

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE CONSTRUÍDO E
PATRIMÔNIO SUSTENTÁVEL

LARISSA CAROLINA DINIZ ALVES

**SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO DE FACHADAS E COBERTURAS
VEGETADAS DE EDIFÍCIOS EM MINAS GERAIS**

Belo Horizonte

2025

Larissa Carolina Diniz Alves

**SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO DE FACHADAS E COBERTURAS
VEGETADAS DE EDIFÍCIOS EM MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, do Programa de pós-graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientador: Prof. Dr. João Paulo Correia Rodrigues

Belo Horizonte

2025

FICHA CATALOGRÁFICA

A474s

Alves, Larissa Carolina Diniz.

Segurança contra incêndio de fachadas e coberturas vegetadas de edifícios em Minas Gerais [recurso eletrônico] / Larissa Carolina Diniz Alves. - 2024.

1 recurso online (111 p. : il.).

Orientador: João Paulo Correia Rodrigues

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

1. Prevenção de incêndios - Teses. 2. Fachadas (Arquitetura) - Teses. I. Rodrigues, João Paulo Correia. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. VI. Título.

CDD 628.925



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

"SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO DE FACHADAS E COBERTURAS VEGETADAS DE EDIFÍCIOS EM MINAS GERAIS"

LARISSA CAROLINA DINIZ ALVES

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada, no dia **trinta de maio de dois mil de vinte e cinco**, pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Universidade Federal de Minas Gerais, constituída pelos seguintes professores:

Prof. Dr. João Paulo Correia Rodrigues - Orientador

Escola de Arquitetura/UFMG

Prof.^a Dr.^a Renata Maria Abrantes Baracho Correia

Escola de Arquitetura/UFMG

Prof. Dr. Alexandre Landesmann

Departamento de Estruturas da FAU/UFRJ

Belo Horizonte, 30 de maio de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Alexandre Landesmann, Usuário Externo**, em 30/05/2025, às 13:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **João Paulo Correia Rodrigues, Usuário Externo**, em 30/05/2025, às 14:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Renata Maria Abrantes Baracho Porto, Professora do Magistério Superior**, em 02/06/2025, às 08:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site



https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 4250778 e o código CRC E5F72398.

Este trabalho é dedicado à minha querida avó, Dona Vença, que, mesmo sem compreender exatamente do que se trata a arquitetura ou as coberturas e fachadas vegetadas, sempre me apoiou incondicionalmente em todas as minhas escolhas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela dádiva da vida, pela força concedida ao longo deste trabalho, permitindo-me adquirir conhecimento e seguir meus sonhos com determinação e fé.

À minha mãe, exemplo de trabalho árduo, força de vontade e dedicação. Mesmo sem compreender completamente o que eu estava fazendo, sempre me apoiou de maneira incondicional, acreditando em mim em todos os momentos.

Ao meu orientador, professor João Paulo Correia Rodrigues, pela orientação contínua e fundamental ao longo de todo o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço profundamente pela paciência, dedicação e profissionalismo com que me orientou, mesmo à distância, por meio das reuniões remotas. Sua orientação precisa e comprometida foi essencial para que este trabalho se tornasse realidade.

À minha família, pelo apoio em todos os momentos. À minha querida amiga Beatriz, que, mesmo distante, ofereceu conselhos valiosos sobre a elaboração deste, e esteve presente também nos momentos mais delicados da vida.

Agradeço aos colegas e professores que fizeram parte desta caminhada acadêmica na Universidade Federal de Minas Gerais, contribuindo de forma direta ou indireta para a elaboração desta dissertação. À FAPEMIG, pelo fomento por meio da bolsa institucional, que possibilitou a dedicação ao desenvolvimento deste projeto.

A todos que, de alguma forma, fizeram parte dessa trajetória, minha mais sincera gratidão.

RESUMO

Esta dissertação investiga a segurança contra incêndio em edificações que utilizam fachadas e coberturas vegetadas, soluções arquitetônicas amplamente valorizadas na atualidade por seus benefícios ambientais e sua contribuição para a sustentabilidade. Diante do avanço das mudanças climáticas e do crescimento das cidades, tais sistemas vêm sendo aplicados para promover conforto térmico, melhorar a qualidade do ar e promover a eficiência energética nas construções. No entanto, apesar do reconhecimento de seus benefícios térmicos e ambientais, ainda são limitados os estudos voltados à análise de seu comportamento frente ao fogo, especialmente no Brasil, onde há escassez de regulamentações sobre o tema. Partindo da hipótese de que elementos como vegetação, substrato e materiais de suporte interferem diretamente no potencial de inflamabilidade desses sistemas, esta pesquisa tem como objetivo propor diretrizes que orientem a regulamentação e o uso seguro de fachadas e coberturas vegetadas no contexto brasileiro, com foco no estado de Minas Gerais. A metodologia adotada abrange revisão bibliográfica nacional e internacional, análise comparativa de normas estrangeiras, como o *NFPA* (Estados Unidos), o *GRO Code* (Reino Unido) e a *ANSI/SPRI VF-1*, além do estudo de casos de incêndios ocorridos em edificações sustentáveis. Com base nessas análises, foram elaboradas recomendações reunidas em três propostas de Instruções Técnicas destinadas ao Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG), contemplando critérios como a escolha de espécies vegetais com baixa inflamabilidade, implantação de sistemas de irrigação automatizados, rotinas de manutenção periódica e controle do crescimento da vegetação. Tais medidas visam prevenir a ignição e dificultar a propagação do fogo, promovendo a integração entre estratégias sustentáveis e requisitos técnicos de segurança contra incêndios. A pesquisa contribui, assim, para o avanço técnico-científico e normativo no Brasil, oferecendo subsídios para o desenvolvimento de edificações mais seguras e resilientes.

Palavras-chave: incêndio; segurança; fachadas; coberturas; vegetação; arquitetura.

ABSTRACT

This work examines fire safety in buildings equipped with green façades and roofs—architectural strategies increasingly adopted for their environmental benefits and potential to enhance urban sustainability. In light of accelerating climate change and rapid urbanization, such systems have been implemented to improve thermal comfort, air quality, and energy efficiency within the built environment. Despite their widely recognized thermal and ecological advantages, the fire performance of these systems remains insufficiently explored, particularly in Brazil, where specific regulations addressing this issue are still largely absent. This research is grounded in the assumption that components such as vegetation, substrate, and structural support materials significantly influence the flammability potential of green systems, especially in cases of inadequate maintenance or inappropriate plant species selection. The primary objective of this study is to propose guidelines that support the safe application and regulation of vegetated façades and roofs in the Brazilian context, with particular emphasis on the state of Minas Gerais. The methodological approach includes a comprehensive review of national and international literature, comparative analysis of international fire safety standards—such as NFPA (United States), the GRO Code (United Kingdom), and ANSI/SPRI VF-1—and case studies of fire incidents involving sustainable buildings. Based on this investigation, three Technical Instructions are proposed for the Minas Gerais Military Fire Department (CBMMG), aimed at informing regulatory frameworks and guiding professional practice. The proposed recommendations encompass the selection of plant species with low flammability, the use of predominantly inorganic substrates, the implementation of automated irrigation systems, periodic maintenance protocols, and effective vegetation control in critical areas. These measures are intended to reduce ignition risks and inhibit fire propagation, thereby fostering a design approach that reconciles sustainability with fire safety requirements. Ultimately, this research contributes to advancing the technical and regulatory landscape in Brazil, offering a foundation for the development of safer, more resilient, and environmentally responsible architectural practices.

