

## II-142 - TRATAMENTO DE ÁGUAS RESÍDUARIAS DOMÉSTICAS POR ZONA DE RAÍZES DE MACRÓFITAS EM UMA RESIDÊNCIA NA CIDADE DE MARABÁ-PA

**Larissa Saiure Moraes da Silva** <sup>(1)</sup>

Engenheira Ambiental pela Universidade do Estado do Pará (UEPA).

**Kézia Eugênia da Silva Nunes** <sup>(2)</sup>

Engenheira Ambiental pela Universidade do Estado do Pará (UEPA).

**Aline Souza Sardinha** <sup>(3)</sup>

Engenheira sanitarista pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestre em Geologia pela Universidade Federal do Pará. Professora do curso de Engenharia Ambiental da Universidade do estado do Pará (UEPA).

**Jamerson Silva Soares** <sup>(4)</sup>

Engenheiro Ambiental pela Universidade do Estado do Pará(UEPA). Engenheiro Civil pela Faculdade Metropolitana de Marabá-PA.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Avenida Roberto Camelier, 1490 - Condor - Belém - PA - CEP: 66033-640 - Brasil - Tel: (94) 8174-5416 - e-mail: [larissa.saiure@outlook.com](mailto:larissa.saiure@outlook.com)

### RESUMO

A ausência do tratamento de esgoto está entre os principais problemas sanitários da população. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE (2010), no Brasil, 39% da população não possui rede coletora de esgoto nem ao menos fossa séptica. Houve um significativo crescimento (45,3% para 61,8%) da proporção de domicílios com saneamento adequado entre 1991 e 2010. Apesar desse crescimento, a carência de tratamento de esgoto ainda é uma problemática socioambiental. Isto se deve sobretudo ao elevado custo das instalações de redes coletoras de esgoto e dos sistemas de tratamento do mesmo e a complexidade em acompanhar na mesma proporção à oferta de tratamento de esgoto com o crescimento da população, além da imperícia política. À vista disso, a aplicação de sistemas naturais no tratamento de esgotos, empregados sob a óptica da descentralização, vem despontando como uma alternativa tecnológica sustentável, como no caso das estações de tratamento de esgoto por zona de raízes (ETEZR). A ETEZR são sistemas naturais compostos por biofiltros associados a plantas macrófitas. Esta tecnologia das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) por zona de raízes é uma alternativa a ser utilizada em regiões não atendidas por redes coletoras de esgoto, sendo composta por filtros físico-biológicos composto por seixo e areia e plantados com macrófitas, onde ocorrem processos aeróbicos e anaeróbicos do tratamento. Nesse sentido, o trabalho teve como pragmático principal implantar e avaliar um sistema de tratamento de efluentes sanitários do tipo zona de raízes instalado em uma residência localizada no município de Marabá-PA, abrangendo como parâmetros principais: DBO, Fósforo, Nitrogênio e Coliformes Termotolerantes. A ETE apresentou eficiência média na redução de 81,2% para DBO, 60% para fósforo total, 68,7% para nitrogênio total e 99,2% para coliformes termotolerantes. Diante dos resultados apresentados e de comparativos com literaturas infere-se que a ETE avaliada apresenta relevante desempenho para capacidade de remoção desses parâmetros, adequando-se como tecnologia apropriada para o tratamento de esgotos domésticos em pequenas comunidades.

**PALAVRAS-CHAVE:** Zona de Raízes, Tratamento de Esgoto, Raiz Filtrante.

### INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas ambientais da população brasileira é a falta de tratamento dos esgotos domésticos urbanos. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE (2010), no Brasil, 39% da população não possui rede coletora de esgoto nem ao menos fossa séptica. Houve um significativo crescimento (45,3% para 61,8%) da proporção de domicílios com saneamento adequado entre 1991 e 2010. Apesar desse crescimento, a carência de tratamento de esgoto ainda é uma problemática socioambiental. Isto se deve, sobretudo ao elevado custo das instalações de redes coletoras de esgoto e dos sistemas de tratamento do mesmo e a complexidade em acompanhar na mesma proporção à oferta de tratamento de esgoto com o crescimento da população, além da imperícia política.

