



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

TÉCNICA, GESTÃO, MANUTENÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TELHADOS VERDES

TECHNIQUE, MANAGEMENT, MAINTENANCE AND PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS ON GREEN ROOFS

TÉCNICA, GESTIÓN, MANTENIMIENTO Y MANIFESTACIONES PATOLÓGICAS EN CUBIERTAS VERDES

Marcelo Gomes de Almeida¹, Cristiane Machado Parisi Jonov², Adriano de Paula e Silva³

e493943

<https://doi.org/10.47820/recima21.v4i9.3943>

PUBLICADO: 09/2023

RESUMO

Os telhados verdes (TV's) têm se apresentado como uma ótima e viável alternativa para mitigar os efeitos negativos da urbanização com o poder de transformar grandes extensões de coberturas cinzas em áreas verdes. Vários estudos têm sido conduzidos sobre os TV's abordando as questões ambientais e os benefícios que eles proporcionam. Entretanto, há poucos estudos referentes à área de patologia das construções com relação aos problemas que a tecnologia pode apresentar ou acarretar às edificações. Este trabalho tem como principal objetivo pesquisar as principais manifestações patológicas que podem acometer os TV's e conseqüentemente a edificação na qual esteja implantado. Isso foi feito através de revisão bibliográfica e pesquisa de campo para averiguação e constatação da existência das possíveis anomalias relatadas na literatura. Para as investigações de campo, a Gerência de Licenciamento de Comércio e Prestação de Serviço da Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Prefeitura de Belo Horizonte forneceu uma relação de edificações que apresentam telhados verdes implantados e licenciados. De posse dessa população, procedeu-se com as visitas técnicas. Conclui-se que algumas anomalias observadas dizem respeito à inobservância dos procedimentos técnicos recomendados na literatura quando da sua construção e ou na gestão durante sua vida e que ações de manutenções periódicas são de suma importância para a longevidade e a saúde do sistema. Com atenção necessária aos procedimentos técnicos para instalação e manutenção, a tecnologia é segura e não gera problemas patológicos, porém, em clima brasileiro, esta tecnologia demanda um maior emprego de ações para sua gestão.

PALAVRAS-CHAVE: Telhado verde. Gestão de telhados verdes. Manutenção em telhado verde. Manifestações patológicas. Tecnologia da construção.

ABSTRACT

Green roofs (GR's) have been proven to be a great and viable alternative to mitigate the negative effects of urbanization, with the power to transform large extensions of grey roofs into green areas. Several studies about GR's have been held, addressing environmental issues and benefits provided by GR's. However, there are only a few studies related to construction pathology concerning the

¹ Engenheiro Civil, Engenheiro de Segurança do Trabalho, Mestre em Construção Civil pela UFMG e Especialista em Gestão e Avaliação nas Construções pela UFMG. Professor convidado do curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Engenharia de estruturas da Faculdade Pitágoras em Divinópolis, MG. Perito judicial e assistente técnico em ações judiciais e extrajudiciais nas esferas cíveis e trabalhistas e como consultor de engenharia legal, na área das patologias das construções e saúde e segurança do trabalho. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.

² Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais, Especialista em Construção Civil na área de concentração em Engenharia de Avaliações e Perícias pela UFMG, Especialista em Construção Civil na área de concentração em Produtividade e Qualidade nas Construções pela UFMG, Mestre em Construção Civil pela UFMG e Doutora em Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos pela UFMG). Professora Substituta no Curso de Graduação em Engenharia Civil da UFMG. Professora no Curso de Especialização em Construção Civil da UFMG. Professora Adjunta no Departamento de Engenharia de Materiais e Construção da UFMG. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.

³ Graduado em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo, Mestre e Doutor em Engenharia Metalúrgica e de Minas pela Universidade Federal de Minas Gerais. Professor Titular da Universidade Federal de Minas Gerais e Membro Titular da Câmara Departamental do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção da UFMG. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICA, GESTÃO, MANUTENÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TELHADOS VERDES
Marcelo Gomes de Almeida, Cristiane Machado Parisi Jonov, Adriano de Paula e Silva

issues that technology can present or could cause to buildings. This work has as its main goal to research the major pathological manifestations which can occur in GR's and the buildings where they are located. This research was carried out through literature review and field research to verify the possible existence of the anomalies presented in literature. For field investigations, the Commercial Licensing and Service Provision Management of the Municipal Environmental Secretariat of the City of Belo Horizonte provided a list of buildings that have green roofs implemented and licensed. With this population in hand, technical visits were carried out. In conclusion, that some observed anomalies are related to the non-observance of the technical procedures recommended in the literature during its construction and/or in the management during its life and that periodical maintenance actions must be held to assure the longevity and health of the system. With the necessary attention to the technical procedures for installation and maintenance actions, the technology is safe and does not generate pathological problems, however, in a Brazilian climate this technology demands a greater use of actions for its management.

KEYWORDS: *Green roofs. Green roof management. Maintenance of green roofs. Pathological manifestations. Construction technology.*

RESUMEN

Los cubiertas verdes (CV's) se han presentado como una gran y viable alternativa para mitigar los efectos negativos de la urbanización con el poder de transformar grandes extensiones de techos grises en áreas verdes. Se han realizado varios estudios sobre CV's que abordan cuestiones ambientales y los beneficios que brindan. Sin embargo, existen pocos estudios referidos al campo de la patología de la construcción en relación a los problemas que la tecnología puede presentar o causar a las edificaciones. Este trabajo tiene como principal objetivo investigar las principales manifestaciones patológicas que pueden afectar a los CV's y consecuentemente al edificio en el que se implantan. Esto se hizo a través de una revisión de literatura e investigación de campo para investigar y verificar la existencia de posibles anomalías reportadas en la literatura. Para las investigaciones de campo, la Gerencia de Licencias Comerciales y Prestación de Servicios de la Secretaría Municipal de Medio Ambiente de la ciudad de Belo Horizonte proporcionó una lista de edificios que cuentan con techos verdes implementados y autorizados. Con esta población en mano se realizaron visitas técnicas. Se concluye que algunas de las anomalías observadas se relacionan con el incumplimiento de los procedimientos técnicos recomendados en la literatura durante su construcción y/o manejo durante su vida útil y que las acciones de mantenimiento periódico son de suma importancia para la longevidad y salud del sistema. Con la atención necesaria a los procedimientos técnicos de instalación y mantenimiento, la tecnología es segura y no genera problemas patológicos, sin embargo, en un clima brasileño, esta tecnología exige un mayor uso de acciones para su gestión.

PALABRAS CLAVE: *Cobierta verde. Manejo de cobiertas verdes. Mantenimiento de cobiertas verdes. Manifestaciones patológicas. Tecnología de construcción.*

INTRODUÇÃO

Apesar da indústria da construção civil exercer, de maneira significativa, impactos ao meio ambiente, suas atividades são necessárias e sua desaceleração não deve ser uma estratégia de redução desses impactos - isso não é viável e nem desejável. Assim sendo, a transformação do ambiente natural em ambiente construído requer aprimoramento das práticas tradicionais com desenvolvimento de novas tecnologias e estratégias mitigadoras (Spence; Mulligan, 1995). Em virtude disso, surgem novas tendências de projetos, materiais inovadores e modernas técnicas e práticas construtivas.

Uma das soluções construtivas mais viáveis para mitigação de alguns desses problemas inerentes à urbanização é a criação de "ilhas verdes". Nesse contexto, os telhados verdes emergem



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICA, GESTÃO, MANUTENÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TELHADOS VERDES
Marcelo Gomes de Almeida, Cristiane Machado Parisi Jonov, Adriano de Paula e Silva

como uma importante e exequível alternativa, com o poder de transformar grandes extensões de vedações horizontais de edifícios em áreas revestidas de vegetação.

Vários estudos têm abordado os TV's com ênfase nas questões ambientais e nos benefícios que eles proporcionam a nível macro e micro ao ambiente construído (Ohnuma Junior *et al.*, 2017). Entretanto, há poucos desenvolvimentos, com relação a planos de gestão e manutenção, bem como sobre as anomalias que podem acometer o sistema e a edificação durante sua vida útil, deixando um vasto campo a ser estudado e preenchido nesta área.

A pouca tradição e um reduzido histórico de construções com este sistema no Brasil resulta em uma deficiência importante no que diz respeito ao comportamento dos telhados verdes no decorrer de sua vida útil, havendo ainda necessidade de maiores investigações e estudos.

Diante do exposto, este trabalho pretende contribuir na esfera acadêmica, técnica e também na área social ao analisar o comportamento da tecnologia enquanto componente integrante da construção e promover a evolução do sistema, através do fornecimento de subsídios para novas técnicas construtivas, elaboração de novos projetos e especificação de critérios de manutenção mais eficientes, tendo como embasamento os problemas patológicos observados em telhados verdes construídos e que foram objeto deste estudo.

Questões relacionadas aos problemas patológicos que esta tecnologia pode acarretar à edificação também foram abordados, bem como suas consequências e prováveis causas. Foi realizada pesquisa bibliográfica com levantamento de anomalias com o objetivo de identificar os possíveis problemas patológicos que acometem o sistema com posterior investigação da ocorrência deles em inspeções de campo.

