

JARDINS FILTRANTES: TÉCNICAS CONSTRUTIVAS PARA CONTROLE DE FIRST FLUSH E DA POLUIÇÃO DIFUSA NO MUNICÍPIO DE PALMAS-TO

FILTER GARDENS: CONSTRUCTION TECHNIQUES TO CONTROL FIRST FLUSH AND DIFFUSE POLLUTION THE MUNICIPALITY OF PALMAS-TO

Vanessa Marília Xavier Marinho 1
Aymara Gracielly Nogueira Colen 2
Fabrício Machado Silva 3

Resumo: Os Jardins Filtrantes como uma Solução Baseada na Natureza de grande importância. A instalação de Jardins Filtrantes fica caracterizada por ser um sistema responsável pelo tratamento ecológico de efluente, apontada como uma importante solução sustentável fundamentada na atuação da natureza e que possui o objetivo de minimizar os problemas que já prejudicam o ambiente urbano. O objetivo do presente trabalho foi o de realizar uma análise sobre os jardins filtrantes e apontar quais são os seus benefícios, seus pontos fracos e as possibilidades de implantação dessas soluções em canteiros que já existem e que apresentam uma drenagem convencional inadequada. O artigo ainda considera diferentes tipos de abordagens que visam controlar a poluição difusa, consequente do fenômeno First Flush comparado com a natureza dos problemas e a praticidade das ações para o controle do problema. Teve como objetivos específicos conceituar a construção civil sustentável, compreender sobre os Jardins filtrantes e por fim, avaliar a possibilidade de reaproveitamento dessa água para o cultivo vegetal no que diz respeito a sustentabilidade no Manejo de Águas Pluviais da cidade de Palmas, a implementação desse projeto de uso do jardim filtrante e destacar quais seriam seus benefícios. A pesquisa foi de revisão bibliográfica qualitativa e descritiva.

Palavras-chave: Escoamento Pluvial, Drenagem Sustentável, Cidades Resilientes.

Abstract: Filter Gardens as a Nature-Based Solution of great importance. The installation of Filter Gardens is characterized by being a system responsible for the ecological treatment of effluent, identified as an important sustainable solution based on the actions of nature and which aims to minimize problems that already harm the urban environment. The objective of this work was to carry out an analysis of filter gardens and point out their benefits, their weaknesses and the possibilities of implementing these solutions in existing flower beds that have inadequate conventional drainage. The article also considers different types of approaches that aim to control diffuse pollution, resulting from the First Flush phenomenon compared with the nature of the problems and the practicality of actions to control the problem. Its specific objectives were to conceptualize sustainable civil construction, understand the filtering gardens and, finally, evaluate the possibility of reusing this water for vegetable cultivation with regard to sustainability in Rainwater Management in the city of Palmas, the implementation of this project of using the filtering garden and highlighting its benefits. The research was a qualitative and descriptive bibliographic review.

Keywords: Stormwater Runoff, Sustainable Drainage, Resilient Cities.

1 - Acadêmico de Engenharia Civil - Centro Universitário UNITOP, Palmas, TO. Lattes: <https://lattes.cnpq.br/9556250046372990>. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3480-8349>. E-mail: nessamarilia@gmail.com

2 - Dr^a. Tecnologia Ambiental, Eng. Ambiental, Mestre AgroEnergia (Biomassa Residual do Agro (Industrial) e do Saneamento), Especialista Inovação Tecnológica. Professora e Pesquisadora do Curso de Engenharia Civil - Centro Universitário UNITOP. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1142902896675039>, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7173-4680>. E-mail: eng.colen@gmail.com

3 - Dr. Tecnologia Ambiental, Eng. Civil, Ambiental, de Produção e de Segurança do Trabalho. Professor, Pesquisador e Coordenador do Curso de Engenharia Civil - Centro Universitário UNITOP. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0308861058772993>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8963-6659>. E-mail: fabricao_amb@yahoo.com.br

Introdução

Na atualidade, muitas cidades sofrem com diferentes problemas estruturais causados pela existência de alagamentos e poluição.

Desta forma, inúmeras substâncias podem se acumular devido ao nível de impermeabilização das cidades, assim como pela inexistência ou ineficácia de sistemas de drenagem. Isso ocorre pelo ineficiente processo de urbanização e respectiva expansão, que causa diversas modificações nos ambientes com destaque às alterações climáticas, regime de chuvas e, na qualidade dos recursos hídricos. Por isso é fundamental a realização de significativas alterações nas estruturas de controle das águas pluviais urbanas, e seu respectivo manejo.

Diversas pesquisas mostram uma variação nos níveis de poluentes que são transportados pelos volumes iniciais do escoamento superficial, caracterizando assim a primeira carga de lavagem (do inglês *First Flush*) (GOONETILLEKE; THOMAS, 2003). Segundo os estudos de Porto (1995), o fenômeno *First Flush* (FF) acontece no momento em que uma maior carga de poluição é transportada pela força do volume de escoamento consequente do começo da chuva, uma força significativamente variável. Evidente que cada chuva possui sua composição conforme a região onde ela há de ocorrer, geralmente em pequenas bacias.

Sabe-se que uma Infraestrutura Verde (IEV), trata-se de uma solução sustentável quando comparada aos componentes de drenagem convencionais que pode ser usada para a gestão das águas urbanas. No caso dos jardins pluviais, que são uma IEV, são fundamentais para a diminuição do volume e do fluxo das águas pluviais, podendo assim prevenir a destruição de bens materiais e naturais, eliminar poluentes no meio urbano e ampliar a qualidade das águas subterrâneas.

