

Parâmetros de cálculo da viabilidade econômica na implantação de *Wetlands* Construídos para condomínios residenciais

Laiz Reis Leal, Arq.

Laboratório de Planejamento e Projetos
Universidade Federal do Espírito Santo
laiz.reis@gmail.com

Karla do Carmo Caser, Dr^a

Universidade Federal do Espírito Santo
karlacaser@gmail.com

Cristina Engel de Alvarez, Dr^a

Laboratório de Planejamento e Projetos
Universidade Federal do Espírito Santo
cristina.engel@ufes.br

RESUMO

Desafios contemporâneos vêm estimulando novos olhares para as relações homem, cidade e natureza, ambiente construído e ambiente natural, espaços privados e espaços públicos. Novos conceitos se agregam ao modo de pensar os espaços, buscando associar às iniciativas de intervenção contribuições mais abrangentes com estratégias que consideram a preservação do meio ambiente. A infraestrutura urbana é um dos pontos relativos ao arranjo das cidades cuja abordagem vem se inovando. O trabalho em questão apresenta o sistema de Wetlands Construídos como uma potencial alternativa de gerenciamento de efluentes em condomínios residenciais que contam com áreas livres, inserindo-se, assim, entre os estudos que discorrem sobre as estratégias sustentáveis aplicadas a reestruturação das cidades. O sistema consiste na preparação de uma determinada área visando o tratamento de efluentes, ao mesmo tempo em que se mostra com um grande potencial paisagístico, de integração espacial ou de requalificação urbana. Compreendendo suas vantagens, assim como as especificidades de sua aplicação, o objetivo deste trabalho consistiu em elaborar uma análise sobre os processos e ações ligadas à sua implantação, por meio da identificação e listagem dos parâmetros relacionados ao cálculo de viabilidade econômica de implantação do mesmo. Como resultado da pesquisa, apresenta-se os elementos de interferência necessários para a avaliação da viabilidade econômica de implantação do sistema em condomínios residenciais, cuja replicabilidade pode ser feita para situações semelhantes. Assim, espera-se que a organização sistemática dos elementos de avaliação possa incrementar o uso dessa solução no meio urbano, contribuindo tanto para a ampliação das alternativas de tratamento das águas servidas como, também, para o aumento das áreas verdes no ambiente construído.

INTRODUÇÃO

Estudos atuais relacionados ao desenvolvimento urbano e a (re)estruturação de cidades têm destacado estratégias que consideram a preservação do meio ambiente e, até mesmo, a regeneração de recursos naturais degradados. Vislumbram-se aplicações em escalas variadas, contemplando desde macrorregiões, como partes consideráveis de grandes centros urbanos, como regiões menores, em nível

de bairros, em escala de condomínios, ou mesmo de uma única edificação.

É importante destacar que a possibilidade de alcançar expressivas contribuições ambientais, sociais e até mesmo econômicas para um determinado contexto através da implantação de projetos de caráter arquitetônico, urbano e/ou paisagístico, deve partir de um olhar que transborde os aspectos funcionais de cada um destes segmentos de atuação. Quando proposto o desenvolvimento de um projeto paisagístico, por exemplo, os principais desafios encarados pelos projetistas geralmente envolvem as questões de composição da paisagem, o embelezamento do espaço, a constituição de um ambiente confortável e agradável para diferentes tipos de vivências e interações. Assim, independente da tipologia da área que será tratada – seja um pequeno jardim ou um grande parque urbano – são próximas as intenções de como o projeto irá atingir, será percebido e interagirá com seus usuários (Leal, 2013).

Contudo, os desafios contemporâneos vêm estimulando um novo olhar para as relações homem, cidade e natureza, ambiente construído e ambiente natural, espaço privativo privilegiado e espaço público democrático. Com isso, agregam-se novos conceitos aos modos de pensar os espaços, buscando cada vez mais associar às iniciativas de intervenção contribuições mais abrangentes. Assim, as novas propostas paisagísticas para a composição das cidades vão além das questões estéticas, agregando funcionalidades ambientais, antes não consideradas como premissas.

Um dos pontos relativos ao arranjo das cidades que vem ganhando novas formas de abordagem é a infraestrutura urbana. O conceito de “Infraestrutura Verde” apresenta alternativas diferenciadas para se tratar esta questão, propondo trabalhar os espaços livres das cidades com estratégias naturais, contribuindo eficientemente para o funcionamento organizado e, ao mesmo tempo, humanizado dos espaços, sejam estes públicos ou privados.

