

II-045 - DESEMPENHO DE BIOFILTRO, WETLAND E FILTRO DE CARVÃO ATIVADO NO TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS NO AMBIENTE DOMÉSTICO

Sebastião Tomas Carvalho⁽¹⁾

Geógrafo pelo Unileste. Especialista em Educação Ambiental. Mestre em Engenharia Industrial pelo Unileste. Analista Ambiental Pleno da CENIBRA.

Vanessa Silva de Oliveira⁽²⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pelo Unileste. Especialista em Geoprocessamento pela PUC Minas.

Gabriela Soares Pereira⁽³⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pelo Unileste. Especialista em Geoprocessamento pela PUC Minas.

Milton Edgar Pereira Flores⁽⁴⁾

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Mayor de San Simón. Doutor e Mestre em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa. Pós-Doutor em Recursos Hídricos e Ambientais.

Millôr Godoy Sabará⁽⁵⁾

Engenheiro Florestal pela Universidade Federal de Viçosa. Mestre em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre pela Universidade Federal de Minas Gerais. Doutor em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Federal de São Carlos.

Endereço⁽¹⁾: Rua Hungria, 452 – Ana Rita - Timóteo - MG - CEP: 35182-272 - Brasil - Tel: (31) 97318-2085 - e-mail: sebastiao.tomas@yahoo.com.br

RESUMO

Considerando a crescente demanda por água provocada principalmente pela ocupação desordenada dos centros urbanos, o crescimento populacional e a poluição dos mananciais, a redução da disponibilidade de água potável no mundo gera muitas preocupações em relação ao futuro. Portanto, o reuso da água é uma alternativa viável tanto para indústrias como para o uso doméstico, sendo um meio de economizar esse recurso, tratando-o “in loco” e conservando-o. No ambiente doméstico, o reuso das águas cinza após tratamento, além de permitir a conservação dos recursos hídricos, é uma das alternativas para economia financeira. Neste sentido, avaliou-se o desempenho de um sistema de tratamento de águas cinza composto por biofiltro, área alagada construída (AAC) ou *wetland* construído e unidade de filtros de carvão ativado, implantado em ambiente doméstico. Os resultados do tratamento das águas cinza evidenciaram melhorias significativas na qualidade final da água, apresentando o sistema alta eficiência na remoção de matéria orgânica, sólidos em suspensão e outros elementos presentes na mesma. Além disso, também foi avaliado a potabilidade básica da água, o que demonstrou resultados satisfatórios, atentando-se apenas para a presença de coliformes totais na saída do tratamento, que pode ser eliminado com cloro. Os resultados comprovaram que o sistema de tratamento de águas cinza propiciou benefícios econômicos, ambientais e paisagísticos à residência.

PALAVRAS-CHAVE: Águas Cinzas tratadas, *wetland*, Reuso de água, Conservação da água.

INTRODUÇÃO

A água é um bem finito e essencial à sobrevivência de todos os seres vivos. Entretanto, de acordo com Hespagnol (2003), considerando a crescente demanda por água provocada principalmente pela ocupação desordenada dos centros urbanos, o adensamento populacional, poluição dos mananciais, a redução de água potável e o lançamento de águas não tratadas nos cursos de águas gera muitas preocupações em relação ao futuro das áreas urbanizadas, como: risco de desabastecimento, racionamentos, alto custo da água tratada, impermeabilização do solo e inundações.

Lima (2005) afirma que o problema da escassez de água no planeta pode ser justificado por dois fatores: a gestão deficiente combinada com a má distribuição dos recursos hídricos, sendo o primeiro fator devido ao homem e o segundo à natureza. Estudos relacionados ao abastecimento de água, mostram que onde existe uma

densidade populacional baixa há muita água disponível, e onde existe uma densidade populacional alta, há pouca água disponível, e isto se aplica inversamente aos volumes de águas residuais. Pode-se citar a Região Sudeste do Brasil, que possui uma população correspondente a 43% do total do país e dispõe de uma potencialidade hídrica estimada em apenas 6% (GHISI, 2006).

