

JARDINS VERTICAIS: MODELOS E TÉCNICAS

VERTICAL GARDENS: MODELS AND TECHNIQUES

Murilo Cruciol Barbosa¹

Universidade Estadual Paulista, Bauru, SP, Brasil, murilo_cruciol@yahoo.com.br.

Maria Solange Gurgel de Castro Fontes²

Universidade Estadual Paulista, Bauru, SP, Brasil, sgfontes@faac.unesp.br

Resumo

O presente artigo objetiva descrever e sistematizar as principais tecnologias existentes para sistemas de jardins verticais e discutir os benefícios da sua implantação na escala da edificação. A metodologia consiste em uma revisão bibliográfica e busca por patentes e produtos disponíveis no mercado, que ajudam a entender quais são os modelos existentes, como eles funcionam e suas vantagens e desvantagens. A revisão evidencia que os sistemas de jardins verticais surgem como estruturas possíveis de plantio em superfícies verticalizadas, contudo, o sucesso destes não apenas está relacionado com a escolha adequada da tecnologia de suporte, mas também do sistema de irrigação, da utilização de espécies adequadas ao clima e ao tempo de exposição à radiação solar. Ao discutir essas questões, o artigo objetiva, ainda, contribuir para a difusão do conhecimento dessa importante tipologia da infraestrutura verde.

Palavras-chave: Jardim Vertical. Parede verde. Infraestrutura verde. Paisagismo.

Abstract

This paper aims to describe and systematize the main existing technologies for vertical garden systems and discusses the benefits of implementing them at the building scale. The methodology consists of a literature review and the search for patents and products available in the market that help understand how the existing models operate and their advantages and disadvantages. The review shows that the vertical garden systems emerge as possible structures for planting in vertical surfaces; however, the success of these gardens is not only related to the proper choice of supporting technology, but also the irrigation system as well as the use of appropriate species to the climate and time of exposure to solar radiation. In discussing these issues, the paper aims to contribute to the dissemination of knowledge of this important typology of the green infrastructure.

Keywords: Vertical garden. Living wall. Green infrastructure. Landscaping.

How to cite this article:

CRUCIOL BARBOSA, Murilo; FONTES, Maria Solange G. de C. Jardins verticais: modelos e técnicas. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 7, n. 2, p. 114-124, jun. 2016. ISSN 1980-6809. Disponível em: <<http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8646304>>. Acesso em: 30 nov. 2016. doi:<http://dx.doi.org/10.20396/parc.v7i2.8646304>.

Introdução

A diminuição de áreas verdes urbanas gera diversos problemas ambientais, tais como: a diminuição da velocidade da ventilação natural; o aumento da capacidade térmica; a queda da evapotranspiração; o aparecimento das ilhas de calor, aumentando a temperatura em áreas intensamente urbanizadas; entre outros (NUCCI, 1999). Tais consequências têm contribuído para reforçar a importância de implementar diferentes tipologias de infraestrutura verde, entre as quais arborização urbana e os jardins horizontal e vertical, que podem “reduzir o calor sensível, o escoamento superficial, a poluição, além de contribuir para o aumento da qualidade de vida urbana” (CATUZZO, 2013).

Com o fim de contribuir para esta questão, a cidade de São Paulo tem tomado algumas medidas de ampliação da

infraestrutura verde urbana, como a conversão da compensação ambiental em jardins verticais, a partir do Decreto 55.994 de março de 2015 (SÃO PAULO, 2015). A importância deste decreto se traduz na complementaridade a outras leis ambientais, que buscam ampliar as áreas verdes e transformar os jardins verticais em novos componentes na paisagem construída, caracterizando-os como instrumentos de política ambiental urbana.

O jardim vertical constitui todas as formas de crescimento da vegetação em uma superfície delimitada verticalmente (SHARP et al., 2008; KONTOLEON; EUMORFOPOULOU, 2010; MANSO; CASTRO-GOMES, 2015). Historicamente, os primeiros exemplos citados são: 1. Os Jardins Suspensos da Babilônia (PECK et al., 1999; KONTOLEON; EUMORFOPOULOS, 2010;

MANSO; CASTRO-GOMES, 2015); 2. Os quintais dos palácios no Mediterrâneo e do Império Romano que tinham muros cobertos com videiras, caracterizando a primeira forma de fachada verde como se conhece hoje (KÖHLER, 2008).

Apenas durante o movimento pelas cidades-jardim, no século XX, é que ocorreu a integração do jardim com a construção e fez surgir incentivos para instalação de fachadas verdes (MANSO; CASTRO-GOMES, 2015). Berlim, na Alemanha, se tornou um exemplo de cidade que com estes incentivos construiu, entre 1983 e 1997, mais de 245 mil metros quadrados de fachadas verdes (KÖHLER, 2008). No entanto, a popularização dos jardins verticais veio no início do século XXI, com o botânico francês Patrick Blanc, ao instalar jardins verticais com tecnologia própria e patenteada em vários países chamando-os de “*Mur vegetal*” (BLANC, 2008; COSTA, 2011).

A partir do desenvolvimento tecnológico, os jardins verticais tomaram novas proporções e hoje estão muito além de simples trepadeiras direcionadas sobre muros. Eles se transformaram em verdadeiros tapetes de vegetação revestindo extensas áreas verticais ao redor do mundo. Apresentam dois tipos principais e inúmeros modelos com diferentes tecnologias envolvidas em sua construção e, por isso, precisam ser sistematizadas para que se entenda o que realmente pode ser considerado um jardim vertical e qual tecnologia é a mais indicada em cada caso que se pretenda instalá-lo.

Ao descrever os modelos existentes, como eles funcionam e as vantagens e desvantagens para a implantação de jardins verticais, na escala do edifício, este artigo visa contribuir com a difusão do conhecimento desta importante tipologia da infraestrutura verde, cuja tecnologia de implantação ainda é recente no Brasil.