Keywords: fire; safety; façades; roofs; vegetation; architecture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Concentração de pesquisas sobre telhados verdes no mundo, a partir do levantamento de Aleksejeva (2024).	19
Figura 2 – O tripé da sustentabilidade defendido por John Elkington (1994).	25
Figura 3 – Pintura dos Jardins Suspensos da Babilônia	27
Figura 4 – Fachadas verdes.....	30
Figura 5 – Paredes vivas.....	30
Figura 6 – Classificação dos sistemas de fachadas verdes.....	31
Figura 7 – Exemplos de fachadas verdes.	32
Figura 8 – Paredes vivas modulares e com sistema contínuo.	33
Figura 9 – Exemplos de paredes vivas modulares e com sistema contínuo.	34
Figura 10 – Sistema de parede viva modular - Tabuleiro.....	34
Figura 11 – Exemplos de coberturas vegetadas.	36
Figura 12 – Estrutura de um telhado vegetado típico.....	37
Figura 13 – Caracterização das tipologias de coberturas vegetadas.....	38
Figura 14 – Cobertura vegetada no edifício Centro Comercial Emporia (Malmö, Suécia).....	40
Figura 15 – Exemplos de fachadas verdes.	42
Figura 16 – Cobertura vegetada na sede da prefeitura de Chicago (EUA).....	43
Figura 17 – Telhado vegetado no edifício Gazeta (São Paulo, Brasil).....	43
Figura 18 – Telhado vegetado da Mountain Equipment (Toronto, Canadá).....	45
Figura 19 – Incêndio em fachada verde em Londres, Reino Unido (2018).	49
Figura 20 – Grenfell Tower, em Londres, após o incêndio ocorrido em 2017.	50
Figura 21 – Fachada vegetada do edifício Santa Cruz danificado por incêndio.....	51
Figura 22 – Incêndio em Valência expõe falhas na regulamentação de segurança contra incêndios.	52
Figura 23 – Esquema de sistema de irrigação por cortina.	60
Figura 24 – Sistema de irrigação em fachada vegetada.	61
Figura 25 – Proteção passiva contra incêndio aplicada a fachadas verdes diretas. .	62
Figura 26 – Proteção passiva contra incêndio aplicada a fachadas verdes indiretas.	62
Figura 27 – Proteção passiva contra incêndio aplicada a parede vivas modulares. .	63
Figura 28 – Suculentas (<i>Echeveria setosa</i>).....	66

Figura 29 – <i>Hábito cespitoso</i> (moitas).....	66
Figura 30 – <i>Dicondra</i> (<i>Dichondra repens</i>)	66
Figura 31 – Relação dos tipos de telhados verdes e suas características inflamáveis.	67
Figura 32 – Recomendações para o espaçamento vertical entre espécies, visando a redução do risco de propagação do fogo.	69
Figura 33 – Hospital Orizonti.....	71
Figura 34 – Configuração do sistema de telhado vegetado do Hospital Orizonti.	72
Figura 35 – Instalação de grama na cobertura vegetada do Hospital Orizonti.	72
Figura 36 – Instalação do substrato na cobertura do Hospital Orizonti.	72
Figura 37 – Restaurante Setorial II da UFMG.	74
Figura 38 – Canteiros do Restaurante Setorial II da UFMG.	75
Figura 39 – Cobertura do Restaurante Setorial II da UFMG.	76
Figura 40 – Sistema de irrigação dos jardins da cobertura vegetada do Restaurante Setorial II da UFMG.....	76
Figura 41 – Jardins da cobertura do Edifício Setorial II da UFMG.	77
Figura 42 – Jardins da cobertura do Edifício Setorial II da UFMG.	78
Figura 43 – Trepadeiras nas fachadas do Restaurante Setorial II da UFMG.	78
Figura 44 – Localização do estado de Minas Gerais no Brasil.....	82

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Benefícios x Problemas causados por uma construção sustentável dotada de cobertura e/ou fachadas verdes.	26
Quadro 2 – Comparação entre fachadas verdes e paredes vivas: características, estruturas e desempenho.	30
Quadro 3 – Comparativo entre modelos de fachadas verdes e suas técnicas construtivas.	32
Quadro 4 – Características das paredes vivas contínuas e modulares.	35
Quadro 5 – Comparação entre modelos de Telhado Verde e suas técnicas construtivas.	39
Quadro 6 – Custo x Efetividade, problemas e benefícios de fachadas e coberturas vegetadas.	46
Quadro 7 – Recomendações normativas para telhados e fachadas vegetadas no controle de incêndios: Normas Green Roof Code (2021); NFPA (2019, 2020); ANSI/SPRI VF-1 (2010).	56
Quadro 8 – Classificação das espécies vegetais e suas características de inflamabilidade.	59
Quadro 9 – Classificação das espécies vegetais do Restaurante Setorial II da UFMG em relação à segurança contra incêndios.	79
Quadro 10 – Classificação das espécies vegetais recomendadas para fachadas verdes e suas características de Inflamabilidade.	83
Quadro 11 – Classificação das espécies vegetais recomendadas para paredes vivas e suas características de inflamabilidade.	84
Quadro 12 – Recomendações de plantas para telhados vegetados em Minas Gerais a partir do seu teor de inflamabilidade.	85
Quadro 13 – Adaptação da Instrução Técnica conforme as recomendações normativas internacionais para controle de incêndios em coberturas vegetadas.	108
Quadro 14 – Espaçamentos mínimos entre copas de árvores em coberturas verdes.	108

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACV – Análise do Ciclo de Vida

ANSI/SPRI VF-1 – External Fire Resistance for Vegetative Roofing Systems

BSwh – Clima temperado oceânico com inverno seco e verão quente (classificação climática de Köppen)

CBMMG – Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais

CMAR – Controle de Materiais de Acabamento e Revestimento

CTE – Código Técnico da Edificação (Espanha)

Cwb – Clima subtropical com verão brando (classificação climática de Köppen)

FLL – Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (Green Roof Guideline – Germany)

GRC – Green Roof Code

GRO – Green Roof Code of Best Practice

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEC – International Electrotechnical Commission