O termo “Infraestrutura Verde” se refere a um método diferenciado do que se tem por convencional quanto à infraestrutura urbana, visto que desempenha funções de infraestrutura através de técnicas de vertentes paisagísticas. Segundo Cormier e Pellegrino (2008), o paisagismo urbano vem sendo progressivamente considerado como fonte de estratégias que vão além do embelezamento do ambiente construído, à medida que agregam funções ecológicas e hidrológicas nas suas aplicações, procurando emular e adaptar os processos e ciclos naturais do meio ambiente no projeto.

Além de a convencional infraestrutura urbana interferir e bloquear os fluxos naturais do ecossistema, o mau planejamento urbano, que em geral não apresenta considerações significativas do ponto de vista ecológico, também contribui afetando a dinâmica natural do meio ambiente (Herzog, 2010). Segundo o mesmo autor, visando suavizar os efeitos da urbanização mal planejada, as propostas para urbanizações baseadas na Infraestrutura Verde tomam como balizadores do planejamento os aspectos abióticos, bióticos, sociais, econômicos e culturais de uma determinada região.

As alternativas propostas para um planejamento urbano baseado neste conceito estão relacionadas a menores impactos ambientais, tais como: técnicas que apresentam baixo consumo de recursos naturais, menor impacto com possíveis fontes de poluição, contribuições quanto à captura de carbono, proteção e contribuição para a manutenção e o desenvolvimento da biodiversidade, prevenção ou diminuição da poluição de águas, do ar, do solo, etc (Herzog, 2010).

São várias as tipologias de projetos paisagísticos que se enquadram ao conceito de Infraestrutura Verde, sendo algumas delas: jardins de chuva, biovaletas, grades verdes, telhados verdes, alagados construídos (wetlands), lagoa pluvial, entre outros (Cormier and Pellegrino, 2008; Herzog, 2010). Cada uma destas tipologias tem suas funções específicas e características especiais. Um planejamento urbano baseado no conceito de Infraestrutura Verde visa conectar essas diversas tipologias, de forma que se crie uma rede de espaços, integrando ao máximo os elementos construídos de uma cidade aos espaços abertos e às redes de infraestrutura urbana (Cormier and Pellegrino, 2008).

Assim, a Infraestrutura Verde pode cooperar significativamente ao buscar restabelecer os serviços ecológicos eliminados durante o processo da urbanização tradicional (Herzog, 2010), contribuindo para a composição de uma imagem local que apresente espaços mais estimulantes e aumentando a relevância social e ambiental dos projetos de arquitetura paisagística para as cidades (Cormier and Pellegrino, 2008).

Compreendendo a importância da ideologia das Infraestruturas Verdes e as potencialidades dos projetos que as consideram, o foco de abordagem concentra-se neste momento, especificamente sobre uma de suas tipologias: os alagados construídos (*wetlands* construídos). Segundo Monteiro (2009), qualquer ecossistema alagado pode ser denominado genericamente como *wetlands*. Portanto, emprega-se o termo ao se fazer referência à brejos, charcos, pântanos, áreas de inundação, entre outros sistemas desta natureza. Os *wetlands* construídos surgem como uma tecnologia verde de tratamento ao simular *wetlands* naturais (Wu et al., 2014). Na literatura brasileira é possível encontrar diversas denominações para o sistema, tais como: zona de raízes, filtros plantados com macrófitas, sistemas alagados construídos, leitos cultivados, banhados construídos, biofiltros com macrófitas (Sezerino et al., 2015), jardins filtrantes, entre outros.

De acordo com Welsch et al. (1995 apud Monteiro, 2009), as áreas alagadas naturais exercem diversas funções de grande relevância para o ambiente e para a sociedade, afinal, atuam em relação às águas provenientes de tempestades, reduzindo a ocorrência de inundações; protegem as margens de corpos d'água de ações erosivas; promovem um melhoramento da qualidade da água, retendo ou transformando o excesso de nutrientes, os sólidos suspensos e metais pesados; proporcionam proteção e habitats para a vida selvagem; entre outras contribuições.

Tendo como base os sistemas naturais, os *wetlands* construídos procuram melhorar a qualidade das águas, adequando-as até mesmo às exigências dos usos não potáveis, com baixa ou sem utilização de energia elétrica ou produtos químicos, mas aproveitando as suas próprias características despoluidoras (Monteiro, 2009; Wu et al., 2014). Os processos do tratamento são influenciados por populações microbianas aeróbias, anaeróbias e facultativas, que se encontram no sistema radicular de determinadas espécies de plantas (Monteiro, 2009) podendo se formar também regiões anóxicas, além de regiões aeróbias e anaeróbias, durante a percolação do afluente no sistema (Sezerino et al., 2015). A ocorrência destas populações microbianas está relacionada ao nível de água presente no sistema, garantindo às áreas alagadas maior número de processos despoluidores do que em outros ecossistemas (Monteiro, 2009).