Metodologia

A pesquisa se baseou em uma revisão da literatura e de manuais técnicos de empresas atuantes no mercado brasileiro e internacional, que possibilitaram definir o conceito de jardim vertical e identificar: 1. os principais sistemas de jardins verticais, 2. as técnicas construtivas envolvidas e 3. seu funcionamento com respectivas vantagens e desvantagens de cada tipologia.

Com o fim de organizar a terminologia existente, os dados foram descritos, comparados e sistematizados em um fluxograma de classificação com base nas técnicas construtivas e complexidade envolvida. Também foram comparadas as vantagens e desvantagens de cada tecnologia de jardim vertical e, por fim, consideradas as aplicações mais adequadas de cada tipo na escala do edifício.

Jardim Vertical- Definição e elementos.

O conceito de jardim vertical abrange todas as formas de crescimento e desenvolvimento da vegetação em superfícies delimitadas verticalmente (SHARP et al., 2008; KONTOLEON; EUMORFOPOULOU, 2010; SHIAH; KIM, 2011; MANSO; CASTRO-GOMES, 2015). De acordo com Loh (2008), refere-se à vegetação que cresce diretamente na parede da construção ou em um sistema estrutural separado, que pode ser independente e adjacente ou fixo na parede.

O fator determinante para ser considerado um jardim vertical é a necessidade de a vegetação crescer e se desenvolver pela parede ou pela estrutura, que pode ser plantada no solo ou ainda em jardineiras. Na realidade, o conceito trata essencialmente da característica construtiva e destaca o local aonde a planta irá se fixar, crescer, desenvolver e permitir a cobertura de superfícies verticais pela massa vegetativa.

Um aspecto que não é mencionado nos estudos referenciados é a dimensão mínima necessária para que seja considerado um jardim vertical. Isto leva a entender que, além das amplas fachadas cobertas com vegetação, os pequenos quadros verdes internos, muretas e pequenas trepadeiras subindo por uma parede também podem ser considerados jardins verticais. Esta dúvida aparece quando se pensa o jardim vertical contemporâneo, que utiliza sistemas mais tecnológicos. Porém, os modelos em escala reduzida mostram que a dimensão é um aspecto que influencia mais a função do que o fato de ser ou não um jardim vertical, pois esses exemplos em menor escala apresentam todos os elementos obrigatórios.

Em relação à terminologia, a denominação atribuída pelos autores é extensa e variada, tais como: jardins verticais, paredes verdes, paredes vivas, *biowall*, sistema de vegetação vertical e fachadas verdes (PECK et al., 1999; BLANC, 2008; LOH, 2008; SHARP et al., 2008; KÖHLER, 2008; KONTOLEON; EUMORFOPOULOU, 2010; PERINI et al., 2011; PÉREZ et al., 2011; MANSO; CASTRO-GOMES, 2015; SAFIKHANI et al., 2015).

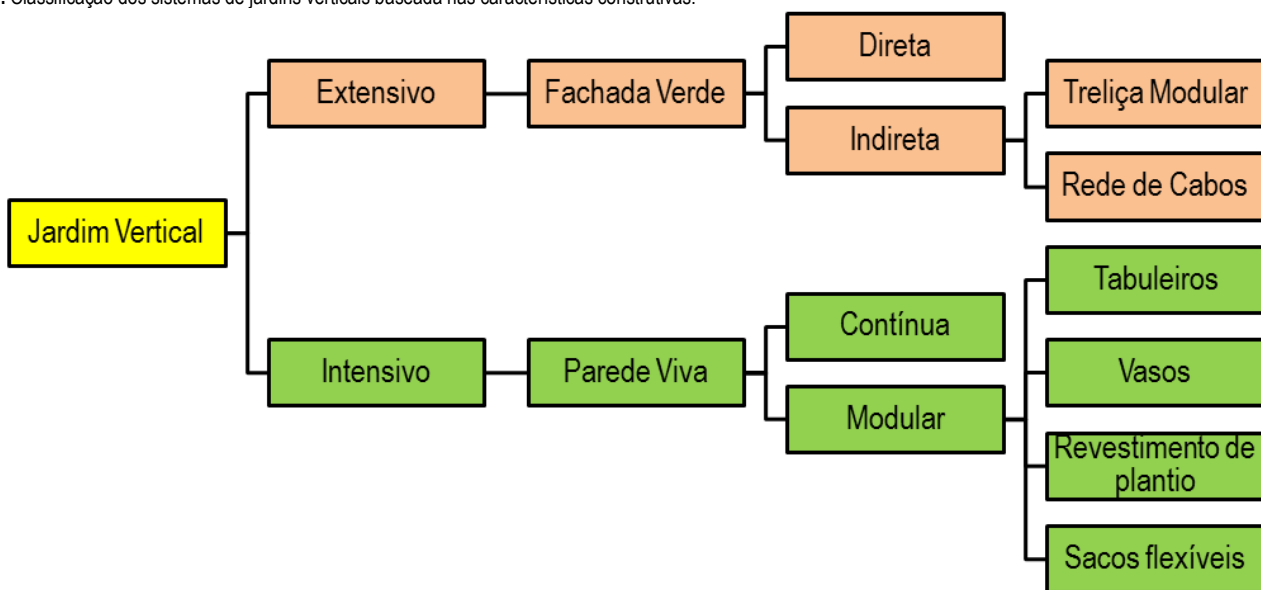
Embora existam diferentes nomenclaturas, a literatura mostra que determinados termos referem-se apenas a um ou outro modelo baseado nas características de construção. Os termos “parede verde”, “sistemas de vegetação vertical” e “jardim vertical” referem-se a todos os sistemas que permitem o crescimento e desenvolvimento de vegetação em superfícies verticais, diretamente nas paredes ou em outra estrutura que sustenta a vegetação e esteja presa ou adjacente a elas (PECK et al., 1999; SHARP et al., 2008; KONTOLEON; EUMORFOPOULOU, 2010; PÉREZ et al., 2011; MANSO; CASTRO-GOMES, 2015). Ou seja, são termos gerais que abrangem diferentes modelos.