IPTU – Imposto Predial e Territorial Urbano

ISO – International Organization for Standardization

IT – Instrução Técnica

LEED – Leadership in Energy and Environmental Design

MG – Minas Gerais

NFPA – National Fire Protection Association

NBR – Normas Brasileiras

ONU – Organização das Nações Unidas

PE – Polietileno

PVC – Policloreto de Vinila

SCDF – Singapore Civil Defence Force

SPCI – Sistema de Proteção Contra Incêndio

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

UE – União Europeia

EUA – Estados Unidos da América

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1. Motivação.....	17
1.2. Objetivos.....	19
1.3. Metodologia.....	21
1.4. Descrição da estrutura da dissertação.....	22
2. ESTADO DA ARTE	24
2.1. Edifícios verdes e sustentabilidade.....	24
2.2. Edifícios verdes: breve contexto histórico.....	27
2.3. Sistemas vegetados em edificações.....	28
2.3.1. Fachadas vegetadas.....	28
2.3.2. Fachadas verdes.....	31
2.3.3. Paredes vivas.....	33
2.3.4. Coberturas vegetadas.....	36
2.4. Desempenho e desafios dos sistemas vegetados.....	41
2.4.1. Fachadas e coberturas vegetadas: exemplos.....	41
2.4.2. Fachadas e coberturas vegetadas: desempenho ambiental e desafios de segurança contra incêndio.....	45
2.5. Considerações finais.....	47
3. SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS EM EDIFÍCIOS SUSTENTÁVEIS: NORMAS, ESTRATÉGIAS E ESTUDOS DE CASO	49
3.1. Incêndios em edifícios sustentáveis.....	49
3.2. Legislação nacional e internacional de segurança contra incêndio.....	52
3.3. Segurança contra incêndio em fachadas vegetadas.....	58
3.4. Coberturas vegetadas: influência de espécies no combate ao fogo.....	64
3.5. Planejamento de Coberturas Vegetadas com Foco na Segurança Contra Incêndios.....	68
3.6. Coberturas vegetadas: casos em Minas Gerais.....	70
3.6.1. Hospital Orizonti.....	70
3.6.2. Restaurante Setorial II – Universidade Federal de Minas Gerais.....	74
3.7. Considerações finais.....	80

4. PROTEÇÃO E COMBATE AO INCÊNDIO EM FACHADAS E COBERTURAS VEGETADAS EM MINAS GERAIS	82
4.1. Segurança contra incêndio em edifícios dotados de fachadas e coberturas vegetadas: proposta de aprimoramento.....	87
4.2. Considerações finais.....	90
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E ESTUDOS FUTUROS.....	91
5.1. Estudos futuros	93
REFERÊNCIAS.....	94
APÊNDICE A – Sugestão de adequação da Instrução Técnica Nº 38 do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG)	99
APÊNDICE B – Sugestão de implementação de capítulo na Instrução Técnica Nº 07 do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG)	103
APÊNDICE C – Sugestão de adequação da Instrução Técnica Nº 06 do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG)	107

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), cerca de 61% da população brasileira vive em áreas urbanas, sendo que, no estado de Minas Gerais, esse percentual atinge 85,3%. As grandes concentrações urbanas podem ser associadas a elevados níveis de consumo energético, o que, aliado ao aumento da progressão de eventos climáticos extremos, reforça a necessidade de adoção de soluções de projeto voltadas à sustentabilidade e à eficiência energética nos edifícios. Nesse contexto, destaca-se a importância da incorporação de áreas verdes no ambiente construído e em seu entorno.

Diversas estratégias têm sido exploradas para viabilizar a implementação de vegetação em centros urbanos densamente ocupados, incluindo a criação de parques e a arborização de vias públicas. No entanto, a expansão das cidades tem reduzido os espaços disponíveis para novas áreas verdes, ao mesmo tempo em que o ambiente urbano impõe obstáculos ao plantio convencional, como a compactação do solo, a limitação de espaço e a ausência de manejo adequado da vegetação.

Frente a esse cenário, a arquitetura contemporânea tem incorporado práticas sustentáveis que visam a redução dos impactos ambientais das edificações assim como à melhoria do desempenho térmico e energético. Entre essas práticas, destaca-se a adoção de materiais e sistemas construtivos sustentáveis, voltados para a eficiência energética e o conforto ambiental dos usuários. Dentre as estratégias mais promissoras, as fachadas e coberturas vegetadas têm ganhado relevância por sua capacidade de reduzir o consumo de energia dos edifícios, promover o conforto térmico e mitigar efeitos negativos ao meio ambiente, como as ilhas de calor urbano. Bevilacqua (2021) ressalta que esses sistemas são eficazes na redução da temperatura das edificações e no consequente menor uso de sistemas de climatização.

Apesar dos benefícios ambientais e econômicos amplamente discutidos na literatura acadêmica, as fachadas e coberturas vegetadas ainda carecem de regulamentações, pesquisas e diretrizes relacionadas à segurança contra incêndios. Zhen (2024) destaca que essa lacuna é expressiva, uma vez que a ausência de parâmetros para avaliar a inflamabilidade das espécies vegetais e dos materiais utilizados nesses sistemas pode comprometer a segurança das edificações de uma forma geral.

Aleksejeva (2024), observa que a literatura científica prioriza os aspectos térmicos e ambientais dessas soluções de projeto, em detrimento das questões de segurança contra incêndio.

No Brasil, a ausência de regulamentações detalhadas sobre segurança contra incêndio em edificações dotadas de fachadas e coberturas vegetadas representa um entrave à expansão segura dessas práticas construtivas na atualidade. As pesquisas existentes sobre incêndios em áreas verdes, em geral, concentram-se em incêndios florestais ou em terrenos baldios, adotando abordagens que não consideram as especificidades da vegetação integrada ao ambiente construído. Soma-se a isso o fato de que a combustibilidade das espécies vegetais comumente utilizadas em coberturas e fachadas vegetadas ainda é pouco conhecida, o que dificulta a formulação de critérios e normativas técnicas adequadas ao contexto brasileiro.

Ramos (2021) ressalta que, apesar dos avanços na construção de edifícios sustentáveis em âmbito global, a crescente complexidade dessas edificações impõe novos desafios à segurança contra incêndios. Para que um edifício seja efetivamente considerado sustentável, é imprescindível que os riscos de incêndio sejam contemplados desde as etapas iniciais de projeto. Isso inclui, necessariamente, o planejamento de fachadas e coberturas vegetadas com resistência à ignição e à propagação do fogo, de modo a garantir tanto a segurança dos ocupantes quanto a integridade da edificação e de seu entorno. Nesse contexto, evidencia-se a urgência do desenvolvimento de regulamentações e de pesquisas voltadas à segurança contra incêndios em edificações com sistemas vegetados, considerando variáveis como o tipo de vegetação, o substrato empregado e os procedimentos de manutenção coerentes e adequados para as especificidades do edifício.