Em virtude da atual condição de consumo dos recursos hídricos potáveis, tendendo para sua escassez em diversas regiões do planeta, torna-se cada vez mais urgente a busca e aplicação de tecnologias alternativas para tratamento de águas poluídas, visando inclusive o reúso, principalmente para fins não potáveis. Neste sentido, destacam-se aquelas que apresentam a relação custo x benefício compensador, fácil manutenção e operação, baixo consumo de recursos naturais, baixo impacto ambiental e alto nível em performance (Monteiro, 2009). De acordo com Monteiro (2009, p. 23):

Sistemas de áreas alagadas (*wetlands*) naturais e construídas tem mostrado alta capacidade de transformar, reciclar, reter e remover diferentes tipos de poluentes, especialmente os nutrientes eutrofizantes, contaminação fecal de esgoto das águas superficiais (Hammer, 1989), e orgânicos (Wallace, 1998), com base nos processos naturais (filtração, sedimentação, adsorção, biodegradação) que ocorrem nos biofilmes microbianos formados entre a rizosfera e o substrato sólido (Tanner, 1996; Gopal, 1999).

Em contrapartida às potencialidades apresentadas sobre o sistema tipo *wetlands* construídos, destaca-se o fato de que para sua instalação demanda-se uma quantidade de área considerável comparada com outros sistemas. Isso se dá porque as interações despoluidoras ocorrem em “taxas naturais”, inferiores às encontradas em sistemas convencionais (Monteiro, 2009). Contudo, essa necessidade pode ser vista como uma possibilidade de compor a paisagem local proporcionando, inclusive, benefícios que vão além dos ambientais já mencionados.

Vislumbrando as possibilidades do sistema tipo *wetland* construído, diante do contexto e problemáticas apresentados, o objetivo deste trabalho consistiu em elaborar uma análise sobre os processos e ações ligadas à sua implantação em condomínios residenciais. Deste modo, o enfoque do estudo se direcionou à identificação e listagem de parâmetros de cálculos de viabilidade econômica. Entende-se que cada estudo de viabilidade econômica corresponde a uma avaliação específica, em função das condicionantes variáveis de cada projeto, local de implantação, porte do empreendimento, dentre outros fatores. Assim, ao identificar os aspectos envolvidos e fornecer os parâmetros necessários para o cálculo, permite-se que a avaliação da viabilidade econômica de implantação do sistema seja

realizada caso a caso. Os condomínios residenciais de casas foram definidos como objeto base para o estudo, visto suas conformações tipológicas, que em geral consideram a manutenção de grandes áreas livres, tanto implementadas com estruturas de lazer como composições paisagísticas.

Wetlands Construídos

O sistema tipo “*Wetland*” construído se insere nesta linha de discussões e práticas sobre desenvolvimento urbano ao se agregar ao contexto das Infraestruturas Verdes. Por meio das propriedades naturais de determinadas espécies de plantas, esse sistema – também apresentado como jardins filtrantes –, atuam como recuperadores de águas poluídas. Em função da sua capacidade de depuração, o sistema tem sido largamente aplicado nas últimas décadas ao tratamento de diversos tipos de efluentes, como esgoto doméstico, águas residuais provenientes de práticas agrícolas, efluentes industriais, de drenagem de minas, lixiviação de aterros, águas pluviais, mananciais poluídos e escoamento urbano (Yalcuk e Ugurlu, 2009; Saeed and Sun, 2012; Badhe et al., 2014).

A técnica consiste na preparação paisagística de uma determinada área para receber o efluente que se pretende tratar. Esta elaboração irá variar de acordo com a demanda, com características da área de implantação, com o tipo de efluente e com a finalidade de direcionamento do mesmo ao findar o processo de tratamento (Phytorestore Brasil, 2012). Assim, dependendo de tais fatores, são estabelecidas as definições pertinentes à implantação do sistema de filtragem e ao gerenciamento do produto final. Sezerino et al. (2015) corrobora com tal posicionamento ao indicar que as características de configuração do sistema de tratamento, tais como a configuração do *wetlands* construídos, a composição do material filtrante, a definição da vegetação a ser utilizada e seu dimensionamento e operação, que envolve a caracterização de cargas orgânicas, taxas hidráulicas, regime de alimentação, etc. possuem particularidades diretamente ligadas a localidade prevista para sua implantação.