Quanto aos estudos sobre jardins verticais, a maioria é voltado à aplicação da tecnologia para conforto térmico, como os trabalhos de Alexandri e Jones (2008), Wong et al. (2010), Pérez et al. (2011) e Perini et al. (2011a). No Brasil ainda são escassos e destacam-se os trabalhos de Scherer e Fedrizzi (2014), que cita as tipologias e potencialidades dos jardins verticais, e o de Matheus et al (2016) voltado para análise do desempenho do jardim no conforto térmico. Grande parte das pesquisas brasileiras encontradas sobre infraestrutura verde na escala do edifício abordam os telhados verdes, como os trabalhos de Rosseti et al. (2015), Köhler, Schmidt e Laar (2003) e Baldessar (2012).

Tipologias e Modelos de Jardins Verticais

O termo “jardim vertical”, como categoria mais abrangente, pode ser dividido em duas tipologias principais: fachadas verdes e paredes vivas ou *living walls* (SHARP et al., 2008; PERINI et al., 2011, SHIAH; KIM, 2011; KONTOLEON; EUMORFOPOULOU, 2010; MANSO; CASTRO-GOMES, 2015). Ainda existe a inclusão das tipologias “fachada verde” e “parede viva” em subdivisões baseadas na complexidade construtiva e de manutenção, em que a fachada verde é classificada como sistema extensivo (de fácil construção e manutenção) e a parede viva como um sistema intensivo (de construção e manutenção mais complexa) (PEREZ et al. 2011).

Figura 1. Classificação dos sistemas de jardins verticais baseada nas características construtivas.



Fonte: Adaptado de Manso e Castro-Gomes. (2015)

A Figura 1 apresenta um fluxograma para melhor entendimento de como se organizam as tipologias baseadas em suas características construtivas.

Fachada Verde

Fachada verde é o tipo de jardim vertical que usa espécies trepadeiras ou pendentes para cobrir uma determinada superfície vertical. A vegetação pode ser conduzida diretamente na parede ou em alguma estrutura de suporte (PERINI et al., 2011; KONTOLEON; EUMORFOPOULOU, 2010; PÉREZ et al., 2011; MANSO; CASTRO-GOMES, 2015). No caso das trepadeiras crescerem diretamente na parede, a fachada verde é classificada como “Direta”, porém quando crescerem direcionadas por sistemas adjacentes e independentes da parede são chamadas “Indiretas” (MANSO; CASTRO-GOMES, 2015).

As fachadas verdes indiretas (Figuras 2 e 3) podem ser divididas em dois modelos: treliças modulares e rede de cabos. As treliças modulares são módulos tridimensionais

feitos com fios de aço galvanizado soldados, formando um painel com grades nas laterais do módulo. Estes painéis são leves, rígidos e podem ser empilhados para ampliar a área de cobertura, permitir formas variadas e formar paredes independentes. As redes de cabo são mais flexíveis e constituídas por cabos de aço ligados e fixados na parede por abraçadeiras cruzadas (SHARP et al., 2008; KONTOLEON; EUMORFOPOULOU, 2010).

A vegetação pode ser plantada na base das estruturas ou da parede, diretamente no chão ou em jardineiras intermediárias fixadas ao longo da estrutura de suporte. Em sistemas combinados com jardineiras são necessários mecanismos de irrigação e fertilização adequados, com o objetivo de levar água e nutrientes para as plantas que estiverem alguns níveis acima do solo. Outro fator importante é a dimensão destas jardineiras, pois o tamanho delas é que vai determinar o espaço para desenvolvimento das raízes. Jaafar, Said e Rasidi. (2011) consideram o mínimo de 30 centímetros de profundidade, mas

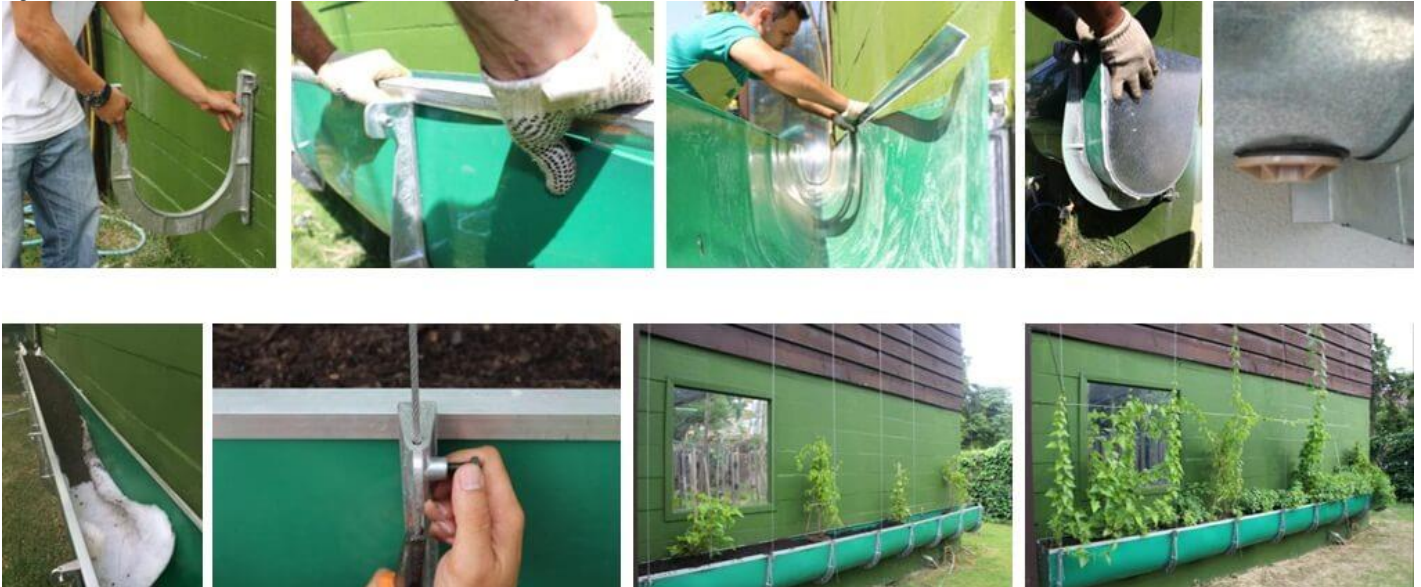
dependendo da espécie é mais adequado ter 60 centímetros de profundidade e 50 centímetros de largura.