A falta de saneamento básico gera consigo problemas socioambientais, afetando não só a saúde da população como também o meio ambiente. Geralmente o destino final do esgoto doméstico são as fossas negras, córregos, rios, entre outros, ocasionando a poluição dos corpos receptores e conseqüentemente prejuízos à vida aquática. O tratamento de esgoto contribui na prevenção de doenças e reduz o risco de contaminação das águas utilizadas para o consumo humano. Devido à falta de saneamento básico vê-se necessidade em adaptar e implantar sistemas alternativos de tratamento de efluentes para inúmeras comunidades com a finalidade de melhorar as condições ambientais e sanitárias do país.

Uma alternativa para as comunidades destituídas de saneamento básico são os sistemas de tratamento de efluentes descentralizados. Dentre estes se destacam os “*wetlands*” construídos, onde no dado trabalho receberá o nome de Estação de Tratamento de Esgoto por Zona de Raízes (ETEZR).

A ETEZR é um *wetland* construído, composto por meios suporte e com vegetação em sua superfície. Próximo as raízes das plantas ocorre a adesão de microrganismos formando um biofilme que auxilia na depuração do esgoto, sendo nesta região que ocorrem associações e reações importantes, o que dá o nome do sistema como zona de raízes (SCHÖN,2011).

As ETEZR são sistemas naturais compostos por biofiltros associados a plantas macrófitas. Esta tecnologia das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) por zona de raízes é uma alternativa a ser utilizada em regiões não atendidas por redes coletoras de esgoto, sendo constituída por filtros físico-biológicos composto por seixo e areia e plantados com macrófitas que são vegetais que apresentam boa tolerância a saturação de água. O esgoto após passar pelas bombonas que atuam como fossas sépticas onde decantam os sólidos mais grosseiros, percola por estas partículas (areia e seixo) formando um biofiltro, onde a matéria orgânica sofre degradação pela ação dos microorganismos aeróbios e anaeróbios.

Este trabalho contém estudos realizados na Estação de Tratamento de Esgoto por Zona de Raízes (ETEZR) construída em uma residência, localizada na periferia da cidade de Marabá- PA, onde não há sistema de coleta e tratamento de efluentes domésticos. Assim, o destino das águas residuárias na residência antes do projeto era seu lançamento em uma fossa negra.

O projeto foi executado em etapas; na primeira, realizou-se a pesquisa de preços dos materiais a serem utilizados na construção do sistema de tratamento, a segunda etapa constituiu-se do dimensionamento da ETEZR, a terceira etapa realizou-se a construção da ETEZR, na quarta etapa se deu a escolha da macrófita utilizada no sistema para a realização da filtragem dos efluentes pela zona de raízes e na quinta e última etapa foram analisados em laboratório os parâmetros: DBO, Fósforo, Nitrogênio e Coliformes Termotolerantes presentes no esgoto. Assim, O projeto de construção da Estação de Tratamento de Esgoto, mostrou resultados positivos apresentando-se eficiente e viável economicamente além de ser uma tecnologia de baixo custo e, com eficiência comprovada em inúmeros trabalhos.

## OBJETIVO

Tem como objetivo construir em uma residência uma Estação de Tratamento de Esgoto por Zonas de Raízes utilizando a macrófita *canna indica* como biofiltro, afim de mitigar a ausência de coleta e tratamento de efluentes domésticos, além de analisar a remoção de DBO, Fósforo, Nitrogênio e Coliformes Termotolerantes presentes no esgoto.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A ETE por zona de raízes foi implantada no mês de junho de 2016 para atender à demanda de uma propriedade (total de 2 pessoas) onde não havia coleta e tratamento adequados do esgoto doméstico. Para a construção da ETEZR foram utilizados parâmetros estruturais encontrados na literatura para diferentes ETES já construídas e em operação. Adaptou-se a metodologia de Kaick (2002) para o sistema de *wetland*, construída de fluxo sub-superficial vertical.

- MATERIAIS UTILIZADOS NA ESTAÇÃO

A implantação da ETEZR descrita neste trabalho levou cerca de 3 dias para ser totalmente realizada e a relação de todo material de construção utilizado na implantação e seus respectivos custos estão relacionados na Tabela 1 a seguir.