Neste sentido, de acordo com Frantzeskaki (2019), as Soluções Baseadas na Natureza (SbN), ganharam expressiva relevância nas últimas décadas, se transformando em tecnologias verdes viáveis capazes de solucionar os desafios urbanos, tais como as mudanças climáticas, a degeneração e degradação das infraestruturas, que são fundamentais para as políticas e o planejamento territorial.

Logo, os Jardins Filtrantes, como uma Solução Baseada na Natureza aplicados ao meio urbano, promovem tratamento ecológico de efluentes, aumento da infiltração das chuvas no solo e subsolo, e redução de alagamentos. Rocha et al. (2020) assinala que o Jardim Filtrante é uma tecnologia criada na França, caracterizada pela introdução de plantas capazes de tratar efluentes domésticos e industriais, e aumentar a qualidade das águas. É ainda possível empregá-lo como uma alternativa secundária ou terciária, eliminando nutrientes, diminuindo as taxas de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio) do efluente. Por meio dos seus filtros verticais e horizontais com granulometrias e canais drenantes, juntamente com espécies específicas de plantas, plantas depuradoras. Desencadeia-se assim, uma purificação nas águas, fundamentada na atuação da própria tecnologia da natureza nestes alagados.

Segundo Cunha (2011), por ser uma estrutura sustentável, realiza captura e digestão de matérias orgânicas, de fuligem e de diferentes materiais, que, se não tratados, poderiam ir diretamente para rios e lagos, prejudicando assim o equilíbrio do ecossistema. Ou seja, mitiga a poluição difusa, visto que sua origem não pode ser facilmente identificada e os constituintes podem ser transportados de inúmeras maneiras e até atingir o corpo aquático receptor (NOVOTNY e CHESTERS, 1981).

Segundo Cunha (2011), os Jardins Filtrantes possuem zonas de raízes ou fitorestauração, utiliza plantas responsáveis pelo tratamento de esgotos e/ou efluentes. Além disso, proporciona uma melhora da estética paisagista da região, paisagismo funcional, por conta de suas plantas e microrganismos.

Para corroborar, o estudo objetivou apresentar técnicas construtivas de jardins filtrantes como uma solução de controle do fenômeno *First Flush* e respectiva poluição difusa no meio urbano do município de Palmas, capital do Tocantins.

Metodologia

Coleta de Dados Primários e Secundários

A pesquisa realizada foi qualitativa haja vista considerar que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números (SILVA & MENEZES, 2000, p. 20).

Como instrumento de coleta de dados, publicações referenciadas científicas como artigos e livros, dentre documentos técnicos especializados sobre a implantação de jardins de chuva e jardins filtrantes.

No perímetro urbano de Palmas - TO foram registrados pontos críticos de alagamentos, correlacionado aos fenômenos e interpretação das atribuições. O foco da pesquisa visa apontar os benefícios e a relevância de se implementar jardins filtrantes para maximizar a qualidade das águas urbanas, removendo poluentes acumulados nas vias públicas pelos alagamentos, assim como um dispositivo de drenagem sustentável, principalmente quando ocorre o fenômeno *First Flush*.

Caracterização da Estrutura do Jardim Filtrante

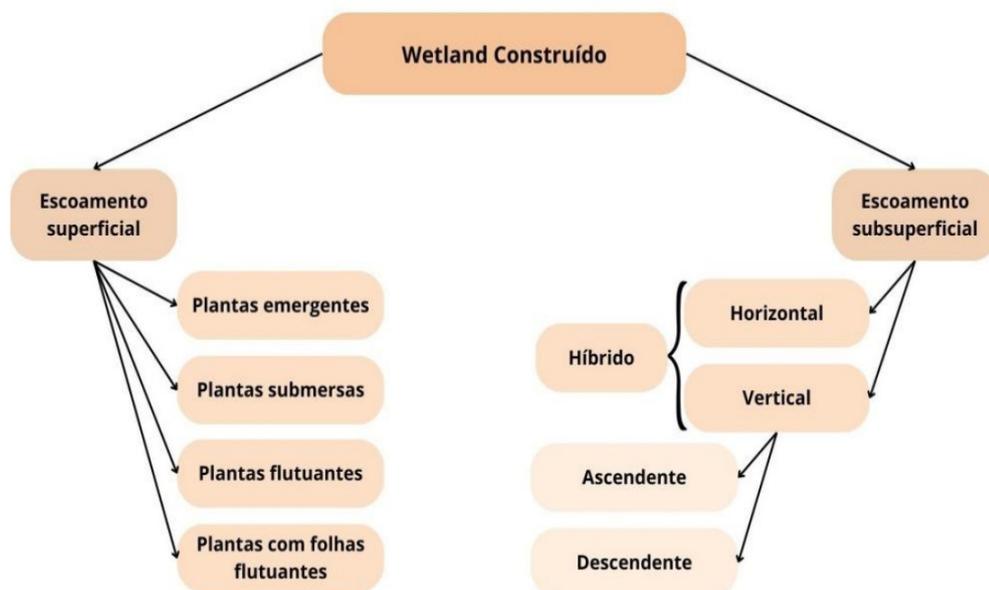
Segundo os estudos de Salati (2003), observa-se há três tipos de jardins filtrantes (Figura 1), levando em consideração a forma de passagem da água, que são:

I – Sistema de fluxo superficial: o mais semelhante a um ecossistema natural de áreas alagadas (brejos e pântanos), situação em que a superfície de água fica evidente, muito parecido com um lago;

II – Sistema de fluxo vertical: o efluente percorre sua área verticalmente por meio de uma estrutura de areia e de cascalho, se deslocando pelas plantas macrófitas, responsáveis pelo tratamento da água com a atuação de suas raízes;

III – Sistema de fluxo subsuperficial horizontal: a água é distribuída horizontalmente por toda a estrutura, similar ao sistema de fluxo vertical (SALATI, 2003).