Temas como sobrecargas, efeitos da ação do vento, luz, insolação, temperatura, penetração de raízes, entupimento de sistemas de drenagem, infiltrações, ressecamento e morte de vegetação e proliferação de vegetação intrusa são alguns dos problemas observados.

Conclui-se que, se as técnicas construtivas consolidadas forem observadas, bem como os procedimentos de manutenção preventivos, os telhados verdes não têm potencial de gerar problemas patológicos à edificação e se apresentam como um importante aliado ao promover conforto térmico, proteção dos sistemas de impermeabilização da edificação e transformação de um espaço inutilizável ou subutilizado em um ambiente para contemplação, lazer e convivência. Apesar das vantagens e segurança do sistema, o estudo também mostra que as ações de manutenção despendem grande esforço, principalmente devido ao clima do nosso país.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

O termo “telhado verde” (*green roof*) se refere a todo sistema de vedação superior das construções composto por algum tipo de vegetação. De acordo com Peck e Callaghan (1999), as coberturas verdes podem ser definidas como qualquer espaço verde construído pelo homem por sobre as construções. São compostas por uma camada vegetal sobre as coberturas de edifícios, mas podendo também ser construídas em pontes, viadutos e similares (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

RECIMA21 - Ciências Exatas e da Terra, Sociais, da Saúde, Humanas e Engenharia/Tecnologia



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICA, GESTÃO, MANUTENÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TELHADOS VERDES
Marcelo Gomes de Almeida, Cristiane Machado Parisi Jonov, Adriano de Paula e Silva

Raposo (2013) acrescenta que as coberturas verdes consistem no desenvolvimento de um revestimento vegetal sobre uma superfície edificada com plena acessibilidade ou de acesso limitado, podendo ser inclinada ou plana e que foi construída intencionalmente, podendo também ter sido idealizada de forma que se auto estabeleça.

Rola (2008) acrescenta que os telhados verdes fazem parte de um amplo campo multidisciplinar denominado natureza. Este campo de atuação visa implantar diversos tipos de vegetação em superfícies horizontais e verticais de edificações e envolve profissionais das áreas de engenharia, arquitetura e biologia (Silva, 2016).

A natureza urbana trata de transformar os edifícios e os espaços urbanos de forma a promover a melhoria no microclima das cidades, facilitar a circulação atmosférica, reduzir emissões e imissões acústicas, térmicas e óticas.

Em suma, o sistema é uma tecnologia de aplicação de áreas edificadas, explorando cientificamente respostas às demandas ambientais, promovendo a integração entre espaço urbano, cidadão e natureza.

1.1 Tipologias

De uma forma geral, os telhados verdes são subdivididos em três categorias: intensivo, semi-intensivo e extensivo. Cada qual, com suas especificidades, alcança um determinado objetivo em função das espécies vegetais adotadas, o que está diretamente ligado à espessura do substrato (FLL, 2018; Chen, 2013; IGRA, 2012).

A Figura 1, adaptada de *The Swedish Green Roof Handbook – Guidance* (Vinnova, 2017) detalha as características dos três tipos básicos de telhados verdes.

	Extensivo	Semi-intensivo			Intensivo
					
SUBSTRATO	3-15 cm	15-30 cm	30-60 cm	60-150 cm	> 100 cm
VEGETAÇÃO	Sedum e musgo	Gramma, plantas perenes, ervas (+ verduras)	Gramma, arbustos, plantas perenes e ervas	Árvores menores, arbustos, grama, ervas e plantas perenes	Árvores maiores, arbustos, grama, ervas e plantas perenes

Figura 1– Categorias de telhados verdes e relação entre profundidade do substrato e tipo de vegetação, de acordo com Manual do Telhado Verde Sueco

Fonte: Adaptado de Vinnova (2017)



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICA, GESTÃO, MANUTENÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TELHADOS VERDES
Marcelo Gomes de Almeida, Cristiane Machado Parisi Jonov, Adriano de Paula e Silva

1.2 Tecnologia

De acordo com FLL (2018), Vinnova (2017) e Zinco (2017), basicamente a estrutura de um telhado verde consiste em uma base de apoio, impermeabilização, camada de proteção contra raízes, sistema de drenagem, manta filtrante, substrato técnico e vegetação, como mostrado na Figura 2.

Alguns pesquisadores ainda indicam, em determinadas circunstâncias, a necessidade de utilização de camada de isolamento térmico e camada de controle de vapor (Morgado; Martins, 2013; Minke, 2004; Peck; Callaghan, 1999; Pouey, 1998).

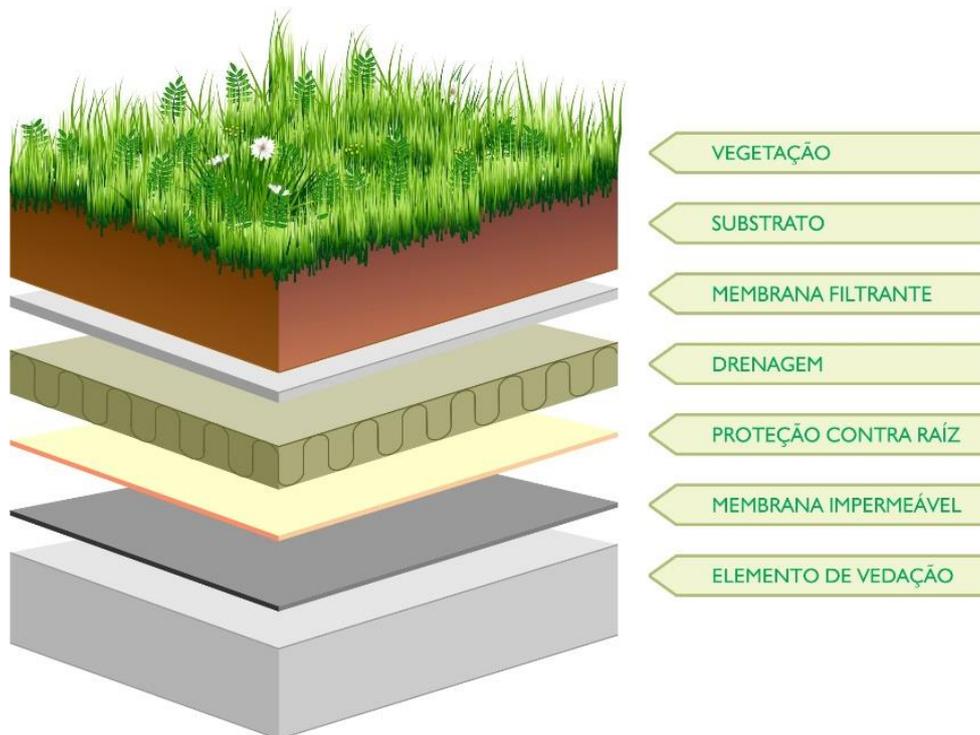


Figura 2 – Esquema típico das camadas de um telhado verde

1.3 Benefícios

No que diz respeito às vantagens, a comunidade científica é concordante, um telhado verde pode contribuir tanto com questões ambientais como sociais, já que um de seus principais objetivos é buscar o equilíbrio ecológico e ambiental nas grandes concentrações urbanas, trazendo conforto para os seus habitantes.

Berndtsson (2010) afirma que existem na literatura muitos estudos sobre o potencial benéfico dos telhados verdes, porém a grande diversidade de características de projeto e o espaço de tempo ainda muito curto de estudos resultam em insuficientes evidências científicas sobre o assunto. Benefícios como a redução de ruídos, mitigação do efeito ilha de calor, melhoria na qualidade do ar, efeito de bem-estar psicológico para a população, são aspectos difíceis de se quantificar, explica Carvalho (2018).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICA, GESTÃO, MANUTENÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TELHADOS VERDES
Marcelo Gomes de Almeida, Cristiane Machado Parisi Jonov, Adriano de Paula e Silva

A 3 apresenta um resumo dos benefícios que os telhados verdes podem proporcionar tanto para a edificação, quanto para o meio ambiente e bem-estar social (Dimitrijević *et al.*, 2018; Vijayaraghavan, 2016; Chen, 2013; Raposo, 2013; Stovin; Vesuviano; Kasmin, 2012; Feng; Meng; Zhang, 2010; Getter *et al.*, 2009; Liu; Baskaran, 2003).

