

Envoltórias vegetadas aplicadas em edificações: benefícios e técnicas

Green envelopes applied in buildings: benefits and techniques

Minéia Johann Scherer(1); Thales Severo Alves(2); Janaína Redin(3)

- 1 Universidade Federal de Santa Maria, Campus Cachoeira do Sul, Brasil.
E-mail: mineiaarq@gmail.com | ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5060-3924>
- 2 Universidade Federal de Santa Maria, Campus Cachoeira do Sul, Brasil.
E-mail: thales-severo@hotmail.com
- 3 Universidade Federal de Santa Maria, Campus Cachoeira do Sul, Brasil.
E-mail: janainaredin27@hotmail.com

Revista de Arquitetura IMED, Passo Fundo, vol. 7, n. 1, p. 84-101, Jan.-Jun., 2018 - ISSN 2318-1109

[Recebido: 05 maio 2018; Aceito: 19 julho 2018]

DOI: <https://doi.org/10.18256/2318-1109.2018.v7i1.2693>

Como citar este artigo / How to cite item: [clique aqui/click here!](#)

Resumo

O uso da vegetação integrada à arquitetura vem obtendo destaque nos últimos anos, representando uma estratégia para aumento do verde nas cidades, explorando suportes urbanos ainda pouco valorizados como lugares de crescimento de vegetação: é o caso das paredes e das coberturas das edificações. Desta forma, as envoltórias vegetadas podem ser definidas como fechamentos, revestimentos ou elementos construtivos alternativos aos convencionais, que tem a vegetação como componente principal, em conjunto com outras camadas ou suportes para sua fixação ou desenvolvimento. O objetivo deste artigo é realizar um levantamento bibliográfico de informações sobre os benefícios e as principais técnicas de execução de coberturas vivas e jardins verticais. De uma forma geral, tanto as coberturas vivas quanto os jardins verticais podem ser classificados em extensivos ou intensivos, dependendo da forma de implementação e do grau de dificuldade de execução e necessidade de manutenção. Seu uso necessita de planejamento e conhecimento técnico, de forma a ser determinado qual o sistema mais apropriado, quais os cuidados de execução e manutenção, bem como quais espécies são mais adequadas ao clima do local. As principais vantagens para as cidades referem-se à redução na temperatura do ar, com minimização do fenômeno da ilha de calor; umidificação, além de causarem um efeito visual interessante. Na escala da edificação, as envoltórias vegetadas podem contribuir de forma significativa para o conforto térmico e, conseqüentemente, para a redução no consumo de energia para climatização dos espaços, já que atuam como isolantes térmicos, elementos de sombreamento ou ainda qualificando a ventilação natural por atuarem no resfriamento evaporativo.

Palavras-chave: Conforto térmico. Eficiência energética. Vegetação. Cobertura viva. Jardim vertical.

Abstract

The use of vegetation integrated to architecture has been highlighted in recent years, representing a strategy to increase the green in the cities, exploring urban supports still undervalued as places of growth of vegetation: this is the case of walls and roofs of buildings. In this way, green envelopes may be defined as closures, coatings or construction elements alternative to conventional ones, which has the vegetation as the main component, together with other layers or supports for its fixation or development. The objective of this article is to carry out a bibliographic survey of information about the benefits and the main techniques of execution of living roofs and vertical gardens. In general, both living roofs and vertical gardens can be classified as extensive or intensive, depending on the form of implementation and the degree of difficulty of execution and the need for maintenance. Its use requires planning and technical knowledge, in order to determine which system is most appropriate, which is the execution and maintenance care, and which species are most appropriate to the local climate. The main advantages for the cities are the reduction in the temperature of the air, with minimization of the phenomenon of the heat island; humidification, and have an interesting visual effect. At the scale of the building, the vegetated envelopes can contribute significantly to the thermal comfort and, consequently, to the reduction in the energy consumption for air conditioning of the spaces, since they act as thermal insulation, elements of shadowing or qualifying the natural ventilation by evaporative cooling.

Keywords: Thermal comfort. Energy efficiency. Vegetation. living roofs. Vertical garden.

1 Introdução

Presenciamos atualmente uma urbanização acelerada das cidades, com impactos que aumentam a degradação ambiental e, conseqüentemente, diminuem a qualidade de vida dos cidadãos. Um dos pontos de maior relevância é a escassez de áreas vegetadas no meio urbano, cada vez mais dominado por edifícios e pavimentações.

Mesmo que os benefícios do uso da vegetação para a qualificação ambiental e a sustentabilidade sejam de amplo conhecimento, nos deparamos com a intensificação de uso e ocupação do solo urbano, desordenado e seguindo principalmente critérios econômicos. As áreas destinadas ao verde são reduzidas aos índices mínimos previstos nos lotes e a efetiva execução de praças ou parques estão cada vez mais escassas. Isto, além de limitar o importante contato do ser humano com a natureza, influencia no desempenho energético das edificações e no conforto ambiental das cidades, alterando o seu microclima e intensificando o fenômeno da “ilha de calor” urbano, onde as temperaturas tendem a ser mais elevadas do que em regiões próximas, porém menos ocupadas.

Outro ponto de grande relevância é que isto afeta o regime hídrico das cidades, cada vez mais suscetíveis a alagamentos por não dispor de áreas suficientes para infiltração da água no solo ou para retenção desta em momentos de forte precipitação. Os Planos Diretores municipais, que regulamentam os índices permitidos para construção nos lotes, geralmente aumentam as possibilidades para áreas construídas, em detrimento das áreas verdes ou incentivo à sistemas com capacidade para absorver ou reter a água da chuva.

