IV-221 – ANALISE PRELIMINAR DE UMA TRINCHEIRA MISTA PARA CONTROLE QUALITATIVO DE EFLUENTES PLUVIAIS

Nátalie de Paula [(1)]
Estudante de Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).
Jair João Daniel Junior[(2)]
Discente do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental
Marcello da Silva Ferrão[(3)]
Estudante de Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).
Daniel G. Allasia [(4)]
Programas de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC) e Engenharia Ambiental (PPGEAmb) - UFSM
Delmira Beatriz Wolff[(5)]
Programas de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC) e Engenharia Ambiental (PPGEAmb) - UFSM

Endereço[(1)]**:** Rua Arsênio Machado Soares, 311 - Camobi - Santa Maria - RS - CEP: 97110110 - Brasil - Tel: (55) 32170632 - e-mail: nataliedepaula@hotmail.com

RESUMO

O aumento da urbanização nos grandes centros urbanos observados nas ultimas décadas, vem naturalmente acompanhado de sérios problemas relacionados à infraestrutura e saúde da população. Em condições normais, ou seja, antes da urbanização, os volumes precipitados em sua maioria seguiam seu caminho natural, parte infiltrava no solo, parte evaporava e parte escoava até os corpos receptores, em outras palavras o ciclo hidrológico não era alterado. Em decorrência da urbanização, esse mesmo volume que antes infiltrava no solo, agora, passa a fazer parte do escoamento superficial, onde os 25 primeiros milímetros precipitados (first flush), não se diferencia em termos qualitativos dos efluentes domésticos. Todos esses fatores juntos acabam por gerar uma sobrecarga nas redes de drenagem gerando inundações e prejuízos a população. Esse fato é agravado em regiões onde não há tratamento do esgoto domiciliar, pois em épocas de cheia o efluente escoado pela superfície tende a se misturar com o esgoto a céu aberto deteriorando ainda mais a qualidade do mesmo.
Dessa forma faz-se necessário a busca por estruturas sustentáveis que além dos problemas quantitativos, possam atuar no controle qualitativo dos efluentes pluviais. Como exemplos desse tipo de estruturas temos as trincheiras (mistas, infiltração, evapotranspiração), telhados verdes, pavimentos permeáveis entre outros.
Porém, no Brasil ainda não existem muitos estudos que possam fornecer dados precisos de dimensionamento e funcionamento em longo prazo de tais estruturas. Visando um sistema único no tratamento quali-quantitativo dos efluentes pluviais, uma trincheira mista evapotranspiração/infiltração foi construída no campus da Universidade Federal de Santa Maria, na qual está sendo feito um acompanhamento referente aos aspectos qualitativos dos efluentes decorrentes de um telhado.

PALAVRAS-CHAVE: Infiltração, evapotranspiração, escoamento superficial, efluentes pluviais.

INTRODUÇÃO

Nas ultimas décadas os índices de população urbana no Brasil vêm crescendo sistematicamente e, consequentemente tal crescimento leva a um aumento significativo nas áreas impermeáveis. Esse crescimento desordenado juntamente com a falta de planejamento urbano acaba por agravar a ocorrência de cheias e inundações nos centros urbanos, fato que envolve além dos problemas estruturais, problemas relacionados à saúde da população, já que quando ocorrem as cheias doenças relacionadas à má qualidade dá água aumentam de maneira significativa. Esse fato se agrava em locais onde não existe saneamento nas residências, como por exemplo, em regiões ribeirinhas, onde todo o esgoto das casas é lançado de maneira direta no corpo d'água e acaba por se misturar com os efluentes pluviais no período das cheias.