**Tabela 1 - Relação dos materiais e seus custos utilizados para construir a ETE piloto.**

Material	Quantidade	Valor (R\$)
Lona plástica de 200 micras	8x8m	Sem custo
Areia grossa	1m <sup>3</sup>	Sem custo
Seixo	1m <sup>3</sup>	Sem custo
Bombona plásticas 200L	2 u	Sem custo
Tubulação de 75mm	2 barras	Sem custo
Tê 75mm	4u	Sem custo
Joelhos 75mm	8u	Sem custo
Tijolo	80u	100,00
Cimento	2 sacos	72,00
Plantas para a zona de raízes		Sem custo
<b>Total</b>		<b>172,00</b>

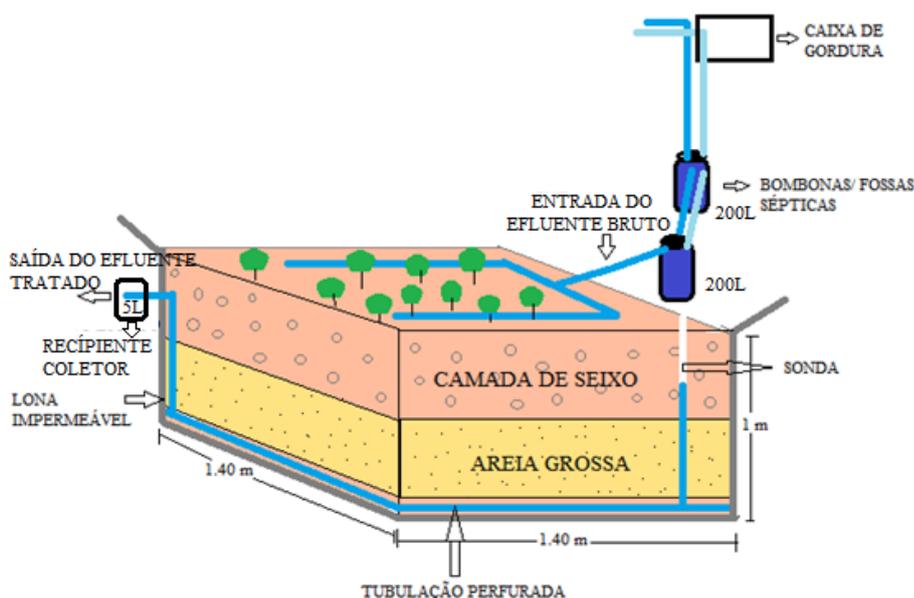
- DIMENSIONAMENTO DA ETEZR

Seguindo os valores de área sugerido por Sipinski e Van Kaick (2000), no qual sugere 1m<sup>2</sup> de área por habitante, como a residência foco de estudo possuía dois (02) habitantes, utilizou-se as seguintes relação para calcular a área da ETEZR elaborada neste trabalho:

$$\text{Área} = 1,40 \text{ (largura)} \times 1,40 \text{ (comprimento)} = 1,96 \text{ m}^2 \quad \text{equação (1)}$$

$$\text{Área por habitante} = 1,96 / 2 = 0,98 \text{ m}^2 \text{ por/ hab} \quad \text{equação (2)}$$

As dimensões da estação correspondem a 1m de profundidade; 1,40 m de comprimento e 1,40 m de largura totalizando um volume de 1,96 m<sup>3</sup> e área de 0,98m<sup>2</sup> por habitante e, de acordo com a classificação proposta para sistemas *wetlands*, é do tipo escoamento superficial de fluxo vertical. A estrutura da ETEZR, esquematizado na Figura 01 do estudo de caso pode ser visualizada a seguir.



**Figura 01: Perfil da estrutura final da Estação de Tratamento de Esgoto por Zona de Raízes.**

- **CONSTRUÇÃO DA ETEZR**

Para a construção, o primeiro passo foi a escavação na proporção de 1m<sup>2</sup> por habitante, em sequência fez-se a impermeabilização utilizando concreto e a realização da cobertura com duas camadas de lona plástica de 200 micras, para evitar o contato de efluente presente na ETEZR com o solo. Utilizou-se 02 bombonas de plástico de 200 litros que atuam na substituição da tradicional fossa séptica, onde dejetos sólidos permanecerão.