Em busca de tecnologias limpas, o reuso da água é uma alternativa viável tanto para indústrias como para o uso doméstico, sendo também um meio de economizar os recursos hídricos, conservando aqueles já disponíveis (OLIVEIRA, SILVA E CARNEIRO, 2013), e também, reduzir a pressão sobre as capacidades instaladas das plantas de tratamento de águas residuais.

No ambiente doméstico o reuso das águas cinza é uma das alternativas para economia financeira e conservação dos recursos hídricos. Águas cinza são aquelas águas oriundas do uso doméstico em chuveiros, pias e lavanderias (SILVA et al., 2010). De acordo com Leal et al. (2007), a água cinza apresenta grande potencial de reuso, pois representa cerca de 70% do esgoto doméstico e baixa concentração de poluentes se comparado ao esgoto doméstico combinado. Além disso, pode ser adequada para diferentes tipos de reuso requerendo, assim, tratamentos distintos e convenientes com a aplicação final da mesma.

De acordo com Oliveira, Silva e Carneiro (2013) os benefícios ambientais, econômicos e sociais de se fazer reuso e economia de água são vários, tais como: reduzir o lançamento de efluentes em cursos d'água, possibilitando uma melhoria na qualidade das águas, redução de captação de águas superficiais e subterrâneas preservando este recurso, aumento da disponibilidade de água potável e mudanças nos padrões de produção e consumo.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho consiste em apresentar o desempenho de um sistema de tratamento de águas cinza composto por biofiltro, área alagada construída (AAC) ou *wetland* construído e unidade de filtros de carvão ativado, implantado em ambiente doméstico.

MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema experimental de tratamento de águas cinza foi construído e instalado em uma residência situada no município de Timóteo, estado de Minas Gerais, Sudeste do Brasil. Ele é composto por um biofiltro, um *wetland* e uma unidade de filtros de carvão ativado. De acordo com Sousa et al. (2003), os *wetland* construídos são sistemas artificialmente projetados, alagados, para utilizar plantas em substratos como areia, cascalhos ou outro material inerte, onde ocorre a proliferação de biofilmes que agregam populações variadas de microrganismos os quais, por meio de processos biológicos, químicos e físicos, tratam águas residuárias. Ao final de todas as três unidades do sistema citadas, o efluente deste tratamento é destinado a um reservatório de 5.000 litros, para armazenamento e distribuição da água para reuso.

Atualmente, a disposição do tratamento ocorre da seguinte forma: o efluente passa pelo biofiltro de serragem bruto, logo, pelo *wetland* e, por fim, pela unidade de filtros de carvão ativado. A implementação do sistema foi realizada em três Etapas. Na etapa inicial do estudo, toda a água cinza foi tratada só com *wetland* desde novembro de 2014 a Junho de 2015. A partir de Julho de 2015, pretendendo-se melhorar o desempenho do *wetland* foi instalado a unidade de filtração com carvão ativado depois do *Wetland*, e em Agosto de 2015 o sistema foi complementado com biofiltro de serragem, colocado antes do *Wetland*. Dessa forma o tratamento das águas cinza será descrito a seguir considerando-se a sequência de tratamento atual do sistema.

O tratamento das águas cinza da residência se inicia com a coleta do efluente gerado por quatro moradores a partir do uso de chuveiros, das pias e da lavanderia. A taxa de geração de água cinza é de 50 litros/dia-pessoa, ou um total médio diário de 200 litros/dia. Estas águas são direcionadas através de tubulações para uma unidade de biofiltro com capacidade de 250 litros, com entrada do afluente pela parte superior e drenagem na parte inferior, possui ainda, um registro externo para regulação da vazão.

