

**Área:** Sustentabilidade | **Tema:** Temas Emergentes em Sustentabilidade

**FELTRO AUTOMOTIVO: UMA SOLUÇÃO SUSTENTÁVEL E ACESSÍVEL PARA PRODUÇÃO DE  
MÓDULOS DE JARDIM VERTICAL**

**AUTOMOTIVE FELT: A SUSTAINABLE AND ACCESSIBLE SOLUTION FOR THE PRODUCTION OF  
VERTICAL GARDEN MODULES**

Luciana Rocha Ribeiro, Mineia Johann Scherer e Marcelo Antonio Rodrigues

**RESUMO**

O uso de jardins verticais é amplamente difundido principalmente devido aos benefícios relacionados ao conforto ambiental. No entanto, é o fator estético que o evidencia e contribui para a disseminação do seu uso. O emprego desta estratégia ganhou destaque em âmbito mundial a partir do sistema desenvolvido por Patrick Blanc, sistema hidropônico que tem como matéria-prima principal um material não-tecido. Entretanto, os sistemas de jardins verticais são ainda economicamente pouco acessíveis, neste sentido torna-se relevante a busca por materiais sustentáveis e de fácil acesso. Adotando como referência os sistemas de jardins verticais existentes no mercado, desenvolveu-se módulos de jardim vertical produzidos a partir de reuso de perfis de zinco, tendo como principal matéria-prima o feltro automotivo, material não-tecido, facilmente encontrado para compra. O feltro automotivo também é um material poroso, com baixo peso e boa retenção de água, o que é desejável para o cultivo de plantas ornamentais. O principal objetivo deste trabalho é apresentar e discutir o potencial do feltro automotivo como material sustentável e acessível para a produção de jardins verticais. Os módulos foram produzidos em 2018 e o cultivo do aspargo-pendente deu-se entre setembro do mesmo ano e junho de 2019, em local desprotegido, na cidade de Santa Maria - RS, sujeitos a intempéries da região. O feltro automotivo mostrou-se um excelente meio de produção da espécie observada. Porém, verificou-se que as mudas da primeira fileira tiveram menor crescimento quando comparadas as demais. Desta forma, conclui-se ser adequado o cultivo de aspargo-pendente nos módulos confeccionados, sendo este material uma alternativa sustentável e acessível para a produção de jardins verticais. No entanto, faz-se necessário novos estudos sobre o desenvolvimento não uniforme da vegetação, bem como a respeito da adaptabilidade de outras espécies ao sistema proposto.

**Palavras-Chave:** Jardim vertical. Feltro automotivo. Sustentabilidade

**ABSTRACT**

The use of vertical gardens is broadly disseminated mainly due to the benefits related to environmental comfort. However, it is the aesthetic factor that highlights it and contributes to the spread of its use. The use of this strategy has gained worldwide prominence from the system developed by Patrick Blanc, a hydroponic system that has as main raw material a non-woven material. However, vertical garden systems are still economically inaccessible, so the search for sustainable and easily accessible materials becomes relevant. Adopting the vertical garden systems on the market as a reference, this project aimed to developed vertical garden modules made from reuse of zinc profile using the automotive felt, a non-woven material, as the main raw material, as it is, easily found for purchase. Automotive felt is also a porous material with low weight and good water retention, which is desirable for growing ornamental plants. The main objective of this paper is to present and discuss the potential of automotive felt as a sustainable and affordable material for the production of vertical gardens. The modules were produced in 2018 and the *Asparagus densiflorus 'Sprengeri'* cultivation took place between September of the same year and June 2019, in an outdoor place, in the city of Santa Maria - RS, subject to weather conditions in the region. Automotive felt was an excellent means of production of the observed species. However, it was found that the seedlings of the first row had lower growth when compared to the others. Thus, it is concluded that the asparagus-pending cultivation is suitable in the modules made, being this material a sustainable and accessible alternative for the production of vertical gardens. However, further studies are needed on non-uniform vegetation development, as well as on the adaptability of other species to the proposed system.

**Keywords:** Vertical garden. Automotive felt. Sustainability

# FELTRO AUTOMOTIVO: UMA SOLUÇÃO SUSTENTÁVEL E ACESSÍVEL PARA PRODUÇÃO DE MÓDULOS DE JARDIM VERTICAL

## 1 INTRODUÇÃO

O uso de jardins verticais destaca-se como estratégia bioclimática no ambiente construído pelos benefícios relacionados ao conforto ambiental, tais como o conforto térmico, qualidade do ar, conforto acústico e visual. No entanto, entre os profissionais das áreas de arquitetura e paisagismo, é o fator estético que o evidencia e contribui para a disseminação do seu uso. O emprego desta estratégia ganhou destaque em âmbito mundial a partir do sistema desenvolvido pelo botânico francês Patrick Blanc, sistema hidropônico que tem como matéria prima principal um material não-tecido.

O termo “jardim vertical” refere-se as diversas formas de superfícies delimitadas de paredes com crescimento e desenvolvimento de vegetação. O conceito de paredes verdes é remoto, com exemplos na história da arquitetura chegando até os babilônios – com os famosos Jardins Suspensos da Babilônia. Porém, a popularização dos jardins verticais deu-se 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*.

No mercado atual, pode-se encontrar jardins verticais com variadas formas de instalação: estrutura de módulos de concreto, treliça metálica, painéis modulares de plástico e bolsa de manta (KÖHLER, 2008). As tipologias mais simples incluem as fachadas verdes diretas e indiretas de redes ou cabos e as paredes vivas modulares produzidas com vasos. Já os sistemas de maior complexidade, podem ser compostos por paredes vivas que utilizam blocos cerâmicos, telas de encaixe e sistemas contínuos. Estes termos são adotados por Manso e Castro-Gomes (2014, tradução nossa), onde os autores classificam os jardins verticais de acordo com suas técnicas de construção e características.

Os sistemas tidos como mais complexos tendem a custar mais devido a tecnologia empregada, necessidade de mão de obra especializada e maior demanda por manutenção, no entanto são os que apresentam melhor resultado estético. Sendo assim, estes sistemas ainda são pouco acessíveis em função da tecnologia empregada nos seus componentes, como o não-tecido patenteado por Patrick Blanc; ou pouco resistentes, como o feltro imputrescível de alta densidade, com necessidade de maior manutenção, o que eleva seu custo. O custo de um jardim vertical pode variar imensamente, visto que este tipo de jardim se divide em dezenas de tipologias (CAMPUS, 2015).