A arquitetura denominada verde, ecológica, bioclimática ou mais sustentável, pode ser considerada, segundo Yeang (1999), a uma forma de projetar edificações e cidades associadas com a natureza, de modo ambientalmente responsável. Garrido (2011) reforça que “o objetivo de uma verdadeira arquitetura sustentável consiste em realizar uma atividade construtiva conceitualmente integrada com a natureza”. Por esta razão, conforme avalia Falcón (2007), “é importante procurar fórmulas novas e criativas, auxiliadas pelo avanço tecnológico disponível na atualidade, que permitam aumentar a massa vegetal da cidade e, com ela, os benefícios ambientais”. Segundo o mesmo autor, as últimas tendências de planejamento e gestão da vegetação nas grandes cidades estão destinadas a explorar formas de aumentar o verde, a partir da busca de novos suportes urbanos, até agora pouco valorizados como lugares de crescimento de vegetação: é o caso das paredes e das coberturas das edificações.

Pode-se definir ecotécnica como “um conjunto de intervenções tecnológicas no ambiente, que se baseia na compreensão dos processos naturais e tem como foco a resolução de problemas com o menor custo energético possível e com uso eficiente de bens naturais” (BRASIL, 2012). Desta forma, o uso de envoltórias verdes integradas à

arquitetura, na forma de coberturas vivas e jardins verticais, representam estratégias de condicionamento térmico passivo, repercutem positivamente no conforto ambiental das cidades, além de proporcionarem um efeito visual interessante para a edificação e espaço urbano.

O objetivo deste artigo é realizar um levantamento bibliográfico que reúna informações sobre os benefícios e as principais técnicas de execução de envoltórias vegetadas: coberturas vivas e jardins verticais.

2 Definição e classificação

Envoltórias vegetadas podem ser definidas como fechamentos, revestimentos ou elementos construtivos alternativos aos convencionais, que tem a vegetação como componente principal, em conjunto com outras camadas ou suportes para sua fixação ou desenvolvimento. Existem atualmente diferentes técnicas de implantação de coberturas vivas e jardins verticais, com particularidades que repercutem em seus benefícios para o ambiente construído, bem como determinam maior ou menor grau de custos na execução e manutenção.

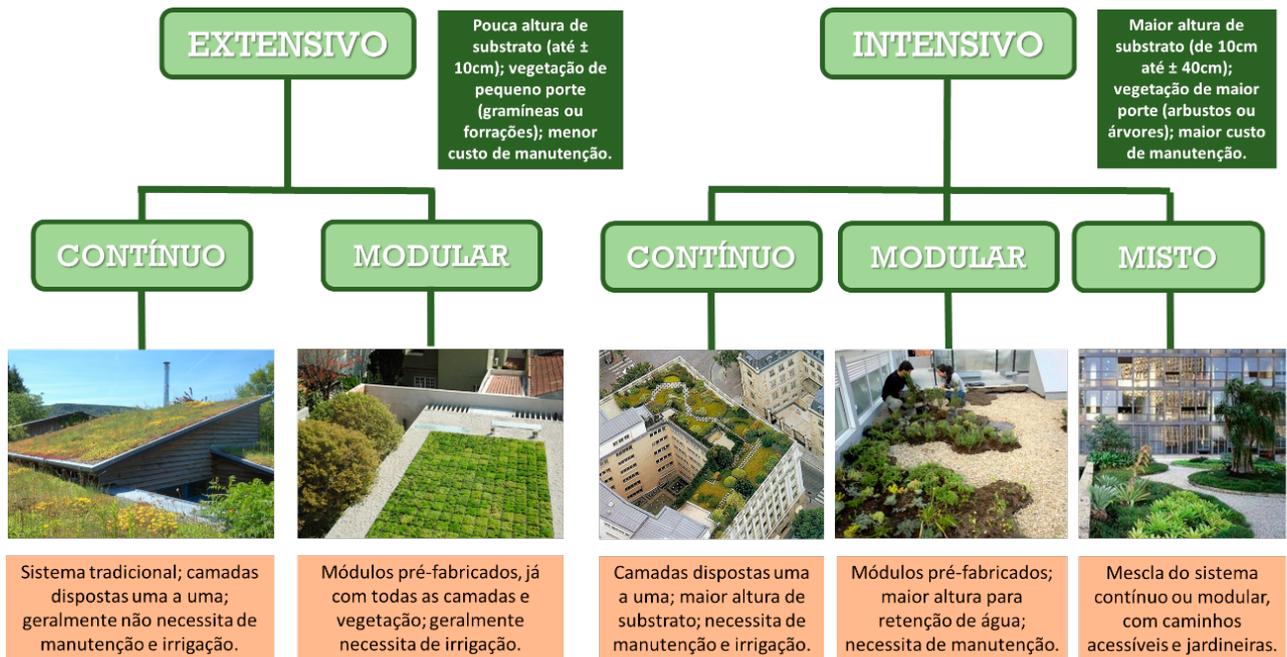
2.1 Coberturas vivas

Os telhados vegetados ou coberturas vivas são um tipo de fechamento superior de edificações, constituído por camada de solo e vegetação, além de outras camadas não orgânicas, pertinentes em cada caso (manta de retenção de substrato; camada de drenagem; manta anti-raiz e impermeabilização). Desta forma, é uma ecotécnica que pode ser usada em substituição aos sistemas de cobertura convencionais.

Existem basicamente duas categorias de coberturas vivas, classificadas dependendo de sua forma de execução e função que pretende exercer: as extensivas e intensivas. As coberturas verdes extensivas são geralmente de pouca profundidade (substrato com até 100 mm), não constituem espaços acessíveis e a vegetação utilizada é de pequeno porte e precisa ser bem adaptada às condições do clima da região. Já as intensivas são comumente planejadas como jardins, com delimitação de caminhos e espaços de contemplação e o porte da vegetação pode ser variado, utilizando-se desde gramíneas até arbustos ou árvores de pequeno porte. Para isto, a altura da camada de substrato precisa ser maior, compatível com o porte da vegetação (geralmente entre 100 mm a 400 mm) (JOHNSTON; NEWTON, 2004; MINKE, 2004).

Quanto à forma de execução das coberturas vivas, podemos distinguir basicamente os sistemas contínuos e os sistemas modulares. A figura 1 apresenta um panorama geral da classificação e dos diferentes sistemas de execução das coberturas vivas.