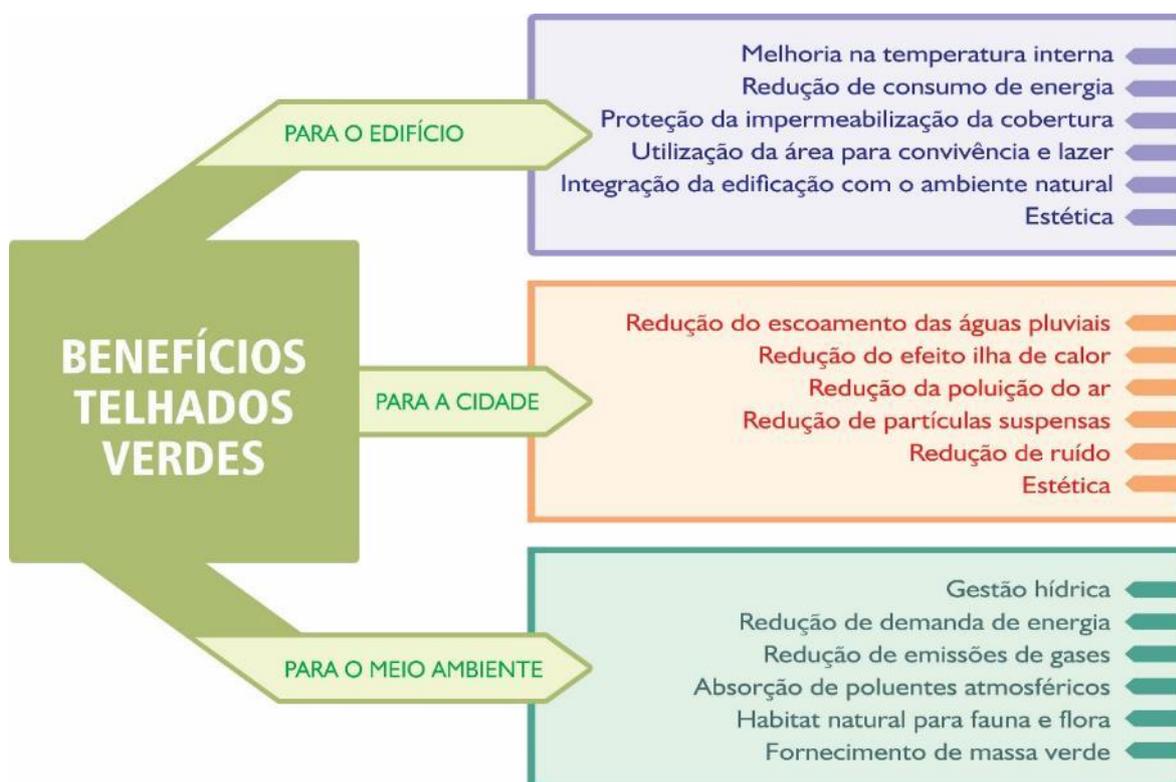


Figura 3 – Benefícios do telhado verde para o edifício, cidade e para o meio ambiente

Vale mencionar ainda, a possibilidade de os TV's servirem como meio de produção de alimentos (Figura 4) (Raposo, 2013; Mcdonough, 2005), servir como otimizador para aumento de eficiência na produção de energia de painéis fotovoltaicos (Figura 5) - isto pelo fato de a vegetação promover um arrefecimento, favorecendo o funcionamento dos painéis (Raposo, 2013; Dunnett; Kingsbury, 2008) - e possibilitar utilizar materiais reciclados e de reaproveitamento da construção civil na construção de telhados vegetados (Figura 6), neste caso denominados telhados marrons (*Brown Roof*). Os telhados marrons são compostos por cascalho e rejeitos da própria construção como os resíduos de tijolos, concreto, areia e restos de solos de escavação (Dunnett; Kingsbury, 2008).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICA, GESTÃO, MANUTENÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TELHADOS VERDES
Marcelo Gomes de Almeida, Cristiane Machado Parisi Jonov, Adriano de Paula e Silva



Figura 4 – Cultivo de hortaliças em coberturas de blocos habitacionais na China
Fonte: McDonough (2005)



Figura 5 - Interação de painéis de energia solar em telhado verde
Fonte: Zinco (2019)



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICA, GESTÃO, MANUTENÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TELHADOS VERDES
Marcelo Gomes de Almeida, Cristiane Machado Parisi Jonov, Adriano de Paula e Silva



Figura 6 – *Brown roof* com substrato composto de seixo rolado e fragmentos de tijolo e telha.
Fonte: Dunnnett e Kingsbury (2008)

1.4 Desvantagens e dificuldades

Se por um lado há inúmeros benefícios de se implantar um telhado verde, por outro, há desvantagens que impedem o avanço desta tecnologia, principalmente no Brasil.

A principal barreira para a construção de um telhado verde, segundo apontado por Chen (2013), é o custo de sua implantação, geralmente maior que o de um telhado convencional.

Zhang *et al.*, (2012) complementam que os custos podem ser os principais obstáculos para a viabilidade de implantação do telhado verde. Silva (2016) cita o elevado custo de implantação e manutenção do telhado verde no Brasil devido às condições abióticas de grande potencial estressante para as plantas, como a luz e a radiação solar, a temperatura e o vento.

Além do mais, a necessidade de manutenção e operação tornam o investimento significativamente maior durante sua vida útil. Sobre este aspecto faltam ainda maiores estudos que considerem os custos de manutenção.

1.5 Gestão e Manutenção em Telhados Verdes

De acordo com a publicação do *State of Victoria Through the Department of Environment and Primary Industries* (2014), as ações de manutenção se enquadram em várias categorias, descritas a seguir:

- Manutenção de estabelecimento

Ocorre durante os primeiros dois anos após a instalação e é realizado para alcançar plenamente a intenção e os parâmetros do projeto. Para a vegetação, essa categoria inclui tarefas como poda, controle de ervas daninhas e irrigação para garantir a saúde, crescimento e vigor das plantas.

- Manutenção de rotina



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICA, GESTÃO, MANUTENÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TELHADOS VERDES
Marcelo Gomes de Almeida, Cristiane Machado Parisi Jonov, Adriano de Paula e Silva

Inclui invenções que são realizadas para manter o telhado verde a um padrão mínimo exigido de aparência, funcionalidade e segurança. Para a vegetação, isso pode incluir tarefas como remoção de ervas daninhas, poda e em alguns casos, aparado de grama.

- Manutenção cíclica

É uma intervenção programada em intervalos menos frequentes para manter intacta a infraestrutura. Inclui a manutenção dos sistemas subjacentes como a estrutura da edificação e de componentes específicos do telhado verde. Isso pode incluir poda da vegetação lenhosa.

- Manutenção reativa e preventiva

É realizada quando algum componente do sistema apresenta falha ou mostra sinais de falha iminente, como por exemplo, danos resultantes de um evento climático.

- Manutenção de renovação

Inclui trabalhos que mudam a intenção do projeto. Isto pode acontecer, por exemplo, após uma mudança de propriedade de um edifício que instiga o desejo de mudar.

As ações de manutenção do telhado verde, quando realizadas por técnicos desavisados, podem levar a danos e degradação prematura dos seus constituintes. Raposo (2013) diz que os técnicos de manutenção nem sempre têm as informações suficientes do sistema onde irão intervir, o que pode dar origem a anomalias ao utilizarem ferramentas inapropriadas e manuseá-las inadequadamente. Morgado (2012) acrescenta que o uso indevido pelos ocupantes, por desconhecimento ou negligência, também poderá levar à degradação prematura nos diversos elementos que compõem o sistema

A falta de inspeção para detecção e conseguinte ação de manutenção corretiva imediata é fator preponderante para acelerar a degradação dos materiais e evolução dos problemas patológicos para outros sistemas. Como em qualquer outro tipo de cobertura, as inspeções visuais programadas para verificar vazamentos neste sistema são necessárias e importantes. As ações de manutenções periódicas, como a limpeza das lajes de cobertura, bem como dos coletores do sistema de drenagem e a garantia da integridade da impermeabilização, têm extrema importância no combate à infiltração prolongada de águas das chuvas, o que evita problemas patológicos sérios à construção (SOUZA e RIPPER, 1998).

As inspeções periódicas e manutenções regulares, preventivas e ocasionalmente corretivas sem postergar, incluindo cuidados com irrigação, fertilização, podas e replantio são essenciais para manter a saúde, o desempenho e a longevidade do sistema. A Tabela 1 mostra as principais ações de gestão e manutenção em telhados verdes.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

TÉCNICA, GESTÃO, MANUTENÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TELHADOS VERDES
Marcelo Gomes de Almeida, Cristiane Machado Parisi Jonov, Adriano de Paula e Silva

Objetivo da manutenção	Tarefa relacionada
Manter o projeto do telhado verde, possibilitando o crescimento das plantas	Substituição de plantas debilitadas Remoção de resíduos de materiais vegetais como folhas, podas e ervas daninhas Verificação de pragas ou doença e tratamento conforme necessário Ajustes sazonais no volume e frequência de irrigação Garantir níveis adequados de nutrição para as plantas Inspeccionar o TV depois de graves eventos climáticos como por exemplo, vento, calor, chuvas
Minimizar infestação de plantas intrusas	Controlar ervas daninhas
Gerenciar gramados	Poda regular Renovação anual
Gerenciar árvores	Poda regular Inspeção anual Ancorar quando necessário
Monitorar o desempenho das plantas	Manter registros de saúde e vigor da planta e impactos de pragas e doenças
Gerenciar substrato	Completar substrato quando necessário, devido a ação do vento, chuva e atividade de animais (verificar a profundidade do substrato projetado antes de realizar as adições para assegurar que cargas não sejam excedidas)
Gerenciar sistemas de irrigação	Testar e inspecionar regularmente o sistema de irrigação (verificar o volume de irrigação fornecido, a sua frequência, o teor de umidade do substrato)
Monitorar a nutrição das plantas	Manter um registro das adições e valores de pH antes e depois da adição de fertilizantes
Monitorar a drenagem	Certificar de que os drenos do telhado estejam limpos e funcionando, removendo a sujeira, o lixo e outros detritos
Manter zonas sem vegetação	Remover a vegetação invasiva das zonas de perímetro e em torno de outros equipamentos e acessórios
Monitorar a proteção contra a ação do vento	Verificar a condição e o ajustar os sistemas de proteção caso necessário
Manutenção de sistemas de segurança	Verificar os pontos de ancoragem de segurança para trabalho em altura Verificar a segurança elétrica dos pontos de iluminação e sistema de irrigação
Monitorar a impermeabilização	Inspeccionar os rufos e membrana de impermeabilização



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICA, GESTÃO, MANUTENÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TELHADOS VERDES
Marcelo Gomes de Almeida, Cristiane Machado Parisi Jonov, Adriano de Paula e Silva

	<p>sobre as terminações</p> <p>Verificar danos causados por água, fertilizantes ou plantas</p> <p>Detectar vazamentos na impermeabilização</p>
--	--

Tabela 1 – Tarefas comuns de manutenção em telhados verdes
Fonte: Adaptado de IMAP (2014)

1.6 Manifestações Patológicas em Telhados Verdes

As principais preocupações com a implantação do telhado verde são os possíveis danos que essa tecnologia pode gerar às superfícies das coberturas e se referem especialmente aos problemas de infiltração (Chen, 2013). Osmundson (1999) afirma que uma falha em algum dos elementos constituintes do telhado verde poderá prejudicar todo ele e conseqüentemente afetar a edificação na qual está implantado.

