

Fachadas Vegetadas em áreas urbanas: Estudo de caso em Belo Horizonte

Vegetated façades in urban areas: Case study in Belo Horizonte

Fachadas vegetadas en áreas urbanas: estudio de caso en Belo Horizonte

Juliana de Castro Rezende

Arquiteta especialista.
julianarezende.julianarezende@gmail.com

Bruno Massara Rocha

Professor Doutor, UFES, Brasil.
bmassara@gmail.com

Karla Cristina de Freitas Jorge Abrahão

Arquiteta, Professora Doutora, UFMG, Brasil.
kjabrahao@hotmail.com

RESUMO

As mudanças climáticas associadas ao intenso processo de urbanização e à crescente mudança do uso do solo vem desafiando as sociedades a buscar meios de minimizar as suas consequências e eventos, dentre eles: enchentes, ondas de calor, incêndios florestais, vendavais, aumento do nível dos mares, desertificação. Os jardins verticais adaptados as edificações podem ser uma estratégia para minimizar as ilhas de calor em ambientes urbanos, além de qualificar a paisagem. O objetivo deste estudo é identificar e apontar espécies vegetais adequadas à implementação de Jardins Verticais em ambientes urbanos. Por meio de uma metodologia projetual multifatorial, foram analisadas duas fachadas na área central de Belo Horizonte com diferentes orientações e dois tipos de sistemas de jardim vertical. Os resultados apresentaram que o sistema de cortina verde se mostrou mais sustentável e econômico, em relação ao sistema de jardim hidropônico, em termos de rega e quantidade de mudas, além de possibilitar o uso de espécies do bioma local. Os resultados do estudo contribuem para orientar a implementação e a difusão de jardins verticais em edificações. Sugere-se para trabalhos futuros, estudos experimentais que analisem o uso de espécies do bioma local e a relação com a manutenção, e com o consumo de água para irrigação.

PALAVRAS-CHAVE: Jardins verticais. Fachadas vegetadas. Mudanças Climáticas.

ABSTRACT

Climate changes associated with the intense urbanization process and the growing change in land use have challenged societies to seek ways to minimize its consequences and events, among them: floods, heat waves, forest fires, gales, increase in the level of seas, desertification. Vertical gardens adapted to buildings can be a strategy to minimize heat islands in urban environments, in addition to qualifying the landscape. The objective of this study is to identify and point out plant species suitable for the implementation of Vertical Gardens in urban environments. Using a multifactorial design methodology, two facades in the central area of Belo Horizonte with different orientations and two types of vertical garden systems were analyzed. The results showed that the green curtain system proved to be more sustainable and economical, in relation to the hydroponic garden system, in terms of watering and quantity of seedlings, in addition to enabling the use of species from the local biome. The results of the study contribute to guide the implementation and diffusion of vertical gardens in buildings. It is suggested for future work, experimental studies that analyze the use of species in the local biome and the relationship with maintenance, and with the consumption of water for irrigation.

KEYWORDS: Vertical gardens. Vegetated facades. Climate Changes.

RESUMEN

Los cambios climáticos asociados al intenso proceso de urbanización y el creciente cambio en el uso del suelo han desafiado a las sociedades a buscar formas de minimizar sus consecuencias y eventos, entre ellos: inundaciones, olas de calor, incendios forestales, vendavales, aumento del nivel de los mares, desertificación. Los jardines verticales adaptados a los edificios pueden ser una estrategia para minimizar las islas de calor en entornos urbanos, además de calificar el paisaje. El objetivo de este estudio es identificar y señalar especies vegetales aptas para la implementación de Jardines Verticales en entornos urbanos. Utilizando una metodología de diseño multifactorial, se analizaron dos fachadas en el área central de Belo Horizonte con diferentes orientaciones y dos tipos de sistemas de jardines verticales. Los resultados mostraron que el sistema de cortina verde resultó ser más sostenible y económico, en relación al sistema de huerto hidropónico, en términos de riego y cantidad de plántulas, además de permitir el aprovechamiento de especies del bioma local. Los resultados del estudio contribuyen a orientar la implementación y difusión de los jardines verticales en los edificios. Se sugiere para trabajos futuros, estudios experimentales que analicen el uso de especies en el bioma local y la relación con el mantenimiento, y con el consumo de agua para riego.

PALABRAS-CLAVE: Jardines verticales. Fachadas vegetadas. Cambios climáticos.

1 INTRODUÇÃO

Este artigo é fruto do desenvolvimento da monografia do Curso de Especialização em Sustentabilidade do Ambiente Construído da Escola de Arquitetura UFMG.

As mudanças climáticas associadas ao intenso processo de urbanização e à crescente mudança do uso do solo vem desafiando as sociedades a buscar meios de minimizar as suas consequências e eventos, dentre eles: enchentes, ondas de calor, incêndios florestais, vendavais, aumento do nível dos mares, desertificação (ROAF; CRICHTON; NICOL, 2009).

O crescimento desordenado das áreas urbanas é caracterizado pelo adensamento de edificações e pelo excesso de superfícies impermeabilizadas, que se comportam como trocadores térmicos de calor, com elevada capacidade de absorção da radiação solar e transmitância térmica. Os ambientes urbanos adensados vem afetando os microclimas locais e resultando no surgimento de ilhas de calor, que comprometem o conforto térmico no interior das edificações, podendo implicar em desconforto e conseqüentemente promover a ampliação do uso de equipamentos de climatização artificial, como o ar condicionado e o ventilador. Segundo Roaf, Crichton e Nicol (2009), as edificações são responsáveis por mais de 50% das emissões que ocasionam as mudanças climáticas.

Os jardins sempre foram utilizados, desde a época da Babilônia, principalmente em regiões quentes, como estratégia de refrigeração, pois são capazes de melhorar o microclima do local onde são inseridos. Os desafios para o enfrentamento as mudanças climáticas poderão aproveitar os benefícios trazidos pelas áreas verdes, considerando o uso de novas tecnologias aliadas as estratégias de projeto (ROAF; CRICHTON; NICOL, 2009).