De acordo com Tucci (1995), vários resultados na literatura têm demonstrado que a qualidade da água do escoamento superficial urbano não é melhor que a do efluente de um tratamento secundário. Dessa forma, aliada a parte quantitativa, deve haver também o monitoramento e controle qualitativo das águas provindas do escoamento superficial. Como há acumulo de poluentes sobre as superfícies urbanas (telhado de casas, calçadas, ruas, etc) nas épocas sem ocorrência de precipitação, os primeiros milímetros precipitados acabam de

por lavar estas superfícies, esse volume escoado constitui o denominado *first flush*, ou a primeira parcela de escoamento da água da chuva, que é a mais poluída e acaba indo parar em corpos d'água deteriorando sua qualidade. Como exemplos de impactos no corpo de água receptor estão às alterações estéticas (cor e turbidez), o depósito de sedimentos, a depleção do oxigênio dissolvido, a mudança na temperatura e contaminação por organismos patogênicos encontrados principalmente no esgoto doméstico.

Para amenizar os impactos causados pelo aumento da impermeabilização nas áreas urbanas, algumas estruturas vêm sendo adotadas tais como, trincheiras de infiltração, trincheiras de evapotranspiração, jardins de chuva, entre outras, porém, no Brasil o uso destas práticas ainda é muito restrito, pois poucos estudos são encontrados na literatura nacional, isso faz com que se tenha que buscar referências em estudos realizados em países com características climáticas muito diferentes das encontradas no Brasil e especificamente no Rio Grande do Sul.

Com base nas justificativas apresentadas a cima objetivo deste estudo é avaliar a eficiência de uma trincheira mista (infiltração/evapotranspiração) no tratamento qualitativo do efluente escoado por um telhado tomado como área impermeável e direcionado até a estrutura.

TRINCHEIRA DE INFILTRAÇÃO:

As trincheiras de infiltração são dispositivos lineares que atuam no controle de escoamento superficial. Seu objetivo é captar, armazenar e infiltrar uma parcela do escoamento superficial gerado numa determinada região, reduzindo o volume da água pluvial que chega até as galerias e retardando os picos do hidrograma de cheias. Podem funcionar como reservatórios de amortecimento de cheias, proporcionando a redução dos volumes e das vazões máximas (SOUZA 2002).

São constituídas por valas escavadas no solo, preenchidas por material granular (brita, pedras de mão, tijolos quebrados, entre outros). O material granular é depositado sob uma manta geo-têxtil, cuja finalidade além de estrutural é impedir a entrada de finos no dispositivo. Sua alimentação pode ser efetuada diretamente ou através de tubulação perfurada implantada ao longo de seu comprimento.

Segundo Duchene *et al.* (1994), as trincheiras de infiltração também funcionam para estabilizar ou atenuar os contaminantes contidos no meio urbano, sendo inclusive utilizadas para destino final de esgotos sanitários após sua passagem pelo tanque séptico. Da mesma forma, quando sua utilização para águas pluviais urbanas a água deve passar por um pré-tratamento que remova as partículas maiores e que eventualmente poderiam colmatar à estrutura (EPA, 2011). Entre as medidas recomendadas, se encontram a combinação de trincheiras come áreas gramadas, caixas de areia e reservatórios de detenção.

O uso sistemático dos dispositivos de infiltração como elementos de drenagem urbana no Brasil ainda é muito restrita. Os trabalhos relatados em publicações científicas internacionais citam exemplos de aplicações em regiões com características hidrológicas bastantes diferentes das encontradas no Brasil, principalmente no que se refere á precipitação, o que significa que são necessários mais estudos que trarão novas informações para o emprego de tais tecnologias.

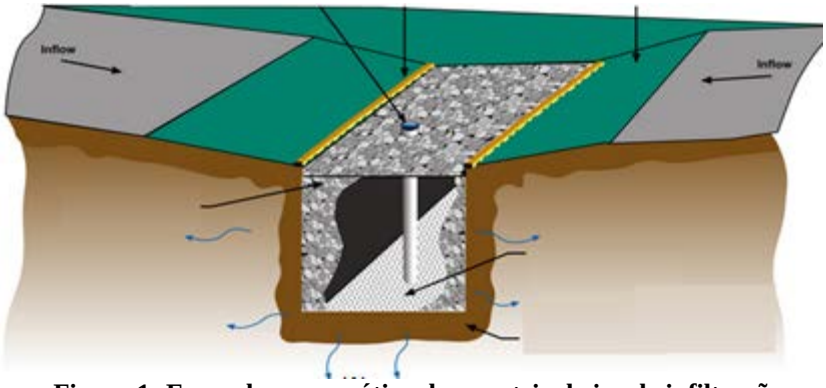

Figura 1- Exemplo esquemático de uma trincheira de infiltração

A maior parte das publicações sobre este dispositivo de infiltração ocorre no ambiente internacional, sendo muito restrita no Brasil. Já há a implantação em outros países da trincheira de infiltração, como mostra a figura (2) a seguir:

Figura 2- Trincheira de infiltração instalada no canteiro central de Rodovias, Fonte: Water Sensitive Urban Design;

TRINCHEIRA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO

A trincheira de evapotranspiração, fossa bananeira ou tanque de evapotranspiração, é um sistema fechado para tratamento de esgoto domestico no qual o efluente não infiltra no solo e as plantas realizam o processo de evapotranspiração desta água. (SELETOBRAS, 2010; GALBIATI, 2009).
Consiste em um tanque (trincheira) impermeabilizado, preenchido com diferentes camadas de substrato e plantado com espécies vegetais de crescimento rápido e alta demanda por água.

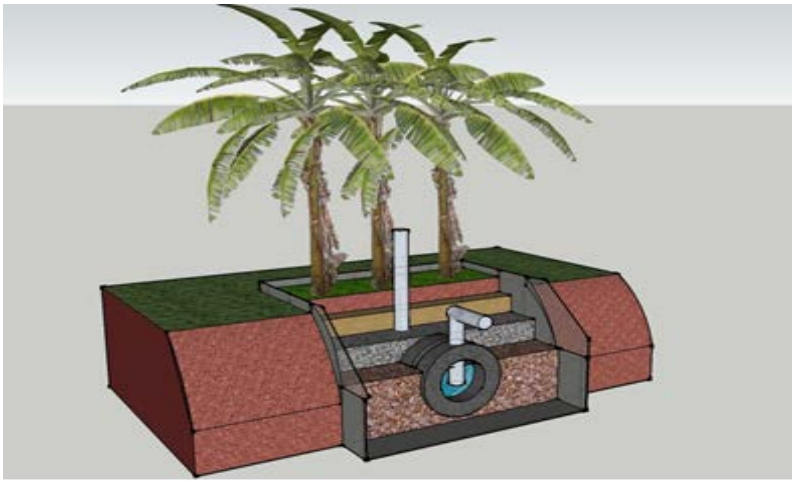

Figura 3 - Exemplo esquemático de uma fossa bananeira (GALBIATI, 2009).

Conforme Larsson (2003), esse tipo de estrutura proporciona o tratamento e o reaproveitamento dos nutrientes das águas negras (proveniente do vaso sanitário) para produção de flores e frutas. Nesse tipo de estrutura a água contaminada passa por várias barreiras de materiais porosos colonizados naturalmente por bactérias anaeróbias que pré-digerem o efluente, neutralizando os patógenos e mineralizando outros compostos em moléculas mais "acessíveis", para a absorção das plantas que estão na terra logo acima. Após o processo anaeróbio, parte da água é evaporada pelo solo e a outra transpirada pelas plantas.
As trincheiras de evapotranspiração são consideradas alternativas ecológicas para locais onde não existem redes de esgoto, lembrando que uma fossa séptica normal pode contaminar até dezesseis metros de raio. Outro ponto positivo é que esse tipo de estrutura é capaz de fechar por completo o ciclo da água que é despejada em seu interior, fazendo-a retornar ao ambiente externo em forma de vapor de água que se transformará posteriormente em chuva.

A utilização de sistemas plantados para tratamento de esgotos já é comum em diversas partes do mundo (EPA, 2000, LARSSON, 2003), enquanto no Brasil são conhecidas por terem sido empregadas no programa "Lar Doce Lar" (Rede Globo) na remodelação de uma casa.