Propostas que consideram a inserção de *wetlands* construídos nos seus projetos agregam significativas contribuições à área objeto de intervenção. Isso se confirma partindo do princípio de que constituem uma eficiente solução para o tratamento de águas usadas e poluídas ao atuar na eliminação de cargas orgânicas, de germes, na biodegradação de moléculas, entre outros processos. Também podem constituir valiosos espaços livres, participando inclusive da manutenção ou reconstrução de meios úmidos diversificados, com flora e fauna específicas. Quando implantado em áreas públicas, há possibilidade de atuar como um centro de tratamento de água aberto ao público, permitindo que a área ganhe funções de lazer e educacionais. Já em áreas privadas, além de desempenhar papel similar, contribuem agregando valores ambientais diferenciados ao empreendimento, destacando-o entre os demais que compõem tal segmento imobiliário, possibilitando realce mercadológico no setor.

Sezerino et al. (2015), em estudo desenvolvido sobre experiências brasileiras com *wetlands* construídos, apresenta os seguintes parâmetros físicos e dinâmicos relevantes identificados nos sistemas de escoamento subsuperficial de fluxo horizontal nacionais: vazão do efluentes a ser tratado; tempo de retenção hidráulica no reator *wetland* construído; constante de reação, ou constante de degradação biológica; material filtrante; área (m²) superficial do filtro; profundidade e geometria; e vegetação de macrófitas. Tal estudo aponta que o emprego do sistema tem apresentado amplo crescimento no país, principalmente na última década, porém, ainda são escassas as pesquisas sobre as avaliações de desempenho do tratamento e sobre dados operacionais de longo prazo nas experiências já realizadas.

Um dos métodos de tratamento de efluentes por meio de *wetlands* construídos, ocorre em três estágios de filtragem pelos jardins, apresentados simplificadaamente na Figura 1. O tratamento é realizado de forma natural (sem acréscimo de químicos) e os efluentes a serem tratados são direcionados via rede de esgoto implantada como parte preliminar do sistema a um tanque de aeração, onde passa por um processo responsável pela redução inicial de alguns parâmetros indicadores de poluição. Em seguida, é encaminhado ao primeiro jardim filtrante, que atua como filtro vertical (Funcionamento..., 2013).

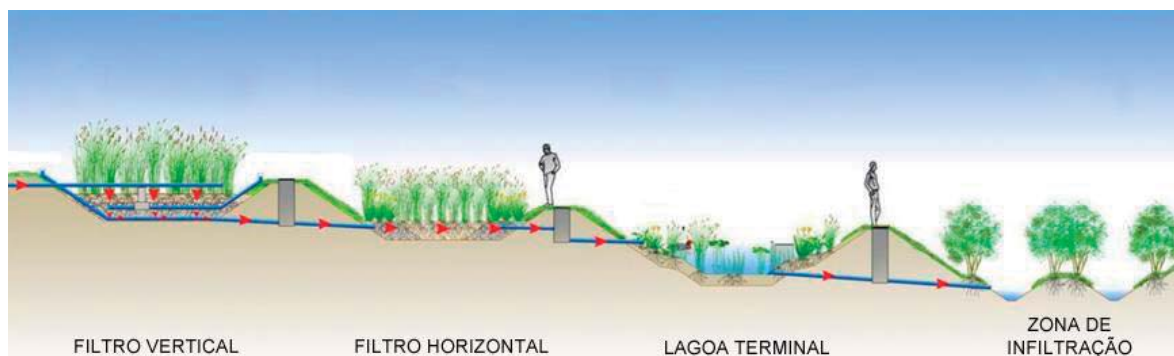


Figura 1. Etapas do tratamento da água pelo sistema de Jardins Filtrantes. Fonte: adaptado de Phytorestore Brasil (2012).

No primeiro estágio são retirados sólidos em suspensão, gorduras e hidrocarbonetos, tratando assim a sua turbidez. Isso ocorre basicamente pelo contato da água com as raízes das plantas e, em seguida, pela infiltração no substrato, onde será recolhida e transportada para a próxima etapa. No segundo jardim (filtro horizontal) ocorre a complementação da etapa anterior e o tratamento dos organismos patogênicos, eliminando germes, bactérias e vírus presentes (Jardins..., 2011). Isso ocorre principalmente pelo processo de contato da água com as raízes das espécies que o compõe (onde atuam bactérias aeróbias e anaeróbias), associadas à penetração dos raios UV do sol (Funcionamento..., 2013). Já no terceiro jardim (lagoa terminal), livre de poluentes, a água recebe aeração, também através do processo metabólicos de determinadas espécies de plantas, tendo o seu nível de oxigênio aumentado (Jardins..., 2011).

Ao finalizar o processo, a água pode ser direcionada para a finalidade desejada (representada na Figura 1 pela zona de infiltração). Nos casos em que se objetiva contribuir para a melhoria da qualidade da água de um determinado manancial, o efluente tratado retornará ao corpo d'água, diminuindo, por diluição, as taxas de poluições existentes. Porém, quando vislumbra-se o seu reaproveitamento, a água tratada é encaminhada a tanques de armazenamento, de onde será redirecionada aos usos definidos.