No Brasil, esta tecnologia pode ser encontrada no mercado com o nome de “brise vegetal”, construído pela empresa ECOTELHADO. O sistema modular é formado por fileiras de jardineiras metálicas dispostas ao longo da extensão da parede e em intervalos de altura regulares. **Figura 2.** Fachada Verde Indireta em Trelça Modular.



Fonte: Site GSR Architectural (2013)

Figura 4. Modelo de fachada verde indireta chamada de Brise Vegetal.



Fonte: Site Ecotelhado (201-)

Destas jardineiras saem cabos de aço inoxidável, presos em fixadores feitos do mesmo material, onde as trepadeiras serão conduzidas (Figura 4). O nome “brise vegetal” deriva do diferencial que esta tecnologia tem que é o de permitir a construção do jardim vertical em frente às aberturas de vidro de um edifício, funcionando como um elemento de proteção solar.

Figura 3. Fachada Verde Indireta em Rede de Cabos



Fonte: Site InkMason (2015).

Parede viva (*Living Wall*)

Parede Viva ou *Living Wall* refere-se às tecnologias que consistem em painéis ou módulos de diferentes materiais, que podem ser pré-plantados ou não e são presos em estruturas verticais de suporte, que sustentam todo o sistema, ou diretamente à parede (SHARP et al., 2008; KONTOLEON; EUMORFOPOULOU, 2010; SHIAH; KIM., 2011; PÉREZ et al., 2011; MANSO; CASTRO-GOMES, 2015).

Este tipo de jardim vertical possui alta tecnologia nos processos de produção e instalação, e permite a integração da natureza em edifícios altos. A estrutura básica se resume a um suporte, geralmente metálico, fixado à parede; uma membrana impermeável e os painéis ou módulos onde a vegetação será plantada. Esta estrutura básica pode variar e apresentar todos os elementos ou apenas alguns deles.

As paredes vivas (Figuras 5, 6, 7 e 8) podem ser classificadas em dois modelos: as contínuas ou *Mur vegetal* e as modulares (SHARP et al., 2008; MANSO; CASTRO-GOMES, 2015).

As paredes vivas contínuas referem-se à tecnologia desenvolvida por Patrick Blanc, composta por três partes: a estrutura metálica de suporte, placa de PVC e duas camadas de feltro ou tecido geotêxtil (BLANC, 2008). A vegetação é plantada no feltro, através de cortes na primeira camada e são moldados bolsos onde a planta é encaixada. No espaço formado entre as camadas de feltro as plantas enraízam no substrato e no tecido e podem se espalhar por toda a extensão, já que não encontram barreiras físicas, por isso o termo parede viva contínua.

As camadas de feltro são presas em uma placa impermeável de PVC, que confere rigidez e suporte ao conjunto, além de evitar danos à parede causados pela umidade da irrigação. Por fim, o sistema é preso em suportes metálicos verticais, que podem ser fixos à parede ou serem independentes, cobrindo a área desejada e formando um tapete uniforme de vegetação (Figura 5). Blanc (2008) ressalta a alta capilaridade do feltro, o que garante melhor distribuição de água para a parede viva. Além disso, a estrutura metálica, presa à parede, permite um afastamento entre o sistema e a construção, forma um bolsão de ar e transforma o conjunto em um eficiente sistema de isolamento térmico e acústico, além de manter a integridade do prédio.

Dentro desta categoria de paredes vivas, também existe outra tecnologia que substitui o feltro por uma espuma própria para cultivo de plantas. Nela, o jardim vertical é um grande bloco ou blocos menores (como painéis) de espuma, onde a vegetação é plantada e ali enraíza e se desenvolve. Grades metálicas, presas a uma membrana impermeável, seguram e mantém íntegro todo o conjunto

(ANDERSON, 2011, p. 24). As raízes percorrem todo o espaço da espuma, sendo também considerada parede viva contínua.

Figura 5. Parede Viva Contínua em Feltro. Detalhe para as bolsas moldadas na primeira camada do feltro.



Fonte: Movimento90° (2016)

Figura 6. Parede Viva Modular - Tabuleiro.



Fonte: Rangel (2014)

As paredes vivas modulares podem seguir a estrutura básica de construção, porém, existem diferenças referentes ao *design* e material dos módulos e mudam assim, a técnica construtiva. Os módulos são peças com dimensões específicas, feitos de materiais diversos e que podem ser justapostos formando painéis, que podem ser fixados em uma estrutura de suporte (SHARP et al., 2008; MANSO; CASTRO-GOMES, 2015) ou diretamente na parede, como os blocos cerâmicos e de concreto. Manso e Castro-

Gomes (2015) classificam estes módulos em: tabuleiros, vasos, revestimentos de plantio e sacos flexíveis. Para cada categoria existe uma ampla gama de produtos disponíveis no mercado.

Figura 7. Sistema de irrigação por gotejamento em Parede Viva de Vasos.



Fonte: Site Agrotexas Jardins Verticais (2016)

Figura 8. Parede Verde Modular do modelo Revestimento de Plantio.



Fonte: Os autores; Site Green Wall Ceramic (2016)

As paredes vivas de tabuleiros referem-se a recipientes rígidos e com profundidade, presos uns aos outros e que seguram o substrato e as plantas. Estes recipientes são geralmente metálicos ou de plástico (Figura 6). Já as paredes vivas de vasos são constituídas por uma estrutura telada de aço galvanizado, presa à parede e os vasos são presos por ganchos ou presilhas nas telas. Os vasos, de dimensões variadas, são geralmente de plástico, mas podem ser de outros materiais como fibra de coco (Figura 7).