TRINCHEIRA MISTA (INFILTRAÇÃO/EVAPOTRANSPIRAÇÃO)

A trincheira combinada de infiltração e evapotranspiração utiliza um sistema muito semelhante ao que se convencionou chamar de filtro biológico no tratamento de efluentes, utilizando camadas de brita, resíduos de construção civil e areia de diferentes granulometrias que atuam como um filtro lento, muito parecido com o filtro utilizado no tratamento de água. Ao passar pelas camadas de areia e brita o efluente possibilita a formação de um filme biológico, que fica aderido á superfície das pedras e, com a presença do oxigênio, ocorre á degradação aeróbia da matéria orgânica contida no efluente. Ainda, os nutrientes retidos servem como adubo para o crescimento de vegetação instalada neste substrato, que, por sua vez colabora na recuperação da evapotranspiração. Um reservatório inferior serve como armazenamento temporário da água enquanto esta infiltra no solo, esse reservatório pode ser construído com tijolos ou até mesmo com pneus, o que também proporciona o reaproveitamento dos mesmos.

Em definitivo, o sistema proposto propicia o tratamento qualitativo da água, especialmente do denominado "*first-flush*" ao tempo que recupera tanto a infiltração perdida pela impermeabilização do terreno e a evapotranspiração. No caso da evapotranspiração, para maximizar a eficiência, são escolhidas espécies vegetais com uma grande demanda hídrica.

O efluente pode infiltrar de maneira natural no caso da água da chuva e escoamento superficial, encontrando-se neste caso a entrada na forma de uma rede que distribui a água uniformemente na superfície da trincheira. No caso de trincheiras relativamente pequenas, isto acontece naturalmente, enquanto que trincheiras maiores devem possuir uma rede de canais ou drenos com esta finalidade.

As trincheira de infiltração e evapotranspiração aliadas em um único sistema, podem desenvolver um papel muito importante no que diz respeito a proteção dos recursos hídricos, podendo ser eficazes na infiltração de água no solo, tratamento dos poluentes, recarga de aquíferos, controle de inundações, consequentemente ajudando na proteção das áreas de recarga e canais. Em países mais desenvolvidos, a trincheira mista (infiltração/evapotranspiração) é popularmente chamada de Rain Garden (jardim de chuva), e em algumas cidades dos Estados Unidos são os próprios moradores que dão a manutenção e cuidam dos jardins de chuva. A figura 4 ilustra a aplicação das trincheiras de infiltração e evapotranspiração.

EXEMPLO DE CONSTRUCÃO DA TRINCHEIRA MISTA

Utilizando o método da curva envelope, (*rain envelope method)*, a trincheira mista(infiltra foi dimensionada e construída no campus da Universidade Federal de Santa Maria, onde o processo construtivo é apresentado a seguir.

Com uma escavadeira foi aberta uma trincheira de 4 metros de largura, por 2 metros de comprimento e 1,60 metros de profundidade. Finalizado o processo de escavação, a trincheira foi coberta com uma manta geotêxtil, cuja finalidade é diminuir ou retardar a colmatação do dispositivo. Posteriormente visando aumento do número de vazios e a formação de um ambiente propício para procriação de micro organismos que participarão do processo de tratamento, uma câmara foi formada pelo alinhamento de dezesseis pneus.

Foram testadas duas combinações, umas de duas câmaras paralelas, e no outro lado da trincheira os foram colocados em uma única fileira. Ao redor dos pneus foram colocados pedaços de tijolos e materiais cerâmicos quebrados com diferentes tamanhos, tornando o interior da trincheira mais poroso. Acima foram colocadas as seguintes camadas de materiais: 10 cm brita N°2 (maior), 10 cm de brita N°1 (menor), 10 cm de areia, 30 cm de solo. A figura 4 ilustra o processo de construção da trincheira em diferentes etapas.

Figura 4 - A abertura da Trincheira Mista e preenchimento com material granular.

Na parte superior da trincheira foram plantadas plantas como Bananeira (*Musa velutina)*, Taioba (*Xanthosoma sagittifolium)* e espécies do gênero *Canna.*

Ainda, por tratar-se de uma estrutura de pesquisa, foi instalado tubo de coleta feito com um tubo PVC de 100 mm de diâmetro, com acesso a câmara de pneus. Um tubo de PVC 100 mm de diâmetro foi instalado junto à saída de uma calha encaminhando a água da chuva ate um conjunto de drenos feitos com tubos de PVC de 50 mm, fazendo com que a água infiltre no solo através das camadas porosas. Outros tubos auxiliares de coleta foram instalados na entrada da trincheira, e nas extremidades da mesma.