Segundo Thierry Jacquet, paisagista fundador da empresa francesa Phytorestore, que detém patentes deste sistema em vários países, inclusive no Brasil, o custo de implantação do sistema é similar ao custo de implantação de um projeto de paisagismo decorativo sendo, porém, 30% mais baixo do que o custo de implantação de uma unidade convencional de tratamento de água. Quanto ao custo de funcionamento, corresponde entre 10% e 20% do custo de uma estação convencional, apresentando baixo consumo elétrico, não utilizando produtos químicos e sendo de simples manutenção (Jardins..., 2011). Rai et al. (2013), que apontam a ampliação de utilização do sistema nas últimas décadas, reforçam este aspecto ao identificarem que o mesmo se mostra atrativo devido ao menor custo de implantação, operação e manutenção, em relação a sistemas de tratamentos tradicionais.

Segundo Fraissignes (2012), diretor da filial brasileira da empresa Phytorestore, não existem limitações quanto às características físicas e geográficas do terreno de implantação. Porém, são indicadas áreas mais planas, com leve declividade, para se evitar custos com terraplanagem. Além disso, o lençol freático na área de implantação deve estar abaixo de 2 metros de profundidade em relação ao nível do terreno, evitando assim danos às tubulações e invasão de água externa. A técnica é aplicável ao tratamento de água doce, salina e salobra. Porém, deve-se verificar o grau de salinidade para se trabalhar com plantas específicas para as determinadas condições. Quanto à relação entre Volume de Efluente Tratado (L)/ Área de Jardim (m²) tem-se o índice aproximado de 100L/m², para esgoto domiciliar.

É possível encontrar diversos exemplos internacionais e nacionais (brasileiros) de projetos baseados neste conceito, realizados ou em fase de desenvolvimento. Dentre os projetos de jardins filtrantes já desenvolvidos pela empresa Phytorestore, estão: “*Parc du Chemin de L’Ile*”, em Nanterre, França, 2006, projeto desenvolvido para o tratamento de parte da água do Rio Sena, objetivando sua despoluição e aumento da oxigenação; “*Eco-bairro*”, Wuhan, China, 2007, desenvolvido para tratamento

paisagístico e de efluentes de um bairro residencial; “Colégio *Saint Dizier*”, em Saint Dizier, França, 2011, desenvolvido no colégio de Saint Dizier para tratamento de efluente sanitário; e o “Centro de treinamento HSBC”, em Curitiba, Brasil, 2011, desenvolvido para o tratamento de efluente sanitário (Portfolio..., 2012). Observa-se assim a diversidade quanto a escala de aplicabilidade do sistema.

METODOLOGIA

O estudo em questão partiu da identificação de temas relacionados a processos de desenvolvimento urbano e (re)estruturação de cidades, cujas abordagens seguem vertentes sustentáveis, tanto do ponto de vista ambiental, como econômico e social. Neste contexto, direcionou-se o enfoque ao campo relativo às Infraestruturas Verdes, de modo específico, à tipologia de *wetlands* construídos, ou ainda, ao sistema de jardins filtrantes.

Visando coletar informações sobre tais temas, identificar suas especificidades e o modo como se aplicam, foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre os mesmos, assim como pesquisas documentais, especialmente sobre o sistema em questão. Para a realização destes processos, além de revisão de literatura, considerando especialmente publicações em periódicos indexados, livros referenciais e reportagens desenvolvidas sobre o tema, foi realizada uma consulta, via e-mail, diretamente com representantes da filial brasileira da empresa Phytorestore, que detém patentes do sistema de Jardins Filtrantes em vários países, inclusive no Brasil. Com este processo obteve-se tanto dados descritos no conteúdo dos e-mails como em materiais informativos recebidos como anexos.

Com as informações relativas aos processos de implantação e funcionamento do sistema, e observando suas condicionantes e possibilidades, destacou-se a potencialidade de implantação do mesmo em condomínios residenciais horizontais, quando são previstas áreas livres. A partir de então, observou-se a necessidade de identificar, organizar e detalhar os parâmetros de cálculo de viabilidade econômica da implantação do sistema em tal contexto, buscando elucidar o método para a realização deste tipo de avaliação.