Queruz (2007) acrescenta que a água, seja ela no estado líquido, sólido ou mesmo enquanto vapor é um meio de instalação de outros agentes de degradação. De modo geral, em telhados verdes, ela é oriunda das chuvas, do sistema de irrigação ou da atividade de evapotranspiração da vegetação.

Os problemas de infiltração podem ter origem em falhas nos sistemas de impermeabilização pelo ataque das raízes e rizomas, bem como de ações descuidadas de manutenção e falhas nos sistemas de drenagem, tendo como principal causa sua obstrução pelo abafamento devido ao crescimento descontrolado das plantas e pelos sedimentos, tanto do substrato, quanto da vegetação. Esses sedimentos podem provocar o empoçamento das águas das chuvas, causando vários problemas ao telhado verde, aos materiais de construção e à edificação como um todo (7).



Figura 7 – Telhado verde com problemas de encharcamento e sobre carga
Fonte: Palha *et al.* (2012) *apud* Prates (2012)



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICA, GESTÃO, MANUTENÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TELHADOS VERDES
Marcelo Gomes de Almeida, Cristiane Machado Parisi Jonov, Adriano de Paula e Silva

Na ausência de manutenção, pode haver até mesmo sobrecarga da estrutura e danos aos elementos de vedação se manifestando na forma de vesículas, deformações, fissuras, trincas e fendas. Em casos extremos, podem ocorrer colapsos estruturais, conforme mostra a Figura 8.



Figura 8– Colapso da estrutura devido à sobrecarga
Fonte: Palha, Contreras e Pereira (2012) *apud* Prates (2012)

Prates (2012) ressalta a importância da estrutura, onde será implantado o telhado verde, ter capacidade de suporte para o excesso de carga. E para não ser um problema para a edificação, devem ser feitos estudos estruturais prévios à sua implantação.

No que concerne aos problemas no sistema de impermeabilização em um telhado verde, esses também podem ter origem na ineficiência do sistema anti-raiz, levando à ocorrência de um processo de biodeterioração dos materiais e componentes da construção. Alves (2013) afirma que as principais anomalias em sistemas de impermeabilização estão associadas à perfuração e fissuração das membranas. Com relação a danos nesse sistema, eles podem se originar de ações incorretas e descuidadas de manutenção no próprio telhado verde, ocasionando em perfuração da manta impermeabilizante por ferramentas de jardinagem. Os problemas quase sempre resultam em perda da estanqueidade, dando causa às infiltrações das águas através da cobertura.

De acordo com Kuhn e Peck (2000), embora o telhado verde tenha o potencial de proteger a membrana de impermeabilização contra danos causados por perfurações e radiação solar por servir de barreira física, o que duplica sua vida útil, vazamentos ainda podem ocorrer, com maior frequência devido a problemas em sua instalação do que com falhas dos materiais utilizados.

É importante salientar ainda que, a movimentação de pessoas, seja ela para a utilização do espaço, seja ela para manutenção do TV, deixa a membrana sob risco de danos.

Tais fatores exigem, portanto, que em um telhado verde, o sistema de impermeabilização tenha uma atenção especial. A membrana de impermeabilização é o componente mais importante e vital para o sucesso e longevidade desse sistema (Tolderlund, 2010).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICA, GESTÃO, MANUTENÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TELHADOS VERDES
Marcelo Gomes de Almeida, Cristiane Machado Parisi Jonov, Adriano de Paula e Silva

De acordo com Prates (2012), os problemas inerentes aos telhados verdes são passíveis de prevenção. Para isso é necessário adotar medidas relevantes nas fases de projeto, implantação e manutenção. Para diminuir riscos com problemas futuros, o autor elenca medidas importantes baseadas nas observações de Palha, Contreras e Pereira (2012):

- Projetar de acordo com as normas pertinentes;
- Ter acompanhamento de especialistas das diversas áreas (engenheiros, arquitetos, paisagistas e outros);
- Utilizar sistemas testados e aprovados;
- Buscar por empresas e técnicos de instalação certificados;
- Planejar e proceder com a correta manutenção da cobertura.

Uma deficiente manutenção pode dar origem à problemas patológicos (Raposo, 2013), bem como erros de concepção, projeto e execução.

2 MÉTODO

O método adotado para este estudo abrangeu a realização de pesquisa bibliográfica sobre a tecnologia, em especial, sobre planos de manutenções necessárias durante a vida útil dos telhados verdes, bem como o levantamento de possíveis anomalias que podem acometer o sistema e a edificação na qual esteja implantado.

Na sequência realizou-se pesquisa com abordagem exploratória em edificações na região de Belo Horizonte, estado de Minas Gerais, Brasil, procedendo-se com uma série de investigações para averiguação dos procedimentos e planos de manutenção adotados, bem como sua eficácia e, identificação das manifestações patológicas instaladas, apontando suas consequências e prováveis causas, alicerçado nos levantamentos realizados na fase de revisão bibliográfica.

Para o desenvolvimento das análises de campo, foram elaboradas duas fichas para orientar as inspeções a fim de facilitar a pesquisa exploratória e obter uma sequência lógica e padronizada. Esta etapa foi baseada nos métodos propostos por Silva, Colen e Coelho (2015); Morgado (2012).

Uma ficha consiste em caracterizar o telhado verde e suas especificidades, inclusive sobre manutenção (Ficha 1: Caracterização do telhado verde). A sua primeira parte é destinada a identificação do telhado verde e aos aspectos característicos da cobertura da edificação onde este foi implantado. Na sua segunda parte, assuntos específicos do próprio telhado verde, como tipo e atributos e suas características construtivas, seguido de campos para anotações sobre planos e ações de manutenção utilizados. Por fim, campos para inserção de fotografias.

A segunda ficha aborda a inspeção da edificação e do sistema de telhado verde para identificação de anomalias e inconformidades técnicas, verificação de detalhes construtivos recomendados pela literatura técnica - inobservâncias e conformidades (Ficha 2: Inspeção do empreendimento com telhado verde). Na primeira parte desta ficha insere-se a identificação do telhado verde e a data da realização da inspeção. A segunda parte é destinada para informações sobre as condições climáticas na data da inspeção e nos períodos anteriores, para que se possa obter dados para análise de infiltrações e condições de saúde da vegetação implantada. A última



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICA, GESTÃO, MANUTENÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TELHADOS VERDES
Marcelo Gomes de Almeida, Cristiane Machado Parisi Jonov, Adriano de Paula e Silva

parte é destinada às anotações das observações quanto da existência de manifestações patológicas, com o seu respectivo registro fotográfico, bem como das constatações de inobservância do emprego de detalhes construtivos recomendados pela literatura técnica para prevenir o surgimento de anomalias.

Tolderlund (2012) e Raposo (2013) concluem que deficientes ações de manutenção originam problemas patológicos e o estudo realizado por Coelho (2014) mostra que erros de concepção e execução do projeto, bem como ineficiência de sistema de drenagem e irrigação, também podem originar anomalias.

Assim sendo, o estudo baseia-se em dois principais aspectos: o levantamento das ações de gestão e manutenção dos telhados verdes e das manifestações patológicas no próprio sistema e na edificação, oriundas do telhado verde implantado, apontando suas possíveis causas, tendo como referência os levantamentos alcançados na revisão bibliográfica.

Procedimento análogo na estruturação do estudo foi adotado por Coelho (2014) para áreas do mediterrâneo. O presente trabalho busca analisar com metodologia equivalente, os telhados verdes implantados sob nosso clima tropical, onde a radiação solar é intensa e onde há poucos estudos científicos e trabalhos publicados, se comparado com os de clima temperado (Parizotto; Lamberts, 2011).

2.1 Investigações de campo

O objetivo desta etapa foi aferir através de constatação *in loco*, o emprego prático das ações de manutenção, bem como sua frequência e as anomalias presentes no sistema e nas edificações e que são alusivas ao telhado verde, baseando-se no levantamento teórico pesquisado na área das patologias das construções, onde foram identificadas as possíveis manifestações patológicas no sistema e na edificação. Foi feito contato com a Gerência de Licenciamento de Comércio e Prestação de Serviço (GELCP) da Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Prefeitura de Belo Horizonte (SSMA-PBH), e foi fornecida uma relação de vinte e quatro (24) edificações na cidade de Belo Horizonte-MG que apresentam telhados verdes implantados e licenciados.