Figura 1. Esquema geral de classificação e execução das coberturas vivas



Tanto os sistemas contínuos quanto os modulares possuem camadas a serem sobrepostas e que desempenham funções específicas. Primeiramente é necessária a realização de uma impermeabilização eficiente sobre a estrutura que vai receber a cobertura viva. Após, realizam-se as seguintes camadas:

1. Camada de proteção: manta anti-raiz, geralmente lona plástica grossa, com finalidade de proteger a impermeabilização, evitando um possível contato das raízes do vegetal;
2. Camada drenante: com função de receber o excesso de água e escoar para calhas ou ralos. Nos sistemas contínuos utilizam-se pedras ou argila expandida (preferível por ter menos peso) e nos sistemas modulares essa camada é substituída por módulos pré-fabricados, que podem ser de diferentes materiais e alturas (inclusive com função de armazenar água);
3. Camada filtrante: utiliza-se uma manta geotêxtil que é permeável à água, mas evita a passagem do substrato;
4. Substrato (composto orgânico com nutrientes) e vegetação (diferentes espécies e portes).

Como já comentado, a principal diferença entre os sistemas contínuos e os modulares está na camada filtrante: uso de argila expandida disposta *in loco* nos contínuos (Figura 2) e uso de módulos pré-fabricados que podem inclusive já estar com a vegetação desenvolvida (Figura 3).

Figura 2. Sistema contínuo e suas camadas

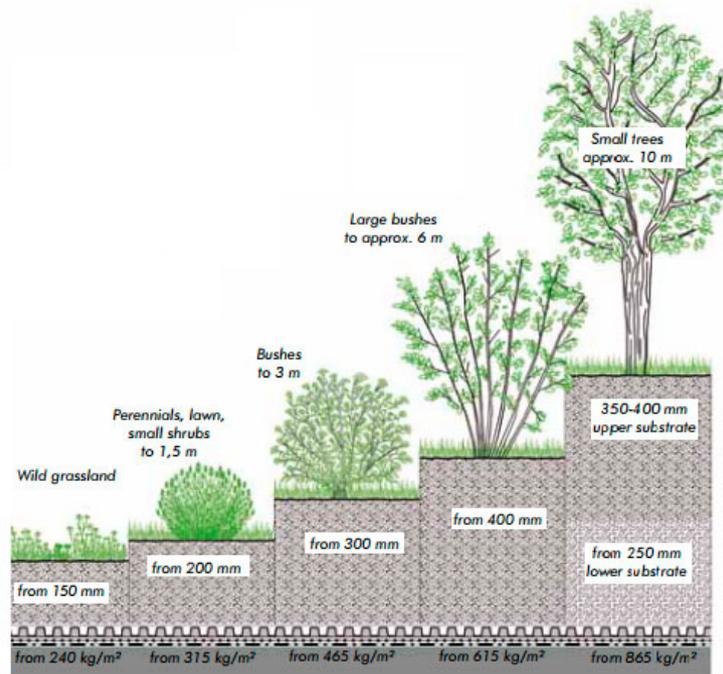


Figura 3. Sistema modular e suas camadas



Quanto aos aspectos de execução e manutenção, as coberturas extensivas demandam menor custo, uma vez que as camadas não acarretam peso excessivo sobre a estrutura e a vegetação, por ser de pequeno porte e adaptada ao clima local, necessita de pouca ou nenhuma manutenção periódica, de corte, irrigação ou adubação. Já as coberturas intensivas geralmente vão necessitar de irrigação e adubação regulares, o que eleva os custos de manutenção. Ainda, dependendo do porte das espécies, a altura de substrato e o peso sobre a estrutura aumentam significativamente, como pode ser observado na Figura 4.

Figura 4. Diferentes alturas de substrato e portes de vegetação para coberturas vivas (MYROOFF, 2017)

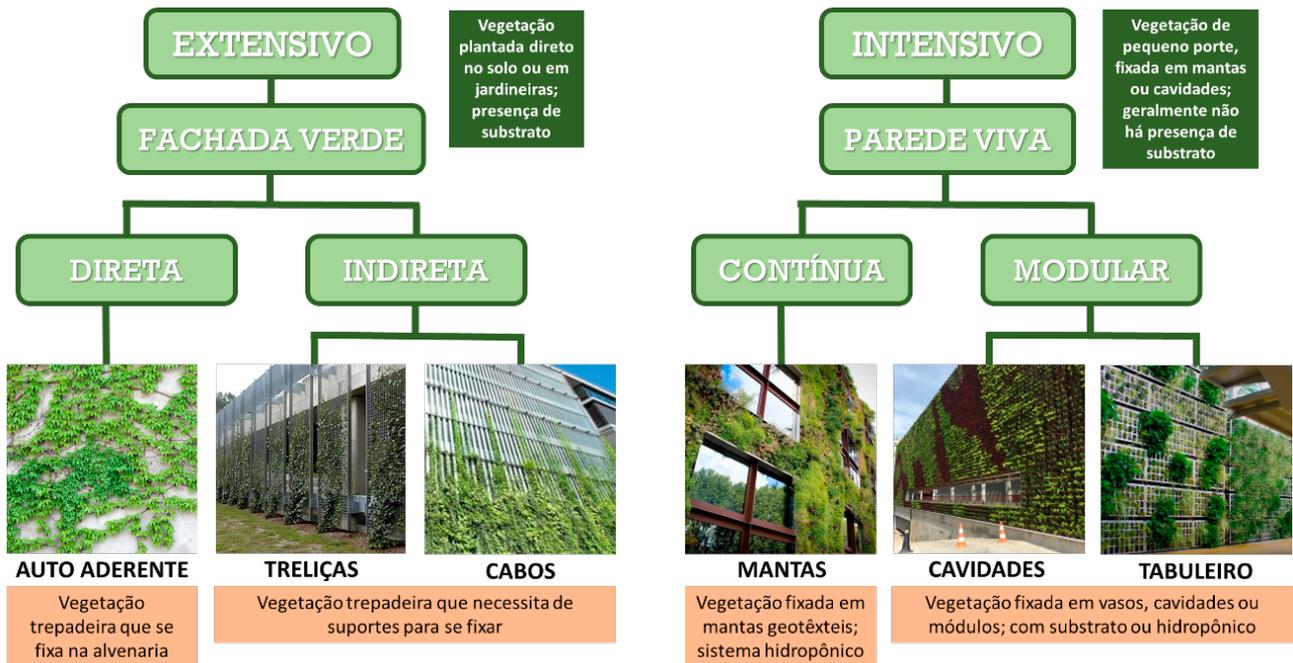


2.2 Jardins verticais

As paredes vegetadas ou jardins verticais referem-se ao revestimento de alvenarias ou outras estruturas verticais, com vegetação trepadeira ou de pequeno porte, onde as raízes do vegetal estão em contato direto com o solo ou com substrato acondicionado em outros suportes, como cavidades ou floreiras (DUNNETT; KINGSBURY, 2004).