A primeira camada do biofiltro, no sentido do fundo para superfície foi composta por 30 cm de brita número 1, acima da qual foi colocada uma tela de sombreamento 50% e, acima, uma camada de 20 cm de serragem grossa com aditivos específicos não descritos no presente trabalho. A tela de sombreamento 50% foi

colocada para facilitar a remoção do material filtrante, quando este atingir seu limite funcional, para posterior disposição do como adubo orgânico, conforme a Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Com o intuito de se evitar fluxos preferencias do efluente sobre o leito filtrante, foi construído um sistema de dispersão das águas cinza com tubos de PVC de 40 mm com orifícios dosadores, como apresentado nas figuras 1A e 1B.



Figura 1: (A) Sistema de dispersão da água cinza sobre a superfície do biofiltro. (B) Detalhe do sistema dosador de fluxo.

A unidade de biofiltro foi coberta por uma estrutura de madeira, tanto para proteção quanto para a sua harmonização ao conjunto arquitetônico da residência (figura 2A e 2B).



Figura 2: (A) Vista da unidade de biofiltro dentro da estrutura de madeira. (B) Vista da unidade de biofiltro encoberta pela estrutura de madeira.

Da unidade de biofiltro sai uma tubulação de 19 mm que direciona o efluente para uma área alagada construída (AAC), o *wetland*, apresentado na figura 3, de fluxo horizontal e escoamento subsuperficial. As áreas alagadas construídas podem ser consideradas a alternativa ecológica mais comum para tratamento de água cinza em nível domiciliar ou pequenas comunidades (PAULO et al., 2009).



Figura 3: Sistema de tratamento *wetland* de fluxo horizontal e escoamento subsuperficial.

Para evitar a proliferação de mosquitos *Aedes aegypti*, transmissor da dengue, febre chikungunya e Zica vírus, optou-se pelo sistema *wetland* de fluxo subsuperficial e por reservatórios hermeticamente fechados.

O *wetland* foi implantado em 18 de novembro em um tanque de concreto com dimensões de 2,5 metros de comprimento, 0,95 metros de largura e 1 metro de profundidade. O mesmo foi preenchido com brita número 1 e foi vegetado com a planta *Vetiveria zizanioides*, conhecida popularmente como Capim Vetiver, que contribui com a extração de poluentes disponíveis no efluente para sua nutrição. Segundo Olijnyk et al. (2007), as remoções de poluentes ocorrem principalmente através da filtração e da depuração da matéria orgânica por microrganismos formadores do biofilme aderido ao substrato presente no sistema.

O efluente do sistema *wetland* é encaminhado por gravidade por meio de tubulação de 19 mm para um sistema de cloração. Para polimento da água tratada, como dito anteriormente, em julho de 2015 foi incorporado na saída do *wetland*, filtros de carvão ativado (figura 4), construídos de tubos de PVC de 100 mm de diâmetro e 60 cm de comprimento, montados de maneira independente um do outro. De modo a facilitar o manuseio e substituição do elemento filtrante, foi desenvolvido um sistema de “refil”, que pode ser substituído quando necessário, facilitando ainda mais a manutenção do sistema. De acordo com Metcalf e Eddy (2003), a capacidade do carvão de adsorver íons e bactérias é amplamente comprovada, sendo a sua eficiência apenas limitada pela saturação.



Figura 4: Sistema de filtros de carvão ativado.

O efluente tratado é encaminhado por gravidade e armazenado em uma caixa, também hermeticamente fechada (figura 5) para se evitar focos de vetores de zoonoses, e para impedir a penetração de luz, impedindo o crescimento de microalgas na água armazenada.



Figura 5: Reservatório hermético para armazenamento de águas cinza tratada.

A água cinza tratada já é utilizada na limpeza de piso, automóveis, irrigação de hortas e jardins e nas bacias sanitárias da residência. Para a utilização das águas cinza tratadas nas bacias sanitárias, foi realizado um bombeamento para uma caixa independente situada acima da residência e foram instaladas tubulações independentes para este fim.

Com o intuito de avaliar o desempenho do tratamento das águas cinza pelo sistema em estudo, foram coletadas amostras na entrada e saída do mesmo para realização de análises em laboratório certificado pela norma ISO 17.025. Foram analisadas cinco amostras conforme as datas e as observações do quadro 1.