De posse da população de vinte e quatro edificações com telhados verdes instalados e licenciados em Belo Horizonte-MG, procedeu-se com as visitas técnicas, sendo, porém, possível inspecionar somente nove edificações. Isso se deveu à ocorrência de dificuldades de autorização para acesso a diversas edificações. Como a maioria delas era propriedade particular, nem todos os proprietários ou gestores dos empreendimentos concederam permissão para os procedimentos de visita e inspeção. Em decorrência disso, o número de unidades visitadas não permitiu o tratamento estatístico desejado. Entretanto, o objetivo principal do trabalho foi atingido, visto que as visitas técnicas nos telhados verdes com permissão de acesso foram abrangentes, inclusive com levantamentos de informações quanto as ações de gestão e manutenção de seus gestores. As edificações visitadas e as características de seus telhados são mostradas na Tabela 2.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICA, GESTÃO, MANUTENÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TELHADOS VERDES
Marcelo Gomes de Almeida, Cristiane Machado Parisi Jonov, Adriano de Paula e Silva

Identificação	Tipo de TV	Data da Inspeção
1	Semi-intensivo	01 de outubro de 2018
2	Intensivo	19 de fevereiro de 2019
3	Semi-intensivo	19 de fevereiro de 2019
4	Semi-intensivo	09 de abril de 2019
5	Extensivo	27 de junho de 2019
6	Intensivo	27 de junho de 2019
7	Intensivo	02 de julho de 2019
8	Intensivo	11 de julho de 2019
9	Semi-intensivo	20 de agosto de 2019

Tabela 2 – Características dos telhados verdes inspecionados

Foram realizados registros fotográficos e realizado preenchimento das fichas de caracterização do telhado verde e de inspeção do empreendimento com telhado verde.

A sistematização da metodologia adotada é esquematicamente ilustrada na Figura 9. As informações de campo foram alcançadas por meio de inspeções visuais detalhadas, em documentos técnicos dos proprietários e gestores, quando disponíveis e, também por através de entrevistas aos gestores, instaladores e técnicos de manutenção.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICA, GESTÃO, MANUTENÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TELHADOS VERDES
Marcelo Gomes de Almeida, Cristiane Machado Parisi Jonov, Adriano de Paula e Silva

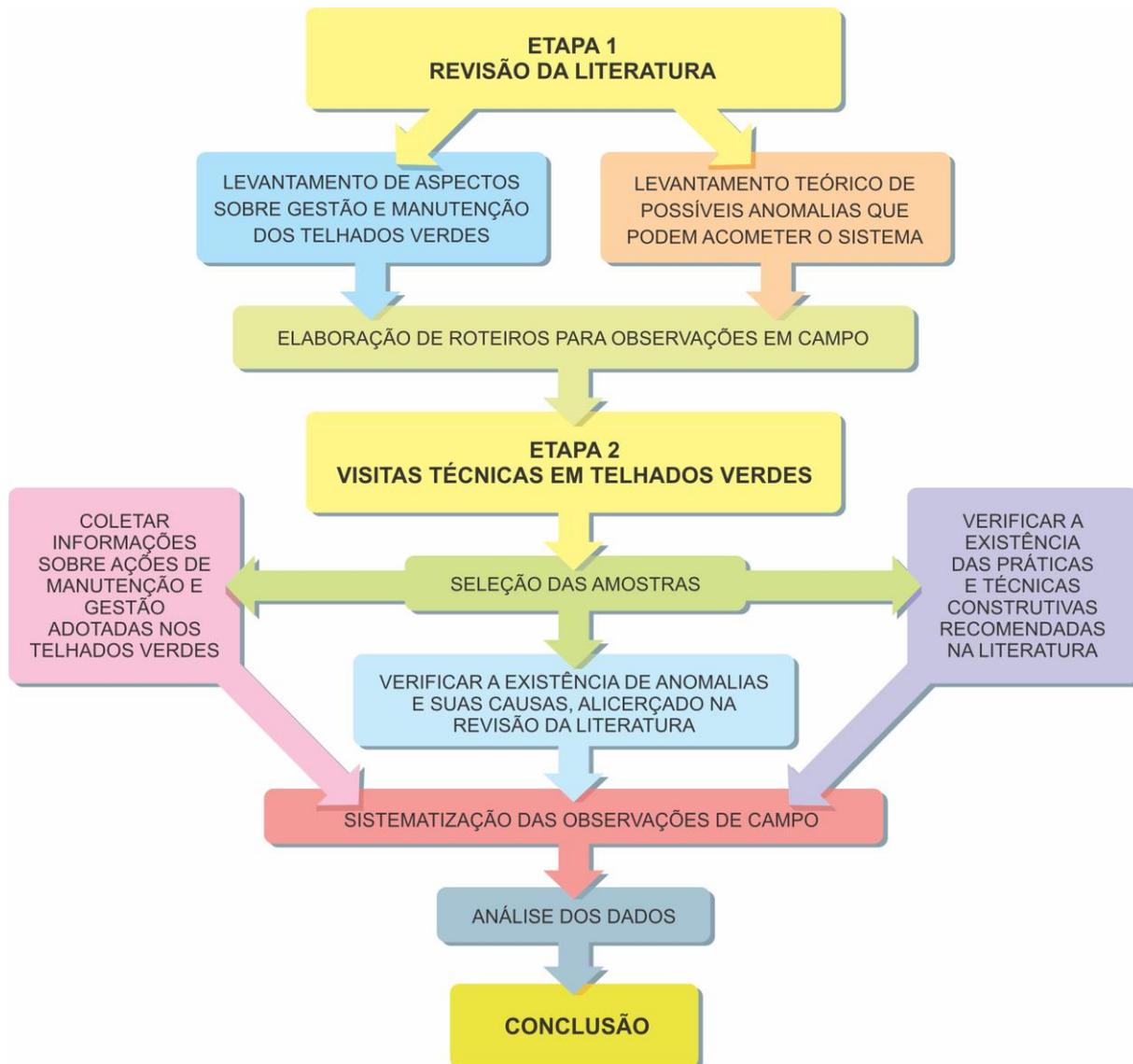


Figura 9 – Fluxograma da metodologia do presente trabalho

3 RESULTADOS

A presença de água ou umidade é uma importante causa de origem dos processos de deterioração dos materiais de construção, comprometendo a vida útil do ambiente construído. Os materiais e componentes da construção podem absorver quantidades consideráveis de água, seja na forma de vapor ou na fase líquida, pela chuva, bem como pela umidade do ar.

No caso dos telhados verdes, a infiltração de água nos elementos da edificação tem origem pelo contato direto destes com a água pluvial e também pela água de irrigação. Pode-se acrescentar ainda, que os elementos de vedação de uma edificação com telhado verde estão sujeitos ao ingresso de umidade ascendente, oriunda do solo úmido, favorecida pela pressão, através de mecanismos de permeabilidade ou percolação. A umidade descendente pode derivar tanto de uma atmosfera úmida, quanto do contato direto com a água líquida, isto é, das chuvas e ou da irrigação num telhado verde.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICA, GESTÃO, MANUTENÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TELHADOS VERDES
Marcelo Gomes de Almeida, Cristiane Machado Parisi Jonov, Adriano de Paula e Silva

Assim sendo, um telhado verde requer atenção especial quanto a estes aspectos.

Nas platibandas, por exemplo, se não observadas as premissas básicas de impermeabilização, podem surgir problemas de umidade, podendo ter origem tanto na umidade natural do solo, quanto em águas pluviais estagnadas.

Um sistema de drenagem com projeto inadequado, mal dimensionado ou com falhas de manutenção, pode levar as águas coletadas da cobertura diretamente para o interior dos elementos construtivos e para o ambiente construído, gerando graves problemas. A Figura 10 mostra os mecanismos de ingresso de água em uma edificação com telhado verde.