Figura 5- Trincheira Mista em diferentes períodos de funcionamento.

METODOLOGIA

O monitoramento qualitativo foi feito através da coleta e análises dos efluentes encontrados na trincheira e em dois reservatórios de first flush. Os reservatórios de para coleta de first flush estão ligados a um telhado localizado ao lado do telhado utilizado para a trincheira, porém por serem paralelos é admissível que os poluentes encontrados em um sejam semelhantes aos encontrados no outro. Dessa forma pode-se quantificar a parcela do first flush bruto antes de percolar pela estrutura.

Após cada evento de chuva, são coletadas amostras dos três efluentes e encaminhadas ao laboratório para analise.

A parcela da chuva que infiltra na trincheira é obtida através de amostras coletadas no interior da mesma. Para isso foi projetada uma bomba de corrupto (caseira), assim o efluente é retirado do interior da trincheira através de um tubo de coleta.

Da mesma forma, utilizando a bomba caseira, são coletadas amostras do efluente antes de infiltrar na trincheira. Parte do efluente que é direcionado da calha para estrutura fica armazenado em um sifão localizado na extremidade superior da mesma.

Figura 6- Local de coleta dos efluentes First flush(a), antes(b) e após(c) a infiltração na estrutura.

As coletas forão realizadas em 18 eventos, sendo realizadas as determinações do oxigênio dissolvido, pH, condutividade, turbidez, demanda química de oxigênio (DQO) total e dissolvida - método do refluxo fechado (Standard Methods, 2005), sólidos em suspensão (método gravimétrico), coliformes totais e termo tolerantes. Na tabela são apresentados os parâmetros analisados na trincheira e seus respectivos métodos.

Tabela 1: Parâmetros iniciais a serem utilizados e seus respectivos métodos.

PARÂMETRO	Método Utilizado
DBO	Teste DBO 5 dias
DQO	Colimétrico
Condutividade	Terminal Multiparâmetros InoLab
pH	Terminal Multiparâmetros InoLab
Temperatura	Oxímetro YSI
Oxigênio dissolvido	Eletrodo de membrana
Turbidez	Turbidímetro SL-2k
Sólidos totais, voláteis e dissolvidos	Standart Methods

RESULTADOS PRELIMINARES

Os resultados das análises físico-químicas dos efluentes encontrados na trincheira e nos reservatórios de first flush foram comparados com os limites exigidos por algumas legislações, são ela resolução CONAMA375 (Conselho Nacional do Meio Ambiente) e manual da ANA (Agência Nacional das Águas).

Os limites apresentados para a Resolução CONAMA Nº 357/05 são relativos à Classe 2, águas que podem ser utilizadas para abastecimento (após tratamento convencional), recreação de contato primário e irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, com os quais o público possa a vir a ter contato direto.
Os limites do Manual da ANA refere-se a águas de reuso classe 1 utilizadas para descargas de bacias sanitárias, lavagem de pisos, fins ornamentais e lavagem de veículos e roupas.

Na tabela 2 são apresentados os valores médios, mínimos e máximos para os parâmetros de qualidade da água coletada no antes de infiltrar na trincheira, após a infiltração e do first flush encontrado no telhado referência e os limites das legislações citadas anteriormente.

Para elaboração da tabela com os resultados qualitativos da trincheira mista foram selecionados dezoito eventos monitorados ente abril de 2011 e agosto de 2012. Deve se considerar que nem todos os parâmetros monitorados estão sendo apresentados neste artigo.

Tabela 2: Valores das amostras coletadas na trincheira e os limites das legislações.