A implementação de parques e áreas verdes em ambientes urbanos já consolidados, requer áreas livres, normalmente escassas nesses locais, muitas vezes exigindo grandes intervenções e investimentos para a sua criação. Nesse contexto, o uso de Jardins Verticais colabora com a inserção de vegetação nos ambientes urbanos, sem a necessidade de criação de novos espaços. Eles podem ser aplicados em superfícies verticais, disponíveis e existentes, como por exemplo fachadas ou empenas cegas, localizadas em áreas excessivamente construídas (MANSO; CASTRO-GOMES, 2015).

Os Jardins Verticais vem sendo utilizados em edificações pelo seu efeito estético, porém, podem trazer benefícios, tais como: a) promover o conforto térmico no interior das edificações e, com isso, reduzir o uso de climatização artificial, b) mitigar a ilha de calor urbano pela redução da transmitância térmica, c) favorecer a biodiversidade ambiental, d) reduzir a poluição do ar, e) quando utilizados integrados com sistemas de captação pluvial e de reuso de água, podem retardar o lançamento de águas superficiais no sistema de captação. Sendo assim, os Jardins Verticais podem funcionar como um aliado nas questões do enfrentamento aos desafios ocasionados pelas Mudanças Climáticas.

Segundo Mascaró & Mascaró (2009), a utilização de vegetação atua sobre os microclimas urbanos contribuindo para o controle de radiação solar, impedindo o acúmulo de calor em fachadas, proporcionando a diminuição da temperatura e ampliando a umidade, além de proteger contra a ação dos ventos e das chuvas e amenizar a poluição o ar. A utilização de áreas verdes urbanas promove melhoria nas funções ecológicas, ajudando a reduzir a poluição do ar e a poluição sonora, além de funcionarem como uma proteção natural da biodiversidade;

melhoram as funções psicológicas e estéticas ao criarem paisagens que propiciam um escape das tensões urbanas (GIVONI, 1998).

São restritos os estudos no contexto de análises de jardins verticais na literatura brasileira. Muñoz *et al.* (2019) apresentaram o estado da arte acerca do potencial amenizador térmico das fachadas verdes, apontando diversos benefícios de sua utilização em fachadas, tais como a melhoria das condições de conforto térmico no interior das edificações e a diminuição dos efeitos das ilhas de calor urbano. Alberard, Fensterseifer e Scherer (2020) investigaram as cortinas verdes, modelo de Jardim Vertical, concluindo que esse sistema pode ser uma boa estratégia bioclimática de baixo custo de implementação, com fácil execução e manutenção para o controle térmico em edificações de Habitação de Interesse Social.

Na literatura internacional, o estudo de Kwon, Lee e Lee (2019) concluíram que ao aumentar a área de vegetação em 1%, o calor sensível foi reduzido em $4,8 \text{ W/m}^2$, contribuindo para a melhoria do conforto térmico e do bem-estar dos residentes em Seul (Coréia do Sul).

2 OBJETIVOS

O objetivo desse estudo é analisar comparativamente dois sistemas de Jardins Verticais, identificar e apontar as espécies vegetais do bioma local para área urbana de Belo Horizonte.

3 METODOLOGIA

Este trabalho adotou uma metodologia baseada em uma revisão bibliográfica acerca das tipologias de jardins verticais, analisando as características dos sistemas mais utilizados e uma avaliação do bioma e das condicionantes bioclimáticas do contexto de implementação do sistema: a cidade de Belo Horizonte. Em seguida, foi realizado um estudo de caso comparativo entre duas edificações na região central de Belo Horizonte, baseado em simulações de implementação de sistemas diferentes (Sistema de Jardim Vertical de uso Intensivo, denominado Brise Vegetal e Sistema de Parede Viva Contínuo e hidropônico). Para a análise foi adotada uma visão qualitativa (manutenção, consumo de água, tipos de espécies) e quantitativa (precificação, índice de irrigação, coeficiente de cultivo). Os resultados são discutidos em função das vantagens e desvantagens de cada sistema utilizado em relação ao contexto em que se insere.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 Jardins Verticais

Segundo Köhler (2008), a forma mais primitiva de jardim vertical planejado pelo homem é o cultivo de videiras em treliças apoiadas nas paredes na região do Mediterrâneo há cerca de 2.000 anos. Na Idade média, as rosas também eram usadas apoiadas em treliças nos jardins das grandes mansões e castelos. No início do século XX, o uso de plantas para o revestimento de fachadas manteve-se em alguns países da Europa. Na Alemanha, entre 1983 e 1997, foi criado um programa de incentivo ao seu uso, e na cidade de Berlim foram instalados 245 mil m^2 de fachadas verdes. Desde então, as soluções de jardim vertical vem se disseminando, sendo estudados e

reconhecidos os seus benefícios. Com isso, novas tipologias de sistemas de jardins verticais vem surgindo, mais evoluídas e tecnológicas.

4.1.1 Tipologias de Jardins Verticais

Basicamente, tem-se duas tipologias de jardins verticais: as fachadas verdes, que são de uso extensivo, e as paredes vivas de uso intensivo.

Para as fachadas verdes, de uso extensivo, as plantas trepadeiras são as preferidas. Também são consideradas como uso extensivo, as jardineiras perimetrais ou terraços, que utilizam o plantio de árvores de pequeno porte e arbustos ou pendentes em canteiros sobre laje ou floreiras. Sua manutenção consiste em podas, adubação e tratamento de pragas e ela pode ser feita em um período inicial de 3 meses e posteriormente a cada 6 meses. A irrigação pode ser manual ou automática e o consumo de água é baixo. No caso das trepadeiras, normalmente são utilizadas até 3 mudas por metro quadrado (m²) e o tempo de crescimento é entre 2 e 4 anos. No caso de jardineiras perimetrais, as plantas já podem ser introduzidas adultas, e quantidade por m² pode variar em função das espécies utilizadas e dos tamanhos. Em ambos os casos, não é comum a necessidade de troca de plantas (RODIGUES, 2017).

Para o sistema de Paredes Vivas há uma grande variedade de espécies, dentre elas as epífitas, forrações, herbácea- arbustiva, as Litófitas ou Rupícolas. Sua manutenção consiste em podas, adubação e tratamento de pragas, que pode ser feita em um período inicial mensal e posteriormente a cada 3 meses. A irrigação pode ser manual ou automática, o que depende do tamanho do jardim. O seu consumo de água é elevado. Normalmente são utilizadas de 10 a 25 mudas por m² e é comum a necessidade de troca de plantas (RODIGUES, 2017).