Neste sentido, torna-se relevante a busca por materiais sustentáveis e acessíveis para a produção de jardins verticais. Pode-se citar a reciclagem de materiais, principalmente a reciclagem industrial de resíduos têxteis, porém este processo para transformação em fios é complexa. Outra solução para o aproveitamento desses resíduos sem muita complexidade, seria na produção de estopas, no qual não é necessário a eliminação dos tingimentos, mas somente a fragmentação dos retalhos, processo semelhante a produção do feltro automotivo. O feltro automotivo é um material não-tecido, oriundo de restos têxteis de chão de fábrica calandrados, facilmente encontrado para compra. O feltro automotivo também é um material poroso, com baixo peso e boa retenção de água, o que é desejável para o cultivo de plantas ornamentais.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é apresentar e discutir o potencial do feltro automotivo como material sustentável e acessível para a produção de módulos de jardins verticais, bem como descrever o processo de confecção dos módulos de jardim vertical produzidos a partir do feltro automotivo e perfis de zinco reaproveitados e apresentar os resultados iniciais do estudo sobre o cultivo de plantas ornamentais em módulos de feltro automotivo.

## 2 JARDIM VERTICAL

Os termos “jardim vertical”, “parede verde”, “parede vegetada”, “parede viva” são termos gerais que abrangem diferentes modelos de sistemas que permitem o crescimento e desenvolvimento de vegetação em superfícies verticais – fachadas, paredes, paredes cegas, paredes de divisórias, etc. (PECK *et al.*; 1999; KONTOLEON; EUMORFOPOULOU, 2010; PÉREZ *et al.*, 2011; MANSO; CASTRO-GOMES, 2014, tradução nossa).

O uso de jardins verticais é antigo, com exemplos na história da arquitetura chegando até os babilônios – com os famosos Jardins Suspensos da Babilônia. No entanto, existem poucas evidências arqueológicas para apoiar a suposta escala maciça desses jardins suspensos da antiga Mesopotâmia. Do ano 3 a. C ao 17º d. C há registros sobre os muros cobertos por videiras dos quintais dos palácios no Mediterrâneo e do Império Romano, o que caracterizam a primeira forma de fachada verde como são conhecidos na atualidade (SHARP *et al.*, 2008).

Nos séculos XVII e XIX, em cidades como Berlim e Munique na Alemanha, era costume o plantio de vegetação nas edificações de aluguel em substituição aos acabamentos externos das alvenarias. Também era tradicional no país o uso de vegetação em fachadas de moinhos, servindo como uma camada extra de isolamento com o objetivo de evitar o aquecimento excessivo do maquinário no interior da edificação (KÖHLER, 2008). No entanto, apenas durante o século XX, com as cidades-jardim, ocorreu a integração do jardim com a construção através de elementos construídos como pérgolas, estruturas de treliças e plantas trepadeiras auto aderentes (SHARP *et al.*, 2008). Através deste movimento também surgiram incentivos para instalação de fachadas verdes (MANSO; CASTRO-GOMES, 2014).

Conforme Leenhardt (1994), com a ascensão do movimento moderno, a integração da vegetação com a arquitetura aconteceu principalmente com o conceito de teto-jardim. O uso das trepadeiras aderentes em fachadas decaiu devido a necessidade de podas e demais cuidados regulares desestimulavam seu uso. Segundo Sharp, *et al.* (2008), no início da década de 1990 houve a introdução no mercado Norte Americano dos sistemas de cabos de aço inoxidável e painéis modulares de treliça para fachadas verdes. Em 1993, ocorreu a primeira grande instalação de um sistema de treliças na *Universal City Walk*, em Los Angeles, na Califórnia. No ano de 1994 foi instalada no edifício Canada Life, em Toronto, Canadá, a primeira de parede viva com sistema de biofiltração.

No entanto, o uso de paredes vegetadas ganhou grande popularidade 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). Blanc trabalhou para o *Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)*, especializado em plantas de sub-bosque tropical, espécies utilizadas em grande parte de seus jardins verticais. O botânico francês desenvolveu um circuito de recirculação fechada com água de irrigação e nutrientes. Ele também impulsionou o uso da vegetação local, para que tenha melhor adaptação às alterações climáticas (Ecotelhado, 2019).

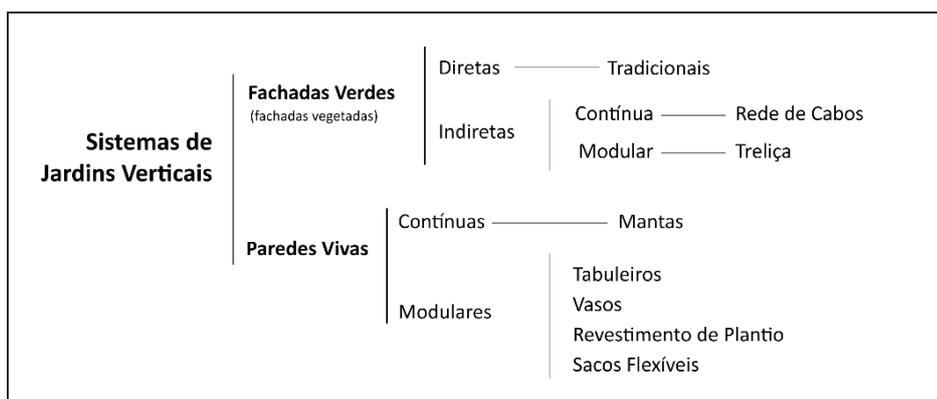
### 2.1 SISTEMAS DE JARDINS VERTICAIS

Considerando o desenvolvimento recente da tecnologia de jardins verticais é importante identificar e classificar os diferentes sistemas, de acordo com suas técnicas de construção e características (MANSO; CASTRO-GOMES, 2014, tradução nossa). Desta forma faz-se necessário apresentar a classificação dos diferentes tipos de jardins verticais.

Sharp *et al.* (2008), Pérez *et al.* (2011) e Manso e Castro-Gomes (2014), classificam os sistemas em dois grandes grupos: as Fachadas Verdes e as Paredes Vivas. Para Pérez *et al.* (2011), há também a inclusão das subdivisões extensivo e intensivo – baseadas na

complexidade construtiva, custo de implementação e na manutenção adicional. Os sistemas extensivos possuem fácil construção e manutenção; e os intensivos caracterizam-se pelas complexas construção e manutenção. No entanto, Manso e Castro-Gomes (2014), propõem a classificação das paredes verdes conforme os diferentes sistemas existentes e suas características de construção, sem o uso da subdivisão extensivo e intensivo. A classificação proposta por Manso e Castro-Gomes (2014) é apresentada na Figura 1.