Parâmetro		Antes infiltração	Após infiltrar	First flush	CONAMA 357	Manual ANA
Temperatura (ºC)	máxima	27	26	21	-	-
	Mínima	14.2	15.2	11.2	-	-
	Média	21.36	20.9	16.9	-	-
	Desvio padrão	3.84	3.52	3.4	-	-
pH	máxima	7.6	6.83	7.7	**6 - 9.0**	**6.0 - 9.0**
	Mínima	7.08	6.29	6.9	-	-
	Média	7.2	6.47	7.28	-	-
	Desvio padrão	0.19	0.17	0.22	-	-
Condutividade (µS/cm)	máxima	171.6	853	395	-	-
	Mínima	48.9	86	59.7	-	-
	Média	111.2	255.3	128.25	-	-
	Desvio padrão	36.74	197.9	119.54	-	-
Turbidez (NTU)	máxima	19	230	120	**100**	**2**
	Mínima	0.16	15.3	18.6	-	-
	Média	8.48	106.6	48.45	-	-
	Desvio padrão	5.7	75.81	36.04	-	-
DBO (mg/l)	máxima	5.5	6.25	5.5	**5**	**10**
	Mínima	1.25	5.33	2.54	-	-
	Média	2.88	5.79	3.55	-	-
	Desvio padrão	1.71	0.650538	1.18	-	-
OD (mg/l)	máxima	7.5	6.3	7.1	5	-
	Mínima	1.6	0.4	3.6	-	-
	Média	4.92	3.05	5.55	-	-
	Desvio padrão	1.98	1.79	1.33	-	-

CONCLUSÕES

Analisando os resultados das análises físico-químicas dos efluentes encontrados na trincheira e nos reservatórios de first flush, observou-se que:

Os parâmetros temperatura e condutividade elétrica, mesmo não sendo comparados com os limites da legislação, são considerados normais quando o efluente não é para uso potável.

Ao compararmos os parâmetros com os limites exigidos pela resolução CONAMA375 (Conselho Nacional do Meio Ambiente) e manual da ANA (Agência Nacional das Águas) concluímos que:

O pH apresentou valores relativamente baixos nas três etapas da análise (antes infiltrar, após infiltração e first flush) se enquadram nos limites das duas legislações em questão CONAMA 375 e manual da ANA.

A DBO (Demanda bioquímica de oxigênio) apresentou valores considerados normais nas amostras de antes da infiltração e do first flush, sendo enquadradas nos limites da resolução CONAMA 357, da mesma forma que apresenta valores pouco elevados nas análises do efluente após a percolação, onde não fica muito acima do limite estipulado pelas duas resoluções.

O oxigênio dissolvido também apresentou valores relativamente baixos em todas as etapas da análise, sendo superior aos limites das resoluções somente quando são levados em conta os valores de máximas.

A turbidez não apresentou valores satisfatórios, sendo maior que os limites apresentados pelas resoluções em duas etapas, após infiltrar e no first flush, já o efluente coletado antes da infiltração apresentou valores dentro dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA, sendo este maior que o valor apresentado pelo manual da ANA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CARAMORI VBS. Estudo experimental de trincheiras de infiltração no controle da geração do escoamento superficial. Tese de Doutorado (Recursos Hídricos e Saneamento Ambiente) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul 2002.
2. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA (Brasil). Ministério do Meio Ambiente. Resolução n.357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63.
3. DUCHENE, M.; MCBEAN, E.; E THOMSON, N. (1994). Modeling of infiltration from trenches for storm water control, Journal of Waters Resources Planning and Management, v. 120, n. 3. P 276-293.
4. EPA (2000) Introduction to Phytoremediation. United States Environmental Protection Agency.
5. GALBIATI, A. F. 2009. Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia. Programa de pós-graduação em tecnologias ambientais Campo Grande, MS, 38 f.
6. LARSSONS (2003) Short-rotation Willow Biomass Plantations Irrigated and Fertilised with
7. SELETOBRAS, (2010). *www.setelombas.com.br/.../circulo-de-bananeiras*
8. Southeastern Wisconsin Regional Planning Commission (SEWRPC), 1991. *Costs of Urban Nonpoint Source Water Pollution Control Measures.* Technical Report No. 31
9. TUCCI, C. E. M. Inundações urbanas. In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.;