

DESIGN DE ESTRUTURAS VERDES: TEEDs (Tratamento Ecológico de Efluentes Domésticos) do ciclo técnico ao ciclo biológico.

GREEN STRUCTURES DESIGN: TEEDs (Ecological Treatment of Domestic Effluents) from the technical cycle to the biological cycle

RUSSO, Gustavo D’Amaral Pereira Granja, MSc.

russo@univali.br

SCHUCH, Dalva Sofia, MSc.

d.schuch@univali.br

Resumo

O presente artigo procura contemplar a relevância do processo de planejamento das estruturas TEEDs - Tratamento Ecológico de Efluente Doméstico na perspectiva da economia circular (Cradle to Cradle). O objetivo é apresentar um estudo de caso que traz uma proposta de sistemas naturais fitoremediadores e sua implantação em áreas rurais e periurbanas da cidade de Indaial (SC); integrando conhecimentos e pesquisa, gerando compromissos éticos e uma visão ecossistêmica dos processos, construindo e refinando projetos, demonstrando como é possível a realização o com o apoio de instituições como prefeitura, universidade e associações de bairro com o apoio comunitário.

Palavras-chave: TEEDs; Estruturas Verdes; Economia Circular.

Abstract

Abstract: This article aims to contemplate the relevance of the planning process of the structures TEEDs - Ecological Treatment of Domestic Effluent in the perspective of the circular economy (Cradle to Cradle). The objective is to present a case study that brings a proposal for natural phytoremediation systems and their implementation in rural and peri-urban areas in Indaial City (SC); integrating knowledge and research; generating ethical commitments and an ecosystemic view of the processes, building and refining projects, proving how it is possible to realize with the support of institutions such as town hall, university and neighborhood associations with community support.

Keywords: TEEDs; Green Structures; Circular Economy.

1. Introdução

As mudanças necessárias à vida planetária nos levam a ponderações sobre a forma de viver. O crescimento das cidades e o volume de efluentes domésticos e industriais aumentam diariamente; as cidades estão com seus sistemas colapsados ao gerenciarem seus efluentes de maneira não circular, entretanto a mudança para sistemas mais integrados e ecossistêmicos ainda sofre dificuldades burocráticas e aceitação de órgãos públicos. O saneamento público é um problema a ser enfrentado pelos gestores; a qualidade ambiental a cada dia mais é comprometida e os gastos dos sistemas de coleta e transporte de esgoto seguem aumentando, e se desenvolvem em modelos centralizados. Quando muito distantes da unidade central de tratamento, ou por razão das dificuldades geográficas para canalização e transporte dos efluentes, estes acabam sendo despejados no ambiente (corpo hídrico) em grandes volumes de águas cinzas e negras sem tratamento, comprometendo a saúde pública.

No final da década de 60 e início da década de 70, foi quebrado o paradigma dominante do design que estava voltado para o mercado, o consumo e a obsolescência planejada. As novas ideias pregavam um design ecológico e social, PAPANÉK, (1971) em seu polêmico livro 'Design for the real World', tentou mostrar um caminho alternativo para o designer, o desenvolvimento de um design não para o mercado e sim para o indivíduo, para a comunidade (PAZMINO, 2007). Ainda, Victor Papanek (1995), um designer industrial trouxe a reflexão sobre os caminhos da humanidade e sua sobrevivência no planeta, elencando o design como uma ferramenta valiosa, e ponderando sobre suas demandas socioambientais.