Figura 1. Classificação dos *Wetlands* Construídos



Fonte: VYMAZAL; KROEPFELOVÁ (2008).

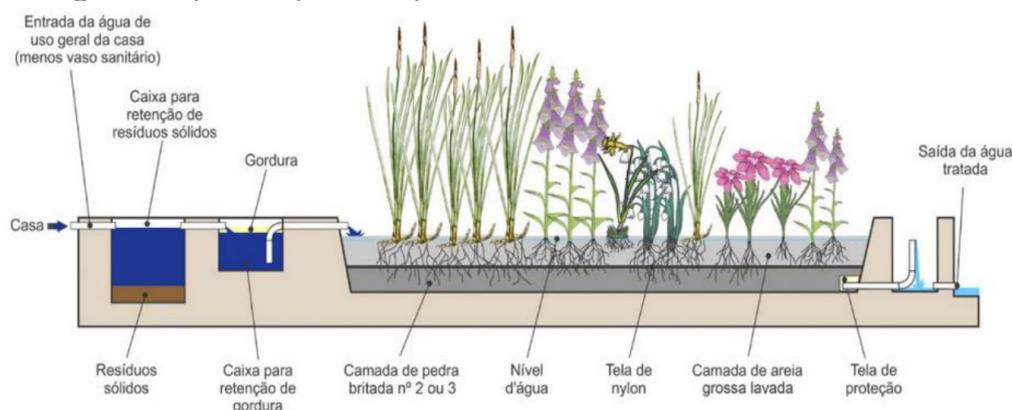
As áreas alagadas construídas, também recebem o nome de *wetlands* construídos, são áreas formadas por sistemas de tratamento de efluentes que levam em consideração os princípios de transformação da qualidade da água realizada pelas áreas alagadas naturalmente (VYMAZAL; KROEPFELOVÁ, 2008).

Segundo o arquiteto paisagista, Ulrich Zens (2016), a eficiência desse tipo de sistema resulta nas principais funcionalidades, que são:

- I - A água da chuva que corre pelo asfalto entra numa “boca de filtração”;
- II - O fundo do jardim é todo permeável, permitindo que a água infiltre mais limpa para recarregar o lençol freático;
- III - Abaixo do solo existem barreiras para reter a água, dando mais tempo para ela infiltrar ou ser evaporada pelas plantas;
- IV - A vegetação é composta por espécies resistentes, que podem sobreviver sob condições de muita ou pouca água;
- V - No final, a água excedente renasce por baixo de um leito de pedras e retorna para a rua mais limpa e em menor quantidade.

Conforme Von Sperling (2016), os *wetlands* realizam o processo de tratamento dos efluentes por mecanismos biológicos, químicos e físicos, assim como ilustra a Figura 2.

Figura 2. Representação de um Jardim Filtrante



Fonte: EMBRAPA (2015).

Ressalta-se que no Brasil esse tipo de jardim foi adaptado pela Embrapa, sendo uma ferramenta que deve ser usada em conjunto com a fossa séptica para o tratamento de efluentes domésticos, especialmente os rurais (SILVA; MARMO; LEONEL, 2017).

Projeto de Manejo de Águas Pluviais de Palmas - Jardim Filtrante em Pamas-TO

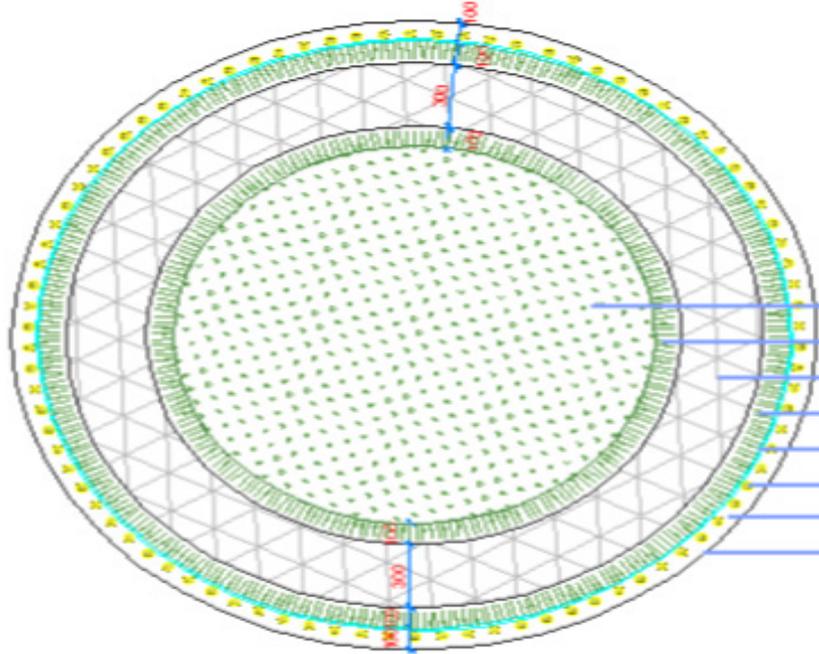
Segundo informações apresentadas pela Agência Palmas de Notícias (Palmas, 2023) e Mota (2023), verifica-se que o desenho urbanístico da cidade Palmas possui como um dos seus mais importantes símbolos, os cruzamentos da cidade, as rotatórias e também as grandes áreas verdes, sendo essas as soluções para a mobilidade urbana e para a criação de um espaço de serviços ambientais. Entretanto, diversos pontos sofrem com ocasiões de alagamento durante todo o período chuvoso, além de outros diferentes problemas ambientais nessas regiões.