Montou-se uma estrutura utilizando tubos de PVC de 75mm, a mesma foi perfurada na parte superior, com função de captar o efluente já tratado e enviá-lo para fora do sistema. Em seguida essa tubulação foi coberta com seixo para evitar entupimentos. As camadas são feitas nas seguintes sequências: recobrimento da tubulação com aproximadamente 10cm de seixo, camada de 50cm de areia grossa e o preenchimento com 40cm de seixo, estes formam o filtro físico.

Consequente, foi realizada a instalação de um distribuidor de efluente bruto com perfurações na parte inferior da tubulação para facilitar a distribuição do efluente. Fez-se a cobertura dessa tubulação com seixo, a fim de evitar odores, para posteriormente ser realizado o plantio. Após dez dias de uso da ETEZR, foi realizado o plantio das espécies indicadas para iniciar o trabalho de filtragem por meio do sistema radicular. A figura 02 mostra o esquema de construção da ETE por Zona.



Figura 02: Esquema de construção da Estação de Tratamento de Esgoto por Zona de Raízes.

- **MACROFITA UTILIZADA NO SISTEMA**

Para compor a zona de raízes foi utilizada a espécie vegetal *canna x generalis*: também sob o nome de *canna indica var. hortensis* ou *canna hortensis* conhecido popularmente como biri, cana-índica, bananeira de jardim, nativa da América do sul, é uma planta rizomatosa perene de até 1,5 m de altura que deve ser cultivada em pleno sol e em solo úmido e rico em matéria orgânica. Tem floração bastante vistosa, de forte apelo paisagístico, com ocorrência durante quase todo o ano, em especial na primavera e verão (ZANELLA, 2008).

A macrófita utilizada foi escolhida por apresentar características necessárias para o tratamento proposto, foi selecionada por apresentar boa tolerância a saturação de água, aerênquimas bem desenvolvidos e raiz fasciculada onde há significado número de colônias de bactérias com capacidade de degradação da matéria orgânica, nitrificação e desnitrificação, além de ter demonstrado bons resultados (encontrados em literatura específica) no tratamento de efluentes domésticos.

As Estações de tratamento de esgoto por zona de raízes podem ser consideradas filtro biológico, onde os microorganismos presente, principalmente as bactérias aeróbias e anaeróbias decompõe a matéria orgânica. No vegetal os aerênquimas desenvolvidos são essenciais para que haja o transporte de oxigênio da atmosfera, passando pelas folhas e caule até as raízes onde as bactérias formam o biofilme e ocorre a depuração do efluente. No substrato que encontra-se mais afastados da zona de raízes a decomposição da matéria orgânica por micro organismos acontece de forma anaeróbios, na ausência de oxigênio.

As plantas foram coletadas no próprio bairro de implantação da ETEZR. Foram plantadas ao todo 10 mudas de *canna indica* no próprio seixo que recebia o efluente rico em matéria orgânica que é responsável pela nutrição das plantas. Após três meses de implantação, verificou-se a multiplicação do vegetal.

- **PARÂMETROS ANALISADOS**

consistem DBO ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ ); Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml); Fósforo total ( $\text{mgP/L}$ ); Nitrogênio total ( $\text{mgN/L}$ ), parâmetros esses exigidos pela Agência Nacional das Água no sistema denominado Cadastri Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH) para lançamento de efluentes doméstico em corpo d'água. Esses parâmetros foram seguidos devido não haver legislação para lançamento no solo de efluente tratado. Durante os meses de setembro e outubro foram realizadas as coletas do efluente bruto e efluente tratado equivalente à entrada da ETEZR e saída do sistema respectivamente, totalizando duas análises para cada um dos parâmetros em esgoto bruto e tratado. Uma vez coletadas, as amostras foram submetidas à análises laboratoriais com o intuito de avaliar a eficiência da ETEZR na remoção dos parâmetros mencionados.

## RESULTADOS

Foram obtidos os seguintes resultados para os parâmetros analisados (DBO, fósforo total, nitrogênio total e coliformes termotolerantes) respectivamente de acordo com as tabelas 2,3, 4 e 5 a seguir.