Trazendo os conceitos da Economia Circular, na perspectiva do Design, de acordo com Braungart e McDonough (2002) a teoria do Berço ao Berço (Cradle to Cradle - C2C) define uma estrutura para a criação de produtos e processos de design inspirados em métodos naturais, possibilitando a constituição de sistemas cíclicos de fluxos de materiais seguros e saudáveis para os seres humanos e para a biodiversidade. Dentro desse sistema, materiais são criados e empregados de forma a diferenciar entre a biosfera e a tecnosfera, criando assim dois ciclos distintos. Os materiais otimizados para o ciclo biológico são biodegradáveis, decompostos ou obtidos a partir de matéria vegetal, e retornando seu valor como nutrientes biológicos de forma segura e positiva para os ecossistemas que vêm a alimentar. Enquanto materiais otimizados para o ciclo técnico são denominados nutrientes técnicos e utilizados de modo que circulem em ciclos fechados – especialmente aqueles que não são produzidos de forma contínua pela biosfera (não-renováveis), como ligas metálicas e plásticos. No sistema atual de produção, os materiais são incinerados ou descartados em aterros sanitários, ou reciclados com altos gastos energéticos e mesmo assim, na última escala terminam nos aterros ou nos oceanos.

Neste sistema sugere-se pensar em termos de gestão ou redução de resíduos, onde produtos, insumos e cidades são criados de forma inteligente; o projeto desde o início deve contemplar o não desperdício e contaminação, pelo contrário, são observados todos os cuidados ecossistêmicos, pensando em termos de evitar o desperdício ou a contaminação ambiental. Resíduos são fonte de energia e nutrientes, a utilização da fonte de energia

ilimitada - o Sol, na fotossíntese é respeitar os ciclos naturais e celebrar a diversidade. Observando, conforme Braungart e MacDonough (2002):

Os materiais devem ser saudáveis para os seres humanos e a biosfera. Mimetizar a lógica cíclica da natureza nos nossos processos produtivos. O valor dos materiais deve ser recuperado após cada ciclo de uso.

Dentro desta perspectiva, é de se considerar a contribuição para a construção de cidades inteligentes com a gestão das águas, desde os sistemas aquáticos naturais, águas pluviais urbanas, assim como o tratamento ecológico de efluentes domésticos. A urbanização e crescimento das cidades geram grandes volumes de águas e contaminantes (metais pesados, sedimentos, resíduos sólidos, matéria orgânica, efluentes domésticos em geral) causando impactos negativos no ambiente (RUSSO e SCHUCH, 2019).

Os projetos de design de estruturas verdes, entre estas as TEEDs, contemplam uma visão ecossistêmica; os efluentes domésticos são lançados em uma estrutura dimensionada de acordo com o consumo de água da unidade familiar ou coletiva e seu objeto é solucionar a demanda dos resíduos orgânicos e dos efluentes (águas cinzas e negras) no local gerado; sem gastos na construção de onerosos sistemas de transporte nem energéticos para o mesmo, transformando este efluente em massa verde, mobilizada pelo crescimento vegetativo das espécies fitorremediadoras utilizadas no sistema.

Nas cidades, o custo demandado para a construção, operação e manutenção de estruturas e estações de tratamento (ETEs) são altos, principalmente devido à necessidade de se instalar bombas e tubulações de grande porte para coletar o efluente gerado nos grandes centros urbanos (BENASSI, 2018) e, os maiores déficits são nas áreas peri-urbanas e rurais isoladas, dificultando o acesso destas populações aos sistemas de saneamento. Nestes espaços as TEEDs são soluções de fácil implantação e manutenção, uma solução ecológica com qualidade ambiental e qualidade de saúde, considerando que estes dejetos não são conduzidos aos arroios e córregos da propriedade e nem lançados em sistemas pluviais nas áreas peri-urbanas.

Existem várias possibilidades a serem consideradas desde sistemas de zona de raízes, swales, sistemas de biorretenção, wetlands construídos, tratamento por evapotranspiração. Estes são bastante utilizados pela facilidade de implantação e sua flexibilidade adaptativa, assim como a função primeira de remover poluentes. Enquanto a água passa no sistema, poluentes são capturados por processos biológicos de degradação. Na construção dos sistemas faz-se a gestão das águas, desacelerando as taxas de descarga destas, pela retenção temporária e despoluição a partir do consumo de matéria orgânica e evapotranspiração (RUSSO e SCHUCH, 2019).