4.1.1.1 Fachada Verde: Sistema Extensivo

As fachadas verdes, de uso extensivo, utilizam plantas trepadeiras como espécies preferidas. As plantas se desenvolvem ao longo de uma superfície vertical e elas podem ser classificadas como: a) **direta**, com plantio diretamente no solo e desenvolvimento diretamente na superfície através de espécies auto aderentes; b) **indireta**, com plantio podendo ser diretamente no solo ou em jardineiras, e podem utilizar suportes para apoio e direcionamento da vegetação. Os suportes podem ser contínuos, com uma estrutura única, ou modulares, contendo em cada módulo uma treliça e uma jardineira para enraizamento.

Sistema Extensivo Direto

a) Tradicional: Trepadeiras auto aderentes

As Trepadeiras auto aderentes são enraizadas diretamente no solo e se desenvolvem apoiando-se em superfícies verticais como paredes ou muros.

Sistema Extensivo Indireto

b) Cortina Verde

As Cortinas Verdes necessitam de suporte, treliças ou cabos de aço, sobre o qual as trepadeiras podem se desenvolver. Estas podem ser instaladas afastadas das paredes ou sobrepostas a áreas envidraçadas. Funcionam como elemento de proteção solar através de sombreamento que pode ser manipulado em função do tipo de vegetação escolhida. As trepadeiras são fixadas em solo ou floreira, e se desenvolvem em treliças ou cabos de aço em locais como: paredes, muros, janelas ou portas. As Cortinas Verdes podem ser classificadas como:

- Cortina Verde Modular: são módulos prontos que contêm jardineira e a treliça e podem ser fixados nas fachadas de edificações;
- Cortina Verde por Treliça: o plantio das espécies se dá diretamente no solo ou em jardineiras contínuas. As treliças podem ser feitas de diversos materiais;
- Cortina Verde com fio ou cabeada: a vegetação pode ser fixada no solo ou em jardineiras, e normalmente se utilizam cabos de aço como suporte de crescimento das plantas;
- Cortina Verde com Malha: são usados materiais mais maleáveis, formando uma malha como suporte para as trepadeiras.

c) Jardineiras Perimetrais

Utilização de Jardineiras perimetrais ou terraços, utilizam o plantio de árvores de pequeno porte e arbustos ou pendentes em canteiros sobre laje ou floreiras.

4.1.1.2 Parede Viva: Sistema Intensivo

Estes sistemas podem ser utilizados como revestimento de paredes e podem ser aplicados em edificações altas. Normalmente, incluem um suporte de base que vai fixado à superfície e elementos com cavidades que funcionam como local de crescimento para as plantas. Estes elementos são suportados e fixados pelo suporte de base. Eles permitem uma rápida cobertura da superfície e uma maior utilização de espécies, dentre elas as Epífitas, Forrações, Herbáceas-arbustiva, as Litófitas ou Rupícolas.

Os sistemas de parede viva podem ser **modulares ou contínuos**. O sistema **modular** é composto por módulos (vasos, blocos cerâmicos, blocos de concreto), que podem ser feitos de diversos materiais e são utilizados para o crescimento das plantas. Eles utilizam substrato leve e podem ser irrigados manualmente ou através de automação, dependendo do seu dimensionamento. O sistema **contínuo** é hidropônico e utiliza mantas geotêxteis, que permitem uma irrigação contínua e o crescimento de raízes. A irrigação automatizada pode ser utilizada nos dois sistemas. Ela permite que a adubação seja feita através de fertilizante líquido inserido no próprio sistema de irrigação (fertirrigação).

4.2 Estudo de caso – Belo Horizonte

4.2.1 Legislação

A legislação de Belo Horizonte - BH em zonas adensadas, como na zona do hipercentro (ZHIP), no contexto dos parâmetros de afastamentos laterais e de fundos, permite edificações construídas sobre os limites do terreno (PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE, 2019). Nessas áreas urbanas podem ser visualizadas diversas edificações com dimensões variadas de fachadas cegas que dependem das alturas entre as edificações de dois lotes.

4.2.2 Condicionantes Climáticas

Belo Horizonte, capital de Minas Gerais, se localiza no Sudeste do Brasil, situada na Zona Bioclimática 3. Sua localização geográfica é: latitude 19° 93' S e longitude 43° 93' W. A altitude média é de 852m acima do nível do mar. O vento predominante em Belo Horizonte é o vento leste podendo chegar a uma velocidade de 4-6m/s (PROJETEE, 2019). A classificação do clima, de acordo com Köppen e Geiger (ROLIM, 2007), é Cwa, também chamado clima temperado úmido caracterizado por inverno seco e verão quente.

4.2.3 Bioma

Segundo Fritzsos, Mantovani e Wrege (2017) o bioma mais representado nas capitais brasileiras é a Mata Atlântica, com 10 capitais, seguido do Cerrado com 7 e a Amazônia, com 6. A Caatinga e o Pampa estão representados por uma capital cada, e ainda há duas capitais em transição de bioma: Belo Horizonte e Natal. O bioma original do município de Belo Horizonte é transição de Mata Atlântica – Cerrado. A maior área verde em Belo Horizonte é a Serra do Curral, com 400 mil metros quadrados, tendo áreas de Campo de Altitude, Cerrado e Campo Rupestre, que não contam como floresta pela análise do satélite, e um maciço vegetal com vestígios de Mata Atlântica.

4.2.4 Metodologia Projetual

A metodologia desse estudo foi basicamente composta por 4 etapas:

a) Seleção dos painéis das edificações

Este estudo selecionou duas fachadas em duas edificações diferentes localizadas na esquina das ruas da Bahia e Carijós, região central de Belo Horizonte, onde se tem um grande número de empenas cegas e livres de esquadrias. Dentre as edificações escolhidas, estão: uma empena cega (Fachada 1), localizada na divisa entre dois lotes, e a outra empena com aberturas para ventilação, voltada para a rua da Bahia (Fachada 2). As edificações possuem diferentes tipos de uso, sendo a Fachada 1 caracterizada por salas comerciais e a Fachada 2, com uso comercial no primeiro piso e estacionamento nos demais níveis.