Os revestimentos de plantio são módulos que não apenas recebem as plantas, mas também cumprem função de revestimento interno ou externo, ou seja, são assentados diretamente na parede com argamassa. No mercado brasileiro, destacam-se os módulos feitos em concreto fundido e cerâmica (Figura 8). Já a tecnologia dos sacos

flexíveis é a menos utilizada e são feitos de feltro ou tecido, geralmente vendidos para jardinagem amadora.

Demais elementos

Os jardins verticais, assim como qualquer outro sistema, são constituídos por outros elementos que se interrelacionam para seu perfeito funcionamento. A estrutura de suporte por si só não determina o sucesso completo do conjunto e é preciso atenção para cada um dos demais componentes.

Por exemplo, a escolha das plantas deve considerar as exigências quanto ao clima, necessidade hídrica, exigência nutricional, características de crescimento e hábito e a exposição à radiação solar. Quanto ao clima e incidência luminosa, as espécies devem estar adaptadas às condições locais e a escolha deve considerar a sua necessidade de pleno sol, meia-sombra ou sombra plena.

Quanto à necessidade hídrica, é indispensável um sistema de irrigação. As plantas estarão em um ambiente artificial-exceto quando plantadas no solo- e quanto mais alto, mais o jardim sofre com ação de ventos fortes e exposição ao sol, o que deixa o substrato mais seco. Um sistema automático que controla o tempo de irrigação e a quantidade de água evita desperdícios e mantém o jardim sempre úmido.

Neste sentido, o sistema de gotejo é o mais utilizado (Figura 7). Nele, a água é distribuída por tubos de polietileno, dos quais saem os emissores que aplicam água diretamente na zona radicular das plantas. Os microsprays emitem água em forma de névoa e são indicados para jardins externos, onde não há preocupação com umidade na alvenaria adjacente (NETO, 2015). Nas paredes vivas modulares, a irrigação apresenta um emissor em cada módulo com vegetação. Já nas paredes vivas contínuas são menos tubos, pois a capilaridade do feltro é considerada na distribuição da água.

A irrigação pode estar presente em todos os tipos de jardins verticais. Ao projetá-la, deve-se considerar o fator gravidade (CHENG; CHEUNG; CHU, 2010) e a diferença de necessidade hídrica entre as espécies escolhidas (NETO, 2015). Se o painel for irrigado uniformemente, com a mesma quantidade de água e tempo, ocorre que, ao desligar o sistema, por gravidade a água escorrerá e assim os níveis mais baixos do jardim ficam extremamente molhados, enquanto os mais altos secam rapidamente. O excesso de água impede a respiração radicular e absorção de nutrientes, aumenta a formação de compostos tóxicos na planta e a deixa suscetível a patógenos (IRWIN, 2015), sendo uma das principais causas de morte de plantas em jardim vertical.

As espécies utilizadas nestes jardins podem atingir diferentes portes. Desde uma vegetação rasteira até

arbustos ou trepadeiras, e estas características de crescimento e hábito devem ser consideradas no projeto para a perfeita associação entre sistema estrutural e vegetação.

Além da escolha correta da vegetação, da estrutura e do sistema de irrigação, há a exigência nutricional das plantas. Em fachadas verdes com trepadeiras plantadas no chão e paredes vivas de vasos- de pequena escala- é possível fazer uma adubação de reposição com adubos granulados. Já paredes vivas contínuas e modulares amplas, esta reposição torna-se impossível de ser feita. Para solucionar este problema, pode-se usar a técnica de fertirrigação ou a hidroponia, nas quais uma solução nutritiva é misturada na água da irrigação e distribuída por meio do sistema de gotejamento (BISCARO; OLIVEIRA, 2014).

As plantas fixam suas raízes em um substrato que pode ser diverso como solo preparado, húmus, palha de arroz, lã de rocha, feltro, argila expandida, entre outros (DUNNET; KINGSBURY, 2004 apud PERINI et al., 2011), e é dele que elas absorvem água e nutrientes para se desenvolverem.

Ao considerar todos estes elementos do sistema, o jardim vertical terá um bom funcionamento e a manutenção será a mínima possível. Quanto mais complexo, maiores serão os cuidados e os custos ao longo do tempo. Fachadas verdes terão manutenção mais focada em podas e adubação. Já as paredes vivas precisam de constante atenção com o funcionamento da irrigação e desenvolvimento das plantas. Por exemplo, a parede viva modular limita o espaço para o crescimento e isto tem influência direta na manutenção podendo haver trocas constantes de mudas.

Vantagens e Desvantagens dos Diferentes Tipos.

A partir da popularização no início dos anos 90, inúmeros sistemas de jardim vertical foram desenvolvidos e vendidos no mercado com foco no valor estético. Por isso, diante de tantos modelos, deve-se considerar as vantagens e desvantagens de cada um no momento do projeto.

Alguns modelos são mais indicados para áreas internas, outros para externas; alguns são mais simples de construir, enquanto outros demandam mão de obra muito qualificada e altos custos de instalação e manutenção.

Os Quadros 1 e 2 trazem a comparação entre os diferentes modelos de jardins verticais e as principais vantagens e desvantagens de cada sistema.

Verifica-se que os modelos de tipologia de fachada verde são os mais baratos (PERINI et al., 2011) e de fácil instalação e manutenção (OTTELÉ, 2011) em comparação

com os modelos de paredes vivas. As fachadas verdes são mais indicadas para áreas externas, pois as espécies são de sol pleno ou meia sombra (KÖHLER, 2008) e em ambientes internos podem até morrer. Por isso, são empregadas intensivamente em prédios comerciais e formam uma segunda pele viva no edifício.

Sobre este sistema há certa discordância entre os autores sobre o fato dos possíveis danos causados pelas trepadeiras na construção. Ottelé (2011), a partir de uma revisão sobre as fachadas verdes diretas, aponta o possível dano estrutural e aparecimento de umidade como uma desvantagem desta tipologia. Além dele, Sharp et al. (2008, p.6) também destacam que a agressividade no crescimento de certas espécies pode danificar as paredes.