Figura 1- Classificação dos sistemas de jardins verticais segundo com Manso e Castro-Gomes



Fonte: Adaptado de Manso e Castro-Gomes (2014).

Os conceitos mais recentes de paredes que incluem materiais e ecologia para suportar uma grande variedade de plantas, criando um crescimento uniforme ao longo da superfície. Para estes autores, as fachadas verdes ou vegetadas subdividem-se em direta e indireta, sendo que as indiretas se subdividem em contínuas e modulares, da mesma forma acontece como as paredes vivas. Neste trabalho é adotada a classificação proposta por Manso e Castro-Gomes (2014).

### 2.1.1 Fachadas Verdes

O conceito de fachadas verdes é fundamentado na inserção de plantas trepadeiras ao longo de uma parede. A vegetação pode crescer diretamente sobre a superfície vertical da parede ou fixadas na estrutura inserida sobre a superfície vertical – nesse caso, encontram a uma certa distância da parede (DUNNETT; KINGSBURY, 2008). Quando as plantas crescem diretamente na parede, a fachada verde é classificada por Manso e Castro-Gomes (2014) como “direta”, porém quando crescem direcionadas por sistemas adjacentes e independentes da parede são chamadas de “indiretas”. Geralmente, as novas soluções de fachadas verdes são do tipo indiretas, pois incluem a estrutura de suporte vertical para o desenvolvimento das plantas. Em ambas as classificações as plantas podem ser enraizadas diretamente no solo ou em recipientes com substrato, e conduzidas para desenvolverem-se ao longo da estrutura de suporte. Por tanto, as fachadas verdes são divididas em diretas e indiretas.

#### 2.1.1.1 Fachadas Verdes Diretas

As diretas são também chamadas de tradicionais, já as indiretas são subdivididas em contínuas (compostas pelas redes de cabos) e modulares (que abrangem os sistemas de treliças). Fachadas Verdes Tradicionais ou Diretas

Conforme Manso e Castro-Gomes (2014), as fachadas verdes tradicionais (diretas) são aquelas onde as plantas fixam-se diretamente na parede. A vegetação neste tipo de sistema é

plantada na base das paredes, no solo, em vasos intermediários ou mesmo em telhados. Nestes sistemas as espécies levam em torno de 3 a 5 anos para atingir a cobertura total. Quando o objetivo é recobrir fachadas, tem que se levar em consideração a posição que será plantada a muda, sendo indicados os lugares com mais sombra (SHARP *et al.*, 2008).

Geralmente, no sistema tradicional são utilizadas plantas trepadeiras como *Hedera helix* (hera-inglesa), pois a estrutura da raiz secundária dessa espécie permite que a planta se fixe diretamente a uma parede, cobrindo superfícies inteiras. No entanto, suas raízes secundárias podem causar degradação no reboco e na pintura, ocasionando reparo na parede quando se opta pela remoção das plantas da fachada. Outros exemplos de plantas trepadeiras utilizadas nas fachadas verdes são a *Parthenocissus tricuspidata* (falsa-vinha) e a *Ficus pumila* (unha-de-gato ou falsa-hera) (DUNNETT; KINGSBURY, 2008).

### 2.1.1.2 Fachadas Verdes Indiretas

Os sistemas indiretos, também chamados de cortinas vegetais ou dupla-fachada verde, incluem os sistemas contínuos e os modulares. Estes sistemas são inovações tecnológicas surgidas na Europa e na América do Norte que resultaram no desenvolvimento de estruturas para apoiar as plantas trepadeiras, mantendo-as afastadas das paredes e de outras superfícies da construção (SHARP *et al.*, 2008).

Os sistemas de cabos (contínuos) são baseados em um único suporte de estrutura que direciona o desenvolvimento das plantas ao longo de toda superfície (MANSO; CASTRO-GOMES, 2014). Conforme Sharp *et al.* (2008), os cabos usados em fachadas verdes que são dimensionados para suportar o crescimento plantas com folhagem mais densa (Figura 2A). As malhas de arame, também consideradas como sistema por cabos (Figura 2B), elas são usadas para suportar plantas de crescimento mais lento que precisam de suporte adicional fornecendo espaçamentos menores que os cabos. As malhas são mais flexíveis e proporcionam um maior grau de aplicações do que cabos. Ambos os sistemas usam cabos de aço de alta resistência, âncoras e equipamento suplementar. No Brasil, o sistema de cabo pode ser encontrado no mercado com o nome de brise vegetal, desenvolvido pela empresa Ecotelhado o sistema é composto por jardineiras metálicas dispostos ao longo da parede, dessas jardineiras partem cabos de aço inoxidável, com função de conduzirem as plantas trepadeiras (ECOTELHADO, 2019).

Figura 2 - Sistema de cabos e malhas: (A) Sistema de cabos; (B) Sistema de cabos e malhas



Fonte: Adaptado de Sharp *et al.* (2008).

As treliças modulares são soluções semelhantes aos cabos, mas resultam da instalação de vários elementos modulares ao longo da superfície (MANSO; CASTRO-GOMES, 2014). Conforme Sharp *et al.* (2008), o sistema consiste em um painel tridimensional rígido e leve feito de fio de aço galvanizado e soldado (Figuras 3A e 3B). Os módulos podem ser sobrepostos e unidos para cobrir grandes áreas. Desta forma também podem ser utilizados para criar formas

e curvas. Segundo Sharp *et al.* (2008), por serem produzidos com material rígido, os módulos podem se estender entre estruturas e também pode ser usado para paredes verdes autônomas.