Segundo Scherer (2014), a orientação solar Leste-Oeste seria a mais beneficiada na redução de consumo de energia. Assim, foram escolhidas nesse estudo as fachadas com orientação Norte (fachada F1) e Oeste (fachada F2). Inicialmente as espécies selecionadas foram as de pleno sol, já que recebem uma maior carga térmica e insolação.

As formas das fachadas também se diferem, sendo a Fachada 1, com uma geometria vertical, e a fachada 2, com geometria horizontal. Elas apresentam uma metragem quadrada

similar, de respectivamente 442 m² e 414 m², e possuem uma grande escala para aplicação de jardins verticais. Para cada uma delas foi proposto um sistema de jardim vertical diferente.

b) Seleção dos sistemas de jardim vertical

Inicialmente fez-se um estudo das condicionantes climáticas de Belo Horizonte e do bioma local. Em seguida, foram selecionados dois sistemas para a implantação de Jardim Vertical, adequados para implementação em edificações altas.

As informações e as características das fachadas e os sistemas de jardim vertical determinados apresentam-se resumidos no Quadro 1.

Quadro 1 – Tipologia dos sistemas determinados para as Fachadas

Fachada	Largura (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Característica	Orientação	Sistema de Jardim Vertical
Fachada 1	17,00	26,00	442,00	Empena cega	Norte	Jardim modulado Hidropônico
Fachada 2	33,40	12,40	411,16	Empena com aberturas	Oeste	Brise vegetal

c) Seleção das espécies vegetais

Segundo Blanc (2020), atualmente é inconcebível executar um jardim vertical sem coleta de água pluvial e ou reuso de água de consumo para evitar o desperdício de água. Ainda segundo o botânico, para obter um jardim vertical bem equilibrado, com uma manutenção de baixo custo e menor consumo de água, é necessário a escolha de espécies nativas e de preferência do bioma local.

A partir de Lorenzi e Souza (1999), de Blanck (2020), de ECOTELHADO (2019) e de VERTIGARTEN (2019), foi feita uma pré-seleção de espécies, adequadas aos sistemas de Jardins Verticais determinados pelo estudo de caso. A seleção de espécies foi complementada pela visita técnica ao Jardim Botânico de Belo Horizonte, fundamentando uma pesquisa mais aprofundada nos bioma de Cerrado e Mata Atlântica. Realizadas essas etapas, foram definidas as espécies vegetais a serem utilizadas no estudo de caso e verificada a sua disponibilidade no mercado desta cidade.

d) Projeto do jardim vertical

Foi elaborado um projeto de layout para cada fachada, permitindo a quantificação do sistema e das plantas utilizadas. O sistema de jardim Modulado Hidropônico na Fachada F1, caracterizou-se pelo uso de variedade de espécies. Para o sistema de Brise Vegetal da Fachada 2, foram especificadas trepadeiras de uma única espécie evitando-se a competição entre espécies diferentes, que prejudica o resultado final. Inicialmente foi considerada a utilização de espécies de pleno sol, com necessidade diária de 6 horas ou mais de insolação direta, devido a exposição solar das fachadas selecionadas. Adicionalmente, foi feita a análise da insolação, utilizando a carta solar de Belo Horizonte, e paralelamente uma análise através de simulação tridimensional no programa *Sketchup* considerando as condições do entorno construído.

Determinadas as quantidades de espécies e de plantas para cada fachada, foi elaborado um cálculo de consumo de água para irrigação, utilizando metodologia de Irricom (2015), que são detalhados nas Equações 1 e 2, e considerou os seguintes fatores:

- evapotranspiração médio anual de Belo Horizonte;
- a tipologia das espécies selecionadas;
- quantidade de espécies;
- fatores microclimáticos.

$IR = Etp \times Kc$	Equação 1
----------------------	-----------

Onde: IR expressa o índice de irrigação; Etp expressa o índice de evapotranspiração da cidade; Kc expressa o coeficiente de cultivo.

O índice de evapotranspiração utilizado no estudo, média anual do ano 2018, foi levantado no site do Instituto Nacional e Meteorologia (INMET), para a cidade de Belo Horizonte (INMET, 2019).

$Kc = Ke \times Kd \times Kmc$	Equação 2
--------------------------------	-----------

Kc expressa o coeficiente de cultivo; Ke expressa o fator de necessidade de água de cada espécie selecionada; Kd expressa a quantidade de vegetação e de aproximação entre as plantas; Kmc expressa o fator do microclima, dependente do entorno e de fatores com sombreamento e vento.

Os valores de Ke, Kd e Kmc foram levantados a partir de Irricom (2015), e apresentam-se resumidos no Quadro 2.

Quadro 2 – Valores de Ke, Kd e Kmc

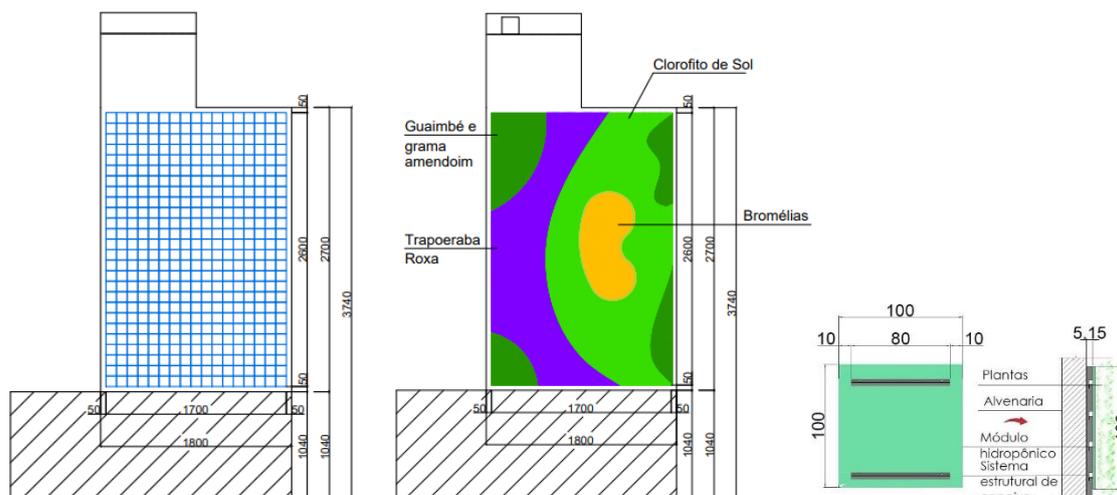
Tipo de vegetação	Fator de espécie (Ke)			Fator de densidade (Kd)			Fator de microclima (Kmc)		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
Árvores	0.2	0.5	0.9	0.5	1.0	1.3	0.5	1.0	1.4
Arbustos, Trepadeiras e suculentas	0.2	0.5	0.7	0.5	1.0	1.1	0.5	1.0	1.3
Gramíneas	0.3	0.6	0.8	0.5	1.0	1.1	0.5	1.0	1.2
Cactáceas	0.2	0.5	0.7	0.5	1.0	1.1	0.5	1.0	1.3
Cobertura Vegetal rasteira e herbácea	0.3	0.5	0.7	0.5	1.0	1.1	0.5	1.0	1.4
Mix de árvores e arbustos	0.2	0.5	0.9	0.6	1.1	1.3	0.5	1.0	1.4
Gramas em geral	0.6	0.7	0.8	1.0	1.0	1.0	0.8	1.0	1.2