O design de estruturas verdes construídas envolve principalmente a interação entre o destino do efluente, a topografia do terreno e a vegetação. Um design cuidadoso de formas, profundidade das TEEDs, estruturas hidráulicas, controle e seleção de vegetação adequada irão proporcionar a integração das águas na paisagem gozando dos recursos ecossistêmicos. Considerar as variantes e as especificidades de cada contexto torna o processo de design mais eficiente, um projeto de design de zonas úmidas, para o

tratamento das águas pluviais, traz benefícios à comunidade, entretanto a escolha das áreas de implantação e escoamento deve estar apropriada: como a localização, a estética, os aspectos construtivos, e a baixa manutenção do sistema (op.cit).

Ainda, Russo e Schuch (2019) relacionam como o estudo ecossistêmico do ambiente permite documentar recursos naturais e a topografia do lugar para que no processo de design se reconfigure os projetos conceituais. Os aspectos envolvidos são mapeados individualmente e divididos em resultados de desempenho, buscando o que deve ser alcançado dentro da concepção de cada TEED, para alcançar o objetivo. Observar as possibilidades e as restrições, no início do processo de design é fundamental; a identificação auxilia na criação, reduzindo processos, mitigando riscos quanto à construção, à implantação vegetativa e à manutenção. Esta delimitação garante que os aspectos essenciais do design de TEEDs sejam incorporados e incentivem abordagens inovadoras para cada projeto.

Os sistemas de Tratamento Ecológico de Efluente Doméstico- TEEDs, priorizam-se as facilidades de construção, qualidade ambiental, qualidade de vida e baixo custo de implantação. Contemplando os princípios essenciais do eixo central da Política Nacional de Saneamento ... “garantia de meios adequados para o atendimento da população rural dispersa, inclusive mediante a utilização de soluções compatíveis com as características econômicas e sociais peculiares” (Lei Federal nº11.445/2007, art.48, inciso VII) (BENASSI, 2018). Destacam-se, os sistemas conhecidos como Zona de Raízes, Tevaps, Bets, os filtros biológicos, Wetlands construídos e as TEEDs.

TEED é o sistema de Tratamento Ecológico de Efluente Doméstico com utilização de espécies fitorremediadoras com alto potencial depurador das águas residuárias; o sistema apoia-se na evapotranspiração das águas e o consumo do lodo orgânico pelas espécies utilizadas. As TEEDs caracterizam-se por um conjunto de estruturas projetadas, impermeabilizadas com túneis e espaços livres para o fluxo das águas e o uso do capim vetiver: *Chrysopogon zizanioides* na 1ª fase e outras espécies nas fases sequenciais. A manutenção do sistema exige cortes da vegetação para estimular o crescimento vegetativo e consumo de matéria orgânica e águas. As TEEDs podem ser para unidade individual ou coletiva.

Algumas vantagens destes sistemas são o baixo custo de implantação, a baixa demanda energética; o benefício estético visual e odorífero; a tolerância a flutuações de vazão; a ausência de vibração ou sons e maus odores; sem custos com bombas de recalque ou sistemas integrados de controle; e atendem aos requisitos da legislação brasileira. Ressalta-se que apesar de pouca experiência nacional os sistemas têm forte apelo na literatura internacional, atingindo excelentes níveis de consolidação (SPERLING e SEFERINO, 2018). A UNIVALI (Fundação Universidade do Vale do Itajaí) tem modelos em seus campi, sendo uma estrutura desde 2009 no campus de Balneário Camboriú, no LATEC desde 2010, e outra no campus de Itajaí desde 2015.

2. Estudo de caso: DESIGN DE ESTRUTURAS VERDES: TEEDs - Tratamento Ecológico de Efluentes Domésticos em unidades familiares no Vale do Encano – Indaial SC.

