônicos não exceda 1mg/L, devido a isso o tratamento de águas cinza é necessário para remover esses componentes (LI *et al*, 2009). Hernández Leal *et al* (2011) encontrou surfactantes aniônicos na água cinza em uma faixa de concentração de 10,7 mg/L até 70,5 mg/L, com média de 41,4 mg/L, esses valores coincidem com os resultados obtidos no presente estudo.

A *E. coli* pertence ao grupo dos coliformes considerado exclusivamente de origem fecal (VASCONCELLOS *et al.*, 2006), assim, a presença desses microrganismos indica a contaminação por fezes humanas ou de animais homeotérmicos (CONAMA 357/2005). Em estudo realizado por Eriksson (2002), a concentração de coliformes totais encontrada para efluente da máquina de lavar foi de 5,6E+05 a 8,9E+05 NMP/100mL, a concentração encontrada em nossas análises para a mesma fração foi de 3,1E+04 (Figura 5).

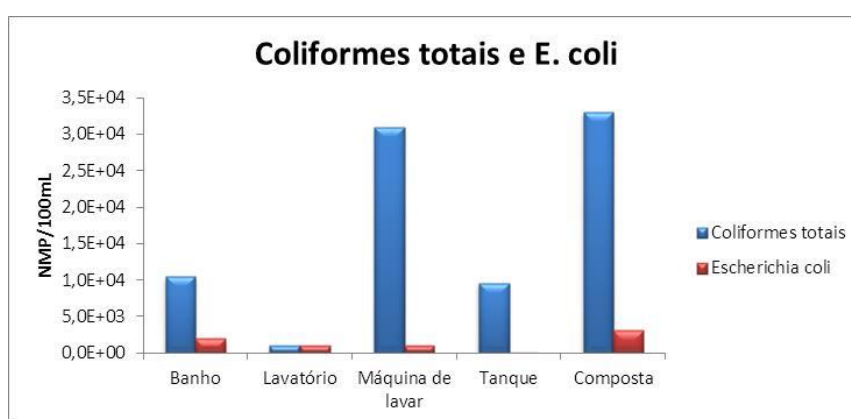


Figura 5 - Concentração de Coliformes totais e E. coli

A água de chuva apresentou valores de pH entre 6,63 e 7,10, próximos à neutralidade e a turbidez variou de 1,01 UNT a 1,38 UNT (tabela 2), estando de acordo com os valores estipulados para uso mais restritivos segundo a NBR 15.527 de 2007 que fornece os requisitos para aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.

A concentração de Coliformes totais e *E. coli* encontradas nas amostras de água da chuva ainda está acima do valor recomentado pela NBR citada, assim é recomendada a cloração da água para atendimento aos padrões de reuso.

Tabela 2 - Características qualitativas água pluvial.

Parâmetros	Unidades	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta
pH	-	7,1	6,82	6,63	6,75	6,7
Coliformes totais	NMP/100mL	-	1,8E+03	3,9E+03	5,8E+03	4,6E+03
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	4,4E+02	1,2E+02	1,0E+01	3,1E+01	3,6E+02
Turbidez	UNT	-	1,38	1,2	1,01	1,27

- Análises não realizadas

De acordo com o questionário aplicado, a média de consumo de água na residência foi de 4,8 m³ /mês/hab, a cisterna de 5000L já instalada na residência possui volume suficiente em quase todos os dias do ano, sendo que apenas no mês de julho, período de estiagem, essa acumulação não será suficiente para abastecimento das bacias sanitárias (figura 6).

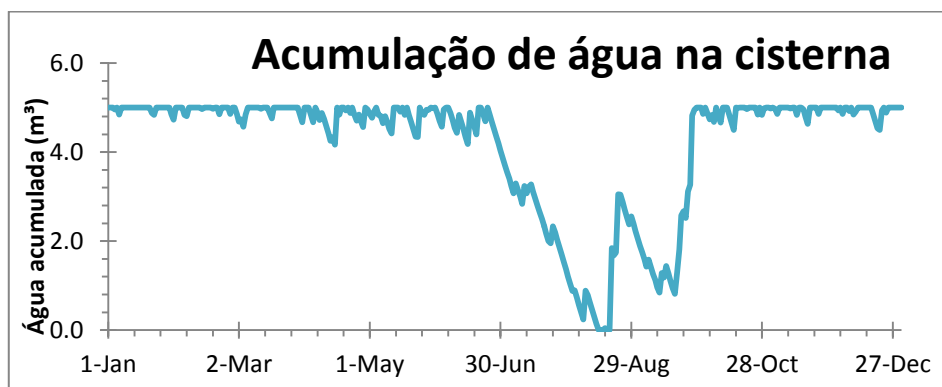


Figura 6 - Potencial de acumulação de água pluvial baseado em dados coletados do INMET de janeiro a dezembro de 2008 a 2012.