Fonte: Elaborado a partir de IRRICOM (2015).

5 RESULTADOS

Os resultados demonstraram que a quantidade de material utilizado no sistema de jardim Modulado Hidropônico, aplicado à Fachada F1, é bem superior ao do sistema de Brise Vegetal, Fachada 2 (Figuras 1 e 2; Quadros 3 e 4).

Figura 1 – Elevação e detalhe da Fachada 1 com sistema modulado hidropônico

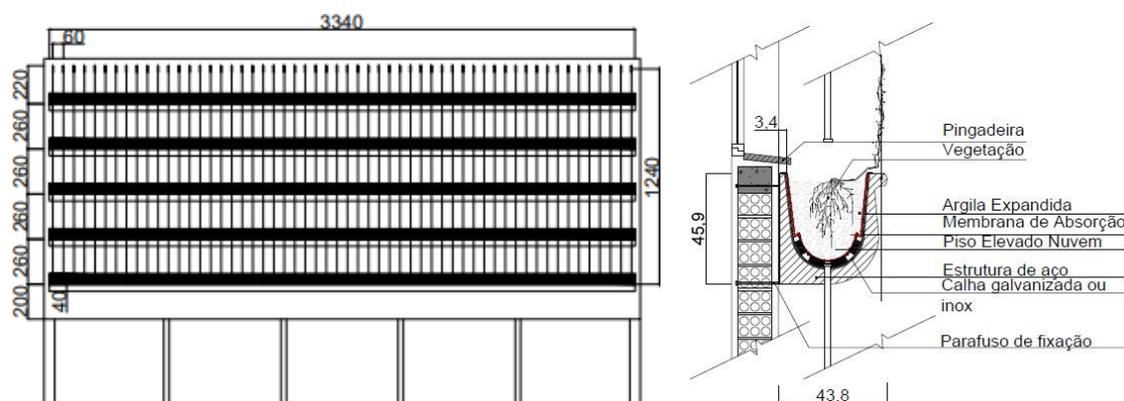


Quadro 3- Fachada 1: Materiais para o Sistema Moduldo Hidropônico

Material	Dimensão	Quantidade / m ²	Quantidade total
Módulo Hidropônico	1 m x 1 m	1 unidade	442 módulos
Barra de fixação	1 m	2 unidade	884 barras
Barra de encaixe	0,80 m	2 unidades	884 barras
Mangueira de irrigação	1 m	1 unidade	442 m
Filtro			1
Controlador			1
Válvula solenóide			*1
Dosador fertilizante			1

Nota: para calcular a quantidade de válvulas solenóides, é necessário agrupar e setorizar as espécies com a mesma necessidade de água. Para cada setor utiliza-se uma válvula.

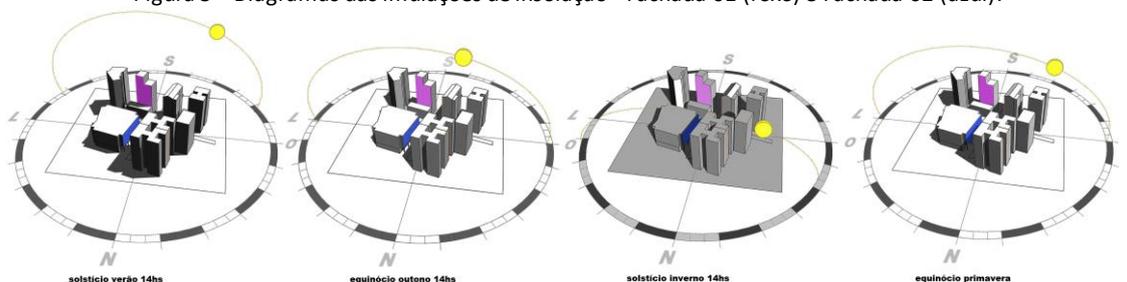
Figura 2 – Elevação e detalhe da Fachada 2 com sistema de brise vegetal



Quadro 4- Fachada 2: Materiais para o Sistema Brise Vertical

Material	Dimensão	Espaçamento	Quantidade	Total
Jardineira	33,4m	-	5	167 m
Mangueira	33,4m	-	5	167 m
Cabos de aço	4 x 2,60m (h) + 2,40m (h) = 12,80 m (h)	0,60 m	55,6	56 de 12,80 m (h)
Suporte jardineira		0,60 m	5 x 56	280
Suporte de amarração superior		0,60 m	1 x 56	56
Filtro				1
Controlador				1
Válvula solenoide				1
Dosador fertilizante				1

Figura 3 – Diagramas das imulações de insolação - Fachada 01 (roxo) e Fachada 02 (azul).



Os resultados da análise de insolação sobre as fachadas realizadas através da carta solar apresentam-se resumidos nos Quadros 5 e 6. Por meio da análise de insolação, e considerando as condições de sombreamento pelo entorno edificado, confirmou-se o uso de plantas de pleno sol para a Fachada 1 (Norte). Para a Fachada 2 (Oeste), foi identificado sombreamento das edificações vizinhas através da simulação computacional, as horas de exposição solar se mostraram reduzidas. Logo, na Fachada 2, as espécies mais indicadas foram aquelas de meia sombra, com até 4 horas de insolação diária.