A experiência da Universidade aliada à sensibilização do poder público da cidade de Indaial deu-se a partir de uma visita de um funcionário do Setor Ambiental da prefeitura de Indaial ao campus universitário conhecendo os sistemas implantados. A visita de um grupo técnico da prefeitura e membros da comunidade e “Rotary Club” aproximou este diálogo. Na sequência surgiu um convite para apresentação dos estudos, da pesquisa e dos resultados dos sistemas de tratamento ecológico de efluentes domésticos à comunidade, com a presença do prefeito municipal André Moser, vice-prefeito, Vereadores, Ministério Público, as Associação de Moradores do Vale do Encano e do Vale do Warnow, representado por seus gestores e a comunidade em geral, ao todo mais de cinquenta participantes.

A prefeitura de Indaial preocupada com a questão ambiental desejosa de implantar na área rural e peri-urbana sistemas ecológicos de tratamento de esgoto com o intuito da limpeza das águas do Rio Encano e Warnow, fonte de águas que abastecem a cidade, em 2018 formalizou o convênio entre o município e a universidade, e em 2019 iniciou-se a implantação das TEEDs. A comunidade e prefeitura realizaram o mapeamento e a escolha das propriedades do Vale do Encano- Indaial SC a serem contempladas, e o rio do Encano foi o escolhido como preferencial para a implantação das primeiras 20 unidades.

Na construção conceitual do processo de design, as visitas ao local tornam-se fundamentais para observar aspectos ecológicos locais e regionais, em diversas estações do ano, ou ter em mãos dados climáticos de vazão das águas e condições edafoclimáticas (RUSSO e SCHUCH, 2019)

Foram dimensionadas estruturas verdes (TEEDs) para unidades familiares de 4 a 5 pessoas; para uma escola rural com 600 alunos; para unidades coletivas de 5 famílias; e para residências que já tem a fossa clássica, com um sistema de Zona de Raízes contemplando o consumo final do excedente da fossa. O design das estruturas verdes contemplou visitas as casas, e a escola assim como ao terreno com várias famílias, onde a TEED é uma unidade coletiva. Materiais não degradáveis podem comprometer os sistemas assim, os cestos coletores devem ser instalados para a segregação de objetos que venham a compor o efluente. Estes devem ser coletados e retirados periodicamente do cesto coletor. O sistema das TEEDs é baseado no consumo total da matéria orgânica e das águas residuárias em um fluxo contínuo, e portanto materiais plásticos e não degradáveis devem ser retirados.

De acordo com BENASSI et.al. (2018) o dimensionamento das estruturas verdes deve respeitar:

1. A escolha do formato da estrutura e do material utilizado na TEED;

2. Caracterizar o efluente (esgoto a ser tratado);
3. Considerar que a eficiência do sistema deve ser para remoção total, e consumo das águas;
4. Implantar cubos de monitoramento;
5. Determinar a vazão média para cada unidade;
6. Calcular a porosidade do leito (material de suporte): A porosidade do leito é calculada pela equação:

$$P = \frac{V_t - V_s}{V_t}$$

Sendo:

P = Porosidade do leito (%); V_t = Volume útil total do leito (M^3); V_s = Volume de sólidos presentes no leito (m^3).

7. Determinar o coeficiente de decaimento do poluente (k_t), representa o comportamento do poluente em função da influência causada pela temperatura e pelo tempo de retenção. Considera-se T ($^{\circ}C$) pode ser determinada a partir da equação.

$$K_T = K_{20}(\theta)^{(T-20)}$$

Sendo:

K_{20} = constante de decaimento a $20^{\circ}C$ (d^{-1}); θ = coeficiente de temperatura; T = temperatura da TEED construída ($^{\circ}C$).

Os valores K_{20} e do coef. de temperatura dependem do poluente a ser removido.