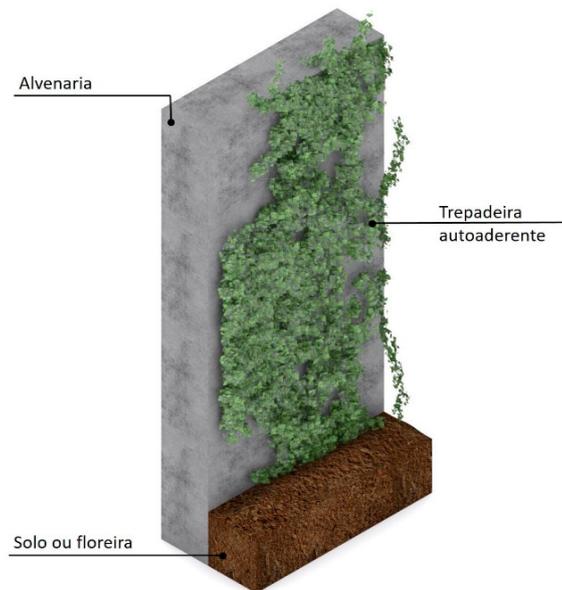
Assim como as coberturas vivas, os jardins verticais também são classificados em extensivos ou intensivos, dependendo da forma de implementação e do grau de dificuldade de execução e necessidade de manutenção. A figura 5 apresenta a classificação de diferentes sistemas de jardim vertical identificados atualmente, estando cada vez mais presentes e integradas com a arquitetura: fachadas com vegetação auto-aderente; cortinas verdes com uso de espécies trepadeiras que necessitam de suportes para o seu desenvolvimento (treliças ou cabos); paredes vivas que utilizam módulos ou painéis especiais com espécies de pequeno porte.

Figura 5. Esquema geral de classificação e execução dos jardins verticais



Sobre os sistemas extensivos, as fachadas verdes diretas são a forma mais natural e tradicional de jardim vertical, onde uma vegetação trepadeira auto aderente desenvolve-se cobrindo as alvenarias (Figura 6). Esta geralmente está fixada no solo, necessita de pouca ou nenhuma nutrição e irrigação. A manutenção com poda deve ser periódica para evitar o crescimento descontrolado. Algumas das espécies mais comuns são a *Parthenocissus tricuspidata* (hera japonesa ou falsa-vinha), *Hedera helix* (hera-inglesa) e a *Ficus pumila* (unha-de-gato ou falsa-hera).

Figura 6. Esquema de implantação da fachada verde direta



Já as fachadas verdes indiretas são sistemas onde uma vegetação trepadeira cresce auxiliada por suportes. Estes são fixados afastados das paredes e podem ainda estar em frente às aberturas ou regiões envidraçadas do edifício, atuando como elemento de controle solar. A vegetação pode ser plantada direto no solo ou em floreiras. Neste último caso, são necessários mais cuidados com nutrição e irrigação das espécies. A manutenção com poda é importante para controlar e direcionar o crescimento.

Os suportes para o crescimento e fixação das trepadeiras podem ser de formatos e materiais variados, distinguindo-se basicamente os sistemas com treliças e os com cabos (Figura 7). As espécies propícias são inúmeras, dependendo de cada região. Alguns exemplos para o sul do Brasil são a *Lonicera japonica* (madressilva), *Wisteria floribunda* (glicínia), *Thunbergia grandiflora* (tumbérgia-azul).

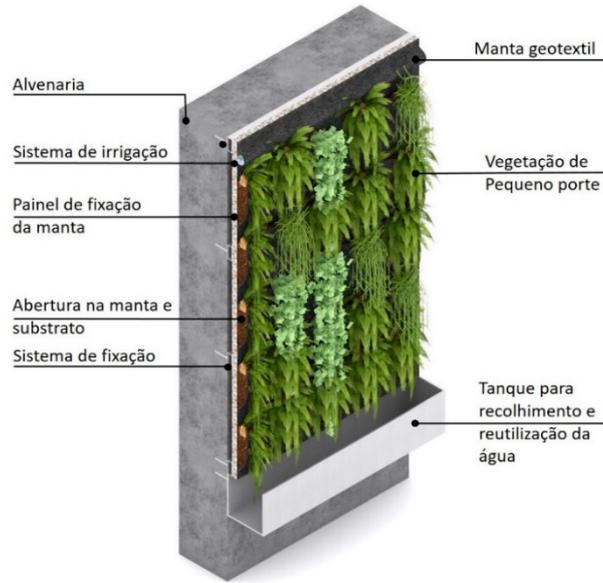
Figura 7. Esquemas de implantação de fachada verde indireta com treliça e com cabos



Os sistemas intensivos são assim denominados por demandarem maiores cuidados e custos de execução e manutenção, sendo classificados como contínuos ou modulares. São comumente tratados como elementos estéticos nas fachadas ou em ambientes internos, uma vez que a combinação de diferentes espécies com variados tons de folhagem e floração causam um efeito visual impactante. As espécies adequadas dependem de cada clima, mas geralmente são de pequeno porte, como folhagens, bromélias, samambaias, suculentas, etc.