CONCLUSÕES

- A água cinza gerada na residência apresenta alto potencial de biodegradabilidade, o que indica viabilidade de tratamento domiciliar em sistemas compactos.
- O volume de água pluvial captada na residência é suficiente para o abastecimento das bacias sanitária durante 11 meses do ano.
- Para reuso de águas pluviais na residência recomenda-se a cloração para atendimento aos requisitos estabelecidos pela NBR 15527 de 2007.

REFERÊNCIAS

- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 15.527. (2007). Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 12pp.
- AL-HAMAIEDEH, H.; BINO, M. (2010) Effect of treated grey water reuse in irrigation on soil and plants. Desalination 256, p. 115-119.
- APHA; AWWA; WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. (2005). 21th ed. Washington D.C: American Public Health Association, 953p.
- BAZZARELLA, B. B. (2005). Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, Espírito Santo, 165pp.
- BHAUSAHEB, L.P.; SAROJ, B. P.; SANE, M. G. (2010). Design and Economical Performance of Grey Water Treatment Plant in rural region. International Journal of Environmental Science and Engineering 2.
- BRASIL. Conselho Nacional do meio Ambiente – CONAMA. (2005). Resolução CONAMA n°. 357.
- CHRISTOVA-BOAL, D.; EDEN, R. E.; MCFARLANE, S. (1996) An investigation into greywater reuse for urban residential proprieties. Desalination 106, p. 391-397.
- ERIKSSON, E.; AUFFARTH, K.; HENZE, M.; LEDIN, A. (2002). Characteristics of grey wastewater. Urban Water 4, p. 85-104.

- GHISI, E.; MONTIBELLER, A.; SCHMIDT, R. (2006). Potential for potable water savings by using rainwater: An analysis over 62 cities in southern Brazil. *Building and Environment*, v. 41, pg. 204-210.
- GHUNMI, L. A.; ZEEMAN, G.; FAYYAD, M; VAN LIER, J. B. (2010). Grey water treatment in a series anaerobic - Aerobic system for irrigation. *Bioresource Technology*, p. 41-50.
- HERNÁNDEZ LEAL, L; TEMMINK, H; ZEEMAN, G; BUISMAN, C.J.N. (2011). Characterization and anaerobic biodegradability of grey water. *Desalination*. Ed 270, p 111-115.
- JAQUES, R. C. (2005). Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para desenvolvimento em edificações. Dissertação de mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- LANGERGRABER, G. & MUELLEGGER, E. (2005). Ecological sanitation: a way to solve global sanitation problems? *Environment International* 31, 433–444.
- LI, F.; WICHMANN, K.; OTTERPOHL, R. (2009). Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses. *Science of the Total Environment* 407, p. 3439-3449.
- MARINOSKI, A. K. & GHISI, E. (2008). Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC. *Revista Ambiente Construído*, v. 8, n. 2, pg. 67-84.
- MAY, S. (2008). Caracterização, tratamento e reuso de águas cinza e reaproveitamento de águas pluviais em edificações. Tese doutorado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo.
- OTTERPOHL R. (2001). Black, brown, yellow, grey - the new colors of sanitation. *Water*, V 21.
- PANSONATO, N, ASMUS, A. F., RIBEIRO, A. S., AZEVEDO, C. PAULO, P. L. (2007). Caracterização de água cinza em uma residência de baixa renda em Campo Grande, MS, Brasil. *In International conference on sustainable sanitation: Food and water security for Latin America*.
- VASCONCELLOS FCS, IGANCI JRV & RIBEIRO GA. (2006). Qualidade microbiológica da água do rio São Lourenço, São Lourenço do Sul, Rio Grande do Sul. *Arquivos do Instituto Biológico*, 73: 177-181.
- VAZ, L. (2009). O. Avaliação do risco microbiológico decorrente do reúso de águas cinza em uma edificação residencial de alto padrão. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, 122pp, 2009.
- WINBLAD, U. & SIMPSON-HÉBERT, M. (editores). (2004). Ecological sanitation. SEI, Estocolmo, Suécia.