1.1. Motivação

A crescente preocupação com o desempenho térmico e a sustentabilidade dos edifícios tem se consolidado como uma prioridade na arquitetura da contemporaneidade. Diversas soluções projetuais têm sido desenvolvidas para reduzir a temperatura interna dos edifícios e atenuar os efeitos dos eventos climáticos. Entre essas soluções, destacam-se as fachadas e coberturas vegetadas, que incorporam a vegetação diretamente em sua estrutura.

Entretanto, é fundamental reconhecer que, apesar da arquitetura sustentável valorizar esses sistemas verdes, a proteção contra incêndios frequentemente é negligenciada, especialmente no que diz respeito à escolha dos materiais construtivos e das espécies vegetais utilizadas para revestir as diversas faces das edificações. Grande parte das pesquisas disponíveis sobre fachadas e coberturas verdes concentra-se nos benefícios climáticos e no conforto ambiental, sobretudo térmico, sem contemplar adequadamente o risco de incêndio associado a esses sistemas. Lira (2023) destaca que, apesar da crescente inserção de aspectos ambientais na concepção de novos edifícios e do desenvolvimento de sistemas como fachadas e coberturas vegetadas, há uma clara escassez de estudos que avaliem o impacto dessas soluções na proteção e no combate a incêndios.

Aleksejeva (2024) observa que, entre 2000 e 2022, houve um avanço nas pesquisas sobre telhados vegetados, com ênfase na análise de variáveis como espécies vegetais, camadas de substrato e combinações de solo, porém o tema da segurança contra incêndios permanece negligenciado. Além disso, as pesquisas sobre o tema apresentam uma concentração geográfica significativa no Hemisfério Norte, especialmente na Europa Ocidental (n = 118), Estados Unidos (n = 73), China (n=49) e Reino Unido (n = 20). Já no Hemisfério Sul, a representatividade é bastante limitada, com apenas 12 estudos realizados no Brasil, o que restringe a aplicabilidade dos resultados para contextos climáticos e socioeconômicos distintos (Aleksejeva, 2024).

Diante desse panorama, é evidente a necessidade de elaborar estudos voltados para a segurança contra incêndios em fachadas e coberturas vegetadas, principalmente no Brasil. Apesar de o foco atual esteja nos benefícios térmicos e sustentáveis dessas soluções, é essencial aprofundar o conhecimento sobre seu comportamento em situação de incêndio para assegurar que a busca por construções sustentáveis não comprometa a segurança dos edifícios de uma forma geral.

Neste sentido, esta dissertação propõe investigar a relação entre as diferentes tipologias de fachadas e coberturas vegetadas e a proteção e o combate a incêndios em edificações que adotam esses sistemas, com ênfase no estado de Minas Gerais, onde a implementação dessas soluções tem crescido nos últimos anos. Destaca-se que apenas 4% dos estudos mundiais sobre coberturas vegetadas foram realizados no Brasil nas últimas duas décadas, em comparação com a média global de 386 pesquisas, conforme apresentado por Aleksejeva (2024).

Figura 1 – Concentração de pesquisas sobre telhados verdes no mundo, a partir do levantamento de Aleksejeva (2024).



Fonte: Autora (2025)

Portanto, a motivação para esta pesquisa decorre do aumento expressivo de edificações no país, impulsionadas principalmente pela busca por sustentabilidade. Contudo, em contrapartida, ainda não existem normas ou legislações para a proteção e o combate a incêndios em edificações dotadas de fachadas e coberturas vegetadas, especialmente no estado de Minas Gerais. Assim, o foco deste estudo, centrado na segurança contra incêndios em edifícios, torna-se tema fundamental e urgente na produção arquitetônica contemporânea brasileira, com destaque para o estado de Minas Gerais.

1.2. Objetivos

Esta dissertação visa aprofundar a compreensão sobre os impactos das fachadas e coberturas vegetadas na proteção e no combate a incêndios em edifícios verdes no estado de Minas Gerais. Considerando a crescente adoção de soluções de projeto sustentáveis na arquitetura, torna-se essencial analisar como essas estratégias projetuais influenciam a segurança contra incêndios, investigando de que forma a implementação dessas tipologias afeta a propagação e o combate ao incêndio nas edificações.

O objetivo principal deste trabalho é investigar os riscos de incêndio associados à utilização de sistemas vegetados em fachadas e coberturas, com ênfase na escolha das espécies vegetais, em suas características físico-químicas e em seu comportamento em relação ao incêndio. A partir dessa análise, busca-se estabelecer critérios para a seleção de plantas que apresentem menor inflamabilidade e sejam adequadas às condições climáticas de Minas Gerais, contribuindo para a segurança das edificações.

Além disso, o estudo visa fornecer contribuições técnicas e científicas que possam embasar recomendações para o aprimoramento das normas estaduais, especialmente as Instruções Técnicas do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG), no que diz respeito à prevenção e ao combate a incêndios em edificações com soluções sustentáveis.

Os objetivos específicos da pesquisa são:

1. Levantar e analisar as principais categorias de sistemas vegetados aplicados em fachadas e coberturas, destacando suas características construtivas, vantagens e desvantagens;
2. Identificar os principais fatores de risco de incêndio associados às espécies vegetais utilizadas nesses sistemas (fachadas e coberturas vegetadas);
3. Avaliar casos de incêndio envolvendo edificações sustentáveis, tanto no Brasil quanto no exterior, buscando compreender esses eventos;
4. Estabelecer critérios para a seleção de espécies vegetais com menor inflamabilidade, adequadas as condições climáticas de Minas Gerais;
5. Propor recomendações para o aprimoramento das Instruções Técnicas do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG) com base nos resultados da pesquisa, por meio da proposição de novos capítulos voltados à aplicação segura de fachadas e coberturas vegetadas. As Instruções Técnicas a serem consideradas incluem a revisão das seguintes:
 - a) IT-06: SEGURANÇA ESTRUTURAL DAS EDIFICAÇÕES;
 - b) IT-07: COMPARTIMENTAÇÃO HORIZONTAL E COMPARTIMENTAÇÃO VERTICAL;

c) IT-38: CONTROLE DE MATERIAIS DE ACABAMENTO E DE REVESTIMENTO (CMAR).

Nesse contexto, os resultados esperados visam contribuir para o avanço do conhecimento técnico e normativo, oferecendo instruções e diretrizes para arquitetos e projetistas que buscam incorporar sistemas vegetados às edificações. Busca-se, assim, promover a integração entre sustentabilidade ambiental e proteção contra incêndio, fomentando a adoção consciente de fachadas e coberturas vegetadas no estado de Minas Gerais.

1.3. Metodologia

Esta pesquisa adota uma abordagem qualitativa, de caráter exploratório, com o objetivo de compreender as relações entre os sistemas vegetados aplicados em fachadas e coberturas e os riscos associados à segurança contra incêndio. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica (estado da arte), com coleta de dados em artigos científicos, teses, normas técnicas nacionais e internacionais, manuais especializados e publicações de referência sobre coberturas e fachadas vegetadas, bem como sobre o comportamento do fogo em vegetações de forma geral.