**Tabela 2 – Resultado das análises de DBO da ETEZR nos meses de setembro e outubro de 2016.**

DATA DA COLETA	DBO Mg/L		REMOÇÃO (%)
	Bruto	Tratado	
19/09/2016	320	60	81,25%
19/10/2016	311	56,3	81,9%
Média	315,5	58,15	81,2%

**Tabela 3 – Resultado das análises de Fósforo Total nos meses de setembro e outubro de 2016.**

DATA DA COLETA	FOSFORO TOTAL Mg/L		REMOÇÃO (%)
	Bruto	Tratado	
19/09/2016	11,8	6,3	47%
19/10/2016	11,0	3,0	73%
Média	11,4	4,6	60%

**Tabela 4 – Resultado das análises de Nitrogênio Total nos meses de setembro e outubro de 2016.**

DATA DA COLETA	NITROGÊNIO TOTAL Mg/L		REMOÇÃO (%)
	Bruto	Tratado	
19/09/2016	233,2	75,7	67,6%
19/10/2016	222,8	62,4	69,8%
Média	228	69,5	68,7%

**Tabela 5 – Resultado das análises de Coliformes Termotolerantes nos meses de setembro e outubro de 2016.** Fonte: Autores, 2016.

DATA DA COLETA	COLIFORMES TERMOTOLERANTES NPM/L		REMOÇÃO (%)
	Bruto	Tratado	
19/09/2016	>1100	<3,0	99,2%
19/10/2016	>1100	<3,0	99,2%
Média	1100	3,0	99,2%

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

- **DBO**

Os valores de DBO do esgoto bruto apresentados na Tabela 2, variaram de 320 mg/l (máximo) e 311 mg/l (mínimo), com média total de 315,5 mg/l. Os valores de efluente tratado variaram de 60 mg/l e 56,3 mg/l. A eficiência média da ETEZR em relação a DBO foi de 81,2%. A eficiência da ETEZR corroboram os valores obtidos por Kaick et al., (2008) que detectaram média de 88% de redução entre esgoto bruto e tratado em relação a DBO. Ainda em relação à eficiência de ETEZR é importante destacar que o valor médio obtido para o esgoto tratado ficou bem abaixo do valor mínimo de 120 mg/l estabelecido pela resolução CONAMA nº430/2011 para lançamento direto de efluentes oriundos de sistema de tratamento de esgotos sanitários.

- **FÓSFORO**

Em média o esgoto doméstico contém entre 6 a 20 mg/l de fósforo (NUVOLARI, 2006). Tais valores estão consonantes aos detectados nas ETEZR e mostradas na Tabela 4. Para o esgoto bruto a média foi de 11,4 mg/l, para o esgoto tratado a média foi de 4,6 mg/l. Merece destaque o fato de que as médias dos valores de fósforo do esgoto tratado apresentaram valores médios superiores 4 mg/l. A eficiência média das ETEZR em relação ao fósforo foi de 60%, valor este se comparado com valores na literatura fica entre 54,19% (Lohmann, 2011) e 77,5% (Parolin, 2012).

- **NITROGÊNIO**

O valor médio de nitrogênio do esgoto bruto apresentados na Tabela 3, correspondeu a 228 mg/l e 69,5 mg/l (tratado), com remoção de 68,7%. A eficiência na remoção de nitrogênio se aproximam de 67,8% valores obtidos em Zemanová et al. (2009). A assimilação de nitrogênio ocorre através das macrófitas, sendo o mecanismo utilizado por estas para incorporar nitrogênio na sua biomassa. As formas de nitrogênio utilizadas são a amônia e o nitrato (PHILIPPI & SEZERINO, 2004).

- **COLIFORMES TERMOTOLERANTES**

No resultado das análises dos coliformes termotolerantes os valores não variaram, e se obteve eficiência de redução 99,2%, valor próximo a 99% encontrado em Vacca et al (2005) e 99,5% em Almeida, Oliveira e Kleimann (2007). Para Silva (2008), a estação possui capacidade de reduzir coliformes termotolerantes, e substâncias inorgânicas como fenóis e metais pesados.