A parede viva contínua é composta geralmente por uma manta geotêxtil, fixada nas alvenarias por meio de estrutura metálica, onde a vegetação é inserida em pequenas cavidades (Figura 8). As mudas são de pequeno porte, com pouco ou nenhum substrato (sistema hidropônico). Por este motivo, é necessário nutrição e irrigação constante para as espécies.

Figura 8. Esquema de implantação de parede viva contínua



Já nos sistemas modulares existe algum tipo de suporte para acondicionar espécies vegetais de pequeno porte, tais como vasos, floreiras, cavidades ou módulos especiais pré-fabricados. Estes módulos são geralmente fixados nas alvenarias com perfis metálicos e podem ser de materiais e tamanhos variados, por exemplo vasos plásticos; blocos cerâmicos com cavidades (Figura 9) ou tabuleiros (Figura 10). A quantidade de substrato é limitada pelo tamanho do módulo ou cavidade, por isso é necessário nutrição e irrigação adequadas para as espécies.

Figura 9. Esquema de implantação de parede viva com vasos plásticos e com blocos cerâmicos

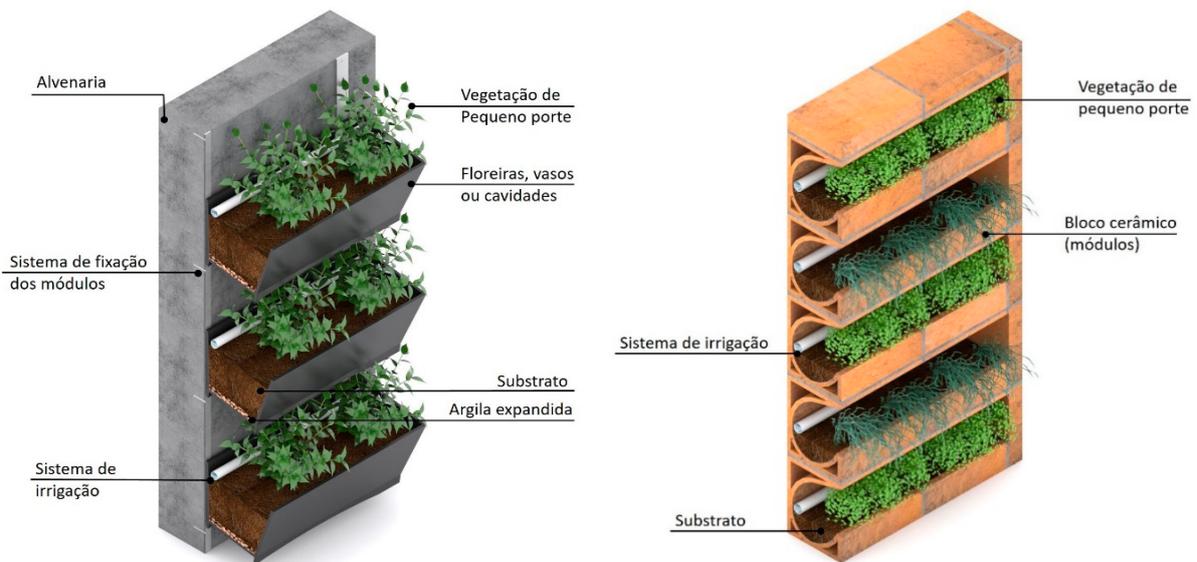
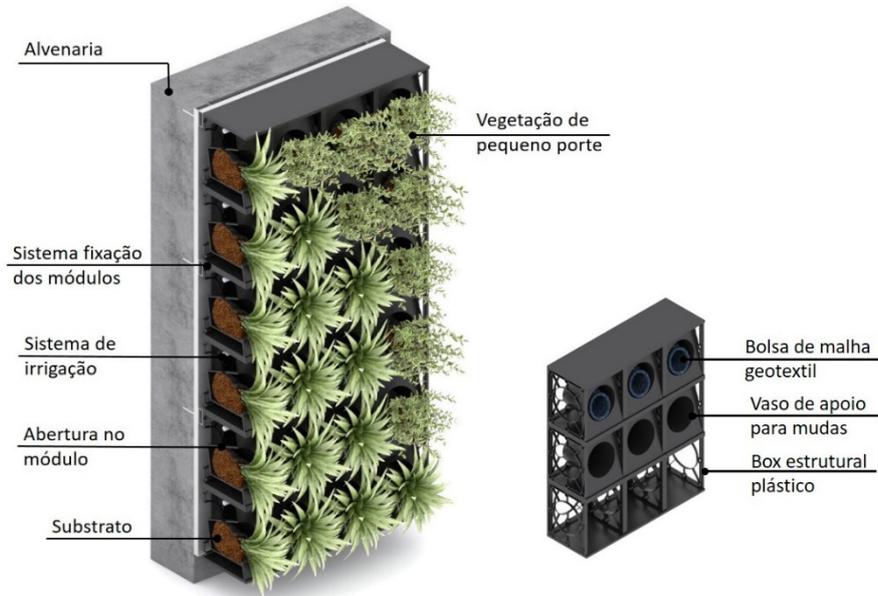


Figura 10. Esquema de implantação de parede viva com módulos tipo tabuleiro



3 Benefícios ao ambiente construído

Nos centros urbanos, com grande concentração de edificações e superfícies pavimentadas, ocorre o fenômeno denominado “ilha de calor”, no qual a temperatura do ar é mais alta do que na paisagem natural circundante. Isto é agravado, entre outros fatores, pela pequena quantidade de vegetação e pela poluição do ar nas cidades e ocorre porque as superfícies pavimentadas absorvem, retêm e refletem mais energia solar do que superfícies vegetadas. Esta elevação de temperatura é geralmente transferida para interior dos edifícios, afetando o conforto térmico e, conseqüentemente, aumentando a necessidade de energia para o condicionamento artificial.