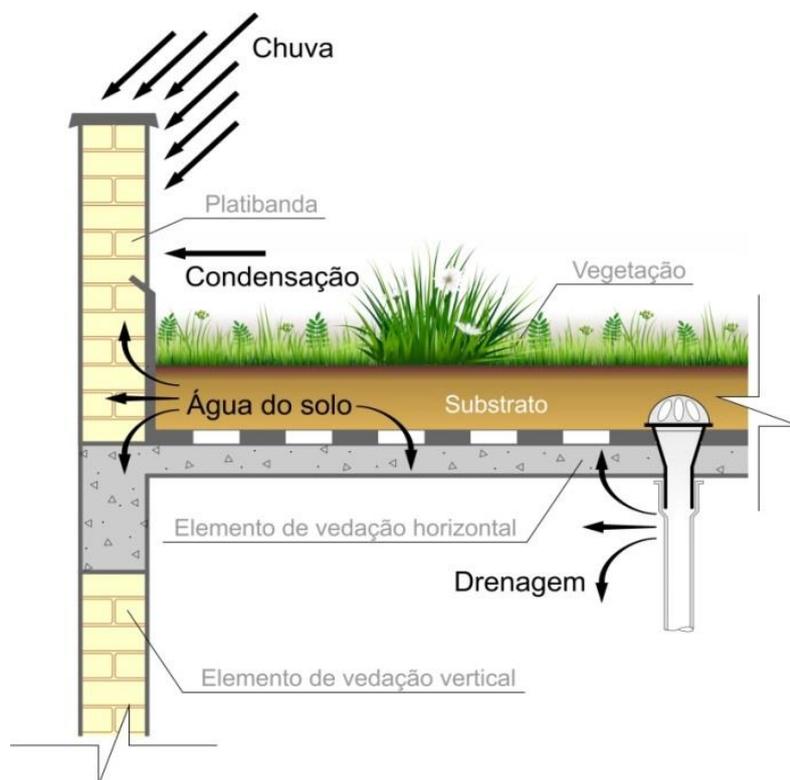


Figura 10 – Mecanismos de possíveis ingressos de água em elementos de uma edificação com telhado verde

A Tabela 3 detalha as possíveis manifestações patológicas em uma cobertura de telhado verde, prováveis diagnósticos e prognósticos

Sistema do TV	Manifestações patológicas		
	Sintoma	Diagnóstico	Prognóstico
Camada de suporte Laje	Manchas de umidade	Infiltração	Corrosão da armadura
	Manchas de ferrugem	Infiltração	Perda de área de aço
	Deformação	Carga excessiva	Quadros fissuratórios
	Trincas e fissuras	Recalque diferencial	Infiltração
		Carga excessiva	Corrosão da armadura
			Infiltração



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

TÉCNICA, GESTÃO, MANUTENÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TELHADOS VERDES
Marcelo Gomes de Almeida, Cristiane Machado Parisi Jonov, Adriano de Paula e Silva

			Corrosão da armadura
		Biodegradação	Infiltração
			Corrosão da armadura
	Oxidação de armadura	Perda de área de aço	
	Desagregação	Carbonatação	Despassivação do aço
	Desplacamento	Biodegradação	Infiltração
Oxidação de armadura		Corrosão de armadura	
Camada de suporte Telhado	Deformação	Carga excessiva	Colapso
	Bolor, fungos	Alta umidade relativa	Perda de capacidade portante
		Infiltração	Perda de capacidade portante
	Podridão	Alta umidade relativa	Colapso
		Infiltração	Colapso
	Trincas e fissuras	Variações dimensionais	Deformações
Cavas na madeira	Insetos xilófagos	Perda de resistência	
Camada de Impermeabilização	Descolamento da manta	Assentamento inadequado	Infiltração
	Rasgadura da manta	Recalque diferencial (tração)	Infiltração
		Gradiente térmico (tração)	Infiltração
		Contração e dilatação	Infiltração
		Manutenção descuidada da vegetação	Infiltração
	Perfuração da manta	Enraizamento	Infiltração
		Puncionamento	Infiltração
		Manutenção descuidada da vegetação	Infiltração
		Uso descuidado do local	Infiltração
	Degradação da manta	Hidrólise por incompatibilidade de materiais	Infiltração
Sistema de drenagem pluvial	Empoçamento de água	Dimensionamento incorreto	Infiltração
			Sobrecarga
	Obstrução de ralos		Infiltração
			Sobrecarga
	Entupimento por detritos vegetais		Infiltração
			Sobrecarga
Camada drenante	Preenchimento dos vazios com solo	Carreamento de finos do substrato	Morte da vegetação



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

TÉCNICA, GESTÃO, MANUTENÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TELHADOS VERDES
Marcelo Gomes de Almeida, Cristiane Machado Parisi Jonov, Adriano de Paula e Silva

		Rizoma em excesso	Morte da vegetação
	Presença de água	Falha no sistema de drenagem	Morte da vegetação
Membrana filtrante	Colmatção	Carreamento de finos do substrato	Saturação do substrato
	Perfurações	Enraizamento	Preenchimento dos vazios da camada drenante com solo
		Manutenção descuidada da vegetação	Preenchimento dos vazios da camada drenante com solo
	Rasgadura	Deformação excessiva pela acomodação do substrato	Preenchimento dos vazios da camada drenante com solo
		Manutenção descuidada da vegetação	Preenchimento dos vazios da camada drenante com solo
	Substrato	Erosão	Substrato inadequado
Falha na camada filtrante			Comprometimento do substrato
Falha no sistema de drenagem			Comprometimento do substrato
Deslizamento		Falha no sistema de contenção	Comprometimento do substrato
Saturação		Falha no sistema de drenagem	Morte da vegetação
		Falha na camada drenante	Morte da vegetação
Compactação		Pisoteio	Morte da vegetação
Vegetação	Vegetação seca	Ação da temperatura	Morte da vegetação
		Deficiência de manutenção	Morte da vegetação
	Vegetação intrusa	Deficiência de manutenção	Desconfiguração do TV
		Excesso de nutrientes	Desconfiguração do TV
	Tombamento de vegetação	Ação do vento	Morte da vegetação
	Arrancamento de vegetação	Ação do vento	Morte da vegetação
	Morte da vegetação	Deficiência de manutenção	Perda de função do TV
		Asfixia radicular por saturação do substrato	Perda de função do TV

Tabela 3 – Possíveis manifestações patológicas em telhados verdes

A prevenção da degradação prematura das camadas constituintes de um telhado verde e dos microssistemas de uma edificação na qual este esteja instalado passa necessariamente por alguns



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICA, GESTÃO, MANUTENÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TELHADOS VERDES
Marcelo Gomes de Almeida, Cristiane Machado Parisi Jonov, Adriano de Paula e Silva

aspectos importantes de projeto e de execução. Tais aspectos construtivos devem ser adotados como estratégia para prevenir, inibir e corrigir o eventual aparecimento de anomalias, bem como viabilizar ações de manutenção durante sua vida. Estes serão mostrados na Tabela 4.

Requisito	Descrição	Referencial teórico
Disponibilidade adequada de acesso	Para implantação do TV e para ações de manutenção	Tolderlund (2010)
Segurança para trabalhos em altura	Acessos adequados, sinalização, guarda corpo, linhas de vida e ancoragens	NR18 e NR 35 NCDEQ (2017)
Segurança contra fogo	Faixas separadores para reduzir o potencial de propagação em caso de incêndio	ANSI/SPRI VF-1 (2017)
Segurança contra o vento	Proteção dos sistemas contra a turbulência, deslocamentos e sucção causados pelo vento	Tolderlund (2010)
Segurança contra sobrecargas não consideradas	Instalação de drenos de segurança para assegurar o perfeito escoamento do excesso das águas pluviais	Toronto Building (2010)
Proteção contra raízes e rizomas	Criação de faixas livres de vegetação com material granular impedindo o abafamento dos sistemas de drenagem	FLL (2018)
Proteção contra danos mecânicos	As camadas de impermeabilização e proteção anti raiz devem ser protegidas contra ação mecânica	FLL (2018)
Artifício separador da vegetação e elementos estruturais verticais como paredes e fachadas	Distanciando da vegetação de componente estrutural e ou equipamentos no telhado	Zinco (2018)
Sistema de ancoragem de árvores	A fim de evitar tombamento com a ação do vento	Zinco (2019)
Proteção contra deslizamentos e cisalhamento	Telhados com inclinações superiores a 20° exige proteção estrutural anti-cisalhamento	FLL (2018)
Barreira de perímetro em telhado inclinado	A instalação de uma barreira para o substrato no limite do telhado deve ser tal que permita o escoamento das águas das chuvas sem carrear material para as calhas	Zinco (2013)
Arremates nas paredes	Utilização de rufos, chapins e pingadeiras	Vinnova (2017)

Tabela 4 – Requisitos técnicos e detalhes construtivos recomendados

Relativamente às manifestações patológicas observadas nos telhados verdes visitados, foram constatados problemas como morte de vegetação, compactação do substrato, áreas sem cobertura vegetal, avanço de vegetação, rizoma e raiz em sistema de coleta e destinação de água pluvial, umidade ascendente e negativa e fissuras em paredes e platibandas. Na Tabela 5 apresenta-se uma relação dos problemas encontrados com a referência fotográfica correspondente.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

TÉCNICA, GESTÃO, MANUTENÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TELHADOS VERDES
Marcelo Gomes de Almeida, Cristiane Machado Parisi Jonov, Adriano de Paula e Silva