No projeto de sustentabilidade do manejo de águas pluviais de Palmas, há como um de seus elementos a possibilidade de retenção da quantidade excessiva das águas das chuvas, reduzindo assim a sua velocidade e disponibilizando áreas para ampliar a absorção do solo, impossibilitando assim casos de erosão na foz.

O jardim filtrante, portanto, pode ser aplicado nas rotatórias da capital, com as devidas espécies, formado com o rebaixamento do solo, que coletará as águas pluviais através de

aberturas delimitadas em seu contorno (Figura 3). Esse solo deve ser tratado para se tornar mais poroso e funcionar como “esponja” (“cidades esponja”).

Figura 3. Planta baixa de Jardim Filtrante para rotatórias



Fonte: GOIÂNIA (2019).

Neste solo rebaixado serão introduzidas espécies de plantas que irão melhorar a evapotranspiração, contribuir para qualidade do ambiente evitando os alagamentos, sendo realizada uma adequada absorção, filtração, volatilização, decomposição e remoções, proporcionada pela atividade biológica e microbiológica, e ainda incrementar o paisagismo.

Esse tipo de projeto visa ainda proporcionar melhor uso água que é armazenada nesses jardins, diminuindo ainda os processos erosivos em localidades onde ocorre o lançamento da drenagem pluvial, dentre outros benefícios.

“Trata-se de um projeto que propõem uma solução de infraestrutura urbana baseada na natureza, que envolve não apenas o Impup e a FMA, como também as Secretarias Municipais de Segurança e Mobilidade Urbana (Sesmu), Desenvolvimento Urbano e Serviços Públicos (Sedurs) e de Infraestrutura e Serviços Públicos (Seisp), que dará a Palmas uma posição de vanguarda nas ações relacionadas às mudanças climáticas”, destacou Denise Rech (PALMAS, 2023).

Por intermédio de documentos públicos da Prefeitura Municipal de Goiânia (2019), foi possível obter informações acerca do projeto aprovado do jardim filtrante, no qual descreve todas as etapas e materiais para execução do mesmo.

Técnicas Construtivas para Controle de First Flush e da Poluição Difusa

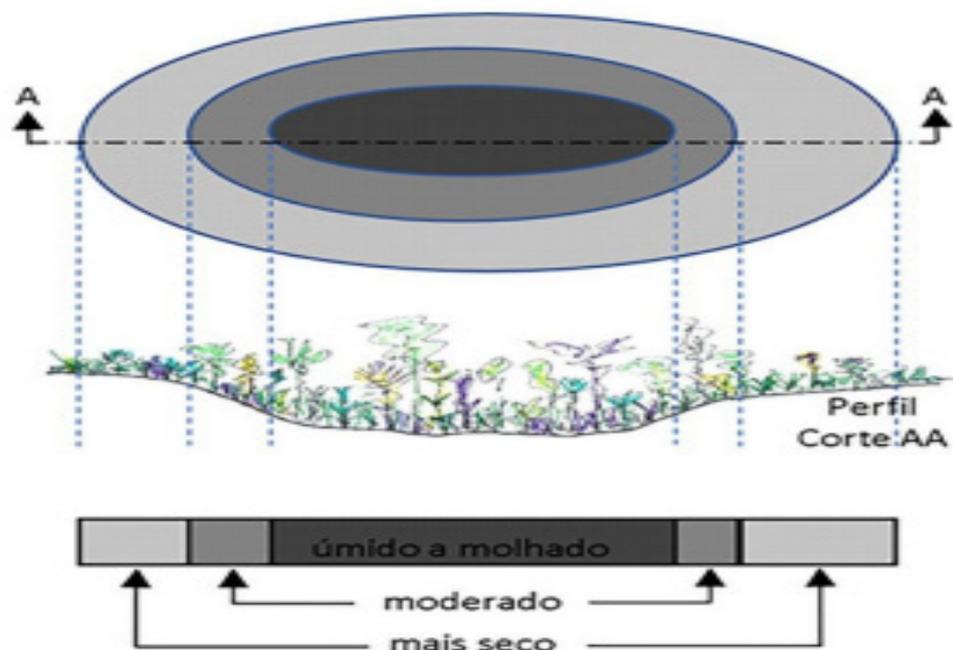
Em jardins filtrantes construídos por meio da técnica de escoamento horizontal subsuperficial, o líquido passa inicialmente pela zona de entrada, região que possui uma camada inicial de brita. Após isso, a água desloca-se de forma lenta para a zona principal do leito, que se constitui através de um material filtrante, e somente após isso chega à zona de

saída, do outro lado do sistema. O escoamento se dá em um meio saturado hidráulicamente, situação em que os espaços entre os grãos do material filtrante contam com o líquido a ser tratado (VON SPERLING; SEZERINO, 2014).

As plantas são de extrema relevância para esse tipo de sistema, levando em consideração especialmente a zona de raízes, pois há a concentração de bactérias responsáveis pelo consumo de matéria orgânica e pelos processos bioquímicos visando obter nutrientes (SILVA; RAMOS, 2018).