A investigação concentrou-se, especialmente, em duas categorias de sistemas vegetados: as coberturas e as fachadas verdes (também denominadas jardins verticais ou paredes vivas), analisando suas características construtivas, vantagens, desvantagens e, sobretudo, seu desempenho em situações de incêndio.

Dentre os critérios de análise, destacaram-se o comportamento de diferentes espécies vegetais frente à ação do fogo, considerando aspectos como inflamabilidade, teor de umidade, densidade da vegetação, tipo de substrato e presença de compostos voláteis. Além disso, foram levados em conta os fatores climáticos predominantes no estado de Minas Gerais, com o intuito de propor instruções para a seleção vegetal adaptadas às condições locais. A pesquisa também contempla o estudo de casos documentados de incêndios em edificações sustentáveis no Brasil e no exterior, com o objetivo de identificar medidas preventivas e recorrências relevantes.

A partir dessa base teórica, foram estabelecidos critérios para a recomendação de espécies vegetais mais adequadas à realidade climática e urbana de Minas Gerais,

priorizando aquelas com menor potencial de inflamabilidade e disponibilidade no mercado local. Por fim, com base na análise crítica das referências e dos riscos identificados, este estudo propõe sugestões de aprimoramento às Instruções Técnicas do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG), com ênfase nos seguintes documentos: IT nº 38 — Controle de Materiais de Acabamento e Revestimento (CMAR); IT nº 07 — Compartimentação Horizontal e Vertical; e IT nº 06 — Segurança Estrutural das Edificações.

1.4. Descrição da estrutura da dissertação

Esta dissertação está organizada em cinco seções, além dos elementos pré e pós-textuais estabelecidos pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), os quais incluem resumo, *abstract*, listas de figuras, quadros, abreviaturas e siglas, assim como as referências bibliográficas e apêndices. A seguir, apresenta-se uma síntese da estrutura do trabalho, com a descrição das seções e respectivos subitens:

A Seção 1 – Introdução apresenta a contextualização do tema, destacando a relevância da pesquisa. São expostos a motivação (1.1), os objetivos gerais e específicos (1.2), a metodologia adotada (1.3) e a descrição da estrutura da dissertação (1.4).

A Seção 2 – Estado da Arte reúne a revisão teórica que fundamenta a pesquisa. Discorrem-se os conceitos de edifícios verdes e sustentabilidade (2.1), seguidos de um breve panorama histórico (2.2). Em sequência, são apresentados os principais sistemas vegetados aplicados em edificações, como fachadas vegetadas (2.3.1), fachadas verdes (2.3.2), paredes vivas (2.3.3) e coberturas vegetadas (2.3.4). Posteriormente, discutem-se o desempenho e os desafios desses sistemas (2.4), com destaque para exemplos de aplicação (2.4.1) e para os aspectos relacionados à segurança contra incêndio (2.4.2), concluindo-se com as considerações finais da seção (2.5).

A Seção 3 – Segurança contra incêndios em edifícios sustentáveis: normas, estratégias e estudos de caso contempla a análise crítica dos resultados obtidos ao longo da pesquisa. Inicia-se com a discussão sobre incêndios em edificações

sustentáveis (3.1) e as principais normativas nacionais e internacionais sobre segurança contra incêndio (3.2). Em seguida, são abordadas questões de fachadas vegetadas (3.3), bem como os efeitos das espécies vegetais (3.4) e da organização espacial (3.5) na segurança contra incêndios em coberturas vegetadas. A seção inclui dois estudos de caso situados em Minas Gerais (3.6): o Hospital Orizonti (3.6.1) e o Restaurante Setorial II da UFMG (3.6.2), finalizando com as considerações da seção (3.7).

A Seção 4 – Proteção e combate ao incêndio em fachadas e coberturas vegetadas em Minas Gerais apresenta diretrizes voltadas à mitigação de riscos. São discutidas recomendações de espécies vegetais com menor inflamabilidade (4.1) e propostas de aprimoramento das normativas estaduais aplicáveis a edifícios com sistemas vegetados (4.2). As considerações finais da seção estão organizadas no item 4.3.

A Seção 5 – Considerações finais e estudos futuros sintetiza os principais resultados alcançados (5.1) e apresenta sugestões de continuidade para futuras pesquisas na área (5.2), contribuindo para o avanço do conhecimento sobre segurança contra incêndios em edificações sustentáveis dotadas de fachadas e coberturas vegetadas.

Por fim, os apêndices A, B e C apresentam sugestões de adequação e inclusão de conteúdo técnico nas Instruções Técnicas nº 06, 07 e 38 do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG), com o intuito de subsidiar políticas públicas voltadas à segurança contra incêndios em fachadas e coberturas vegetadas no estado.

2. ESTADO DA ARTE

A urbanização acelerada e o crescimento populacional têm levado a um considerável aumento do consumo de energia nos grandes centros urbanos, intensificando os desafios ambientais e a necessidade de soluções arquitetônicas sustentáveis (Bevilacqua, 2021). Diante do aumento de eventos climáticos extremos e da deterioração do meio ambiente, o setor da construção civil tem buscado estratégias para mitigar os impactos causados na natureza, priorizando a eficiência energética e o desenvolvimento sustentável. Nesse contexto, a incorporação de vegetação em edifícios, por meio de fachadas e coberturas vegetadas, surge como uma alternativa promissora para reduzir o impacto ambiental e promover a eficiência energética dos edifícios. Contudo, apesar dos benefícios, essas soluções de projeto sustentáveis ainda carecem de diretrizes quanto à segurança contra incêndios em edificações, principalmente no contexto do Brasil, tornando essencial uma abordagem que integre sustentabilidade e proteção ao incêndio.

O conceito de edifícios verdes, que visam minimizar os impactos negativos no meio ambiente e, ao mesmo tempo, promover efeitos positivos no clima e na atmosfera, tem se tornado cada vez mais relevante na arquitetura da atualidade. De acordo com o Conselho Mundial de Construção Verde (2023), essas edificações frequentemente incluem características sustentáveis, como telhados e fachadas vegetadas, que ajudam a regular a temperatura interna dos edifícios, e, ao mesmo tempo, atenuam os efeitos climáticos extremos.

No entanto, ainda que os benefícios sustentáveis e energéticos das fachadas e coberturas verdes sejam amplamente reconhecidos, pesquisas sobre sua influência na propagação e combate a incêndios ainda são limitadas, sendo que a ausência de padrões claros e estudos sobre a inflamabilidade das espécies vegetais utilizadas nas fachadas e coberturas verdes compromete a segurança e a eficácia dessas soluções sustentáveis aplicadas ao projeto arquitetônico.