Em contraponto, Johnston e Newton (2004) dizem que as trepadeiras não causam danos às paredes, exceto quando eles já existem e a presença da vegetação acelera a deterioração. Peck et al. (1999) reforçam que é um equívoco dizer que fachadas verdes diretas causam estes danos, quando a estrutura está em boas condições. Ambos os trabalhos sugerem a fachada verde indireta como alternativa a este problema, já que a vegetação cresce afastada da construção.

No Brasil, Valesan, Fedrizzi e Sattler (2010) avaliaram as vantagens e desvantagens de fachadas verdes diretas por meio de questionários com moradores de Porto Alegre-RS. Os autores se basearam na bibliografia que sustenta o não dano à construção, mas destacam a falta de informação sobre a técnica e sugerem mais investigações para entender a relação entre o jardim e os danos relatados.

Outra desvantagem da fachada verde é que as trepadeiras possuem um limite de altura em torno de 20 metros (KÖHLER, 2008) e mesmo que sejam plantadas em módulos de treliças com jardineiras ao longo das fachadas, as espécies demoram a fechar toda a área de cobertura, exigindo um período para o jardim crescer e ficar “pronto”. Após seu crescimento, a manutenção baseia-se praticamente em podas e adubações e constante checagem da integridade dos elementos de suporte em fachadas indiretas (SHARP et al., 2008).

Já as paredes vivas se adequam a qualquer fachada, da interna à externa, pois sua constituição permite o uso de ampla variedade de espécies vegetais e composições. Elas permitem cobertura rápida e uniforme, têm resultado imediato ao término de instalação e não possuem limites de altura, pois as plantas estão dentro de módulos que podem ser empilhados na dimensão desejada (MANSO; CASTRO-GOMES, 2015); praticamente não apresenta nenhum problema com danos à construção, já que o sistema é instalado afastado da parede e também apresenta elemento impermeabilizante em sua estrutura (BLANC, 2008; MANSO; CASTRO-GOMES, 2015).

Quadro 1. Comparativo entre modelos de Fachada Verde considerando suas técnicas construtivas.

Fachada Verde	Vantagens	Desvantagens
Direta	<ul style="list-style-type: none"> - Baixo custo de instalação - Baixa demanda tecnológica - Fácil instalação - Escolha apropriada para reformas. - Indicada para área externa 	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas com umidade - Danos na integridade da fachada causados pelas raízes - Custo com podas contínuas para controle da massa vegetativa - Demora de cobertura e limite de altura
Indireta (Trelça Modular e Rede de Cabos)	<ul style="list-style-type: none"> - Não há contato direto para apoio da vegetação na construção - Menos problemas com umidade - Apropriado para reformas - Permite desenvolvimento de paredes independentes - Indicada para área externa 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto custo de instalação com as estruturas de suporte, jardineiras, meio de cultivo e irrigação. - Custo com manutenção para controle da massa vegetativa - Maior complexidade de instalação - Demora na cobertura.

Fonte: KÖHLER (2008); SHARP et al. (2008); OTTELÉ (2011); PERINI et al. (2011);

Quadro 2. Paredes Verdes e suas vantagens e desvantagens baseado em suas técnicas construtivas.

	Paredes Verdes
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> - Se adequa a qualquer fachada - Maior área de cobertura, pois não tem limite de altura para instalação. - Cobertura mais uniforme, o resultado é imediato após instalação. - Permite escolha de maior variedade de espécies - Maior densidade de plantio - Aplicação em ambientes internos e externos - Permite integração com outros sistemas de construção verde como sistemas de tratamento de águas cinza e biofiltros de ar. - Parede Verde Contínua utiliza materiais leves para sua construção. - Como utilizam membranas impermeáveis, os problemas com umidade na fachada são reduzidos.
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> - Alto custo para compra e instalação - Necessidade de mão de obra especializada para instalação - Manutenção constante e trabalhosa - Maior peso - Alto custo de produção - Parede Viva Modular possui limitação de espaço para crescimento vegetal.

Fonte: HUM; LAI, 2007; SHARP et al., 2008, MASI; RIZZO; BRESCIANI. (2015), PÉREZ et al. (2011), MANSO; CASTRO-GOMES (2015)

Este sistema permite integração com outros de construção verde como a *biowall* ou biofiltro de ar (HUM; LAI, 2007). As plantas absorvem partículas poluidoras que estão presentes em alta concentração no ar como óxidos de enxofre e nitrogênio, dióxido de carbono e compostos orgânicos voláteis (VOC) (SHARP et al., 2008). O nível de VOCs no ar de ambientes internos recém-construídos é cerca de cinco vezes maior em relação ao ar externo e o uso de jardins verticais internos pode diminuir estes níveis, melhorando a qualidade do ar (YOON et al., 2011).

Outra vantagem das paredes vivas é que podem ser irrigadas com água reutilizada, por exemplo, de sistemas de tratamento de água cinza ou com água guardada das chuvas. Inclusive sendo parte constituinte dos sistemas de tratamento de águas cinza (MASI; RIZZO; BRESCIANI, 2015)

Os diversos modelos de paredes vivas variam na questão de peso final e estruturas contínuas são mais leves que as de revestimento de plantio. Em geral, são jardins mais caros (PERINI et al., 2011), que demandam mão de obra qualificada para instalação e manutenção, sistemas modernos de irrigação (MANSO; CASTRO-GOMES, 2015) e custos altos de manutenção (PECK et al., 1999),

que inclui constantes trocas de plantas, atenção à irrigação e à integridade da estrutura, gastos com mão de obra especializada e adubação.

Conclusão

Ao ressaltar as principais particularidades de cada tipologia dos jardins verticais, este artigo traz a contribuição de clarear e sistematizar as questões técnicas e conceituais sobre o tema e seu uso nos edifícios, além de destacar as vantagens e desvantagens de cada tipologia, em relação ao custo de implantação, as questões técnicas de construção, funcionamento, manutenção, entre outras.

O entendimento dessas questões é importante, pois na maior parte dos casos influencia diretamente a escolha da tipologia e gera mais segurança por parte dos profissionais no ato de projetar. Contudo, muitas dúvidas e contradições sobre a eficiência de cada sistema, ainda persistem como, por exemplo, a relação entre umidade e danos estruturais pela ação de trepadeiras, nas fachadas verdes, uma vez que não existe um consenso.