A utilização de plantas macrófitas aquáticas no processo de tratamento da água se tornou uma opção para o tratamento da água cinza levando em consideração sua significativa capacidade de absorção de nutrientes e ainda por ter um crescimento rápido (MAGALHÃES FILHO; SOUZA FILHO; PAULO, 2021; MENDES, 2018). Os estudos de Nivala et al. (2019), observaram a influência dessas plantas mais nas zonas úmidas de fluxo horizontal (Figura 4). A referida interação resulta no desencadeamento de reações químicas que proporcionam a formação de compostos que não prejudicam o ecossistema.

Figura 4. Ilustração das Zonas de um Jardim de Chuva/Filtrante



Fonte: YUAN; DUNNETT (2018).

Salientando ainda que as plantas aquáticas possuem uma significativa capacidade de absorção de nutrientes, assim como um rápido crescimento, apresentando também uma elevada capacidade de aprimoramento dos parâmetros de qualidade do efluente tratado. Sendo considerado ainda um projeto de baixo custo de implantação e que resulta em uma elevada produção de biomassa que podem ser usadas em diferentes atividades, benefícios que justificam a introdução dessas plantas no tratamento da água (RODRIGUES; BRANDÃO, 2017).

Neste sentido, observa-se que os processos naturais das plantas realizam uma função de extrema importância para se obter uma purificação das águas, ocorrendo de forma autônoma. No caso da técnica chamada de fitorremediação, ocorre um aproveitamento da capacidade das bactérias existentes nos rizomas das plantas de interagir com os mais variados tipos de substâncias (BRANDÃO, 2017).

Esta infraestrutura verde pode ser associada a seis dos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) disponibilizados pela Organização das Nações Unidas (ONU): Saúde e Bem-estar; água potável e saneamento; cidades e comunidades sustentáveis; Ação contra a mudança global do clima e Vida Animal.

Resultados e Discussão

Construção de Jardins Filtrantes

O jardim filtrante em Goiânia é um projeto importante para lidar com questões de drenagem urbana na cidade. Esses jardins são estruturas projetadas para capturar, filtrar e infiltrar a água da chuva que cai em áreas urbanas, ajudando a reduzir o escoamento superficial e mitigar os impactos das enchentes.

Tendo em vista o projeto executado pela Secretaria de Infraestrutura de Goiânia (2019), foi dividido em duas etapas, sendo a primeira a infraestrutura do dispositivo realizada pela Secretaria de Infraestrutura e Serviços Públicos (SEINFRA) e a segunda parte, a realização do plantio realizado pela Companhia de Urbanização de Goiânia (COMURG) (Figura 5; Figura 6).

Figura 5. Fase de execução de Jardim Filtrante em rotatória de Goiânia-GO



Fonte: GOIÂNIA (2019).

Constatou-se que o projeto do jardim filtrante em Goiânia se concentrou mais na repaginação do paisagismo e na introdução de elementos permeáveis, como os meios-fios drenantes. No entanto, é importante reconhecer que a eficácia dessas intervenções pode variar dependendo de vários fatores, incluindo o volume de chuva, a permeabilidade do solo e a capacidade de infiltração dos dispositivos instalados.

Figura 6. Obra e funcionamento do Jardim Filtrante em rotatória em Goiânia-GO



Fonte: GOIÂNIA (2019).

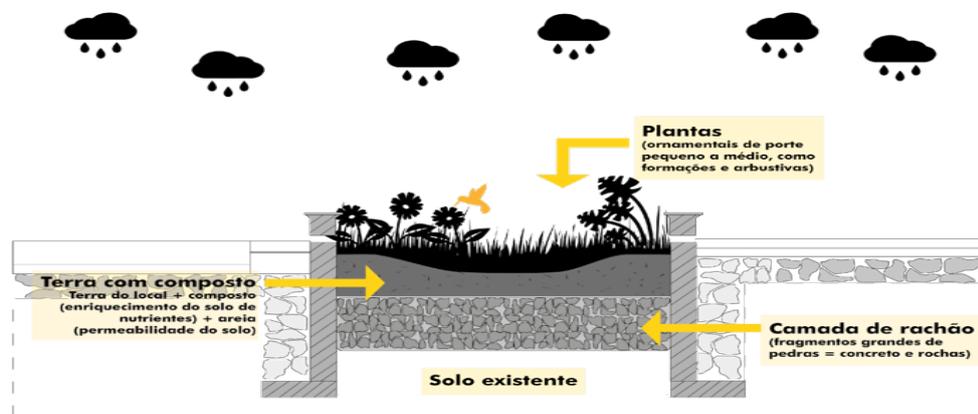
Controle Físico e Químico (Poluição) das Águas Pluviais para Palmas

Escoamento/Infiltração das Águas Urbanas

Os conceitos de Salati (2003) aplicados no Jardim Filtrante se fundamentam nas características dos ecossistemas onde há uma inundação parcial ou total em certos períodos do ano, assim como ocorre em brejos ou ainda no Pantanal brasileiro.

Projetos como jardins filtrantes são importantes para o gerenciamento de águas pluviais em áreas urbanas, ajudando a reduzir enchentes e a recarregar os aquíferos subterrâneos (Figura 5).

Figura 5. Corte esquemático demonstrando as camadas de um Jardim Filtrante



Fonte: SÃO PAULO (2022).