8. Definir a altura do efluente no sistema;
9. Calcular a área superficial (A_s) necessária para a implantação da TEED;

$$A_s = \frac{Q_{méd} \times \ln\left(\frac{C_a}{C_e}\right)}{K_T \times h \times p}$$

Sendo:

A_s = Área superficial da TEED (m^2); $Q_{méd.}$ = Vazão média do efluente; C_a = Concentração do poluente (entrada) (mg/L); C_e = Concentração do efluente (saída) (mg/L); K_T = Coeficiente de decaimento do poluente (d^{-1}); h = Altura do nível do esgoto (m); p = porosidade do leito.

10. Com base na área superficial (A_s) pode-se dimensionar a largura e o comprimento da TEED. Recomenda-se que a superfície de exposição solar para o plantio das espécies é relevante no dimensionamento, considerando que o capim vetiver é uma espécie C4 e necessita de sol pleno.

11. É possível calcular o tempo de retenção hidráulica (THD) que expressa a razão entre as características da TEED e a vazão média do efluente.

$$TDH = \frac{l \times c \times h \times p}{Q_{méd}}$$

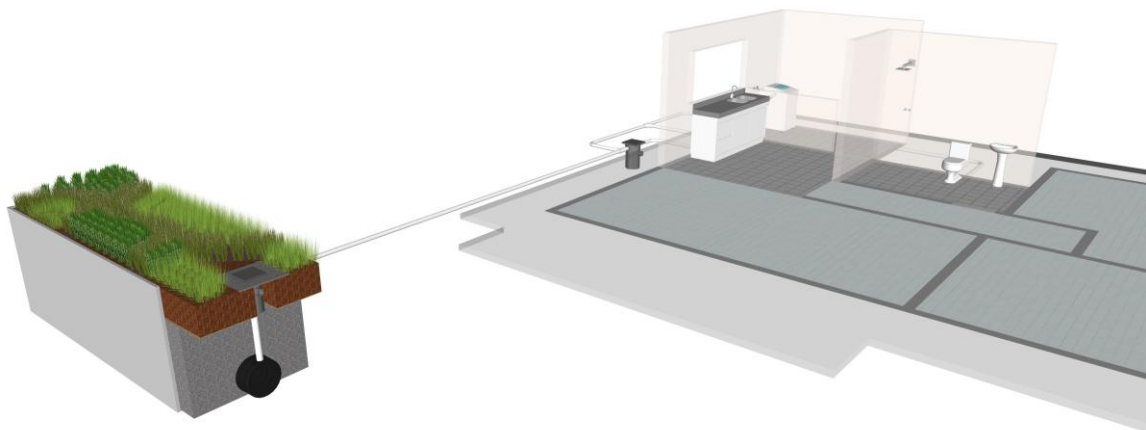
Sendo:

TDH = Tempo de Retenção Média; l = largura do leito; c = comprimento do leito; h = altura do nível de esgoto; p = porosidade; $Q_{méd}$ = vazão média do leito.

12. Escolher as espécies vegetais mais adequadas as características da TEED;

A partir das formulações clássicas de cálculo de vazão de águas e consumo per capita doméstico (50 litros/pessoa/dia) foram dimensionadas as estruturas verdes (TEEDs) para a área rural do município de Indaial (SC), representado no croqui ilustrativo da Fig.1. Considera-se necessário ressaltar, que independente da estrutura escolhida para o tratamento do efluente, é fundamental conhecer as espécies vegetais e suas especificidades. Assim como sua adaptação ao clima local. Toda vegetação tem um tempo de crescimento até sua estabilização, para iniciar os processos, e ainda importante considerar que plantas sofrem stress adaptativo. Observar a interação entre as espécies escolhidas para que o benefício seja mútuo.

Figura 1: Croqui ilustrativo do modelo familiar para 4 a 5 pessoas. Fonte: Autores.



A camada de terra que cobre o leito filtrante deve ser adequada e bem aerada, usa-se a casca de arroz carbonizada a proporção de 1:1 da terra do local. Recomenda-se realizar o plantio das espécies vegetais 30 dias antes de iniciar o uso do sistema. O replantio de mudas mortas deve ser acompanhado durante estes 30 dias. Espaços vegetados das TEEDs são albergues de aves e insetos, o que é ambientalmente desejável.