Assim, ainda há um longo caminho para um total entendimento dos jardins verticais, e destacam-se aqui

importantes aspectos para futuros estudos: 1. A comparação da eficiência entre os diferentes sistemas de irrigação e qual seria o mais adequado para cada modelo de jardim vertical; 2. A eficiência das estruturas de suporte

para pleno desenvolvimento do jardim e a relação custo e benefício das mesmas; 3. Sua aplicação como elemento constituinte de outros sistemas, por exemplo, no tratamento de águas cinza.

Referências

- AGROTEXAS JARDINS VERTICAIS. *Paredes Verdes*. 2016. Disponível em: http://agrotexasjardinsverticais.com/?page_id=8. Acesso em 08 abr. 2016.
- ALEXANDRI, E.; JONES, P. Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and greenroofs in diverse climates. **Building and Environment**, Grécia, v. 43, p.480-493, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.10.055>
- ANDERSON, McRae. **Embrace the Vertical: Design and Planning for Greenwalls in Buildings**. Saint Paul, Minnesota. 2011. p.24. Disponível em https://issuu.com/mccaren/docs/embrace_the_vertical?mode=embed&layout=http%3A%2F%2Fskin.issuu.com%2Fv%2Fflight%2Flayout.xml&showFlipBtn=true. Acesso em: 07 jun. 2016.
- ARCHITECTURAL, GSR. **The living screen: Trellis systems**.2013 Disponível em: <http://gsrarch.com/the-living-screen-trellis-system/>. Acesso em: 21 jul.2016
- BALDESSAR, S.M.N. Telhado verde e sua contribuição na redução na vazão da água pluvial escoada. 2012. 124f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2012. Disponível em: <http://www.prrpg.ufpr.br/ppgecc/wp-content/uploads/2016/files/dissertacoes/d0168.pdf>
- BISCARO, Guilherme Augusto; OLIVEIRA, Alessandra Conceição de. Fertirrigação. In: BISCARO, G.A.(Org.). **Sistemas de Irrigação Localizada**. Dourados: Ed. UFGD, 2014. Cap.4.
- BLANC, P. **The Vertical Garden: A scientific and artistic approach**. 2008. Disponível em: <http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/documents>. Acesso em: 31 jul. 2015.
- CATUZZO, H. **Telhado Verde: impacto positivo na temperatura e umidade do ar**. O Caso da Cidade de São Paulo. 2013. 207 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2013. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-18122013-123812/en.php>
- CHENG, C.Y.; CHEUNG, K.K.S.; CHU, L.M. Thermal performance of a vegetated cladding system on facade walls. **Building and Environment**, Hong Kong, v.45, n. 8, p.1779-1787, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.02.005>
- COSTA, Carlos Smaniotto. Jardins Verticais – uma oportunidade para as nossas cidades? **Arquitextos**, São Paulo, ano 12, n. 133.06, Vitruvius, jul. 2011. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/12.133/3941>. Acesso em 31 jul. 2015.
- ECOTELHADO. **Fachadas de prédios ganham vida**. [201-]. Disponível em: <https://ecotelhado.com/portfolio/ecoparede/brise-vegetal/>. Acesso em 08 abr. 2016.
- GREEN WALL CERAMIC. **Stand Expo Revestir 2016**. 2016. Disponível em: <http://www.greenwallceramic.com.br/album/66>. Acesso em 08 abr. 2016.
- HUM, R.; LAI, P. **Assessment of Biowalls: An overview of Plant- and Microbial- based Indoor Air Purification System**. Physical Plant Services. Queen’s University. Canadá, 2007. Disponível em: <http://www.queensu.ca/sustainability/sites/webpublish.queensu.ca.suswww/files/files/biowalls.pdf>.
- INKMASON. **Vegetation in building- Green wall**. 2015. Disponível em: <http://www.inkmason.com/media.php?id=52> . Acesso em: 21 jul 2016.
- IRWIN,G. **Living Wall Breakdown – Material & Flora Relationship**. Greenroofs.com. Disponível em <<http://www.greenroofs.com/content/articles/145-Living-Wall-Breakdown-Material-and-Flora-Relationship.htm#.V5UIaOsrLIV>>. Acesso em: 21 jul. 2016.

JAAFAR, B.; SAID, I.; RASIDI, M.H. Evaluating the impact of vertical greenery system on cooling effect on high rise buildings and surroundings: a review. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE ENVIRONMENT AND ARCHITECTURE, 12., Malang, 2011. **Proceedings ...** Malang: SENVAR, 2011, p. 1-9.

JOHNSTON, J.; NEWTON, J. **Building Green: A guide to using plants on roofs, walls and pavements**. Greater London Authority. Londres, 2004.

KÖHLER, M. Green facades- a view back and some visions. **Urban Ecosystems**, Neubrandenburg, v.11, p. 423-436, 2008. <http://dx.doi.org/10.1007/s11252-008-0063-x>

KÖHLER, Manfred; SCHMIDT, Marco; LAAR, Michael. Green roofs as a contribution to reduce urban heat islands. In: WORLD CLIMATE AND ENERGY EVENT, 3., Rio de Janeiro, 2003. **Proceedings ...** Rio de Janeiro: Latin American Renewable Energy, 2003, p. 493-498.. Disponível em: http://www.rio12.com/rio3/proceedings/RIO3_493_M_Koehler.pdf

KONTOLEON, K.J.; EUMORFOPOULOU, E.A. The effect of the orientation and proportion of a plant-covered wall layer on the thermal performance of a building zone. **Building and Environment**, Grécia, v. 45, n.5, p. 1287-1303, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.11.013>

LOH, S. Living Walls – A Way to Green the Built Environment. **Environment Design Guide**, TEC 26. 2008. Disponível em: <http://www.environmentdesignguide.com.au/pages/content/tec--technology/tec-26-living-walls--a-way-to-green-the-built-environment.php>

MANSO, M.; CASTRO-GOMES, J. Green wall systems: A review of their characteristics. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Covilhã, v. 41, p. 863-871, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.203>

MASI, F.; RIZZO, A.; BRESCIANI, R. Green architecture and water reuse: examples from different countries. **Sustainable Sanitation Practice**, n.23, 2015.