Promove benefícios econômicos, consequentes da diminuição da captação de água pela Prefeitura para a realização das atividades de arborização e paisagismo, contribuindo até mesmo para a ampliação da durabilidade da infraestrutura urbana da cidade, melhorando o conforto térmico e elevando a qualidade de vida para a população.

Já no tocante dos problemas que devem ser solucionados, ressaltam-se os seguintes:

- I - Alagamentos de vias (Figura 6);
- II - Baixa infiltração no lençol freático;
- III - Processos erosivos e assoreamento pela drenagem pluvial;
- IV - Alto custo com irrigação paisagística urbana;
- V - Desabastecimento de hidrantes públicos;

Figura 6. Rotatória na Avenida NS-04, entre as Arses 71 e 72, no Plano Diretor Sul em Palmas-TO



Fonte: TOCANTINS (2023).

Assim, a implementação de jardins filtrantes para cidade de Palmas pode promover a sustentabilidade e o Manejo de Águas Pluviais:

- I - Retenção do excesso das águas pluviais, diminuindo a velocidade, propiciando a absorção pelo solo e evitando erosões na foz;
- II - Implantação de pequenas bacias de contenção nas rotatórias, bem como em áreas verdes, com o diferencial da sustentabilidade a partir da filtragem e absorção pelo solo e da associação ao paisagismo, que se utiliza da atividade biológica de plantas e microorganismos para remover poluentes carregados pelos alagamentos, que serão removidos por absorção, filtração, volatilização, decomposição e simples remoção;
- III - Sobre a água excedente da enxurrada, há a previsão de: coleta e reutilização para a aplicação em hidrantes e rega dos jardins públicos;
- IV - Absorção pelo solo, abastecendo o aquífero;
- V - Possível excesso redirecionado para a rede de macrodrenagem;
- VI - Aumento da infiltração/recarga do lençol freático;
- VII - Arborização das áreas verdes e rotatórias;
- VIII - Utilização da água armazenada para paisagismo, durante o período de seca;
- IX - Redução de processos erosivos nos pontos de lançamento da drenagem pluvial.

Dessa forma, será possível ainda que o excesso da água em uma enxurrada seja coletado e reutilizado em hidrantes e também para a rega de jardins públicos. A sua absorção pelo solo contribui ainda para ampliação do abastecimento do aquífero da região, maximizando a segurança hídrica de toda a cidade.

De acordo com o trabalho de Souza e Sidel (2018), as dimensões das rotatórias em Palmas-TO, são caracterizadas pela existência de ilha central, a maioria com formatos geométricos circulares com raios de 30 e 40 metros (Figura 7).

Figura 7. Prospecção de Implantação de Jardim Filtrante na Rotatória na, entre as Arses 71 e 72, Avenida NS-04, no Plano Diretor Sul em Palmas-TO



Fonte: AUTORA (2024).

Tratamento da Poluição Difusa

Os jardins filtrantes se apresentam como uma das soluções com melhores resultados para o tratamento das águas de um centro urbano, proporcionando a eliminação de cargas orgânicas, azoto, fósforo, desinfecção de germes, biodegradação de novas moléculas, entre outros. Esses jardins filtrantes podem ser nesta rotatória, a partir do rebaixamento do solo, responsáveis pela coleta das águas pluviais por meio das aberturas existentes em seu contorno (Figura 8). O solo, por sua vez, precisa receber um adequado tratamento, visando se tornar mais poroso, sendo adicionada determinada quantidade de areia em sua composição, retendo grande volume de água e funcionar como esponja.

Figura 8. Prospecção de Implantação de Jardim Filtrante na Rotatória na, entre as Arses 71 e 72, Avenida NS-04, no Plano Diretor Sul em Palmas -TO.



Fonte: GOOGLE STREET VIEW (2023).

É fundamental ainda que possam ser inseridas diferentes espécies de plantas (fitorremediação), no referido ambiente anóxico é onde os processos químicos mais importantes acontecem, tais como a desnitrificação e a solubilização de fosfatos, resultantes de uma baixa capacidade de transferência de oxigênio. Sendo assim, esse tipo de filtro horizontal apresenta elevada eficiência no que diz respeito à diminuição dos parâmetros de Nitrogênio Total, Fósforo Total, DBO e DQO (MENDES; PINA, 2023).

É possível solucionar dois diferentes problemas ao se construir e colocar em funcionamento esses jardins filtrantes. O primeiro refere-se sobre as variadas regiões que não possuem uma adequada coleta de esgoto, situação que faz com que esses sejam jogados a céu aberto, onde os jardins filtrantes são capazes de reduzir significativamente esse problema, levando em consideração que é por meio deles que esse esgoto teria um destino correto. O segundo refere-se sobre a capacidade dos jardins proporcionarem uma reutilização da água de maneira não potável, levando em consideração os problemas de escassez de água (SILVA; RAMOS, 2018).

Sendo assim, é de extrema relevância estudar e encontrar maneiras alternativas para contribuir com o abastecimento de água, como é o caso do reuso dela para atividades que não necessitam de água potável, tal como a irrigação, ornamentos, lavagem de pisos, entre muitas outras (COLLIVIGNARELLI et al., 2020).