2.1. Edifícios verdes e sustentabilidade

Os edifícios verdes emergem como uma resposta da arquitetura e da construção civil às metas globais de Desenvolvimento Sustentável, que começou a ser moldada na

Conferência de Estocolmo em 1972, resultando na criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Do Vale, 2020). Este programa visava promover a conscientização global e melhorar a qualidade de vida para as presentes e futuras gerações, definindo desenvolvimento sustentável como sendo aquele que permite satisfazer as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades de as gerações futuras satisfazerem as suas.

Com isso, em 1983, a ONU estabeleceu a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, para avaliar os danos ambientais e suas consequências socioeconômicas (Do Vale, 2020). A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento de 1992 marcou um grande avanço ao definir 27 princípios para a integração de necessidades ambientais e desenvolvimento sustentável, ressaltando a importância da erradicação da pobreza e do desenvolvimento equitativo entre países ricos e pobres. A Agenda 21, adotada na Conferência do Rio, trouxe recomendações abrangentes para práticas sustentáveis, com foco em aspectos sociais e econômicos além dos ambientais (Do Vale, 2020).

O conceito de sustentabilidade, frequentemente representado pelo tripé da sustentabilidade introduzido por John Elkington em 1994 (Figura 2), enfatiza a integração de aspectos sociais, ambientais e econômicos de uma sociedade, defendido pelo desenvolvimento sustentável. A construção civil e a arquitetura são setores cruciais para a promoção do desenvolvimento sustentável, tornando-se essenciais para reduzir o impacto ambiental e garantir a competitividade no mercado. Estudos relacionados às mudanças climáticas destacam a necessidade urgente de buscar um desenvolvimento sustentável, dado o impacto humano crescente sobre o meio ambiente.

Figura 2 – O tripé da sustentabilidade defendido por John Elkington (1994).



Fonte: Oliveira (2019)

Oliveira (2019) salienta a relevância de medir e avaliar a sustentabilidade em construções para assegurar resultados de desenvolvimento sustentável efetivos. Para uma construção ser considerada sustentável, é necessário seguir certos princípios, tais como redução do consumo de recursos, reutilização, utilização de recursos renováveis e recicláveis, preservação do ambiente natural e criação de ambientes saudáveis.

Apesar de ter benefícios evidentes, a construção sustentável pode apresentar alguns problemas, como mostrado na tabela 01, como altos custos iniciais e de manutenção, além de problemas técnicos como fugas e falta de cooperação entre diferentes áreas. Esses problemas reforçam a necessidade de políticas e incentivos adequados para assegurar que as coberturas e fachadas verdes cumpram os princípios da sustentabilidade, contribuindo para um futuro urbano mais equilibrado e resiliente.

Entre as soluções mais eficazes para reduzir o consumo de energia em edifícios, os sistemas de vegetação, como telhados e fachadas vegetadas, se destacam. Esses sistemas fornecem isolamento térmico e contribuem para a sustentabilidade ambiental. Dessa forma, a integração de soluções verdes na arquitetura é uma abordagem eficaz para aumentar a eficiência energética dos edifícios e promover o desenvolvimento sustentável na atualidade.

Quadro 1 – Benefícios x Problemas causados por uma construção sustentável dotada de cobertura e/ou fachadas verdes.

BENEFÍCIOS	PROBLEMAS
<ul style="list-style-type: none"> - Melhora o isolamento térmico, reduzindo a necessidade de aquecimento e resfriamento dos edifícios. - Contribuem para a gestão de águas pluviais, ajudando no tratamento e na retenção da água. - Podem prolongar a vida útil dos telhados e fachadas, protegendo-os de condições climáticas extremas. - Podem aumentar o valor de mercado dos imóveis. - Reduzem a temperatura ambiente ao absorver e evaporar água. 	<ul style="list-style-type: none"> - Os custos iniciais e de manutenção podem ser elevados, o que pode desencorajar a adoção. - Podem adicionar carga extra às estruturas dos edifícios, o que pode exigir reforços estruturais. - Podem ser suscetíveis a infestação de pragas e doenças nas plantas, exigindo vigilância e tratamento.

Fonte: Autora (2024)

2.2. Edifícios verdes: breve contexto histórico

Os Jardins Suspensos da Babilônia (Figura 3), que datam de 500 a.C., são os primeiros exemplos de sistemas de vegetação em edifícios, mostrando a longa história de integração de plantas na arquitetura. De acordo com (Besir, 2018), esses sistemas foram amplamente empregados na Babilônia, assim como pelos impérios romano e grego, que utilizavam a vegetação como uma maneira de controlar a temperatura interna dos edifícios e minimizar o impacto da luz solar direta. A prática se espalhou pelo Mediterrâneo, onde vinhas e outras plantas desempenhavam um importante papel na manutenção de ambientes internos mais frescos e aconchegantes, o que demonstrava uma percepção antiga sobre os benefícios das áreas verdes.

Durante os séculos XVII e XVIII, o uso de plantas trepadeiras em construções aumentou consideravelmente no Reino Unido e na Europa Central. No século XIX, as metrópoles europeias e americanas se concentraram em áreas ornamentadas, e trepadeiras lenhosas se tornaram comuns nas fachadas dos edifícios. No entanto, houve uma percepção geral de que as fachadas e os telhados verdes não eram adequados à arquitetura moderna devido às dificuldades de reforma. Apesar dessas preocupações, o progresso tecnológico e a conscientização ambiental têm reacendido o interesse em sistemas verdes, evidenciando uma mudança na perspectiva sobre sua viabilidade e benefícios (Besir, 2018).

Figura 3 – Pintura dos Jardins Suspensos da Babilônia



Fonte: Karine Moreau (2020)

A partir da década de 1980, os edifícios verdes começaram a desempenhar um relevante papel no progresso da ecologia urbana, com a Alemanha liderando os primeiros esforços em telhados verdes. De acordo com Besir (2018), entre 1980 e 1990, Berlim incorporou cerca de 246.000 m² de vegetação verde em seus edifícios. Atualmente, a cobertura de telhados verdes na Alemanha atinge cerca de 13,5 milhões de m²/ano. Essa tendência também se estendeu para outros países desenvolvidos, como os Estados Unidos, Canadá, Austrália, Cingapura e Japão. Esses progressos demonstram uma crescente preocupação global com a sustentabilidade e a eficiência energética na arquitetura contemporânea.

2.3. Sistemas vegetados em edificações

Os sistemas vegetados, compostos por fachadas verdes, paredes vivas, e coberturas vegetadas, incorporam plantas às edificações, promovendo benefícios ambientais e energéticos. Paredes vivas são painéis modulares com irrigação integrada, enquanto fachadas verdes utilizam trepadeiras ou vegetação em suportes verticais. Coberturas vegetadas, por sua vez, revestem telhados com camadas que suportam o crescimento de plantas, oferecendo isolamento térmico e retenção de água. Juntos, esses sistemas melhoram a qualidade do ar, reduzem ilhas de calor urbano e valorizam o ambiente construído, sendo essenciais para cidades mais sustentáveis assim como para o ambiente construído.