MATHEUS, Carla et al . Desempenho térmico de envoltórias vegetadas em edificações no sudeste brasileiro. **Ambient. constr.**, Porto Alegre , v. 16, n. 1, p. 71-81, Jan. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212016000100061..>

MOVIMENTO90°. 2016. Disponível em: <<https://www.facebook.com/movimento90/photos/pb.432661160154416.-2207520000.1464536716./991639960923197/?type=3&theater>>. Acesso em: 08 abr. 2016.

NETO, J. G. **Irrigação para Paredes Verdes**. Rain Bird. Disponível em: <http://rainbirdrj.com.br/irrigacao-para-paredes-verdes/#.V5UIVusrLIV>. Acesso em: 21 jul. 2016.

NUCCI, J.C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP)**. 2ª ed. Curitiba: O Autor, 2008. 150p. Disponível em: <http://www.labs.ufpr.br/site/arquivos/qldade_amb_aden_urbano.pdf> Acesso em 12 dez. 2016.

OTTELÉ, M. **The Green Building Envelope: Vertical Greening**. 2011. 270 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Geociências) - Universidade de Delft, Delft. 2011.

PECK, S. W.; CALLAGHAN, C.; KUHN, M.E.; BASS, B. **Greenbacks from green roofs: forging a new industry in Canada**. Peck and associates, Canadian Mortgage and Housing Corporation Research Report, 1999. Disponível em: <https://www03.cmhc-schl.gc.ca/catalog/productDetail.cfm?cat=40&itm=11&lang=en&sid=ZYuIEH1IoSulpIX9bgEqcj6CncmsY2pQ2MIPTThOT3ESnN8Zk8lfWhw1WbpugdPX&fr=1480623042742>

PÉREZ, G.; RINCÓN, L.; VILA, A.; GOZÁLEZ, J.M.; CABEZA, L.F. Green vertical systems for buildings as passive systems for energy savings. **Applied Energy**, Barcelona, v. 88, n. 12, p. 4854-4859, 2011.

PERINI, K.; OTTELÉ, M.; FRAAII, A.L.A.; HAAS, E.M.; RAITERI, R. Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the building envelope. **Building and Environment**, Genoa, v. 46, n. 11, p. 2287-2294, 2011a. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.05.009>

PERINI, K.; OTTELÉ, M.; HAAS, E.M.; RAITERI, R. Greening the building envelope, façade greening and living wall systems. **Journal of Ecology**, Genoa, v.1, n. 1, p.1-8, 2011. <http://dx.doi.org/10.4236/oje.2011.11001>

RANGEL, J. Kit WallGreen Eco. 2014. Disponível em: <<http://sustentarqui.com.br/produtos/kit-wallgreen-eco/>>. Acesso em 08 abr. 2016.

ROSSETI, K. A.C.; DURANTE, L.C.; NOGUEIRA, M.C.J.A.; CALLEJAS, I.J.A.; KUHNEN, I.A.; NOGUEIRA, J.S. Efeitos da incorporação de vegetação em telhados de zona urbana em clima tropical continental. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 6, n. 2, p. 121-128, jun. 2015. ISSN 1980-6809. <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v6i2.8635011>.

SAFIKHANI, T.; ABDULLAH, A.M.; OSSEN, D.R.; BAHARVAND, M. A review of energy characteristic of vertical greenery systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Johor, v.40, p. 450-462, 2014. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114006182>

SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº 55.994**, de 10 de março de 2015. Introduz alterações no artigo 4º do Decreto nº 53.889, de 08 de maio de 2013, que regulamenta o termo de compromisso ambiental- TCA. Diário Oficial, São Paulo, SP, 11 de mar. de 2015.

SCHERER, M.J.; FEDRIZZI, B.M. Jardins verticais: potencialidades para o ambiente urbano. **Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção**. Rio Grande do Sul, v.2 ,n.2, jan/jun. 2014.

SHARP, R.; SABLE, J.; BERTRAM, F.; MOHAN, E.; PECK, S. *Introduction to Green Walls: technology, benefits & design*. In: Green Roofs for Healty Cities, 2008. Disponível em: <http://www.greenroofs.net/components/com_lms/flash/Green%20Walls%20Intro%20908b.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2016.

SHIAH, K.; KIM, J. *An Investigation into the Application of Vertical Garden at the New SUB Atrium*. University of British Columbia, novembro 2011.

VALESAN, M.; FEDRIZZI, B.; SATTTLER, M.A. Vantagens e desvantagens da utilização de peles-verdes em edificações residenciais em Porto Alegre segundo seus moradores. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v.10, n.3, p.55-67. 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212010000300004>

WONG, N.H.; TAN, A.Y.K.; CHEN, Y.; SEKAR, K.; TAN, P.Y.; CHAN, D.; CHIANG, K.; WONG, N.C.. Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls. **Building and Environment**, Singapura, v. 45, n. 3, p. 663-672, 2010.

YOON, Andrew; GHORBANI, Maryam; SHARIATI, Saba; ELGIE, Thomas; ENNISON JR., Tony. **An investigation into implementing biowall in the new sub project**. 2011. 23 f.. Report (Undergraduate Research) - University of British Columbia, 2011. Disponível em: <https://open.library.ubc.ca/cIRcle/collections/undergraduateresearch/18861/items/1.0108438>

¹ Murilo Cruciol Barbosa

Biólogo. Licenciado. Endereço postal: Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, nº 14-01, Vargem Limpa, Bauru, SP, Brasil, CEP 17033-360.

² Maria Solange Gurgel de Castro Fontes

Arquiteta e Urbanista. Doutora em Ciências da Engenharia Ambiental. Profa. Dra. da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação. Endereço postal: Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, nº 14-01, Vargem Limpa, Bauru, SP, Brasil, CEP 17033-360.