Identificados os parâmetros para tal avaliação, a partir do levantamento das ações demandadas para implantação do sistema, foram elaboradas tabelas informativas. Assim, atividades que envolvem custos e estão ligadas ao processo foram separadas conforme a etapa em que se inserem e acompanhadas de descrição sobre o que correspondem. Por fim, essas atividades foram classificadas conforme o tipo de custo em que se enquadram: custo substituído/revertido, custo extra ou custo eliminado/reduzido, completando-se o produto deste estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificados 16 fatores relacionados à avaliação da viabilidade econômica para implantação do sistema de *wetland* construído em condomínios residenciais. Observa-se que aspectos de naturezas variadas compõem o processo, sendo eles de caráter ambiental, tecnológico e regional. Deste modo, ressalta-se a importância de contribuições multidisciplinares para a realização da análise, visto que os assuntos envolvidos são abrangentes e diversificados.

De modo geral, o estudo de viabilidade econômica de implantação do sistema deve considerar custos com as etapas de projeto, de implantação, de funcionamento, e de manutenção. Nos casos em que o estudo se direciona a empreendimentos residenciais multifamiliares, é possível distinguir os custos financiados diretamente pelo empreendedor, responsável pela construção do empreendimento, dos custos financiados pelos compradores, que investirão na aquisição do imóvel. Deste modo, a Tabela 01, apresentado a seguir, é composto pelos custos identificados relativos ao financiamento do empreendedor, tanto na etapa de projeto quanto de implantação do sistema. Já a Tabela 02 mostra os custos direcionados aos compradores, caracterizado basicamente pelas etapas de funcionamento e manutenção do sistema. Ambas as tabelas apresentam as atividades relacionadas a cada etapa envolvida, assim como uma breve descrição sobre o que corresponde cada uma das atividades.

Tabela 1 Custos do empreendedor

Etapas	Atividades	Descrição
Projetos	Levantamento topográfico planialtimétrico e sondagem do solo	Possibilita a identificação das áreas mais adequadas para inserção do projeto.
	Projeto de terraplenagem	Indica a forma mais adequada de dispor o sistema na área direcionada para tal. Fornece informações sobre a ligação entre os ramais de esgoto provenientes das edificações e o sistema de tratamento de efluente.
	Projeto hidrossanitário	Fornece informações sobre o sistema de armazenamento final do efluente tratado e sistema de redirecionamento para reutilização do mesmo. Fornece informações sobre o sistema de aeração do efluente, que precede o direcionamento deste às áreas de Jardins Filtrantes. Indica as áreas de Jardins Filtrantes correspondentes a cada etapa de tratamento.
	Projeto paisagístico específico	Fornece informações sobre o dimensionamento das áreas de jardins filtrantes. Este dimensionamento será de acordo com a produção de esgoto estimada, que por sua vez tem relação com o número de habitantes estimado. Considerando o consumo médio de água de 150 l/pessoa (NBR 5626) e que a capacidade de filtragem de esgoto domiciliar pelo sistema é de 100 l/m ² (Frassignes, 2012), observa-se a necessidade de 1,5m ² de jardim por habitante. Indica a impermeabilização adequada para implantação do sistema.
		Apresenta quais são as tubulações adequadas para cada etapa de tratamento e para a transição do fluido tratado entre as etapas. Fornece informações sobre os substratos utilizados, assim como as espécies vegetais adequadas para o tratamento em cada etapa. Indica o sistema de direcionamento final do efluente tratado.
Implantação	Construção da rede de esgoto:	Preparo da rede de esgoto responsável pelo transporte do efluente a ser tratado produzido com o uso das edificações, até um tanque reservatório, de onde é direcionado ao tanque de aeração que antecede o processo de tratamento.
	Tanque de aeração	Instalação de tanque de aeração, no qual ocorre o processo preliminar ao tratamento do efluente.
	Terraplanagem	Cortes e/ ou aterros do terreno, conforme projeto, para conformação das bacias de tratamento que configuram os jardins filtrantes.
	Rede de encaminhamento do efluente aos jardins filtrantes	Preparo das tubulações responsáveis por encaminhar o efluente aerado até a primeira etapa de filtragem.
	Impermeabilização	Isolamento do sistema em relação ao terreno natural
	Tubulações do sistema	Preparo das tubulações responsáveis pela chegada, passagem e saída do efluente em processo de tratamento pelos Jardins Filtrantes.
	Substrato	Acomodação do substrato previsto para compor cada bacia de filtragem, responsáveis pelas respectivas etapas de tratamento envolvidas.
	Vegetação	Plantio das espécies definidas para cada etapa de tratamento.

Continua

Tabela 1 Custos do empreendedor

Etapas	Atividades	Descrição
Implantação	Reservatório final e sistema de bombeamento da água tratada	Instalação de reservatório para armazenagem da água tratada com sistema de bombeamento para que seja direcionada à rede de reúso.
	Rede de abastecimento de água de reúso	Preparo de rede de abastecimento de água de reúso de modo completamente isolado da rede de abastecimento de água potável. Identificação da rede em todos os pontos de utilização e diferenciação das tubulações de forma evitar conexões cruzadas entre os sistemas de abastecimento.