Quadro 5 - Fachada 1 :Análise de Insolação

Período	Carta Solar		Modelagem 3D	
	Horário de insolação	Insolação maior ou igual a 500W/m ²	Sol em toda a fachada	Resumo
Equinócio de Primavera	06:00 às 15:10	07:50 às 15:00	9:15 às 14:00	5h – insolação direta e 3h – com partes sombreadas
Equinócio de Outono	6:00 às 15:30	07:55 às 15:30	9:30 às 15:00	5h – insolação direta e 3h – com partes sombreadas
Solstício de Verão	Não recebe	-	Não recebe	Não recebe
Solstício de Inverno	06:30 às 17:30	08:55 às 13:50	7:40 às 15:00	7h – insolação direta

Quadro 6 - Fachada 2 :Análise de Insolação

Fachada 2 - Oeste				
Período	Carta Solar		Modelagem 3D	
	Horário de insolação	Insolação maior ou igual a 500W/m ²	Sol em toda a fachada	Resumo
Equinócio de Primavera	11:45 às 18:00	11:45 às 14:50	12:20 às 13:15	1 h – insolação direta 3h – com partes sombreadas
Equinócio de Outono	11:40 às 18:00	11:40 às 15:00	12:20 às 13:30	1h – insolação direta 3h – com partes sombreadas
Solstício de Verão	12:10 às 18:30	12:00 às 16:20	13:00 às 14:00	1h- insolação direta 3h – partes sombreadas
Solstício de Inverno	11:15 às 17:30	11:15 às 13:55	12:10 às 12:45	30' – insolação direta 1h30' – com patês sombreadas

Os resultados ressaltaram a **dificuldade na escolha de espécies nativas do bioma local**, consequência da falta de disponibilidade destas no mercado de jardinagem e paisagismo na cidade de Belo Horizonte, e em pesquisas no Jardim Botânico da cidade. O sistema de jardim Modulado Hidropônico, projetado para a Fachada F1, apresentou maiores dificuldades quanto à seleção de plantas, já que este sistema tem por característica a utilização de grande variedade de espécies. A dificuldade de encontrar esta grande variedade de plantas nativas ocasionou à especificação de pequena variedade de espécies, priorizando as espécies brasileiras, e mesclando com espécies exóticas. A quantidade de plantas utilizadas neste sistema e o custo apresentaram-se superior à quantidade e custo do sistema de Brise Vegetal (Tabelas 1 e 2).

A pesquisa de mercado para o sistema de Brise Vegetal, Fachada 2, por ser um sistema com uso típico de poucas variedades de espécies, ou até mesmo uma só espécie, apresentou maior disponibilidade, qualificando esse sistema como mais vantajoso pela utilização de plantas nativas. No entanto, a maioria das trepadeiras selecionadas para a Fachada 2 foram de pleno sol, e uma vez identificado o sombreamento das edificações vizinhas, a espécie ideal para especificação deveria possuir tolerância para meia sombra, dessa forma dificultando seleção de espécies do bioma local em relação à disponibilidade do mercado. Este sistema apresenta um número de mudas bem inferior ao sistema Modulado Hidropônico, e consequentemente um custo mais baixo (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 – Fachada 1: Quantitativo e precificação das plantas para o Sistema Modulado Hidropônico

Fachada 1 = Área = 17m (L) x 26m (H) = 442m ²								
Espécies	Dim. muda	Quant. muda p/ bolso	Quant Bolso p/ m ²	Quant. por m ²	Área	Total	Valor un.	Total
Bromélia Porto Seguro	30cm		9	9	42	378	R\$18,59	R\$7.027,02
Bromélia <i>Neoregelia pauciflora</i>	20cm		12	12	42	504	R\$12,00	R\$6.048,00
Guaimbé	30cm		9	9	82	738	R\$16,90	R\$12.472,20
Gramma Amendoim	-	5	16	80	82	6.560	Bandeja c/ 64 mudas = R\$43,69	103 bandejas = R\$4.500,07
Trapoeraba roxa	-	1	25	25	134	3.350,00	Caixa c/ 15 mudas = R\$17,27	223 caixas = R\$3.851,21
Clorofito de Sol	15cm	1	25	25	184	4.600	R\$2,30	R\$10.580,00
Total						16.130		R\$44.478,50

Tabela 2 – Fachada 2: Quantitativo e precificação das plantas para o Sistema Brise Vegetal

Fachada 2 = Área = 33.4 (L) x 12.40 (H) = 411,16m ²								
Espécie	Dim. muda	Quant. de jardineiras	Dim. Jardineira	Espaço das mudas	Quant. de mudas por jardineira	Total de mudas	Valor un.	Total
Flor de são João	30cm	5	33.4m	60cm	55,56 = 56	280	R\$26,80	R\$7.504,00
Total						280		R\$7.504,00

Os resultados levam a crer que a irrigação é de fundamental importância para o sucesso de um Jardim Vertical. Através do cálculo do índice de Irrigação (IR), ressalta-se um maior consumo de água no sistema de jardim Modulado Hidropônico, Fachada F1.

O Quadro 7 apresenta as espécies da Fachada 1, onde 4 espécies estão enquadradas na tipologia cobertura vegetal, rasteiras e herbáceas. Para o sistema da Fachada 2, foi determinado um tipo de espécie, a trepadeira, que se enquadra na tipologia - Arbustos, Trepadeiras e Suculentas (Quadro 8).

Quadro 7- Fachada 1: Espécies selecionadas e classificação da vegetação

Fachada 1			
Espécies	Nome Científico	Tipo de vegetação	Origem
Bromélia Porto Seguro	<i>Aechmea blanchetiana</i>	Herbácea, epífeta	Brasil
Bromélia	<i>Neoregelia pauciflora</i>	Epífeta	Brasil
Clorofito	<i>Chlorophytum comosum</i>	Forração herbácea	África e Áfr. S
Gramma Amendoim	<i>Arachis repens</i>	Forração herbácea reptante	Brasil
Guaimbé	<i>Philodendron bipinnatifidum</i>	Trepadeira	Brasil
Trapoeraba roxa	<i>Tradescantia pallida pupurea</i>	Forração, herbácea	EUA e México

Fonte: Elaborado a partir de IRRICOM (2015).