Anomalia	Causas prováveis	Referencial teórico	Registro fotográfico
Manchas nuas	Ressecamento precoce do substrato, escolha inadequada da vegetação, ausência ou insuficiência de rega, compactação do substrato por pisoteio, deficiência na camada drenante, deficiência no sistema de drenagem, excesso de rega, saturação do solo	ANSI/SPRI RP-14 (2016) Coelho (2014) Chen (2013) Raposo (2013) Jim e Tsang (2011) Tolderlund (2010)	Figura 11
Abafamento do sistema de drenagem pela vegetação	Ausência de lastro de material granular no entorno da saída de drenagem	FLL (2018) ANSI/SPRI RP-14 (2016)	Figura 12 Figura 13
Abafamento do sistema de irrigação pela vegetação	Ausência ou deficiência de manutenção periódica	FLL (2018) NCDEQ (2017) IMAP (2014) Kuhn e Peck (2000)	Figura 14
Umidade ascendente	Ausência de faixa de material granular no encontro do plano horizontal com o plano vertical, penetração de raízes, falha no sistema de impermeabilização	ANSI/SPRI RP-14 (2016) Bertolini (2010) Souza e Ripper (1998) Verçoza (1991)	Figura 15 Figura 16 Figura 17
Morte da vegetação	Ressecamento precoce do substrato, falta ou insuficiência de rega, deficiência na camada drenante	Chen (2013) Jim e Tsang (2011)	Figura 18 Figura 19 Figura 20
Vegetação intrusa	Ausência ou deficiência de manutenção periódica	FLL (2018)	Figura 21
Umidade por infiltração negativa	Ausência de faixa livre de vegetação, falha no sistema de impermeabilização	Souza <i>et al.</i> (2017) Moreschi (2013) Bertolini (2010)	Figura 22
Acúmulo de detritos e massa morta	Ausência ou falha de manutenção periódica	FLL (2018)	Figura 23

Tabela 5 – Resumo dos problemas patológicos encontrados nas inspeções



Figura 11 - Manchas nuas



Figura 12 - Abafamento do sistema de drenagem pela vegetação do entorno



Figura 13 - Ausência de lastro de material granular no entorno das coletas de drenagem



Figura 14 - Abafamento do sistema de irrigação



Figura 15 - Umidade ascendente e/ou por condensação



Figura 16 - Umidade ascendente e/ou por condensação



Figura 17- Umidade ascendente e fissura na interface manta/reboco



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICA, GESTÃO, MANUTENÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TELHADOS VERDES
Marcelo Gomes de Almeida, Cristiane Machado Parisi Jonov, Adriano de Paula e Silva



Figura 18 - Morte de vegetação



Figura 19 - Morte por ressecamento



Figura 20- Telhado verde extensivo com problemas de ressecamento e implantação de novo sistema de irrigação por gotejamento



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICA, GESTÃO, MANUTENÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TELHADOS VERDES
Marcelo Gomes de Almeida, Cristiane Machado Parisi Jonov, Adriano de Paula e Silva



Figura 21- Vegetação intrusa por falta de manutenção periódica



Figura 22 - Umidade de infiltração negativa



Figura 23 - Acúmulo de detritos por ausência ou falha de manutenção periódica

Alguns detalhes construtivos recomendados por publicações técnicas internacionais não foram atendidos em todos os telhados verdes visitados. Um exemplo é a construção de faixa de material granular de afastamento da vegetação de paramentos verticais como paredes e equipamentos e de sistema de coleta de água, recomendado por FLL (2018), Souza *et al.*, (2017), ANSI/SPRI RP-14 (2016), Moreschi (2013), Bertolini (2010) e Verçozza (1991).

Este requisito não foi observado quase que em nenhum dos telhados verdes visitados, exceto em um deles, mas que atendeu parcialmente, em apenas um encontro com parede (Figura 24) e



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICA, GESTÃO, MANUTENÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TELHADOS VERDES
Marcelo Gomes de Almeida, Cristiane Machado Parisi Jonov, Adriano de Paula e Silva

outro, que atendeu plenamente quanto ao material granular no entorno dos dispositivos de drenagem (Figura 25).

Em nenhum telhado verde verificou-se a instalação de um sistema de drenagem auxiliar, para caso haja obstrução do principal, como prevenção contra sobrecarga não considerada na estrutura diante de água acumulada (Toronto Building, 2010).

Da mesma forma, as observâncias quanto à prevenção de incêndio não foram atendidas com a construção de faixas corta-fogo, conforme orientam FLL (2018), NCDEQ (2017), ANSI/SPRI VF-1 (2017), FM Global (2011) e Tolderlund (2010).



Figura 24 - Distanciamento da vegetação dos planos verticais com material granular.



Figura 25 - Lastro de material granular no entorno das saídas de drenagem

Dispositivos de segurança, de acordo com as orientações de NCDEQ (2017) e normas brasileiras vigentes, foram observados em todos os telhados verdes visitados (Figura 26).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICA, GESTÃO, MANUTENÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TELHADOS VERDES
Marcelo Gomes de Almeida, Cristiane Machado Parisi Jonov, Adriano de Paula e Silva



Figura 26 - Dispositivos de ancoragem para segurança em trabalho à altura (Conforme orientações da NR18 e NR35).

Com relação às ações de gestão e manutenção dos telhados verdes, foi verificado que a irrigação é a mais onerosa. O reaproveitamento das águas das chuvas se propõe a ser uma medida a fim de minimizar estes custos e há este sistema em oito dos nove empreendimentos inspecionados. Em todos os telhados verdes inspecionados foi constatado a existência de uma equipe responsável pela manutenção, seja ela própria ou terceirizada, com atividades frequentes.

A Tabela 6 apresenta a frequência das ações de gestão e manutenção dos telhados verdes visitados.

Telhado verde visitado	Irrigação	Podas, remoção de massa morta, remoção de vegetação intrusa	Limpeza dos ralos e outros dispositivos de drenagem	Adubação	
1	Frequência	2x dia	Semanal	Semanal	Anual
2		2x dia	Mensal	Semanal	Se necessário
3		1x dia	Diária	Se necessário	Bienal
4		2x dia	Mensal	Mensal	Se necessário
5		1x dia	Frequente	Se necessário	Frequente
6		1x dia	Quinzenal	Se necessário	Se necessário
7		1a2x dia	Se necessário	Se necessário	Se necessário
8		2x dia	Semanal	Semanal	Se necessário
9		2x dia	Semanal	Semanal	Se necessário

Tabela 6 - Frequência de manutenção nos telhados verdes visitados

4 CONCLUSÕES

Com esse trabalho, pretendeu-se identificar as possíveis causas do surgimento de manifestações patológicas em um sistema de telhado verde e conseqüentemente na edificação na qual está inserido. Além disso, foi possível o entendimento de alguns aspectos relativos à gestão e manutenções necessárias durante a vida útil da edificação, para garantir sua durabilidade.

RECIMA21 - Ciências Exatas e da Terra, Sociais, da Saúde, Humanas e Engenharia/Tecnologia



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICA, GESTÃO, MANUTENÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TELHADOS VERDES
Marcelo Gomes de Almeida, Cristiane Machado Parisi Jonov, Adriano de Paula e Silva

As pesquisas de campo mostraram que a maioria dos problemas constatados nos telhados verdes se concentram essencialmente na própria vegetação e muito pouco na edificação propriamente dita. Isso porque a execução adequada dos componentes de uma cobertura, como impermeabilização e drenagem, garante seu desempenho, mesmo com a presença do telhado verde.

A ocorrência de manifestações patológicas se origina em problemas de projeto ou execução e existiria mesmo sem a presença do telhado verde na cobertura. Portanto, a existência do telhado verde não se constitui em causa dos danos, podendo apenas agravá-los. Contudo, se as manutenções preventivas necessárias não forem realizadas nas coberturas verdes, vários problemas poderão surgir. O principal motivo de problemas na vegetação do telhado verde é a falha ou falta de irrigação e esse item representa o maior peso nos custos de manutenção, considerando o clima de nosso país.

Nos imóveis inspecionados foram constatados problemas como morte de vegetação, compactação do substrato, áreas sem cobertura vegetal, avanço de vegetação, raízes e rizomas em áreas protegidas, umidade ascendente e negativa e fissuras em paredes e platibandas.

Conclui-se que, apesar dos telhados verdes requererem maior atenção quanto a manutenções preditivas, preventivas e corretivas com inspeções periódicas mais frequentes, se comparado a coberturas convencionais, a ocorrência de manifestações patológicas é pouco frequente caso observadas e atendidas as necessárias premissas técnicas projetuais e boas práticas construtivas e frequência de manutenção.

Foi observada a estreita relação existente entre a falta de manutenção e aparição de anomalias nos telhados verdes. Os planos e ações de manutenção durante a vida dos telhados verdes têm papel importante para garantir sua longevidade e saúde, bem como da edificação em que está inserido.

Diante dos estudos realizados, foi possível constatar uma dificuldade importante para implantação de telhados verdes em nosso país: o clima.

No Brasil, as condições abióticas de grande potencial estressante para as plantas, como a luz e a radiação solar, a temperatura e o vento, fazem com que sejam necessárias avaliações frequentes quanto à sobrevivência e crescimento adequado das plantas, além da necessidade de irrigação frequente, o que eleva os custos de manutenção e conseqüentemente limita a construção em maior escala de telhados verdes em clima tropical.