Para Costa (2013), os mecanismos de remoção de poluentes nestes sistemas, constituintes das águas residuárias nos seguintes parâmetros: DBO, ocorre principalmente pela degradação microbiana (aeróbia e anaeróbia), sedimentação e filtração. Para Fósforo há a redução pelos seguintes fatores: reações de adsorção aos sítios das plantas e microbiota, minerais presentes no meio suporte, formação de complexos com a matéria orgânica e assimilação pelas plantas e microbiota. Para a redução de nitrogênio acontece a amonificação seguida de nitrificação e desnitrificação, assimilação pelas plantas e volatilização de amônia. Os patógenos se reduzem devido a sedimentação e filtração, radiação ultravioleta, adsorção à matéria orgânica e de material sólido, predação e ataque de protozoários, morte natural e exposição a biocidas excretados por macrófitas.

O sistema de tratamento por Zona de Raízes consegue uma eficiência (77-98%) que pode ser comparada aos sistemas de tratamento mais caros (Lemes *et al* 2008).

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir das análises realizadas na Estação de Tratamento de Esgoto por Zona de Raízes, é possível afirmar que essa técnica constitui-se em uma excelente alternativa para o tratamento de esgotos domésticos. Com eficiência média de 81,2% para DBO, 60% para Fósforo total, 68,7% para Nitrogênio total e 99,2% para Coliformes Termotolerantes, valores estes que comparados com os resultados obtidos por outros autores, permitem constatar que a ETEZR apresenta adequada e operativa funcionalidade para remoção dos parâmetros analisados, demonstrando com isto ser uma alternativa viável e de baixo custo para o tratamento de esgoto doméstico.

O aperfeiçoamento e novos estudos em Estações de Tratamento de Esgoto por Zona de Raízes são necessários, bem como o monitoramento dos parâmetros por um período maior do que foi apresentando neste estudo. A ETEZR apresentou-se como opção para locais periféricos e em zonas rurais. Além disso, são ferramentas de suma importância que possibilitam a conservação do meio ambiente e que contribuem para a regressão de problemas de saúde pública relacionados à ausência ou ineficiência de serviços de saneamento básico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, R. de A.; OLIVEIRA, L. F. C. de; KLIEMANN, H. J. Eficiência de espécies vegetais na purificação de esgoto sanitário. Pesquisa Agropecuária Tropical, n .37, p. 1-9, mar. 2007. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/1839/1751>>. Acesso em: 22 jun. 2016.
2. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. MMA.Resolução COONAMA 430/11 – Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/res43011.pdf> > Acesso em: 20 mar. 2016.
3. COSTA J.F. Remoção de poluentes em um sistema de alagados construídos atuando como pós-tratamento de efluente de reator uasb e de filtro biológico percolador. Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da UFMG, 2013. Disponível em:[http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUOS-9L5QC2/tese\\_jocilene.pdf?sequence=1](http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUOS-9L5QC2/tese_jocilene.pdf?sequence=1)> Acesso em: 13 mai. 2016.
4. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Censo 2010 Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/indicadores\\_sociais](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/indicadores_sociais)>. Acesso em: 20 jan. 2016.
5. KAICK, T. S. V. Estação de tratamento de esgoto por meio de zona de raízes: uma proposta de tecnologia apropriada para saneamento básico no litoral do Paraná. Curitiba, 2002. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) PPGTE, CEFET-PR. Disponível em: <[http://files.dirppg.ct.utfpr.edu.br/ppgte/dissertacoes/2002/ppgte\\_dissertacao\\_074\\_2002.pdf](http://files.dirppg.ct.utfpr.edu.br/ppgte/dissertacoes/2002/ppgte_dissertacao_074_2002.pdf)> . Acesso em: 20 jan. 2016.
6. KAICK, T.S.V.; MACEDO, C.X.; PRESZNHUK, R.A. Jardim ecológico –tratamento de esgoto por zona de raízes: análise e comparação da eficiência de uma tecnologia de saneamento apropriada e sustentável. In: VI SEMANA DE ESTUDOS DA ENGENHARIA AMBIENTAL, Irati, 2008. Disponível em : <[http://www.unicentro.br/graduacao/deamb/semana\\_estudos/semana\\_09.htm](http://www.unicentro.br/graduacao/deamb/semana_estudos/semana_09.htm)> .Acesso em: 20 jan. 2016.
7. LEMES, J. L. V. B.; SCHIRMER, W. N.; CALDEIRA, M. V. W.; KAICK, T. V.; ABEL, O.; BÁRBARA, R. R.; Tratamento de Esgoto por Meio de Zona de Raízes em Comunidade Rural. Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient., Curitiba, v. 6, n. 2, p. 169-179, abr./jun. 2008. Disponível em: <<http://www2.pucpr.br/reol/index.php/ACADEMICA?dd99=search&acao=autobusca&dd1=João%20Luiz%20Villas%20Boas%20Lemes>> Acesso em: 19 mai. 2016.
8. LOHMANN, Gabriele. Caracterização de uma estação de tratamento de esgoto por zona de raízes utilizando variáveis abióticas e microbiológicas. 2011. 93 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011. Disponível em: <[http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/321/1/CT\\_PPGE\\_M\\_Lohmann,%20Gabriele\\_2011.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/321/1/CT_PPGE_M_Lohmann,%20Gabriele_2011.pdf)> Acesso em: 19 fev. 2016
9. PAROLIN, M.; CRISPIM, J. de Q.; KAICK, T.S.V. Tratamento de esgoto por zona de raízes: análise e eficiência. Revista GEOMAE - Geografia, Meio Ambiente e Ensino, v.03, n01, p 46-57, 2012. Disponível em: <<http://www.fecilcam.br/revista/index.php/geomae/article/viewFile/186/198>> Acesso em: 20 fev. 2016.
10. NUVOLARI, A. O lançamento in natura e seus impactos. In: A. Nuvolari. Esgoto Sanitário – coleta transporte tratamento e reuso agrícola. São Paulo: Editora Blucher, p. 171-208, 2003.