As contribuições positivas do uso da vegetação integrada ao ambiente construído já são de amplo conhecimento e discutidas por diversos autores. Para Mascaró e Mascaró (2009, p.53), “a vegetação atua sobre os elementos climáticos em microclimas urbanos, contribuindo para o controle da radiação solar, temperatura e umidade do ar, ação dos ventos e da chuva e para amenizar a poluição do ar”. Além disso, a vegetação absorve gás carbônico para efetuar o processo de fotossíntese, liberando oxigênio e auxiliando na purificação do ar (IZARD; GUYOT, 1983). Isto é um fator de grande importância para diminuir o “efeito estufa” nas cidades. Este, por sua vez, ocorre quando a radiação de onda longa, o calor que é reemitido pelos materiais de construção, fica preso na atmosfera poluída urbana (HOPKINS; GOODWIN, 2011). Johnston e Newton (2004) complementam que a folhagem também contribui na medida em que possui capacidade de capturar partículas em suspensão, como poeira ou gases poluentes.

Porém, um dos efeitos mais evidentes do uso da vegetação está na redução da temperatura do ar através do processo de evapotranspiração, também chamado resfriamento evaporativo: a energia do sol é absorvida pela planta, resultando na perda de calor na atmosfera e na umidificação do ambiente. Além disso, o sombreamento causado pela vegetação diminui as temperaturas superficiais dos pavimentos e fachadas das edificações, uma vez que intercepta grande parte da radiação solar incidente (LYLE, 1994; MASCARÓ; MASCARÓ, 2005).

Um espaço gramado pode absorver maior quantidade de radiação solar e, por sua vez, irradiar uma quantidade menor de calor que qualquer outra superfície construída, uma vez que grande parte da energia absorvida pelas folhas é utilizada para seu processo metabólico, enquanto em outros materiais toda a energia absorvida é transformada em calor (ROMERO, 2000).

Rivero (1986) acrescenta que as folhas têm comportamento seletivo frente à radiação solar recebida, ou seja, absorvem, refletem e transmitem quantidades diferentes dependendo do comprimento de onda. Quase a totalidade do que absorvem, por exemplo, fica na faixa do espectro visível, necessário para as funções vitais da planta. Desta forma, apesar da quantidade de energia absorvida, a temperatura superficial da folha não é elevada, mantendo-se sempre abaixo da temperatura dos corpos inertes vizinhos.

A presença da vegetação, em uma proporção compatível com as áreas construídas, é, portanto, uma importante estratégia para manutenção da qualidade ambiental das cidades, atuando como termorregulador microclimático, uma vez que ameniza os extremos de temperatura e promove a umidificação do ambiente. Na escala da edificação, conforme avalia Givoni (1998) pode representar um modificador da ação dos ventos, favorecendo seu acesso ou resguardando a edificação, dependendo da situação climática de verão ou inverno. Conjuntamente, a exposição ao sol também pode ser alterada, beneficiando a condição de conforto interno e demandando menor consumo de energia para aquecimento no inverno e, principalmente, resfriamento no verão.

O mesmo autor ressalta ainda que, nas áreas urbanas, a utilização da vegetação também tem um efeito positivo no sentido estético e psicológico. O efeito estético, pelas propriedades ornamentais de cada espécie vegetativa, pela cor, textura, forma, altura, flores que modificam os ambientes visualmente, tornando espaços agradáveis dentro das zonas urbanas. No estado psicológico, traz ao usuário a sensação de bem estar, melhora o humor, melhora a relação social em praças, bosques, parques e onde há equipamentos de lazer e esporte.

Desta forma, entre os materiais de um projeto, o elemento vegetal pode ser incluído como um elemento técnico: trepadeiras crescem sobre paredes, a vegetação cria sombreamento, nos telhados verdes e jardins de cobertura usam-se plantas que valorizam o projeto, não somente paisagisticamente e/ou por motivo meramente

estético, mas também contribuem para amenizar/melhorar o ambiente urbano (COSTA, 2011).

Sobre o uso de coberturas vivas em edificações, Pouey (1998) analisa que estas são as áreas mais expostas à radiação solar e, portanto, deveriam ser as mais protegidas em termos de isolamento e inércia térmica, evitando o aquecimento nas regiões ou períodos mais quentes do ano. Neste sentido, Minke (2004), comenta que a vegetação possui capacidade de reduzir a amplitude de oscilação da temperatura entre o dia e a noite, através da evapotranspiração e da condensação da água. Este fenômeno será reforçado, ainda, pela relativamente alta capacidade térmica da cobertura verde, resultado da água contida na planta e no substrato. Desta forma, é comum que o isolamento térmico de uma cobertura viva seja maior que a de telhados convencionais, reduzindo a carga térmica que entra na edificação e a necessidade de climatização artificial.

A gestão das águas pluviais é outro benefício importante das coberturas vivas para o ambiente urbano. Tanto a vegetação como o substrato atuam sobre o controle do escoamento pluvial superficial, através dos processos de interceptação, armazenamento de água no solo e evapotranspiração (TASSI et al. 2014; YANG; YU; GONG, 2008). Conforme comenta Castro (2011), os efeitos dos telhados verdes no escoamento superficial consistem em: uma redução no volume e na velocidade da água escoada, devido a capacidade de retenção das plantas e atraso no pico do escoamento, pois ocorre absorção da água no telhado verde.

No nível do edifício, ainda é possível armazenar e reutilizar a água para fins não potáveis. As plantas e a terra da cobertura viva funcionam como um filtro natural da água, que pode ser armazenada para depois ser usada na irrigação do jardim ou nas bacias sanitárias (RIGHI et al, 2016).

A possibilidade de acessibilidade, o apelo estético para os ocupantes da edificação e o potencial para a agricultura urbana são igualmente benefícios proporcionados pelo uso de coberturas verdes (PECK et al., 2007).

Da mesma forma, os jardins verticais também causam um efeito visual interessante para a edificação e espaço urbano e trazem benefícios semelhantes aos proporcionados pelas coberturas vivas, inclusive a possibilidade de reter a água pluvial e contribuir para o balanço hídrico das cidades.

Em uma escala urbana, Peck et al (2007) ressaltam que o efeito dos jardins verticais pode ser superior ao obtido com telhados verdes, principalmente no caso de edifícios com vários pavimentos. Isso porque a área de superfície vertical é geralmente superior e abrange todos os pavimentos e não somente a cobertura.