E diante da comprovação de que os custos de manutenção têm relevante peso na decisão de implantação de um TV, abre-se espaço para sugestões de trabalhos futuros, entre eles: realizar análise sobre custos de manutenção durante a vida útil de um telhado verde; comparar os custos de manutenção entre telhados verdes intensivos, semi-intensivos e extensivos; identificar qual a melhor opção, com relação a custo de manutenção, de método de irrigação para telhados verdes no Brasil; estudar as espécies vegetais mais indicadas para o clima brasileiro para minimizar os custos de manutenção, principalmente os de irrigação; avaliar questões relativas à sustentabilidade, energia incorporada e ciclo de vida dos sistemas constituintes de telhado verde.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICA, GESTÃO, MANUTENÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TELHADOS VERDES
Marcelo Gomes de Almeida, Cristiane Machado Parisi Jonov, Adriano de Paula e Silva

REFERÊNCIAS

- ALVES, J. A. R. L. **Impermeabilização e Isolamento Térmico de Coberturas em Terraço, Sistemas Construtivos e Patologias**. 2013. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa - Área Departamental de Engenharia Civil, Lisboa, 2013.
- ANSI/SPRI RP-14. **Wind Design Standard For Vegetative Roofing Systems**. Waltham, MA: ANSI/SPRI, 2016. p. 50.
- ANSI/SPRI VF-1. **External Fire Design Standard for Vegetative Roofs**. Waltham, MA: ANSI/SPRI, 2017. p. 10.
- BERNDTSSON, J. C. Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. **Ecological Engineering**, v. 36, n. 4, p. 351–360, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2009.12.014>
- BERTOLINI, L. **Materiais de construção: patologia, reabilitação, prevenção**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- CARVALHO, G. D. C. **Avaliação de sistemas de telhados verdes: análise térmica e hídrica nos diferentes sistemas cultivados com callisia repens**. 2018. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Instituto de Ciência e Tecnologia - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Sorocaba, 2018.
- CHEN, C. F. Performance evaluation and development strategies for green roofs in Taiwan: A review. **Ecological Engineering**, v. 52, p. 51–58, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.12.083>
- COELHO, A. L. R. **Manutenção de coberturas verdes**. 2014. 130 f. Dissertação (Mestrado em construção e reabilitação) - Instituto Superior Técnico - Universidade técnica de Lisboa. Lisboa. 2014.
- DIMITRIJEVIĆ, D. *et al.* Air pollution removal and control by green living roof systems. Acta Technica Corvininensis - **Bulletin of Engineering**, v. 11, n. 1, p. 47-51, 2018.
- DUNNETT, N.; KINGSBURY, N. **Planting Green Roofs and Living Walls**. London, UK: Timber Press, 2008.
- FENG, C.; MENG, Q.; ZHANG, Y. Theoretical and experimental analysis of the energy balance of extensive green roofs. **Energy and Buildings**, v. 42, n. 6, p. 959–965, 2010. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.12.014>
- FLL. **Guidelines for the planning, construction and maintenance of green roofing**. [S. l.]: Green Roofing Guideline, 2018.
- FM GLOBAL. **Green Roof Systems - Property Loss Prevention Data Sheets**. [S. L.]: Factory Mutual Insurance Company, 2011. p. 35.
- GETTER, K. L. *et al.* Carbon Sequestration Potential of Extensive Green Roofs. **Environmental Science & Technology**, v. 43, n. 19, p. 7564–7570, 2009. Doi: <https://doi.org/10.1021/es901539x>
- IGRA. **Green roof types**. [S. L.]: International Green Roof Association, 2012. Disponível em: http://www.igraworld.com/types_of_green_roofs/index.php. Acesso em: 01 jul. 2018.
- IMAP. **Growing Green Guide: A guide to green roofs, walls and facades in Melbourne and Victoria, Australia**. State of Victoria through the Department of Environment and Primary Industries. Melbourne, 2014. p. 132.
- JIM, C. Y.; TSANG, S. W. Biophysical properties and thermal performance of an intensive green roof. **Building and Environment**, Hong Kong, v. 46, p. 1263-1274, 2011. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.12.013>
- KUHN, M.; PECK, S. **Design Guidelines for Green Roofs**. Toronto: Environment Canada, 2000.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICA, GESTÃO, MANUTENÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TELHADOS VERDES
Marcelo Gomes de Almeida, Cristiane Machado Parisi Jonov, Adriano de Paula e Silva

LIU, K.; BASKARAN, B. Thermal performance of green roofs through field evaluation. *In: 1st North American Green Roof Conference: Greening Roof tops for Sustainable Communities*, 2003, Toronto. 2003.

MCDONOUGH, W. **Concept for Rooftop Farming. Liuzhou, Guangxi, República Popular da China.** [S. L.]: William McDonough + Partners, 2005. Disponível em: <https://www.mcdonoughpartners.com/projects/concept-for-rooftop-farming/>. Acesso em: 13 out. 2019.

MINKE, G. **Techos verdes - Planificación, ejecución, consejos prácticos.** [S.l.]: Editora Fin de Siglo. 2004.

MORESCHI, J. C. **Biodegradação e preservação da madeira.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2013. p. 49.

MORGADO, J. M. F.; MARTINS, F. D. C. **Popularização da cobertura verde.** In: 13º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização, São Paulo, 2013.

MORGADO, J. N. P. L. V. **Plano de inspeção e manutenção de coberturas de edifícios correntes.** 2012. 267 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2012.

NCDEQ. **C-8 Green Roof.** North Carolina: Stormwater Design Manual. Raleigh, 2017. p. 17.

OHNUMA JUNIOR, A. A.; GOMES, M. M.; SILVA, L. P. D. Efeitos globais da temperatura e da precipitação em telhados verdes. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, n. 13, p. 234-251, 2017. Doi: <https://doi.org/10.5380/abclima.v20i0.47437>

OSMUNDSON, T. H. **Roof Gardens: History, Design And Construction.** New York: WW Norton & Co, 318 p. 1999.

PALHA, P.; CONTRERAS, E. P.; PEREIRA, A. **Jornada Internacional - Coberturas Ajardinadas.** FCUP (Faculdade de Ciências da Universidade do Porto) - Porto, Portugal. Porto, 2012. 17/05/2012.

PARIZOTTO, S.; LAMBERTS, R. Investigation of green roof thermal performance in temperate climate: A case study of an experimental building in Florianópolis city, Southern Brazil. **Energy and Buildings**, v. 43, n. 7, p. 1712-1722, 2011.

PECK, S. W.; CALLAGHAN, C. **Greenbacks from green roofs: Forging a new industry in canada.** Status report On Benefits, barriers and opportunities For green roof and vertical garden Technology diffusion. [S.l.]: Canada Mortgage and Housing Corporation, 1999.

POUEY, M. T. F. **Estudo experimental do desempenho térmico de coberturas planas: vegetação e terraço.** 1998. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

PRATES, J. F. M. **Desempenho de coberturas verdes em zonas urbanas.** 2012. 98 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Energéticos Sustentáveis) - Departamento de Engenharia Mecânica - Universidade de Aveiro, Aveiro, 2012.

QUERUZ, F. **Contribuição para identificação dos principais agentes e mecanismos de degradação em edificações da Vila Belga.** 2007. 172 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

RAPOSO, F. M. F. **Manual de boas práticas de coberturas verdes-Análise de casos de estudo.** 2013. 136 f. Dissertação (Mestrado em Construção e Reabilitação) - Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2013.

SILVA, B. R. **Telhados verdes em clima tropical uma nova técnica e seu potencial de atenuação térmica.** 2016. 168 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Instituto alberto luiz coimbra de pós-graduação e pesquisa de engenharia - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICA, GESTÃO, MANUTENÇÃO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM TELHADOS VERDES
Marcelo Gomes de Almeida, Cristiane Machado Parisi Jonov, Adriano de Paula e Silva

SILVA, C. M.; COLEN, I. F.; COELHO, A. **Green roofs in Mediterranean areas - Survey and maintenance Planning**. 2015 - Department of Civil Engineering and Architecture and Georesources, Instituto Superior Técnico, University of Lisbon, Lisbon, Portugal, 2015.

SOUZA, R. B. D. *et al.* Influência das variáveis atmosféricas na degradação dos materiais da construção civil. **REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 13, n. 1, jan./jun. 2017.

SOUZA, V. C. M. D.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 1998.

SPENCE, R.; MULLIGAN, H. Sustainable development and the construction industry. **Habitat International**, v. 19, n. 3, p. 279-292, 1995.

STOVIN, V.; VESUVIANO, G.; KASMIN, H. The hydrological performance of a green roof test bed under UK climate conditions. **Journal of Hydrology**, v. 414, n. 415, p. 148-161, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.10.022>

TOLDERLUND, L. **Design Guidelines and Maintenance Manual for Green Roofs in the Semi-Arid and Arid West**, LEED AP, GRP, University of Colorado Denver, 2010. p. 21.

TORONTO BUILDING. **The Toronto Green Roof Construction Standard**. Toronto: Office of the Chief Building Official, Toronto Building, 2010.

VERÇOZA, Ê. J. **Patologia das edificações**. Porto Alegre: Sagra, 1991.

VIJAYARAGHAVAN, K. Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 57, p. 740-752, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.119>

VINNOVA. **The Swedish Green Roof Handbook - Guidance**. [S. l.: s. n.], 2017. p. 58.

ZHANG, X. *et al.* Barriers to implement extensive green roof systems: A Hong Kong study. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, p. 314-319, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.157>

ZINCO. **Planning Guide - Green Roof Basics**. Nuertingen, Alemanha: ZinCo, 2019. p. 32.

ZINCO. **Planning Guide - System Solutions for Intensive Green Roofs**. Nuertingen, Alemanha: ZinCo, 2018. p. 20.

ZINCO. **Planning Guide - Systems for Pitched Green Roofs**. Nuertingen, Alemanha: ZinCo, 2013. p. 18.

ZINCO. **General information about our company**. Nuertingen, Alemanha: ZinCo, 2017.