Tabela 2 Custos do comprador

Etapas	Atividades	Descrição
Funcionamento e manutenção	Consumo de energia elétrica	O consumo ocorre basicamente para alimentar as etapas dos sistemas que envolvem bombeamento de efluente ou da água tratada, direcionada para reúso.
Funcionamento e manutenção	Podas, renovação do substrato e replantio de vegetação	A periodicidade de manutenção da vegetação varia de acordo com as espécies, tanto em relação a necessidade de podas quanto de replantio. No caso das ações de poda, existem espécies em que essa prática não é necessária, portando a prática irá variar de acordo com as especificações do projeto paisagístico. Já as ações de renovação do substrato e replantio de vegetação indica-se que ocorram em períodos de 10 a 20 anos, variando de acordo com a acumulação de dejetos no sistema.

A Tabela 3 detalha os tipos de custos envolvidos, tanto para o empreendedor quanto para o comprador, distinguindo-os entre custo substituído ou revertido, custo extra e custo eliminado ou reduzido. Os custos classificados como “substituído ou revertido” se referem aos investimentos que já seriam aplicados, considerando a composição paisagística e a implantação de um modelo convencional de gerenciamento de efluentes, porém, com finalidades que não estariam necessariamente envolvidas ao tratamento e reúso dos mesmos. Já os custos classificados como “extras” se referem aos investimentos que não seriam considerados convencionalmente, sendo necessários, no entanto, para a estrutura e funcionamento do sistema *wetland* construído. Já os custos “eliminados ou reduzidos” dizem respeito à anulação ou diminuição de custos característicos de sistemas convencionais de abastecimento hídrico e tratamento de efluentes provenientes dos usos do empreendimento.

Tabela 3 Tipos de custos envolvidos

Custos	Financiador	Áreas de investimento	Observações
Substituído ou revertido	Empreendedor	Rede de esgoto interna (projeto e implantação)	Custo equivalente ao de desenvolvimento de rede convencional para ligação com a rede pública.
		Levantamento topográfico planialtimétrico e sondagem do solo	Custo contabilizado nas etapas preliminares de estudo de implantação de empreendimentos.
		Paisagismo (projeto e implantação)	Custo de implantação, por m ² , é o mesmo que de um projeto convencional, meramente decorativo (Jardins..., 2011).

Continua

Tabela 3. Tipos de custos envolvidos

Custos	Financiador	Áreas de investimento	Observações
Substituído ou revertido	Comprador	Manutenção paisagística	Custo com manutenção é similar ao investido em paisagismo convencional (Jardins..., 2011).
		Área de implantação	Considerar o valor da área destinada à implantação do sistema.
Extra	Empreendedor	Tanque de aeração	Considerar o custo com implantação do sistema de aeração preliminar.
		Terraplenagem	Considerar o custo com realização da obra de terraplenagem.
		Impermeabilização	Considerar o custo de realização do procedimento.
		Tubulações do sistema	Considerar o custo com implantação da rede.
	Comprador	Reservatório	Considerar o custo com implantação do sistema.
		Rede de abastecimento de água de reúso	Considerar o custo com implantação da rede de abastecimento de água de reúso.
		Energia	Considerar o custo com o consumo de energia elétrica demandado por sistemas de bombeamento que antecedem e/ou sucedem o tratamento.
Eliminado ou reduzido	Empreendedor	Rede de esgoto	Não demanda custo com taxa de ligação à rede pública. Proporciona redução do consumo de água proveniente da concessionária, visto a possibilidade de reúso do efluente tratado em atividades que não demandem níveis de potabilidades.
	Comprador	Consumo de água	Anula custos com taxas mensais de tratamento de esgoto oferecido pela rede pública.
		Taxas de tratamento de esgoto	

CONCLUSÕES

O estudo em questão buscou apresentar desdobramentos atuais sobre os processos de desenvolvimento urbano e (re)estruturação de cidades, com ênfase para as estratégias de vertente sustentáveis, enquadradas no campo das Infraestruturas Verdes. Dentro deste contexto, o sistema de *wetland* construído surge apresentando contribuições diretamente ligadas ao tratamento de efluentes por meio de intervenções de caráter paisagístico.

Ao ser observada a potencialidade de implantação deste sistema em condomínios residenciais que consideram a manutenção de grandes áreas livres, notou-se a necessidade de um estudo que permitisse direcionar a avaliação da viabilidade de implantação deste sistema em empreendimentos enquadrados em tal tipologia.