Quadro1: Datas das amostragens realizadas para análise do desempenho do tratamento.

Etapas	Data da coleta	Observações – unidades instaladas no momento da coleta
I	Dez/2014	Apenas <i>Wetland</i>
I	Mar/2015	Apenas <i>Wetland</i>
II	Jul/2015	<i>Wetland</i> + Filtros de carvão ativado
III	Set/2015	Biofiltro + <i>Wetland</i> + Filtros de carvão ativado
III	Dez/2015	Biofiltro + <i>Wetland</i> + Filtros de carvão ativado
III	Fev/2016	Biofiltro + <i>Wetland</i> + Filtros de carvão ativado

Os parâmetros avaliados foram: pH, Turbidez, Sólidos Suspensos Totais (SST), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e, somente na última coleta, analisou-se surfactantes, óleos e graxas e sólidos sedimentáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nas análises laboratoriais das amostras de entrada e saída do sistema de tratamento de águas cinzas, gerou-se a tabela 1, a seguir, apresentando dados de amostras coletadas de dezembro de 2014 a fevereiro de 2016. A falta de dados de alguns parâmetros ocorreu devido a erros e então foram desconsiderados. Entretanto, a avaliação do desempenho do sistema não foi comprometida devido aos demais dados coletados.

Tabela 1: Resultado das análises laboratoriais das amostras do sistema de tratamento de águas cinzas.

Parâmetros		DEZ/14	MAR/15	JUL/15	SET/15	DEZ/15	FEV/16
		WL	WL	WL + FCA	BF + WL + FCA	BF + WL + FCA	BF + WL + FCA
pH	Entrada	6,30	4,72	6,15	7,10	5,91	6,51
	Saída	6,77	7,25	7,02	7,80	8,48	7,96
Cond. Elétrica (µS/cm)	Entrada	280,50	273,00	542,00	-	-	-
	Saída	721,00	704,00	813,00	-	-	-
Turbidez (NTU)	Entrada	168,00	195,00	249,00	46,40	121,00	-
	Saída	46,70	48,30	4,50	10,20	1,95	-
SST (mg/L)	Entrada	99,00	55,80	176,00	42,00	64,00	605,00
	Saída	28,50	20,60	7,00	10,00	2,67	< 5,3
DQO (mgO ₂ /L)	Entrada	508,00	818,00	448,00	202,00	386,00	1724,00
	Saída	463,00	158,00	37,00	49,00	43,00	9,00
DBO (mgO ₂ /L)	Entrada	196,00	358,00	433,00	88,00	99,00	871,30
	Saída	361,00	62,00	28,00	19,00	4,00	1,37

BF = Biofiltro. WL = *Wetland*. FCA = Filtro de Carvão Ativado.

Os resultados sugerem que as águas cinza provenientes da residência em estudo apresentam uma natureza mais ácida, com potencial hidrogeniônico geralmente abaixo de 7. O efeito do tratamento sobre o pH foi significativo, elevando o parâmetro para a neutralidade. Esses resultados corroboram com Gschlöbl et al. (1998), que verificaram que sistemas de áreas alagadas tendem a levar o pH do efluente para a neutralidade.

Os valores de condutividade elétrica se apresentaram mais elevados ao final do tratamento. A condutividade elétrica está diretamente ligada à presença de íons dissolvidos, o que pode estar indicando que houve uma concentração de sais no sistema. Ao mesmo tempo, a quantidade de sólidos suspensos diminui ao passar pelo sistema. O afluente é proveniente de águas de pias e lavanderia, o que explica a presença de sólidos suspensos que, ao percorrer o sistema de tratamento, podem estar sendo dissolvidos, aumentando a condutividade, ao mesmo tempo em que parte pode estar tendo remoção através de processos físicos, diminuindo a quantidade de sólidos suspensos.