Já na escala da edificação, os jardins verticais podem contribuir de forma significativa para o conforto térmico e, conseqüentemente, para a redução no consumo de energia para climatização das edificações. Köhler (2008) comenta que a redução na temperatura interna das edificações está relacionada tanto à área revestida por vegetação, quanto à espessura da camada vegetal.

Os diferentes tipos de jardim vertical atuam na melhoria do desempenho térmico das edificações pela combinação de diversos fatores. As fachadas verdes, com espécies trepadeiras auto-aderentes às paredes, por exemplo, agem como um revestimento isolante, mantendo uma camada de ar permanente entre a folhagem e a alvenaria. Cria-se, portanto, uma pele envolvendo o edifício, capaz de reduzir a energia necessária, tanto para aquecer, como para resfriar os ambientes internos (DUNNETT; KINGSBURY, 2004).

Os mesmos autores comentam que, para regiões climáticas nas quais o inverno é uma estação marcada por temperaturas baixas, é preferível utilizar uma trepadeira caducifólia na fachada com maior incidência de raios solares, e uma espécie perene nas fachadas sem incidência. Assim, se permite um maior ganho térmico por meio da fachada ensolarada e se evita a perda de calor nas demais. Espécies perenes, além de criarem uma camada isolante de ar, também protegem a edificação do vento frio de inverno. Já as espécies caducifólias, permitem a passagem dos raios solares no inverno e barram parcialmente a ação do vento por meio de seus galhos.

Por outro lado, as cortinas verdes, com espécies trepadeiras que necessitam de suporte e, por isso, podem ser posicionadas com certo afastamento das paredes ou áreas envidraçadas, representam uma importante estratégia de sombreamento da edificação. O bloqueio da radiação solar direta irá reduzir a carga térmica da edificação no verão e possibilitar menores gastos com climatização. Além disso, a evaporação e transpiração das plantas realizam naturalmente a refrigeração do ar, antes que este penetre no interior da edificação. Ainda, dependendo da forma de instalação, promove a ventilação pelo “efeito chaminé”, ou seja, o ar com temperatura mais amena entra pela parte inferior da cortina verde e o ar quente é expelido pela parte superior (DOERNACH, 1979 apud JOHNSTON; NEWTON, 2004).

Conforme comentam Hopkins e Goodwin (2011), a quantidade de sombreamento a ser fornecido pode ser manipulada, dependendo das espécies selecionadas, do sistema utilizado para fixação e apoio da planta e da altura definida como área a ser coberta pela vegetação. As densidades podem ser pensadas desde uma camada muito leve com menos de 10% de cobertura, até um fechamento quase total, de 80% ou mais.

Scherer e Fedrizzi (2015) complementam que, de uma forma geral, espécies decíduas são mais indicadas para uso em cortinas verdes de edificações em climas temperados ou subtropicais, onde há estação fria e quente, pois o dinamismo de sua folhagem proporcionará sombra nos períodos quentes e maior acesso da radiação solar nas épocas frias. Isto irá repercutir em um balanço energético mais natural e passivo, evitando o excesso de consumo de energia com climatização artificial, tanto para resfriamento como para aquecimento. Já as espécies perenes, com maior ou menor grau de densidade da folhagem, serão favoráveis para evitar o aquecimento demasiado de edifícios em climas tropicais ou equatoriais, com temperaturas altas o ano todo.

Outro benefício, citado por Johnston e Newton (2004) é que, ao contrário da crença popular, fachadas cobertas com vegetação são menos úmidas, outro fator que reduz a perda de calor por condutividade. As folhas evitam a penetração de excesso de água até a parede, que permanece seca.

Sobre os sistemas de jardim vertical intensivos, que utilizam módulos ou painéis especiais, alguns autores ressaltam que os benefícios para a regulação térmica da edificação não são significativos, se comparados aos altos custos de implantação e manutenção. Garrido (2011), comenta que a estrutura conceitual de um jardim vertical do tipo intensivo, ou parede viva, se assemelha a uma fachada ventilada, uma vez que a forma de fixação dos módulos gera uma camada de ar entre a parede. Por este motivo, suas vantagens são restritas ao verão e em locais de clima muito quente. O mesmo autor resalta que, em casos muito específicos de locais com clima seco, podem-se obter benefícios com a umidificação do ar e, por conseguinte, com a diminuição da temperatura do entorno.

Desta forma, a aparente sustentabilidade no uso desses sistemas é contraditória, na medida em que seu custo-benefício para a edificação é pequeno. O aspecto estético, neste caso, supera as vantagens ambientais. No entanto, é consenso que qualquer forma de jardim vertical representa um modo de aumentar a oxigenação do ar do entorno e, portanto o bem estar humano.

Os jardins verticais também se justificam como ecotécnicas por fazerem parte da lista de atributos de sustentabilidade das certificações ambientais para edificações, existentes nos âmbitos internacional e nacional. O selo *Leadership in Energy and Environment Design* (LEED), por exemplo, define como potencial tecnológico e estratégico o uso de vegetação em grades ou outras estruturas capazes de suportá-las, para a redução de ilhas de calor nos centros urbanos. O sistema de fachada vegetal garante a pontuação de créditos LEED, destacando-se principalmente nas categorias: paisagismo que reduz ilhas de calor urbano; água e paisagismo eficiente; tecnologias inovadoras de águas residuais; otimização e desempenho energético.

Seguindo esta mesma linha de pensamento, o uso de coberturas vivas e jardins verticais já vem sendo gradativamente considerado nos instrumentos legais das cidades a nível mundial, como medida compensatória para a retirada de camada vegetal ou corte de espécies nos locais de implantação de novos empreendimentos. Entende-se que as cidades brasileiras também devem aderir de forma mais enfática para o incentivo ao uso destas alternativas, através da implementação de legislações específicas ou programas de estímulo.