Neste sentido, foram identificados, organizados e detalhados os elementos de interferência necessários para a realização de tal análise. Deste modo, o produto gerado pelo estudo em questão detalha os processos e análises necessários para que a avaliação de viabilidade de implantação do sistema de *wetland* construído em condomínios residenciais, podendo ser replicada para situações semelhantes.

Assim, espera-se que a sistemática de avaliação possa incrementar o uso dessa solução no meio urbano, contribuindo tanto para a ampliação das alternativas de tratamento das águas servidas como, também, para o aumento das áreas verdes no ambiente construído.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão de bolsa de mestrado vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo.

REFERÊNCIAS

- Badhe, N., Saha, S., Biswas, R., Nandy, T., 2014. Role of algal biofilm in improving the performance of free surface, up-flow constructed wetland. *Bioresour. Technol.* 169, 596–604.
- Cormier, Nathaniel S.; PELLEGRINO, Paulo Renato Mesquita. INFRA-ESTRUTURA VERDE:: uma estratégia paisagística para a água urbana. *Paisagem Ambiente: ensaios*, São Paulo, n. 25, p.125-142, 2008. Anual.
- Fraissignes, Arnaud. Projeto de Jardins Filtrantes [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <laizleal@hotmail.com> em 20 abr. 2012.
- Funcionamento dos Jardins Filtrantes. PHYTORESTORE Brasil. (catálogo on-line) São Paulo, 2012, 11p. Disponível em: <http://issuu.com/phytorestore.brasil/docs/phytorestore_brasil_funcionamento_dos_jardins_filt>. Acesso em: 03 jun. 2013.
- Herzog, Cecília. Infraestrutura verde para cidades mais sustentáveis: Seção IV- Ambiente Construído. Rio de Janeiro: Secretaria do Ambiente, 2010. Produtos e sistemas relativos a infraestrutura. Disponível em: <http://download.rj.gov.br/documentos/10112/1312245/DLFE-56336.pdf/14_SECAOIV_3_INFRA_VERDE_docfinal_rev.pdf>. Acesso em: 28 junho 2014.
- Jardins Filtrantes: Temporada de reprise (2012). Reportagem do programa: Cidades e Soluções; Entrevistado: Thierry Jacquet (presidente da empresa Phytorestore); Globo News produções, 2011. 1º bloco (17min). Disponível em: <<http://g1.globo.com/globo-news/cidades-e-solucoes/platb/2012/02/09/temporada-de-reprises-jardins-filtrantes/>> Acesso em: 08 mar. 2012. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=44xuoigQ2do>> Acesso em: 27 jun. 2013.
- Leal, Laiz Reis. **Parque Raízes de Manguihos: estratégias paisagísticas para a requalificação das águas do Córrego Maringá.** 2013. 99 f. TCC (Graduação) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Centro de Artes, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013
- Monteiro, Rodrigo C. M. Viabilidade técnica do emprego de sistemas tipo “Wetlands” para tratamento de águas cinzas visando o reúso não potável. 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- Phytorestore Brasil: jardins filtrantes. Catálogo de apresentação, 26 out.2012 [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <laizleal@hotmail.com> em 29 out. 2012.
- Portfolio: restauração ecológica e paisagística dos recursos através de plantas. Phytorestore Brasil. (catálogo on-line) São Paulo, 2012, 39 p. Disponível em: <http://issuu.com/phytorestore.brasil/docs/portif_lio_phytorestore_brasil>. Acesso em: 03 jun. 2013.
- Rai, U.N., Tripathi, R.D., Singh, N.K., Upadhyay, A.K., Dwivedi, S., Shukla, M.K., Mallick, S., Singh, S.N., Nautiyal, C.S., 2013. Constructed wetland as na ecotechnological tool for pollution treatment for conservation of Ganga river. *Bioresour. Technol.* 148, 535–541.
- Saeed, T.; Sun, G., 2012. A review on nitrogen and organics removal mechanisms in subsurface flow constructed wetlands: dependency on environmental parameters, operating conditions and supporting media. *J. Environ. Manage.* 112, 429–448.
- Sezerino, Pablo Heleno et al. Experiências brasileiras com wetlands construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, [s.l.], v. 20, n. 1, p.151-158, mar. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522015020000096615>.
- Wu, H., Zhang, J., Ngo, H. H., Guo, W., Hub, Z., Liang, S., Fan, J., Liu, H., 2015. A review on the sustainability of constructed wetlands for wastewater treatment: *Bioresour. Technol.* 175, 594–601.
- Yalcuk, A.; Ugurlu, A., 2009. Comparison of horizontal and vertical constructed wetland systems for landfill leachate treatment. *Bioresour. Technol.* 100, 2521– 2526.