A turbidez, ou a capacidade da água em absorver luz (VON SPERLING, 1996), foi reduzida na saída do tratamento. Os sistemas de tratamento por áreas alagadas construídas são bastante eficientes na remoção de sólidos em suspensão (SST) e consequentemente da turbidez. A redução desses valores nesses sistemas se deve especialmente a processos físicos que retêm colóides e partículas milimétricas contidas nos efluentes. O desenvolvimento do sistema de raízes das plantas, aliado ao tempo de detenção, é fundamental no processo de retenção das partículas. O desenvolvimento das raízes no meio também estabiliza o leito evitando a formação de caminhos preferenciais de fluxo (GSCHLÖBL et al., 1998; NERALLA et al., 2000; CAMPOS et al., 2002; SOLANO et al., 2004).

As análises de DBO e DQO da primeira amostragem não apresentaram resultados satisfatórios, que pode ser atribuído ao início de funcionamento do sistema e a possível ocorrência do arraste de matéria orgânica dos primeiros volumes de efluente recebidos. Contudo, a partir da segunda amostragem os valores de DBO e DQO caíram satisfatoriamente demonstrando eficiência do sistema ao longo do tempo.

As eficiências de remoção obtidas pelo sistema estão apresentadas na tabela 2, a seguir.

Tabela 2: Valores de eficiências do sistema de tratamento de águas cinzas.

Parâmetros	DEZ/14	MAR/15	JUL/15	SET/15	DEZ/15	FEV/16
	WL	WL	WL + FCA	BF + WL + FCA	BF + WL + FCA	BF + WL + FCA
Turbidez (NTU)	72,22	75,20	98,19	78,00	98,38	-
SST (mg/L)	71,20	63,10	96,02	96,00	95,80	99,10
DQO (mgO ₂ /L)	8,90	80,70	91,74	75,70	88,90	99,50
DBO (mgO ₂ /L)	-	82,70	93,53	78,40	96,00	99,80

BF = Biofiltro. WL = *Wetland*. FCA = Filtro de Carvão Ativado.

Pode-se perceber com os dados de julho que a incorporação de filtros de carvão ativado ao sistema de tratamento foi gerado um aumento da eficiência de remoção desse sistema. A implantação do biofiltro em dezembro de 2015 pode ter dado alguma interferência relativamente negativa inicialmente, mas nos meses seguintes o sistema apresentou boas eficiências.

Na amostragem de fevereiro de 2016 realizou-se um teste para se conhecer o comportamento do sistema de tratamento diante de uma eventualidade onde as cargas orgânicas do efluente possam ser altas. Para isso, antes da coleta de amostras, simulou usos intensos da lavanderia e de pias, com maior incremento de detergentes e geração de resíduos orgânicos, que conferiu altos valores de DBO, DQO e SST. Apesar de ter-se inserido alta carga orgânica no sistema, o mesmo foi capaz de removê-las eficientemente, como pode ser constatado pelos valores de eficiência apresentados na tabela 2.

Para essa mesma amostragem de fevereiro, analisou-se também os parâmetros Surfactantes, Sólidos Sedimentáveis e Óleos e Graxas. Os resultados dessas análises mostram reduções expressivas destes poluentes, atingindo valores abaixo da normativa vigente (Tabela 3). A norma de referência para análise dos resultados é a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N° 1, de 05 de Maio de 2008 (Art. 29; § 4°).

Tabela 3: Resultados obtidos para Surfactantes, Sólidos Sedimentáveis e Óleos e Graxas em fev/2016.