2.3.1. Fachadas vegetadas

As fachadas vegetadas consistem na aplicação de vegetação em superfícies verticais dos edifícios, oferecendo benefícios estéticos e ambientais ao ambiente urbano. Essa solução de projeto, inserida no contexto da arquitetura sustentável, tem se difundido cada vez mais, sobretudo em grandes centros urbanos, como resposta à intensificação da verticalização das construções. De acordo com Manso e Castro-Gomez (2015), as fachadas vegetadas proporcionam diversas vantagens para as edificações, destacando-se a economia de energia e a promoção de melhorias ambientais que repercutem positivamente tanto no edifício quanto no meio urbano.

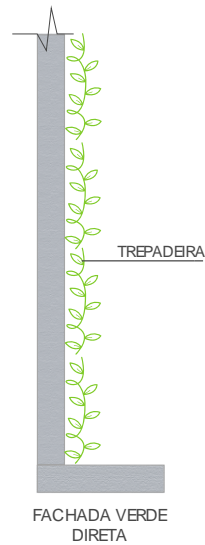
Tais benefícios provêm, em grande medida, da capacidade desses sistemas vegetados de reduzir a temperatura das superfícies externas, ao limitar a absorção da radiação solar. Além disso, funcionam como barreiras contra o vento, fornecem sombreamento e contribuem para a melhoria do desempenho térmico das construções. Para além da eficiência energética, as fachadas vegetadas auxiliam na mitigação do fenômeno das ilhas de calor urbanas — caracterizado por temperaturas mais elevadas nas áreas densamente urbanizadas em comparação às zonas rurais próximas (Engel, 2024).

Os sistemas de vegetação vertical têm um impacto ambiental benéfico além da eficiência energética, englobando a diminuição da poluição sonora e atmosférica e a proteção dos edifícios contra impactos ambientais adversos, como a exposição excessiva à luz solar e a chuva ácida (Manso; Castro-Gomez, 2015).

Yeang (1999) afirma que as edificações funcionam como organismos vivos inseridos em um ecossistema mais amplo, vinculados a uma arquitetura de caráter “holístico e antecipatório”. Essa abordagem exige a identificação de variáveis que priorizem soluções sustentáveis e favoreçam a sustentabilidade. Nesse mesmo sentido, Wong et al. (2010) destacam que as fachadas vegetadas trazem benefícios ao ambiente interno das edificações, como a redução da demanda por sistemas de climatização, o aumento do conforto térmico passivo e a melhoria da qualidade do ar, contribuindo para a criação de espaços mais saudáveis e confortáveis. Tais aspectos refletem a natureza antecipatória e prognóstica da arquitetura ecológica destacada por Yeang (1999).

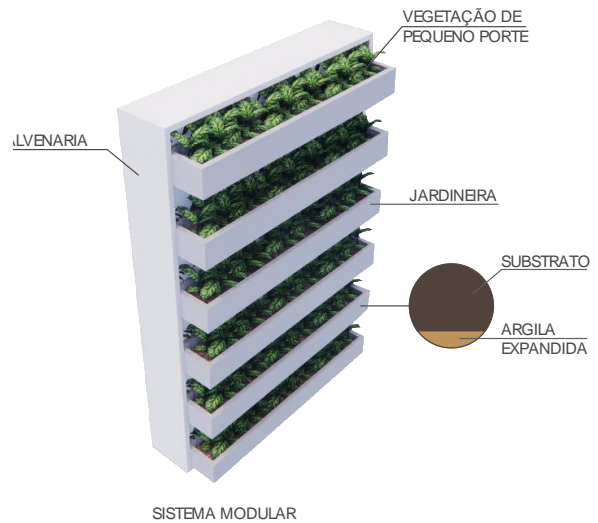
Existem dois sistemas principais de fachadas vegetadas: as fachadas verdes e as paredes vivas (Figura 4 e Figura 5). As fachadas verdes (Figura 4) são sistemas que as plantas crescem diretamente sobre a superfície do edifício, sem necessidade de suportes estruturais complexos (Manso; Castro-Gomez, 2015). No entanto, elas podem apresentar problemas relacionados à umidade e ao crescimento descontrolado das plantas, o que pode danificar a estrutura da edificação. Por outro lado, as paredes vivas (Figura 5) são compostas por estruturas que abrigam as plantas, proporcionando uma cobertura mais uniforme da fachada. Apesar de exigirem mais materiais e sistemas de irrigação, o que aumenta os custos de instalação e manutenção, as paredes vivas oferecem outras vantagens ao ambiente construído, como maior facilidade para substituição das plantas e melhor adaptação a diferentes condições climáticas .

Figura 4 – Fachadas verdes.



Funcionamento do sistema, com plantas que crescem naturalmente a partir do solo. Fonte: Autora (2025)

Figura 5 – Paredes vivas.



Utilizam painéis pré-vegetados fixados diretamente na estrutura do edifício. Fonte: Autora (2025)

O Quadro 2 ilustra as principais características e diferenças entre esses dois sistemas de fachada vegetadas.

Quadro 2 – Comparação entre fachadas verdes e paredes vivas: características, estruturas e desempenho.

JARDIM VERTICAL	FACHADA VERDE	PAREDE VIVA
Definição	Permite que a vegetação cresça naturalmente sobre o envelope do edifício.	Utiliza plantas pré-vegetadas e estruturas de revestimento para garantir uma cobertura uniforme das fachadas .
Método de crescimento	Plantas crescem a partir do solo e sobem pelas paredes.	Plantas são pré-vegetadas em painéis que são fixados diretamente na parede.
Material e Estrutura	Menos materiais e sistemas adicionais são necessários.	Requer mais materiais e sistemas, incluindo elementos de suporte e sistemas de irrigação.
Custo de Manutenção	Menor custo de manutenção devido à simplicidade estrutural.	Maior custo de manutenção devido à necessidade de sistemas adicionais e substituição de plantas.

Fonte: Autora (2025)

É relevante destacar que as fachadas vegetadas podem contribuir para a sustentabilidade urbana em três dimensões: ambiental, econômica e social. No âmbito ambiental, essas estruturas favorecem o aumento da biodiversidade e promovem melhorias no conforto térmico das edificações, atuando como estratégias eficazes de regulação da temperatura. Sob a perspectiva econômica, auxiliam na redução do consumo de energia, sobretudo de forma passiva, ao minimizar a necessidade de climatização artificial. Já no aspecto social, quando bem planejadas e adequadamente

mantidas, as fachadas vegetadas podem qualificar os espaços urbanos, tornando-os mais atrativos e propícios à convivência (Wong et al., 2010).