### 2.1.2 Paredes Vivas

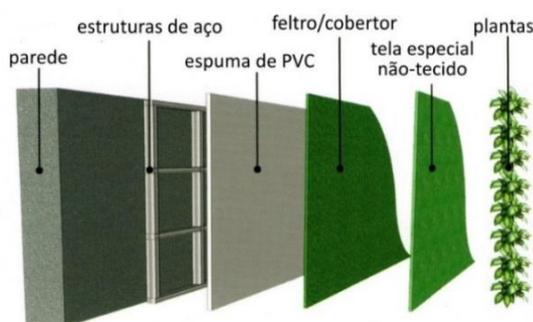
Conforme Manso e Castro-Gomes (2014), os sistemas de paredes vivas são uma área bastante recente de inovação no campo de revestimento de paredes. Esse sistema surgiu para permitir a integração da natureza as paredes de edifícios altos, permitindo a cobertura rápida de grandes superfícies e um crescimento uniforme ao longo da superfície vertical, atingindo grandes alturas e adaptando-se a todos os tipos de edifícios, também permitem a integração de uma variedade maior de espécies de plantas. As paredes vivas são classificadas em dois tipos de acordo com o seu método de aplicação: os contínuos e os modulares (SHARP *et al.*, 2008; MANSO; CASTRO-GOMES, 2014). Nesta tecnologia a vegetação pode ser pré-plantada ou plantada diretamente nas estruturas do sistema.

#### 2.1.2.1 Paredes Vivas Contínuas

Os sistemas contínuos são baseados na aplicação de telas leves e permeáveis nas quais as plantas são inseridas individualmente (CORRADI, 2009; BRIBACK, 2011). Estes sistemas são conhecidos como “jardins verticais”, nome dado pelo botânico francês Patrick Blanc responsável pelo primeiro jardim vertical, mais tarde chamado como *mur vegetal* em 1994. O botânico disseminou a aplicação deste tipo de sistema ao redor o mundo e seu trabalho está incluído em vários edifícios de arquitetos famosos.

A tecnologia desenvolvida por Patrick Blanc, é um sistema hidropônico que tem como matéria prima um material não-têxtil (tela especial). Segundo Jican e Aihong (2019), a tela especial patenteada por Blanc, proporciona benefícios ao sistema radicular da planta. O sistema do botânico francês é composto pela estrutura de aço, espuma de PVC (policloreto de vinila), feltro/cobertor, tela especial (não-tecido) e pelas plantas. Conforme Manso e Castro-Gomes (2014) o sistema possui ainda irrigação embutida, no qual a água é coletada na base da parede e recirculada de volta ao topo. Os jardins verticais de Patrick Blanc são considerados contínuos pois as espécies não encontram barreiras físicas para se desenvolverem. Um esquema do sistema desenvolvido pelo botânico é apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Sistema desenvolvido por Patrick Blanc



Fonte: Adaptado de Jican e Aihong (2019).

Conforme Blanc (2008), a alta capilaridade do feltro garante a melhor distribuição da água na parede viva. A estrutura metálica, presa à parede, permite um afastamento entre o

sistema e a construção, formando um bolsão de ar, transformando o sistema em um excelente isolante térmico e acústico, mantendo a integridade do prédio. Inúmeros sistemas de paredes vivas contínuas semelhantes ao de Patrick Blanc foram desenvolvidos por diferentes empresas, entre eles o sistema produzido pelo movimento 90°.

A estrutura básica dos jardins verticais produzidos pelo movimento 90° é composto por placas de chapa ecológica impermeáveis e duas camadas de feltro imputrescível de alta densidade onde são abertos bolsos que irão acolher as plantas. As placas são fixadas de 5 a 10 cm da parede através de espaçadores e complementadas por um sistema de irrigação automatizado que garante a constante nutrição das plantas. Entre a parede e as chapas impermeáveis cria-se um espaço permitindo a circulação do ar entre a parede e as chapas. A chapa ecológica ajuda a suportar as plantas e as mantas de feltro e garante o isolamento da umidade do jardim com relação à parede. A primeira camada de feltro permite o acumulo de água, nutrientes e fixação das raízes. Já na segunda camada, do mesmo feltro, é realizada a abertura de bolsos para colocação das espécies vegetais. No espaço formado entre as camadas de feltro as plantas enraízam no substrato e no feltro. Nesse processo as duas mantas de feltro são grampeadas à placa de material reciclado, sendo que na segunda são abertos rasgos horizontais, de cerca de 20 cm, para formar os bolsos aonde irão se instalar as plantas com substrato (Figura 4A).

Figura 4 – Paredes vivas contínuas: (A) Parede de feltro imputrescível de alta densidade (B) Parede produzida com espuma fenólica



Fonte: (A) Casa Vogue (2017); (B) Greenwalls (2019).

Pertencente a mesma categoria, o sistema com espuma fenólica, própria para o plantio de vegetação, onde a espuma substitui o feltro formando um grande bloco de espuma, é o local de desenvolvimento da vegetação, como pode ser observado na Figura 4B (GREENWALLS, 2019). Para garantir a continuidade do sistema, cada bloco normalmente inclui um sistema de intertravamento conectando a um bloco a outro. Esse elemento pode ser uma tela formando uma grade para evitar que as plantas caiam (MANSO; CASTRO-GOMES, 2014).

#### 2.1.2.2 Paredes Vivas Modulares

Os sistemas modulares de paredes vivas, tem origem mais recente, conforme Dunnett e Kingsbury (2008). Os módulos são elementos que incluem o meio de cultura em que as plantas podem desenvolver-se. Cada elemento é composto por uma estrutura complementar ou fixado diretamente na superfície vertical. Os tipos de sistemas modulares diferem entre si na sua composição, peso e montagem. Os módulos podem ser justapostos formando painéis que podem ser fixados em uma estrutura de suporte ou diretamente na parede, como os blocos cerâmicos e de concreto. Eles podem ser em forma de tabuleiros, vasos, telhas ou sacos flexíveis (MANSO; CASTRO-GOMES, 2014).

Conforme Sharp *et al.* (2008), estes módulos podem ser feitos de plástico, poliestireno expandido, tecido sintético, argila, metal e concreto, e apoiar uma grande diversidade e

quantidade espécies vegetais (samambaias, arbustos baixos, perene flores e plantas comestíveis). Devido à grande diversidade e densidade de espécies utilizadas nesse tipo de sistema, paredes vivas normalmente exigem maior manutenção (suprimento de nutrientes para fertilizar as plantas) que as fachadas verdes. Existem várias formas de paredes vivas, as principais diferenças são as que ocorrem entre projetos de interiores e externos.

Neste tipo de jardim vertical, a irrigação é fornecida em diferentes níveis ao longo da parede, usando a gravidade para mover a água através do meio onde as plantas se desenvolvem. Os sistemas modulares costumam ser pré-desenvolvidos, proporcionando um efeito verde "instantâneo" após a conclusão da instalação (SHARP *et al.*, 2008). Segundo Manso e Castro-Gomes (2014), os tabuleiros geralmente são recipientes rígidos, acopláveis entre si, que sustentam das plantas e peso do substrato (Figura 5A). Conforme os autores, as paredes vivas de vasos são produzidas por uma estrutura de aço galvanizado (Figura 5B) ou madeira (Figura 5C), onde os vasos são fixados. Os vasos geralmente são de plástico ou fibra de coco.