As TEEDs são jardins filtrantes com apelo estético; ecologicamente integradas ao ambiente, com baixo custo de implantação e manutenção e trazendo novas perspectivas ao saneamento básico para zonas rurais e peri-urbanas. As estruturas verdes (TEEDs) da

cidade de Indaial- SC, estão sendo um marco diferencial no Tratamento de efluentes, a partir de uma gestão pública que busca inovar, preocupados com a saúde e o ambiente.

3.Resultados

A implantação das TEEDs teve a realização de oficinas de sensibilização na escola e na comunidade rural do Vale do Encano, município de Indaial (SC) com o intuito de envolver a comunidade no processo de implantação e a compreensão dos sistemas e modelos ecológicos de tratamento de efluentes domésticos que estavam sendo implantados no vale.

A falta de conhecimento sobre metodologias e técnicas ecológicas surpreenderam a comunidade, que se mostrou receptiva à implantação das TEEDs.

Entretanto, a eficiência das TEEDs será percebida de 4 a 6 meses, após a estabilização da vegetação, quando o potencial fitorremediador será efetivo.

O monitoramento das estruturas verdes e a coleta de dados, a partir do monitoramento, serão a base de dados das próximas publicações acadêmicas buscando consolidar a tecnologia ecossistêmica evidenciando o ciclo natural: Cradle to Cradle.

4.Referências:

BENASSI, R.F. SUBTIL, E.L.; COELHO, L.H.; JESUS,T.A. **Manual de sistemas de wetlands construídos para tratamento de esgotos domésticos, implantação , operação e manutenção** Copiart Ed., 2018

https://www.researchgate.net/publication/326352770_Manual_de_sistemas_de_Wetlands_construidas_para_o_tratamento_de_esgotos_sanitario_implantacao_operacao_e_manutencao/citation/download acesso 05 de fevereiro de 2020

BRAUNGART, M.; WILLIAM MCDONOUGH, W. **Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things** North Point Preess Ed., USA, 2002

KADLEE, R. H. et al **Constructed Wetlands for pollution control processes, performance, design and operation** (IWA specialist group) British Library UK, 2006
<https://www.melbournwater.com.au/planning-and-building/developer-guides-and-resources/standards-and-specifications/constructed-0> Acesso 26 de janeiro de 2018

MATOS, A. T.; FREITAS W. S.; FIA, R.; MATOS, M. P. **Qualidade do efluente de sistemas alagados construídos utilizados no tratamento de águas residuárias da suinocultura visando seu reuso.** Engenharia na Agricultura, v.17, p.383-391, 2009.

PAZMINO, A.V. **Uma reflexão sobre Design Social, Eco Design e Design Sustentável I** International Symposium on Sustainable Design (ISimpósio Brasileiro de Design Sustentável), Curitiba, 2007 | ISBN 978-85-60186-01-3 Acesso 04 de fevereiro de 2020

RUSSO, G.A.P.G; SCHUCH, D.S. **Paisagismo ecossistêmico: design de estruturas verdes.** A Preservação do Meio Ambiente e o Desenvolvimento Sustentável. 1ed. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019, v. 1, p. 1-35.

SONNEMAN, J. et al **Wetland Technical Design Guidelines**, Ed. Brisbane City Council Melbourne, Austrália, 2017

http://hlw.org.au/u/lib/mob/20170530131525_2632c5a65b696f6b1/wetlands-guidelines-final-v1.pdf Acesso: dia 05 de fevereiro de 2020

SONNEMAN, J.; WETTENHALL, G.; LEINSTES, S. **Bioretention Technical Design Guidelines** 2014 <https://www.melbournewater.com.au/planning-and-building/developer-guides-and-resources/standards-and-specifications/constructed-0> Acesso: dia 05 de fevereiro de 2020