Levando em consideração informações da SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), ressalta-se que os jardins filtrantes podem ainda serem apontados como uma opção mais ecológica para o tratamento do lodo contaminado e, certamente, capaz de proporcionar maior recuperação e preservação dos rios ()

Em relação aos registros técnicos e legais, Palmas possui:

- I - Plano de Ação Palmas Sustentável: uma das ações propostas foi a implantação do Sistema de Drenagem Sustentável;
- II - Lei Municipal n.º 400/2018 - Plano Diretor de Palmas: tem a Drenagem Sustentável como diretriz para o meio ambiente, a gestão de recursos hídricos e o Manejo das Águas Pluviais / III - Cria o Sistema Urbano de Drenagem Sustentável;
- IV - Signatária do Pacto Global de Prefeitos pelo Clima e Energia;
- V - Membro da rede Cities4Forests/WRI;
- VI - Signatária do Programa Cidades Sustentáveis;
- VII - Associada ao ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade;
- VIII - Participa do Fórum “Unidades” para o Desenvolvimento Urbano Sustentável.

Considerações Finais

Com o intuito de encontrar soluções simples, eficientes, sustentáveis e com o menor

custo possível para os problemas dos grandes centros urbanos, o jardim filtrante surge como uma solução à capacidade da drenagem convencional.

Formado por um pequeno lago com pedras, areia e plantas aquáticas, diferentes vegetais e microrganismos, a ressignificação técnica dos jardins filtrantes para o centro urbano de Palmas-TO, é capaz de agregar funcionalidade do controle das águas pluviais no município, bem como controle da poluição difusa.

Esse tipo de estrutura (verde) diminui os riscos de ocorrência de alagamentos, de processos erosivos e de acidentes de trânsito. Podendo ainda citar como benefícios a ampliação do armazenamento de água da chuva, a melhora dos jardins públicos, o abastecimento de hidrantes, a diminuição da emissão de gases do efeito estufa (GEE) e até mesmo o aumento de áreas verdes no centro urbano da cidade com o aumento do plantio de árvores.

Dados disponibilizados pelo Impup apontam que a introdução desses jardins versa-se de um projeto financeiramente viável, levando em consideração que o sistema de drenagem verde complementa o que já existe, apresentando um custo inferior quando se compara com os sistemas de drenagem cinza – necessário e implantado. Recomenda-se que a cidade comece a instalação desses jardins de forma rápida e eficiente.

Ainda como benefícios, é possível destacar a ampliação da infiltração e da recarga do aquífero, melhorando também a mobilidade urbana, maior conforto térmico, melhoria do paisagismo e da qualidade de vida, e, ampliando ainda a devolução de água com a eliminação de detritos para os córregos e para o Lago UHE Luiz Eduardo Magalhães.

Esta Solução baseada na Natureza (SbN) proporciona maior absorção dos resíduos através das plantas, sem ser necessária a adição de resíduos ou da realização de processos químicos que causem a produção de gás, sendo possível até mesmo a eliminação do mal cheiro através desse tratamento, possibilitando ainda a introdução desse sistema em regiões residenciais ou em espaços públicos.

Referências

COLLIVIGNARELLI, M. C. MIINO, M. C.; GOMEZ, F. H.; TORRETTA, V.; RADA, E. C.; SOLINI, S. Horizontal flow constructed wetland for greywater treatment and reuse: an experimental case. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 7, p. 2317, 2020.

CUNHA, K. (2011). Sobre arquitetura, urbanismom sustentabilidade, acessibilidade e mobilidade urbana. Recuperado de <https://www.karlacunha.com.br/jardins-filtrantes/#:~:text=Voc%C3%AA%20j%C3%A1%20ouviu%20falar%20nos,esgotos%20dom%C3%A9sticos%20e%20efluentes%20industriais>.

EMBRAPA INSTRUMENTAÇÃO. **Saneamento básico rural: a saúde da água, do solo e da família em suas mãos**. São Carlos, SP, 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1035917/saneamento-basico-rural-a-saude-da-agua-do-solo-e-da-familia-em-suas-maos> . Acesso em: 15 mar. 2024.

FRANTZESKAKI, N. Seven lessons for planning nature-based solutions in cities. **Environmental Science & Policy**, v. 93, p. 101-111, 2019.

GOOGLE Street View (2023). **Palmas, Tocantins**. Localização <https://www.google.com/maps/@-10.2240018,-48.3241629,3a,75y,291.66h,87.07t/data=!3m6!1e1!3m4!1sBaHp--dTf5C8YokOHxIWmA!2e0!7i16384!8i8192?coh=205409&entry=ttu>

GOIÂNIA. **Prefeitura substitui rotatórias por jardins para conter chuvas em alguns setores de Goiânia**. Jornal G1 Goiás, Goiânia, 2019. Disponível em: Acesso em: 11 nov. 2019.

GOONETILLEKE, A. & THOMAS, E. (2003) Water quality impacts of urbanization: evaluation of current research. In: CENTRE FOR BUILT ENVIRONMENT AND ENGINEERING RESEARCH. Energy & Resource Management Research Program. Research Report. Queensland: Centre for Built Environment and Engineering Research, Queensland University of Technology.

MAGALHÃES FILHO, F. J. C.; DE SOUZA FILHO, J. C. M.; PAULO, P. L. Multistage constructed wetland in the treatment of greywater under tropical conditions: Performance, operation, and maintenance. **Recycling**, v. 6, n. 4, p. 63, 2021.

MENDES, M. E. R. **A fitorremediação como estratégia de projeto para a sustentabilidade urbana**. São Paulo. 2018.

MENDES, M. E. R.; PINA, S. A. M. G. Soluções baseadas na natureza para gestão de águas urbanas: aplicação de jardins filtrantes, jardins de chuva e biovaletas. **Revista Foco**, v. 16, n. 3, p. e1382, 2023.