Figura 5 - Sistemas modulares de paredes vivas: (A) módulos de tabuleiros; (B) parede viva de vasos com estrutura de aço galvanizado; (C) vasos fixados em madeira



Fonte: (A) Landlab (2019); (B) Cruciol Barbosa e Fontes (2016); (C) Jornal MS (2019).

Os revestimentos de plantio são módulos que além de receberem as plantas também cumprem a função de revestimento interno ou externo. Os módulos são assentados diretamente na parede com argamassa. No Brasil são utilizados revestimentos de plantio produzidos em concreto e cerâmica. Os sacos flexíveis são confeccionados com materiais leves, de feltro ou tecidos, que permitem a aplicação de vegetação em superfícies com diferentes formas, como superfícies curvas ou inclinadas. Conforme Cruciol Barbosa e Fontes (2016), geralmente estes módulos são vendidos para jardinagem amadora.

### 3 RECICLAGEM DE TECIDOS

Segundo o site EcoD (2019), a reciclagem de tecidos consiste no processo de reutilizar resíduos têxteis e transformá-los novamente em fios que poderão ser utilizados na fabricação de produtos como estopas, colchões, papel moeda, sapatos, automobilísticos e mobiliários. A reciclagem pode ser feita de forma artesanal ou industrial. O processo pode ser feito a partir de retalhos de roupas, toalhas, cortinas ou outros tecidos usados no dia a dia ou ainda de sobras de aparas têxteis de outras empresas, como indústrias de confecção.

O processo de reciclagem manual é simples e consiste na reutilização das sobras dos tecidos para fazer artesanatos, como bonecas de pano, ecobags, colchas, tapetes, roupas, portadocumentos, capas de caderno, marcadores de livros e uma infinidade de objetos. Já o processo industrial é mais complexo e divide-se nas etapas de separação, trituração, beneficiamento, fiação, tecelagem e tingimento. Na separação os retalhos em bom estado são separados por cor, matéria-prima e comprimento de fibra. Na trituração os tecidos seguem para uma máquina que tritura o material em pedaços muito pequenos, até ficarem praticamente desmanchados. Durante o beneficiamento o material triturado é enviado para outra máquina, onde é adicionado a uma mistura de poliéster. Já fiação consiste na passagem do material por uma maçarocadeira e por

um filatório e a fibra é transformada em fio. Na tecelagem o fio é finalmente transformado em tecido e após a tecelagem, o tecido é tingido com a cor desejada, caso necessário. De modo geral, o processo de reciclagem do tecido pode gerar benefícios como a redução da poluição do meio ambiente, economizar matéria-prima, água e energia, melhorar a limpeza da cidade, aumentar a vida útil dos aterros sanitários e gerar empregos (EcoD, 2019).

Conforme exposto, a reciclagem industrial de resíduos têxteis para transformação em fios é complexa, uma solução para o aproveitamento desses resíduos com menor complexidade, é a transformação de restos de tecidos em não-tecidos. Um exemplo mais simples deste processo é produção de estopas, no qual não é necessário a eliminação dos tingimentos, mas somente a fragmentação dos retalhos.

### 3.1. TECIDOS

Conforme a NBR 12546 (ABNT, 2017), tecido é uma estrutura produzida pelo entrelaçamento de um conjunto de fios de urdume e outro conjunto de fios de trama, formando ângulo de (ou próximo a) 90°. O urdume é um conjunto de fios dispostos na direção longitudinal (comprimento) do tecido, já a trama - Conjunto de fios dispostos na direção transversal (largura) do tecido.

### 3.2 NÃO-TECIDOS

O nome não-tecido vem do fato de que este material, não passa por teares, comuns na fabricação de tecidos, durante seu processo de fabricação. Assim sendo, as fibras não são tecidas pelo modo convencional, passando a ser designado como não-tecido. Conforme a norma NBR-13370 (2002), não-tecido é uma estrutura plana, flexível e porosa, constituída de véu ou manta de fibras ou filamentos, orientados direcionalmente ou ao acaso, consolidados por processo mecânico (fricção) e/ou químico (adesão) e/ou térmico (coesão) e combinações destes. O não-tecido também é conhecido como *nonwoven* (inglês), *notejido* (espanhol), *tessuto nontessuto* (italiano), *nontissé* (francês) e *vliesstoffe* (alemão).

Segundo a Associação ABINT – Associação Brasileira da Indústria de Não-Tecidos e Tecidos Técnicos (2005), de modo geral, a indústria papeleira, a têxtil (fiação e acabamento) e a do plástico, influenciaram muito nas tecnologias hoje existentes. No mundo é prática, e os não-tecidos basicamente podem ser classificados pelo processo de fabricação, matérias primas, características das fibras/filamentos, processo de consolidação, gramatura, processo de transformação e/ou conversão, ou associação desses elementos. O TNT (Tecido Não-Tecido), também é exemplo de um não-tecido, pois não é tecido em teares, sendo feito por prensagem.

Quanto a gramatura os não tecidos são classificados em leve, médio, pesado e muito pesado, a gramatura é o peso por unidade de área. O peso leve possui peso menor que 25 g/m<sup>2</sup>, o médio entre 26 e 27 g/m<sup>2</sup>, já o pesado entre 71 e 150 g/m<sup>2</sup> e o muito pesado possui peso acima de 150 g/m<sup>2</sup> (ABINT, 2005).

Há ainda a classificação do feltro conforme o processo de produção da manta, também chamada de véu. Este processo pode ser via seca, úmida ou fundida. Conforme a ABINT (2005) a manta é a estrutura do feltro ainda não consolidada, formada por uma ou mais camadas de véus de fibras ou filamentos obtidos pelos três processos distintos citados. Após a formação do véu ou da manta é necessário realizar a consolidação (união das fibras ou filamentos), que em grande parte dos não-tecidos também dão o acabamento necessário para o produto final. Existem três métodos básicos para consolidação/acabamento de não-tecidos, que também podem ser combinados entre si: mecânico (fricção), químico (adesão) e térmico (coesão).