Parâmetro		Resultado	Referência	Eficiência (%)
Surfactantes (mg/L)	Entrada	90,9	-	99,56
	Saída	0,4	até 2,0mg/L	
Óleos e graxas (mg/L)	Entrada	345,7	-	> 99,07
	Saída	< 3,2	até 20 mg/L	
Sólidos sedimentáveis (ml/L)	Entrada	0,5	-	> 80,00
	Saída	< 0,1	<1,0 ml/L	

Os surfactantes podem ser encontrados em produtos de limpeza como detergentes e sabão em pó, eles são produtos de uso diário no ambiente doméstico, e estes elementos se tornam importantes para os processos de formação de espumas e graxas saponificadas na rede de condução e nos pontos de evacuação das águas residuais gerando impactos visuais e sensoriais olfativos desagradáveis. Na saúde, dependendo da concentração, podem desencadear reações alérgicas nos olhos e na pele, além de afetar o meio ambiente. Entretanto, a remoção de surfactantes pelo sistema foi bem eficiente. A biodegradação dos surfactantes ocorre por meio da atividade metabólica de microorganismos, tais como bactérias que utilizam o surfactante como fonte de carbono enxofre, entre outros (HENRIQUE BONFIM, 2006).

Para Ramos *et al* (2002), a eficiência de remoção de surfactantes (detergentes) está intimamente ligada à eficiência de remoção de DQO, ou seja, a variação na eficiência na remoção de DQO pode ser explicada em função da eficiência na remoção de surfactantes. O sistema apresentou eficiência de remoção de ambos, DQO e surfactantes.

Também os óleos e graxas, provavelmente constituídos de óleo de cozinha, e os sólidos sedimentáveis, ainda que em pequena quantidade, foram eficientemente removidos, apresentando eficiências de remoção superiores a, respectivamente, 99,07% e 80%.

Com o intuito de se conhecer também a potabilidade básica do efluente gerado, foram realizadas análises dos parâmetros que a identificam. A norma de referência para essas análises é a Portaria Nº 2914 de 12 de Dezembro de 2011 do Ministério da Saúde e Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH - Nº1. A análise ocorreu na amostragem de fevereiro de 2016 e gerou os resultados apresentados na tabela 3.

Tabela 3: Resultado da análise de potabilidade básica do afluente do sistema de tratamento de água cinza em fev/2016.

POTABILIDADE BÁSICA			
Parâmetro		Resultado	Referência Portaria 2914 MS
Contagem de Bactérias Heterotróficas		360	500 UFC/mL
Cloro Residual Livre - Aquoso		0,82	0,2 a 5,0
Cultura Bacteriológica de Água	Coliformes Termotolerantes	Ausência /100 mL	Ausência /100 mL
	Coliformes Totais	Presença /100 mL	Ausência /100 mL
Cor - Aquoso		12,9	15
Turbidez - Aquoso		4,23	100

Com exceção do resultado de coliformes totais, todos os demais parâmetros estão em acordo com o respectivo valor de referência constante na Portaria Nº 2914 do Ministério da Saúde. Para se eliminar a presença de coliformes totais da água cinza tratada, espera-se que aumentando a dosagem de cloro no sistema será possível eliminar as bactérias presentes em sua totalidade.

CONCLUSÕES

O sistema de tratamento de águas cinza por *wetland*, complementado por biofiltro e filtros de carvão ativado, se mostrou eficiente na produção de um efluente mais compatível com os usos que foram propostos, como irrigação de plantas, uso nas bacias sanitárias e afins. Quanto a sua potabilidade, observou-se que o único parâmetro em desacordo com a Portaria Nº 2914 do Ministério da Saúde foi o de Coliformes Totais, que pode ser corrigido com a aplicação de maior quantidade de cloro no sistema, o que será objeto de análise em estudos posteriores.

Conclui-se com esse trabalho que o sistema integrado de três elementos, biofiltro + *wetland* + filtro de carvão ativado, permite o tratamento e reuso de águas cinzas em ambientes residenciais, tornando-se alternativa eficaz para a promoção da redução de impactos no meio ambiente através do reuso de águas cinza, pois, contribui com a economia da residência, diminui a incidência de falta de água nas residências, melhora a massa vegetal paisagística na residência, e, sobretudo reduz a pressão sobre os sistemas públicos de abastecimento de água e tratamento de esgoto doméstico.