MOTA, S. **Introdução à Engenharia ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 2023.

NIVALA, J.; BOOG, J.; HEADLEY, T.; AUBRON, T.; WALLACE, S.; BRIX, H.; MOTHES, S.; AFFERDEN, M. V.; MULLER, R. A. Side-by-side comparison of 15 pilot-scale conventional and intensified subsurface flow wetlands for treatment of domestic wastewater. **Science of the Total Environment**, v. 658, p. 1500-1513, 2019.

Novotny V., Chesters G. (1981) **Handbook of non-point pollution: sources and management**, Van Nostrand-Reinhold, New York.

PALMAS. **Projeto sobre drenagem sustentável do Impup é destaque no Clima Action 23**. Agência Palmas Notícias (2023). Recuperado de <https://agenciapalmas.com/noticia/237762>.

PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA. **Estudo da efetividade dos jardins filtrantes no tratamento de efluentes sanitários** (2020). Recuperado de [https://tratamentodeagua.com.br/artigo/efetividade-jardins-filtrantes-tratamento-efluentes/#:~:text=Segundo%20a%20SABESP%20\(Companhia%20de,recupera%C3%A7%C3%A3o%20e%20preserva%C3%A7%C3%A3o%20de%20rios](https://tratamentodeagua.com.br/artigo/efetividade-jardins-filtrantes-tratamento-efluentes/#:~:text=Segundo%20a%20SABESP%20(Companhia%20de,recupera%C3%A7%C3%A3o%20e%20preserva%C3%A7%C3%A3o%20de%20rios).

ROCHA, Mariana Ferreira; SANTOS, Bernadete. CARVALHO, Gilson Lemos de. **A Biotecnologia dos Jardins Filtrantes na Despoluição da Lagoa da Pampulha/ MG**. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/a_biotecnologia_dos_jardins_filtrantes_na_despoluicao_da_lagoa_da_pampulha.pdf. Acesso em: 21 mar. 2020.

RODRIGUES, J. V.; BRANDÃO, J. de F. C. **Fitorremediação: Jardins Filtrantes Como Solução Para Águas Cinzas**. Anais do Seminário Científico do UNIFACIG, n. 1, 2017.

SALATI, E. **Utilização de sistemas de wetlands construídas para tratamento de águas**. *Biológico*, São Paulo, v. 65, n. 1/2, p. 113-116, 2003.

SANTOS, Jessica. **Jardins de Chuva são implantados para melhorar o escoamento de água em Goiânia**, *Jornal Mais Goiás*, Goiânia, 2019. Disponível em: < <https://www.emaisgoias.com.br/jardins-de-chuva-sao-implantados-para-melhorarescoamento-da-agua-em-goiania/> > Acesso em: 11 nov. 2019.

SÃO PAULO Prefeitura de São Paulo **ultrapassa a marca de 200 jardins de chuva na cidade** (2022). Recuperado de <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/>

[subprefeituras/noticias/?p=335475.](#)

SILVA, D. Y. C. da; RAMOS, S. T. L. **Implantação do sistema jardim filtrante: alternativa para o tratamento do efluente cinza na zona urbana.** 2018. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário CESMAC, Maceió, 2018.

SILVA, E. L. & MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação.** LED/UFSC. Florianópolis (2000).

SILVA, W. T. L.; MARMO, C. R.; LEONEL, L. F. **Memorial descritivo: montagem e operação da fossa séptica biodigestora.** São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2017. 27 p. (Embrapa Instrumentação. Documentos, 27).

SOUZA, T. C e S. M. SIDEL. (2018) A relação entre os acidentes de trânsito e o traçado geométrico das rotatórias de Palmas/TO. In: **Pluris 2018 – 8º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável – Cidades e Territórios: Desenvolvimento, atratividade e novos desafios.** Coimbra, Portugal.

TOCANTINS. **Vídeo: Chuva intensa deixa avenidas alagadas e filas de carros em Palmas.** G1 Tocantins (2023). Recuperado de <https://g1.globo.com/to/tocantins/noticia/2023/04/06/video-chuva-intensa-deixa-avenidas-alagadas-e-filas-de-carros-em-palmas.ghtml>.

TRIGUEIRO, A. **Meio Ambiente no Século 21.** 5ª ed., Campinas, SP: Armazém do Ipê, 2008.

ULRICH, ZENS. **Jardins de Chuva e a Resiliência das Metrôpoles,** Vila Jataí, 2016.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Editora: Editora UFMG; 4ª edição, 2014.

VON SPERLING, Marcos. **Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos.** Editora: Ufmg; 1ª edição, 2016.

VON SPERLING, M.; SEZERINO, P. H. **Dimensionamento de wetlands construídos no Brasil.** Documento de consenso entre pesquisadores e praticantes. Grupo de Estudos em Sistemas Wetlands Construídos Aplicados ao Tratamento de Águas Residuárias. Boletim Wetlands Brasil, Edição Especial. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Grupo de Estudos em Saneamento Descentralizado (GESAD), 2018.

VYMAZAL, J.; KROEPFELOVÁ, L. **Wastewater treatment in constructed wetlands with horizontal sub-surface flow.** República Tcheca: Springer, 2008.

YUAN, J., & DUNNETT, N. Plant selection for rain gardens: Response to simulated cyclical flooding of 15 perennial species. **Urban Forestry and Urban Greening.** (2018). 35(January), 57–65. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.08.005>

Recebido em 6 de dezembro de 2024.

Aceito em 16 de dezembro de 2024.