Os não-tecidos são fornecidos normalmente em grandes rolos, podendo sofrer processo posterior de transformação ou conversão. Estas transformações incluem: corte em menores larguras e peças, confecção, dublagem, impregnação, cobertura, adesivagem, tingimento, estampagem, impressão, chamuscagem, laminação, dentre outras; inclusive alguns processos de consolidação que foram mencionados (agulhagem, calandragem, resinagem, costura e outros). Ainda conforme a ABINT (2005), quanto às matérias primas utilizadas na produção dos não-tecidos, na maioria dos casos, as fibras/filamentos representam a principal matéria-prima na fabricação dos não-tecidos. Sua proporção nos produtos finais varia de 30 a 100%. É sempre indispensável a indicação nominal e porcentual da composição de suas matérias primas constituintes. As propriedades das fibras/filamentos somadas às fornecidas pelo processo de fabricação/consolidação/transformação definem as características finais dos não-tecidos e também seu desempenho.

As principais fibras/filamentos são: as artificiais, como viscose, vidro, silicone, acetato; os naturais, que incluem a lã, algodão, coco, sisal, cashmere, asbesto, metálicas (níquel-cromo, cério-cromo) e cerâmicas; e as sintéticas, principalmente o poliéster, polipropileno, poliamida (nylon), poliacrilonitrila (acrílico), polietileno, policarbonato.

Já os ligantes (resinas) são produtos químicos usados para consolidação, transformação e acabamento dos não-tecidos e podem ser dispersões poliméricas – látex sintético (polímero insaturado de butadieno), polímeros de ácido acrílico, polímeros vinílicos (acetato de vinila, éter vinílico, cloreto de vinila), ou copolímeros destes; soluções – poliuretana e borracha silicônica ou sólidos (pós e pastas) – termoplásticos (copoliâmidas, polietileno, EVA e PVC) e termofixos (resina fenólica).

As propriedades das fibras/filamentos representam um dos principais fatores na determinação das características dos não-tecidos. Podemos citar algumas propriedades das fibras/filamentos como: comprimento; tipo de seção transversal (circular, triangular, oca, trilobal); título (decitex ou denier = massa em gramas por 10.000m ou 9.000m de comprimento); matéria-prima; ponto de amolecimento e fusão; afinidade tintorial; frisagem; acabamento; e outras.

### **3.2.1 Aplicações e Usos Finais dos Não-Tecidos**

Conforme a ABINT (2005), existem muitos usos para os não-tecidos, desta forma relacionamos abaixo apenas as principais segmentações de mercado com suas aplicações são:

- automobilismo, como isolamento térmico e acústico (anti-ruídos), base de peças moldadas, acabamento superficial, 1a e 2a base de *tufting*, tetos, separador de bateria, revestimento interno de laterais, reforço de bancos, filtros e outras; no comércio, em embalagens, sacos e fitas decorativas, invólucros de calçados e presentes, revestimento para estojos, decoração de vitrines e outras

- construção civil, como armadura de sistemas asfálticos, na impermeabilização de lajes, telhados e subsolos, como isolante térmico e acústico de tetos e paredes, outras.

- uso doméstico, em pano de limpeza para polir, limpar ou enxugar; forração para carpetes, tapetes, cortinas, decoração de paredes, cobertores, toalhas de mesa, persianas, saches de chá e café, filtros de óleo, guardanapos, proteção das molas dos colchões e estofados, substrato de laminados sintéticos para móveis, em enchimento de colchas e edredons, outras.

- filtração: de sólidos, líquidos (óleos, solventes químicos) e outras impurezas; de alimentos, ar, óleos, minerais, coifas, exaustores, filtração de óleos de usinagem e para indústrias;

- higiene pessoal, em produtos como véu de superfície de fraldas, fraldões (incontinência), absorventes femininos, lenços umedecidos para limpeza de bebês e higiene de adultos e pacientes médicos.
- industrial, como elemento filtrante para líquidos e gases, cabos elétricos, fitas adesivas, plástico reforçado para barcos, tubulações e peças técnicas, abrasivos, correias, etiquetas, disquetes para computador, pisos plásticos, envelopes, outras.
- médico hospitalar, em produtos descartáveis tais como máscaras, gorros, toucas, aventais, sapatilhas, ataduras, gazes e outros. Nas áreas éticas ou ambulatoriais, em fronha, campos operatórios, bandagens e curativos.
- obras geotécnicas e de engenharia, os chamados geotêxteis para estabilização do solo, drenagem, controle de erosão, recapeamento asfáltico, reforço, canais e contenção de encostas.
- vestuário, entretelas de modo geral para confecções, componentes e matérias-primas para calçados e tênis, roupas infantis, enchimento de jaquetas, ombreiras, roupas protetoras do usuário e do ambiente.

### *2.3.1.1 Geotêxteis e Feltro Automotivo*

Conforme apresentado anteriormente os geotêxteis e o feltro automotivo, são considerados não-tecidos, tendo suas diferenças no modo de produção e aplicação. De acordo com a NBR 12553 (ABNT, 2003), os geotêxteis são considerados produtos geossintéticos. O termo geossintético é uma denominação genérica de produtos poliméricos (sintéticos ou naturais), industrializados, desenvolvidos para a utilização em obras geotécnicas, desempenhando uma ou mais funções, entre as quais destacam-se: reforço, filtração, drenagem, proteção, separação, impermeabilização e controle de erosão superficial. Os geossintéticos podem ser do tipo geobarra, geocélula, geocomposto, geoespaçador, geoexpandido, geoforma, geogrelha, geomanta, geomembrana, georede, geotêxtil, geotira e geotubo.

O geotêxtil (GT) é um produto têxtil bidimensional permeável, composto por fibras cortadas, filamentos contínuos, monofilamentos, laminetes ou fios, formando estruturas tecidas, não-tecidas ou tricotadas, cujas propriedades mecânicas e hidráulicas permitem que desempenhe várias funções numa obra geotécnica. Ainda conforme a NBR 12553 (ABNT, 2003), os geotêxteis são classificados de acordo com sua composição e forma de fabricação em:

- a) geotêxtil não-tecido (GNT): composto por fibras cortadas ou filamentos contínuos, distribuídos aleatoriamente, os quais são interligados por processos mecânicos, térmicos ou químicos;
- b) geotêxtil não-tecido agulhado (GTNa): formado por fibras interligadas mecanicamente, por processo de agulhagem;
- c) geotêxtil não-tecido termoligado (GTNt): composto fibras interligadas por fusão parcial obtida por aquecimento;
- d) geotêxtil não-tecido resinado (GTNr): composto por fibras interligadas por meio de produtos químicos;
- e) geotêxtil tecido (GTW): produto oriundo do entrelaçamento de fios, monofilamentos ou laminetes (fitas), seguindo direções preferenciais de fabricação denominadas trama (sentido transversal) e urdume (sentido longitudinal) e;
- f) geotêxtil tricotado (GTK): produto oriundo do entrelaçamento de fios por tricotamento.