11. PHILIPPI JUNIOR, L.S.; SEZERINO, P.H. Aplicação de sistemas tipo wetlands no tratamento de águas residuárias: utilização de filtros plantados com macrófitas. Florianópolis: Ed. do Autor, 2004.
12. SILVA, Albino Eliseu da. Tecnologia de Tratamento, Polimento e Reciclagem de Água por Zona de Raízes. 26 de nov de 2008. Disponível em: < [http://www.sustentabilidade.org.br/antigo/doku.php?id=portug:um\\_mundo\\_sustentavel:saneamresiduos:saneamresiduos#tratamento\\_por\\_zona\\_de\\_raizes](http://www.sustentabilidade.org.br/antigo/doku.php?id=portug:um_mundo_sustentavel:saneamresiduos:saneamresiduos#tratamento_por_zona_de_raizes)>. Acesso em: 20 mar. 2016.
13. SCHÖN, M. C. M., Avaliação microbiológica dos estratos de uma estação de tratamento de efluentes por zona de raízes de fluxo vertical. Trabalho de conclusão de curso (Tecnologia em Química Ambiental) – Departamento Acadêmico de Química e Biologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 44 p., 2011. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/251/1/CT\\_COPAM\\_2011\\_2\\_13.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/251/1/CT_COPAM_2011_2_13.pdf)> Acesso em: 20 mar. 2016.
14. SIPINSKI, M. A.; KAICK, T. S. Van. Estação de tratamento de esgoto (ETE) piloto na Reserva Morro da Mina/SPVS, Antônia Paraná. **Caderno do Litoral 3**. Curitiba: SPVS/PROBIO,2000.
15. ZANELLA, L. Plantas ornamentais no pós-tratamento de efluentes sanitários: wetlandsconstruídos utilizando brita e bambu como suporte. 2008. 219 f. Tese (Doutorado em EngenhariaCivil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2008. Disponível em: < [www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?down=vtls000443538](http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?down=vtls000443538)>. Acesso em: 15 abr. fev. 2016.
16. VACCA, G.; WAND, H.; NIKOLAUSZ, M.; KUSCHK, P.; KÄSTNER, M. Effect of plants and filter materials on bacteria removal in pilot-scale constructed wetlands. *Water Research*, n. 39, p. 1361-1373, 2005).
17. ZEMANOVÁ, K.; PICEK, T.; DUSEK, J.; EDWARDS, K.; SANTRUCKOVÁ, H. Carbon, nitrogen and phosphorus transformations are related to age of aconstructed wetland. *Water air soil pollut*, 2009. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s11270-009-0117-6>>. Acesso em: 4 jun. 2016.