Quadro 8- Fachada 2: Espécies selecionadas e classificação da vegetação

Fachada 2			
Espécies	Nome Científico	Tipo de vegetação	Origem
Flor de São João	<i>Pyrostegia venusta</i>	Arbustos, trepadeiras e suculentas	Brasil

Fonte: Elaborado a partir de IRRICOM (2015).

Os resultados do cálculo de consumo demonstraram que o Jardim Vertical projetado para a Fachada 1 irá consumir 98,7m³ de água por mês, em torno de três vezes o consumo de água para o jardim projetado para a Fachada 2, que correspondeu à 30m³ por mês (Quadro 9).

Quadro 9- Índice de Irrigação

Irrigação		
Variante	Fachada 1	Fachada 2
Evapotranspiração (Etp)	91,83	91,83
Fator de espécie (ke)	0,7	0,5
Fator de densidade (kd)	1,1	0,5
Fator de microclima (kmc)	1,4	1,3
Fator de Cultivo (Kc)	1,078	0,325
Índice de Irrigação/ mês	98,7 m ³	29,84 m ³

Dentre as duas opções de mangueira que podem ser utilizadas na irrigação: a mangueira de gotejamento e a mangueira de esxudação, os resultados apresentam a mangueira de esxudação com menor capacidade de vazão por hora. Assim, a utilização de mangueira gotejadora, necessita de menos tempo de funcionamento diário em comparação com a mangueira esxudante (Quadro 10). Porém, a mangueira de esxudação tem como vantagens: a distribuição de água mais homogênea, mais lenta e uma menor manutenção, pois não possui o inconveniente de ressecamento e entupimento como a mangueira gotejadora.

Cabe mencionar que a irrigação pode ser feita através de reservatório com bomba ou ligada diretamente no hidrômetro. O reservatório com bomba, apresenta maior vazão e consequentemente, possui uma maior capacidade de irrigação. Já a utilização de hidrômetro não é indicada, pois o consumo de água potável para este fim, torna os Jardins Verticais, sistemas insustentáveis.

Este estudo confirma os resultados de Scherer (2014), que destacou que os jardins de sistema extensivo possuem menor manutenção e menor necessidade de água para irrigação, em comparação com os JV de sistema intensivo.

Quadro 10- Resultados dos cálculos do consumo para irrigação

Cálculo Irrigação				
Fachada 1 – Área 442m ²			Fachada 2 – Área 414,16m ²	
Variáveis	Mangueira exsudante	Mangueira gotejadora	Mangueira exsudante	Mangueira gotejadora
Quantidade de mangueira	442 m	442 m	167 m	167 m
Vazão por hora Utilizando reservatório	2 a 4 l/h/m (* considerado 3l) 442 m x 3 l/m = 1.326l ou 1,32 m³	1 gotejador a cada 30cm 3 gotejadores por m com vazão a 3,41 l (3x3,41 l= 10,23 l/m) 442 x 10,23 l/m = 4.521,66l ou 4,52 m³	2 a 4l/h/m (* considerado 3l) 167x3l/m = 501l ou 0,5 m³/h	1 gotejador a cada 30cm 3 gotejadores por m com vazão a 3,41l (3x3,41 l= 10,23 l/m) 167 x10,23l/m = 1.708,41 ou 1,7 m³/h
Pressão utilizando reservatório	2 a 10CA 0,2 a 1 bar	0,59 a 4,14 bar (* considerado 3 bar)	2 a 10CA 0,2 a 1 bar	0,59 a 4,14 bar (* considerado 3 bar)
Vazão por hora utilizando hidrômetro Máximo 1,8l	1,32m ³ /h / 1,8l= 0,733 1 sistema	4,52m ³ / 1,8l = 2,45 ou 3 sistemas	0,5m ³ / 1,8l = 0,27 ou 1 sistema	1,7m ³ / 1,8l = 0,94 ou 1 sistema
Índice de Irrigação / mês	98,7 m ³	98,7 m ³	30 m ³	30 m ³
Índice de irrigação / dia	98,7 m ³ / 30 dias = 3,2 m³	98,7 m ³ / 30 dias = 3,2 m³	30m ³ / 30 dias = 1 m³	30m ³ / 30 dias = 1 m³
Índice de irrigação/ ano	3,2 m ³ x 365 dias = 1.168 m³	3,2m ³ x 365 dias = 1.168 m³	1m ³ x 365 dias = 365 m³	1m ³ x 365 dias = 365 m³
Tempo de Irrigação por dia	3,2 m ³ _____ x 1,32 m ³ ___60' X= 145' ou 2h25'	3,2 m ³ _____ x 4,52 m ³ ___60' X= 42'47"	1,0 m ³ _____ x 0,5 m ³ ___60' X= 120' ou 2h	1,0 m ³ _____ x 1,7 m ³ ___60' X= 35'29"

6 CONCLUSÃO

Esse estudo analisou comparativamente dois sistemas de jardins verticais, a partir de um estudo de caso em Belo Horizonte, identificando e apontando as espécies vegetais do bioma local. Foram selecionadas duas fachadas com características diferentes, projetados os jardins e realizados os cálculos de implementação e de manutenção. Os resultados apresentaram as vantagens e desvantagens de cada sistema.

O sistema de **Jardim Modulado Hidropônico**, projetado para a Fachada F1, apresentou como principais **vantagens**: a implementação de um jardim com porte, finalizado com plantas adultas, onde os módulos são instalados já plantados proporcionando um resultado imediato e evitando sujeira na instalação; a grande variedade de espécies que proporciona trabalhar com composições e grafismos; o reduzido peso dos módulos já plantados e umidificados que é de 50Kg/m².