4 Considerações finais

Os estudos aqui levantados evidenciam que os aspectos positivos, os benefícios do uso da vegetação superam os possíveis pontos negativos, embora estes possam ser decisivos no momento do planejamento da edificação. Certamente ainda existe uma grande hesitação na área da arquitetura e construção civil em implementar mais sistemas de coberturas vivas e jardins verticais com vegetação. Isto se deve, entre outros aspectos, aos custos iniciais envolvidos, à necessidade de conhecimento técnico adequado, de manutenção extra, possibilidade de gerar patologias ou atrair fauna indesejada.

Van Bohemen, Fraaij e Ottele (2008) comentam que existe uma crença generalizada de que as plantas causam deterioração nos edifícios, que danificam o revestimento e suas raízes podem comprometer o sistema estrutural. Os mesmos autores sugerem, no entanto, que esses problemas são tratados de forma muito exagerada, salvo em situações de escolha inadequada do tipo de vegetação ou quando já existem patologias que são aceleradas pelo crescimento das plantas. É o caso da existência de rachaduras que acabam servindo de local para a vegetação se fixar ou crescer. Na maioria dos casos, o oposto é verdadeiro, a cobertura vegetal serve como proteção para os componentes da parede, prolongando sua vida útil.

Obviamente diversas recomendações devem ser observadas para o sucesso na implementação de sistemas com vegetação, sendo algumas:

- ♦ Avaliar detalhadamente as necessidades técnicas e estruturais para a execução do sistema selecionado;
- ♦ A vegetação a ser utilizada deve ser cuidadosamente escolhida, considerando sua estrutura natural, necessidade de sol ou sombra, adaptabilidade climática e também ao ambiente árduo da área urbana;
- ♦ Para a manutenção das plantas, deve ser previsto que elas necessitam de quantidade de água e nutrientes suficientes e também de podas regulares, seja para manter o efeito estético desejado ou para evitar possíveis danos.

Por fim, em uma análise financeira, deve-se considerar no cálculo do custo/benefício outros aspectos que direta ou indiretamente afetam o ciclo de vida em longo prazo da edificação: menores custos de energia para climatização, aumento do valor estético e ecológico, possibilidade de valorização do imóvel ou de melhor condição de vida para os ocupantes.

Referências bibliográficas

BRASIL. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão, Ministério do Meio Ambiente; elaboração de texto: Tereza Moreira. *Vamos cuidar do Brasil com escolas sustentáveis: educando-nos para pensar e agir em tempos de mudanças socioambientais globais*. Brasília: A. Secretaria, 2012.

CASTRO, A. S. *Uso de pavimentos permeáveis e coberturas verdes no controle quali-quantitativo do escoamento superficial urbano*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

COSTA, C. S. Jardins Verticais – uma oportunidade para as nossas cidades? *Arquitextos*, 133.6, 2011.

DUNNETT, N.; KINGSBURY, N. *Planting Green Roofs and Living Walls*. Portland: Timber Press, 2004.

FALCÓN, A. *Espacios verdes para una ciudad sostenible: planificación, proyecto, mantenimiento y gestión*. Barcelona: Gustavo Gili, 2007.

GARRIDO, L. de. *Sustainable architecture green in green*. Barcelona: Monsa, 2011.

GIVONI, B. *Climate Considerations in Building and Urban Design*. New York: Vnr, 1998.

HOPKINS, G.; GOODWIN, C. *Living architecture: green roofs and walls*. Collingwood: CSIRO Publishing, 2011. Disponível em <<http://books.google.com.br>>, acesso em 20 mai. 2012.

IZARD, J.; GUYOT, A. *Arquitectura bioclimática*. México D.F: G. Gili, 1983.

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

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

LYLE, J. T. *Regenerative design for sustainable development*. New York: John Wiley & Sons, 1994.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. *Vegetação Urbana*. Porto Alegre: Mais Quatro Editora, 2005.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. *Ambiência Urbana*. Porto Alegre: Mais Quatro Editora, 2009.

MINKE, G. *Techos Verdes: Planificación, ejecución, consejos prácticos*. Montevideo: Fin de Siglo, 2004.

MYROOFF. *Intensive green roof system*. Disponível em: <<https://myrooff.com/intensive-green-roof/>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

PECK, S. et al. Greenbacks from Green Roofs: Forging a New Industry in Canadá. *Research Highlight*, Technical Series 01-101. Ottawa: Canada Mortgage and Housing Corporation, 2007. Disponível em: <<http://www.cmhc-schl.gc.ca/odpub/pdf/62665.pdf>>. Acesso em: 7 jan. 2012.

POUEY, M.T.F. *Estudo experimental do desempenho térmico de coberturas planas: vegetação e terraço*. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – PPGEC. Porto Alegre: UFRGS, 1998.

RIGHI, D. P., KÖHLER, L. G., LIMA, R. C. A., SANTOS NETO, A. B., MOHAMAD, G. Cobertura verde: um uso sustentável na construção civil. *Mix Sustentável*, Florianópolis, V.2, n.2, p. 29-36, 2016.

RIVERO, R. *Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural*. Porto Alegre: D. C. Luzzatto, 1986.

ROMERO, M. A. B. *Princípios bioclimáticos para o desenho urbano*. São Paulo: Pro Editores, 2000.

SCHERER, M. J., FEDRIZZI, B. M. Desempenho das cortinas verdes no controle solar de edificações: um estudo experimental. *Cadernos PROARQ*, Rio de Janeiro, n.25, 2015.

TASSI, R.; TASSINARI, L. C. da S.; PICCILLI, D. G. A.; PERSCH, C. G. Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 139-154, jan./mar. 2014.

VAN BOHEMEN, H.D.; FRAAIJ, A.L.A.; OTTELE, M. Ecological engineering, green roofs and the greening of vertical walls of buildings in urban areas. *Ecocity World Summit*, San Francisco, 2008.

YANG, J.; YU, Q.; GONG, P. Quantifying Air Pollution Removal by Green Roofs in Chicago. *Atmospheric Environment*, v. 42, n. 31, p. 7266-7273, oct. 2008.

YEANG, K. *Proyectar com La naturaleza*. Barcelona: Gustavo Gili, 1999.