O *Vetiveria zizanioides* mostrou potencialidade para tratamento de efluentes domésticos no sistema *wetland*, integrando ao ambiente residencial um melhor paisagismo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL, Lei. 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, p. 950-971, 2010.
- CAMPOS, J.C.; FERREIRA, J.A.; MANNARINO, C.F.; SILVA, H.R.; BORBA, S.M.P. Tratamento do chorume do aterro sanitário de Pirai (RJ) utilizando AAC. In: VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia

- Sanitária e Ambiental, Anais, Vitória-ES: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2002.
3. 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.
 4. GSCHLÖBL, T.; STEINMANN, C.; SCHLEYPEN, P.; MELZER, A. Constructed AAC for effluent polishing of lagoons. *Water Research*, 32, (9): 2639 – 2645, 1998.
 5. HENRIQUE BONFIM, Jefferson. Remoção de surfactantes (LAS) no tratamento anaeróbio de esgotos domésticos. 2006.
 6. HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. *BAHIA ANÁLISE & DADOS* Salvador, v. 13, n. ESPECIAL, p. 411-437, 2003.
 7. Leal, L. H.; Zeeman, G.; Temmink, H.; Buisman, C. Characterization and biological treatment of greywater. In: *IWA Advanced Sanitation Congress*, 2007.
 8. LIMA, J. G. O paradoxo da água. *Veja*, São Paulo, Abril, ano 38, n.1926, p.88-92, 12 out. 2005.
 9. METCAF e EDDY. *Wastewater Engineering: treatment and reuse*. 4ª. Ed, Tchobanoglous, G., Burton, F L., Stensel, D. Metcalf e Eddy, Inc., Mcgraw Hill, 1819 p., 2003.
 10. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria MS nº 2914, de 12/12/2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. 2011.
 11. NERALLA, S.; WEAVER, R. W.; LESIKAR, B. J.; PERSYN, R. A. Improvement of domestic wastewater quality by subsurface flow constructed AAC. *Bioresource Technology* 75. (19-25). 2000.
 12. OLIJNYK, Débora Parcias et al. Sistemas de tratamento de esgoto por zona de raízes: análise comparativa de sistemas instalados no Estado de Santa Catarina. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*. 2007.
 13. OLIVEIRA, Naiane Mota de; SILVA, Marcos Pedro; CARNEIRO, Vandervilson Alves. Reuso da água: um novo paradigma de sustentabilidade. *Élisée-Revista de Geografia da UEG* (ISSN 2316-4360), v. 2, n. 1, p. 146-157, 2013.
 14. Paulo, P. L.; Pansonato, N.; Begosso, L.; Shrestha, R. R.; Boncz, M. A. Design and configuration criteria for wetland systems treating greywater. *Wat Sci Technol*, no prelo, 2009.
 15. RAMOS, Renato Giani et al. Remoção de surfactantes no pós-tratamento de efluente de reator UASB utilizando filtro biológico percolador. In: *Gestión inteligente de los recursos naturales: desarrollo y salud*. FEMISCA, 2002. p. 1-8.
 16. RAMOS, Renato Giani; SOBRINHO, Pedro Alem. Remoção de surfactantes no pós-tratamento de efluente de reator uasb utilizando filtro biológico percolador. *XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*. Cancún, México, 27 al 31 de octubre, 2002.
 17. SILVA, Wilson Marques et al. Avaliação da reutilização de águas cinzas em edificações, Construções verdes e sustentáveis. 2010.
 18. SOLANO, M. L.; SORIANO, P.; CIRIA, M. P. Constructed wetlands as a sustainable solution for wastewater treatment in small villages. *Biosystems Engineering*, 87. 109-118. 2004.
 19. SOUSA, J. T. de, van HAANDEL, A.C. GUIMARÃES, A.V.A . Performance of constructed wetland systems treating anaerobic effluents. *Water Science and Technology*, v.48, n.6, p. 295-299, 2003.
 20. VON SPERLING, M. *Princípios do Tratamento Biológico de Águas residuárias. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*. Departamento de Engenharia sanitária e Ambiental – UFMG. 1996.