O sistema de **Brise Vegetal projetado para a Fachada 2**, mostrou as **vantagens**: possibilidade de ser instalado em frente à janelas e aberturas, menor manutenção (inicialmente a cada 3 meses e posteriormente a cada 6 meses), menor consumo de água e menor quantidade de mudas, além de não haver necessidade substituição de plantas, tornando-o menos oneroso. Além disso, a possibilidade da utilização de plantas do bioma local contribui para um menor consumo de água e para um menor custo de manutenção. As principais **desvantagens**

identificadas foram: o tempo para o desenvolvimento completo do jardim, que pode durar de 2 a 4 anos; o peso por metro quadrado já plantado igual a 250kg; a limitação que as jardineiras proporcionam para o crescimento das raízes, prejudicando o desenvolvimento da espécie utilizada em todo seu potencial; a montagem do sistema que deve ser toda feita *in loco*, o que pode ocasionar sujeira no entorno, necessitando de utilização de limpeza pós instalação.

Os dois sistemas apresentam **vantagens e desvantagens em comum**. Quanto à estanqueidade, apresentaram a vantagem de não possuírem contato direto com a parede, evitando problemas com infiltração. Em relação às desvantagens, ambos sistemas, por trabalharem com alturas consideráveis, necessitam de mão e obra especializada para instalação, além da necessidade de andaimes comuns ou elétricos ou caminhão Munk, a depender do acesso à fachada. Por se tratarem de edificações já construídas, seria necessária uma análise estrutural das edificações para verificação da capacidade de suportarem a carga destes sistemas. E por fim, os dois sistemas não possuem empresas filiais na cidade de Belo Horizonte, o que poderia onerar o custo com transporte e mão de obra.

A utilização de jardim verticais apresenta grande potencial para o enfrentamento das mudanças climáticas através dos multibenefícios proporcionados pelo seu uso, porém a escolha do sistema deve levar em consideração as variáveis que o compõem, como o tipo de vegetação, a quantidade de espécies, a manutenção, e principalmente o consumo de água que tem sido cada vez mais questionado, uma vez que tem papel essencial para a vida.

O estudo apresentou uma metodologia de fácil aplicação para análises de implementação de jardins verticais em ambientes urbanos. Como limitações deste estudo, os resultados apresentados relacionam-se ao bioma e condições ambientais de Belo Horizonte, e as análises não contemplaram a quantificação de benefícios gerados pelo jardim vertical ao entorno e aos ambientes internos das edificações. Considera-se que a maior dificuldade na elaboração de projetos de jardins verticais está relacionada à disponibilidade das espécies do bioma no mercado, a manutenção que exigirá equipamentos e andaimes para trabalho em fachadas e ao uso da água.

Sugere-se para trabalhos futuros, estudos experimentais que analisem o uso de espécies do bioma local e a relação com a manutenção, e com o consumo de água para irrigação.

REFERÊNCIAS

ALBERNARD, R. S.; FENSTERSEIFER, P.; SCHERER, M. J. Cortina Verde: estratégia de baixo custo para controle térmico em habitações de interesse social na zona bioclimática 2. In: XVIII Encontro Nacional da Tecnologia do Ambiente Construído. Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais. Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020.

BLANC, P. Tour por jardins verticais especiais. In: Congresso de Infraestrutura verde Urbana – Vertigarden, 1., 2020, Congresse.me.

ECOTELHADO. Disponível em: <http://www.ecotelhado.com.br>. Acesso em: 18/11/2019.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; WREGW, M. S. Os biomas e o clima das capitais do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.4, p. 1152-1160, ago 2017, ISSN 1984-2295.

GIVONI, Baruch. Climate Considerations in Building and Urban Design. Chapter 9: Impact of green áreas on site and urban climates. New York: Vnr, 1998. P. 303-329.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Normais climatológicas no Brasil 1961-1990**. Estação 83587. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 20/09/2019.

IRRICOM. Empresa de irrigação – Apostila. Belo Horizonte, 2015. Consulta informal realizada em 30/10/2019.

KÖHLER, M. Green facades - a view back and some visions. **Urban Ecosyst**, n. 11, p. 423- 436, 2008.

KWON, Y.J.; LEE, D.K.; LEE, K. Determining Favourable and Unfavourable Thermal Areas in Seoul Using In-Situ Measurements: A Preliminary Step towards Developing a Smart City. **Energies**, jun, 2019.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. Plantas Ornamentais no Brasil: Arbustivas, herbáceas e trepadeiras. 2. Ed. rev. e ampl. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 1999.

MANSO, M.; CASTRO-GOMES, J. Green Wall systems: A review of their characteristics. Centre of Materials and Building Technologies, Department of Civil Engineering and Architecture, University of Beira Interior, Covilhã, Portugal. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. ScienceDirect. ELSEVIER. V. 41, p. 863-871, jan. 2015.

MASCARÓ, Lúcia; MASCARÓ, Juan. **Ambiência Urbana**. Porto Alegre: Mais Quatro Editora, 2009.

MUÑOZ, L. S.; CRUCIOL BARBOSA, M.; FONTES, M. S. G. de C.; FARIA, J. R. G. de. Desempenho térmico de jardins verticais de tipologia fachada verde. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 10, p. e019013, 2019. DOI: 10.20396/parc.v10i0.8652775.

Prefeitura de Belo Horizonte. Diário Oficial. Ano XXV, N.5832, 2019.

Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. Zoobotânica Zoológico e Jardim Botânico. Visita técnica realizada em 29/10/2019.

ProjeTEEE. Projetando edificações energeticamente eficientes – Belo Horizonte. Disponível em: <http://projeteee.mma.gov.br/>. Acessado em: 30/09/2019.

ROAF, S.; CRICHTON, D.; NICOL, F. A adaptação de edificações e cidades às mudanças climáticas. Um guia e sobrevivência para o século XXI. Porto Alegre, Bookman, 2009. 384p. il.: color.; 25cm.

RODRIGUES, Luciana Arantes. **Técnicas e Tecnologias para Implementar paredes Verdes Externas em edifícios Residenciais e Comerciais na Cidade de São Paulo**. 148p. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) – Instituto de pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Área de concentração: Tecnologia em Construção de Edifícios. São Paulo, 2017.

ROLIM, Glauco de Souza *et al.* Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v.66, n.4, p.711-720, 2007.

SCHERER, M. J. Cortinas Verdes na arquitetura: desempenho no controle solar e na eficiência energética de edificações. 2015. Tese de doutorado. Escola de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2014.

VERTIGARDEN. Jardins Verticais. Disponível em <<http://www.vetigarden.net.br>>, último acesso em 10 de novembro de 2019