Entre os geotêxteis, encontram-se os feltros imputrescível de alta densidade, utilizados como camada de filtro em coberturas invertidas, para evitar a penetração de pequenas partículas e elementos no isolamento térmico (SIKA, 2018). No entanto quando utilizados em jardins

verticais, dependendo do material utilizado para a fabricação do não-tecido o material torna-se pouco resistente, necessitando de maior manutenção, elevando o custo final do sistema.

Já o feltro automotivo é um não-tecido produzido a partir de restos têxteis calandrados. O tecido é utilizado na indústria automotiva em assoalhos em automóveis com a função de nivelar e proteger o revestimento de carpete, além de proporcionar redução de ruídos através da absorção sonora. Este produto é disponível em diferentes formas espessuras e larguras. Existem feltros betumados, adesivados, com manta asfáltica e alumínio e feltros sem betume (Figura 7).

Figura 6- (A) Feltro adesivado sem betume; (B) Feltro com alumínio; (C) Feltro sem betume



Fonte: Copilado de JB Revestimentos (2019).

O feltro automotivo também é um material poroso, com baixo peso e boa retenção de água, o que é desejável para o cultivo de plantas ornamentais. O tecido é utilizado na indústria automotiva em assoalhos em automóveis com a função de nivelar e proteger o revestimento de carpete, além de proporcionar redução de ruídos através da absorção sonora. Este produto é disponível em diferentes formas, espessuras e larguras. Optou-se para esse estudo o uso do feltro automotivo sem betume na espessura de 8 a 10mm, na largura de aproximadamente 90cm.

## 4 METODOLOGIA

Tendo como referência os sistemas de paredes vivas contínuas, o Setor de Floricultura e Paisagismo do Colégio Politécnico da UFSM desenvolveu módulos de jardins verticais produzidos a partir de reuso de perfis de zinco descartados, tendo como principal matéria prima o feltro automotivo. Os materiais e processos empregados na confecção destes módulos, bem como do cultivo de espécie ornamental, compreende basicamente as seguintes etapas: projeto, definição dos materiais, confecção e cultivo. Sendo assim, a seguir serão apresentados os resultados de cada etapa.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

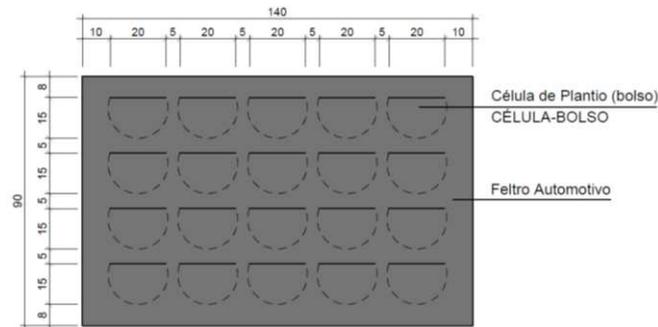
O uso de materiais têxteis e não-têxteis em sistemas de jardins verticais é amplamente utilizado entre os fabricantes destes produtos. Porém, estes sistemas ainda são pouco acessíveis devido ao alto custo. Neste contexto, na busca de um material alternativo para a produção de jardins verticais, desenvolveu-se no Colégio Politécnico da UFSM um módulo de feltro automotivo para o cultivo de jardins verticais em ambientes desprotegidos. Foram confeccionados 72 módulos. Os módulos têm como estrutura perfis de zinco, provenientes de material de descarte de forros de gesso.

### 5.1 Etapa de Projeto

Cada módulo possui 140x90cm, com quatro fileiras de bolsos, cada bolso possui 20x15cm e capacidade de aproximadamente, 0,90 litros de volume de substrato. As células-

bolso ou simplesmente bolso possuem espaçamento de 5 cm entre si, nos sentidos horizontal e vertical. O projeto do módulo pode ser visto na Figura 8.

Figura 7- Projeto do módulo de feltro automotivo.



Fonte: Autores.

## 5.2 Materiais utilizados

O feltro automotivo utilizado neste experimento é do fabricante Ober SA, com composição têxtil não determinada de mistura de algodão e outras fibras sintéticas sem composição determinada. Os módulos têm como estrutura perfis de zinco, provenientes de material de descarte de forros de gesso onde o feltro automotivo foi fixado por rebites de alumínio.

## 5.3 Etapa de Confeção

Conforme citado anteriormente, a estrutura dos módulos foi produzida com perfis de zinco, material de descarte de forros de gesso, tendo como matéria prima principal o feltro automotivo. Os perfis de zinco foram fixados entre si com rebites de alumínio, à esta estrutura foi fixado o feltro automotivo, também com o uso de rebites. A montagem da estrutura de perfis de zinco pode ser vista na Figura 9A. Após a fixação do feltro automotivo foi realizada a marcação dos bolsos (Figura 9B), posteriormente foi realizada a abertura dos bolsos com uso de maçarico e estilete. O uso do maçarico (Figura 9C) se deu em função da dificuldade de corte do feltro, ao aquecer a região onde o corte deve ser realizado há melhor aderência entre os restos de tecidos calandrados, facilitando a abertura dos bolsos.

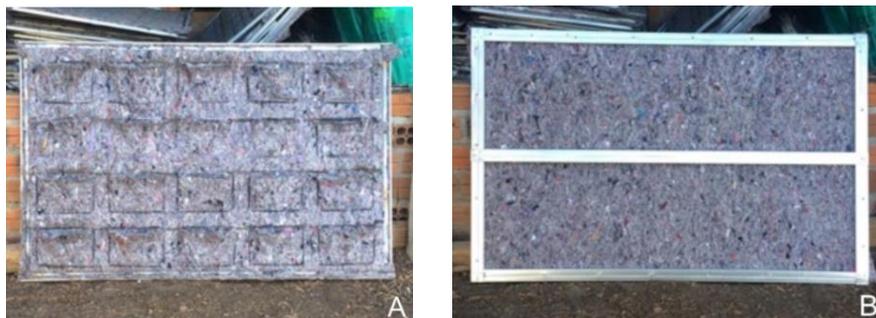
Figura 8 - Produção dos módulos: (A) Estrutura; (B) Marcação dos bolsos; (C) Chamuscamento



Fonte: Autores.

Os bolsos ou células, onde são plantadas as mudas são abertos no próprio feltro, diferente dos métodos adotados em outros sistemas de paredes vivas contínuas, onde são utilizadas duas camadas de material geotêxtil sobrepostas. Outra diferença em relação ao sistema do botânico francês é o uso de substrato, não sendo considerado um sistema hidropônico. O módulo finalizado, pode ser observado na figura 10.

Figura 9 - Módulo confeccionado em feltro automotivo e perfis de aço zincado: (A) Frente; (B) Verso



Fonte: Autores.

#### 5.4 Cultivo

O plantio das mudas de aspargo-pendente (*Asparagus densiflorus 'Sprengeri'*) no módulo de jardim vertical foi realizado no dia 18 de setembro de 2018 (Fig. 11A). Na figura 11B é apresentado o módulo após aproximadamente 270 dias de cultivo. O cultivo deu-se na cidade de Santa Maria- RS em local desprotegido, sujeitos a intempéries da região. Definiu-se como substrato para este experimento a composição uma composição de turfa hídrica, areia média e fibra de coco, na proporção de 1:1:1.

Figura 10 - Módulo vegetado: (A) dia do plantio; (B) 18 de set. 2018; (B) 10 de jun. 2019



Fonte: Autores.

O aspargo-pendente, também chamado pelo nome comum de aspargo ornamental é uma herbácea rizomatosa, originária da África do Sul. É recomendada para cultivo em regiões subtropicais, a meia-sombra, principalmente em vasos, jardineiras suspensas e terraços como planta pendente, em substrato rico em matéria orgânica e mantido úmido (LORENZI, 2015). Desta forma, o aspargo-pendente é amplamente utilizado em jardins verticais.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O feltro automotivo mostrou-se um excelente meio de produção da espécie ornamental observada. Porém, verificou-se que as mudas da primeira fileira tiveram menor crescimento, quando comparadas as demais. Desta forma, conclui-se ser adequado o cultivo de plantas em módulos de jardim vertical tendo como matéria prima o feltro automotivo, tornando-se este material uma alternativa sustentável e acessível para a produção de jardins verticais. No entanto, faz-se necessário novos estudos sobre o desenvolvimento não uniforme da vegetação ao longo dos módulos, bem como a respeito da adaptabilidade de outras espécies ao sistema proposto.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE NÃO TECIDOS E TECIDOS TÉCNICOS (ABINT). **Manual de têxteis técnicos**: Classificação, identificação e aplicações. 2005. Disponível em: [http://www.abint.org.br/pdf/Manual\\_ttecnicos.pdf](http://www.abint.org.br/pdf/Manual_ttecnicos.pdf). Acesso em: 05 jun. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13370: **Não-tecido** - Terminologia. Rio de Janeiro, 2002.

\_\_\_\_\_. NBR 12553: **Geossintéticos** – Terminologia. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. NBR 12546: **Materiais têxteis**: Ligamentos fundamentais de tecidos planos – Terminologia. Rio de Janeiro, 2017.

BLANC, P. *The Vertical Garden: A scientific and artistic approach*. 2008. Disponível em: <http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/documents>. Acesso em: 31 fev. 2019.

CAMPUS, G. **Seis passos para criar um jardim vertical**. 2015. Disponível em: [https://www.homify.com.br/livros\\_de\\_ideias/158190/6-passos-para-criar-um-jardim-vertical](https://www.homify.com.br/livros_de_ideias/158190/6-passos-para-criar-um-jardim-vertical). Acesso em: 10 jun. 2019.

CASA VOGUE. **Jardim vertical: Entenda como ele funciona**. 2017. Disponível em: <https://casavogue.globo.com/Arquitetura/Paisagismo/noticia/2017/05/entenda-como-montar-um-jardim-vertical.html>. Acesso em: 05 nov. 2009

CRUCIOL BARBOSA, M.; FONTES, M. S. 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. 2018.

DUNNET, N.; KINGSBURY, N. *Planting Green Roofs and Living Walls*. 2. ed. Portland, USA: Timber Press, Inc., 2008.

ECOD. **Reciclagem de tecidos**. [S.I.]. 2012. Disponível em: <http://www.ecodesenvolvimento.org/posts/2012/janeiro/ecod-basico-reciclagem-de-tecido#ixzz5xkjs89nm>. Acesso em: 26 ago. 2019.

**GREENWALLS.** Disponível em: <https://www.greenwalls.com/greenwalls-panel>. Acesso em 14 fev. 2019.

**JB REVESTIMENTOS.** Disponível em: <http://www.jbrevestimentos.com.br/?s=feltro>. Acesso em 25 ago. 2019.

**JORNAL MS.** Disponível em: <http://jornalmsonline.com.br/com-suportes-para-vasos-e-aliado-a-arquitetura-jardim-vertical-ganha-praticidade/>. Acesso em 10 março 2019.

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

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. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.11.013>. Acesso em 25 jun. 2018.

**LANDLAB.** Disponível em: <http://www.landlab.pt/pt/produto/wallgreen>. Acesso em 11 fev. 2019.

LEENHARDT, Jacques (org.). **Nos jardins de Burle Marx**. São Paulo, Perspectiva, 1994.

LORENZI, H. 2015. **Plantas para jardim no Brasil: herbáceas, arbustivas trepadeiras**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum.

MANSO, M.; CASTRO-GOMES, J. *Green wall systems: A review of their characteristics*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Covilhã, v. 41, p. 863-871, 2014.

MOVIMENTO 90°. **Manual de construção de jardins verticais**. Disponível em: <https://www.movimento90.com>. Acesso em: 12 jun. 2019.

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: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.196.7020&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 25 março 2018.

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.

SHARP, R.; SABLE, J.; BERTRAM, F.; MOHAN, E.; PECK, S. *Introduction to Green Walls: technology, benefits & design*. In: *Green Roofs for Healthy Cities*, 2008. Disponível em: [https://greenscreen.com/docs/Education/greenscreen\\_Introduction%20to%20Green%20Walls.pdf](https://greenscreen.com/docs/Education/greenscreen_Introduction%20to%20Green%20Walls.pdf) >. Acesso em 25 março 2018.