2.3.2. Fachadas verdes

As fachadas verdes podem ser classificadas em dois tipos: diretas e indiretas (Figura 06). Nas fachadas verdes diretas (Figura 6a), a vegetação cresce diretamente sobre a superfície da parede, configurando uma solução de baixo custo e fácil execução. Já nas fachadas verdes indiretas (Figura 6b), as plantas são conduzidas por sistemas de suporte, como treliças, redes de cabos ou estruturas modulares, que oferecem maior flexibilidade estética e reduzem o risco de danos estruturais ao edifício (Sharp et al., 2008).

Figura 6 – Classificação dos sistemas de fachadas verdes.

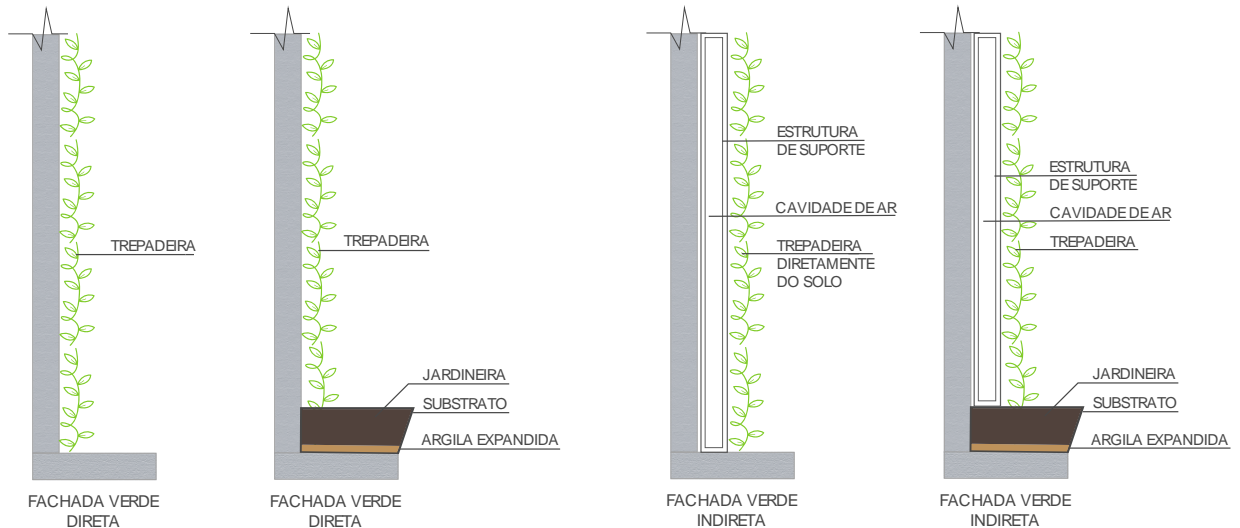


Figura 6a – Fachadas verdes diretas.
Fonte: Autora (2025)

Figura 6b – Fachadas verdes indiretas.
Fonte: Autora (2025)

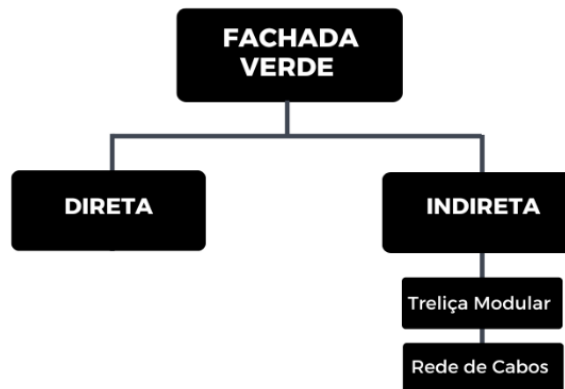


Figura 6c – Classificação dos sistemas de fachadas verdes: diretas e indiretas. Fonte: Autora (2025)

Figura 7 – Exemplos de fachadas verdes.



Figura 7a – Fachada verde direta - Condomínio Edifício Buritama em São Paulo. Fonte: Eduardo Okubo (2024)



Figura 7b – Fachada Verde Indireta - Rede de cabos em edifício em Maceió. Fonte: Autora (2024)

Esses dois sistemas permitem uma ampla variedade de formas e padrões, exemplificando a flexibilidade que eles oferecem na produção arquitetônica contemporânea, como mencionado no Quadro 3. Tais sistemas proporcionam liberdade na criação de formas e padrões estéticos, conforme evidenciado por Kontoleon e Eumorfopoulou (2010).

Quadro 3 – Comparativo entre modelos de fachadas verdes e suas técnicas construtivas.

FACHADA VERDE	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Direta	<ul style="list-style-type: none"> - Baixo custo de instalação; - Baixa demanda tecnológica; - Fácil instalação; - Escolha apropriada para reformas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas com umidade; - Danos na integridade da fachada causados pelas raízes; - Custo com podas contínuas para controle da massa vegetativa; - Demora de cobertura e limite de altura.
Indireta	<ul style="list-style-type: none"> - Não há contato direto para apoio da vegetação na construção; - Menos problemas com humidade - Permite desenvolvimento de paredes independentes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto custo de instalação com as estruturas de suporte, jardineiras, meio de cultivo e irrigação; - Custo com manutenção para controle da massa vegetativa; - Maior complexidade de instalação; - Melhora na cobertura.

Fonte: Autora (2025)

2.3.3. Paredes vivas

As paredes vivas (Figuras 8 e 9) podem ser classificadas em dois principais grupos: contínuas e modulares (Manso; Castro-Gomes, 2015). As paredes vivas contínuas (Figuras 8a e 9a), desenvolvidas por Patrick Blanc, são compostas por três elementos estruturais principais: uma estrutura metálica de suporte, uma placa impermeável de PVC e camadas de feltro ou tecido geotêxtil (Blanc, 2008). Nesse sistema, a vegetação cresce no feltro, que possui alta capilaridade, favorecendo a distribuição uniforme da água. As plantas enraízam-se no substrato, formando um tapete vegetal contínuo. Uma variação dessa tecnologia emprega blocos de espuma de cultivo, oferecendo maior flexibilidade tanto na composição quanto na manutenção do jardim.

Por outro lado, as paredes vivas modulares (Figuras 8b e 9b) são constituídas por módulos pré-fabricados, que diferem em materiais, formas e técnicas de instalação. Esses módulos podem ser fixados a painéis estruturais ou diretamente na parede, dependendo do sistema adotado (Manso; Castro-Gomes, 2015). Os principais tipos de módulos incluem tabuleiros, vasos, revestimentos de plantio e sacos flexíveis, cada um com características que atendem a diferentes necessidades e orçamentos. O funcionamento tanto das paredes vivas contínuas quanto das modulares depende da integração eficiente de componentes como irrigação automatizada, substratos adequados e uma escolha das espécies vegetais, conforme ilustrado no Quadro 4.

Figura 8 – Paredes vivas modulares e com sistema contínuo.

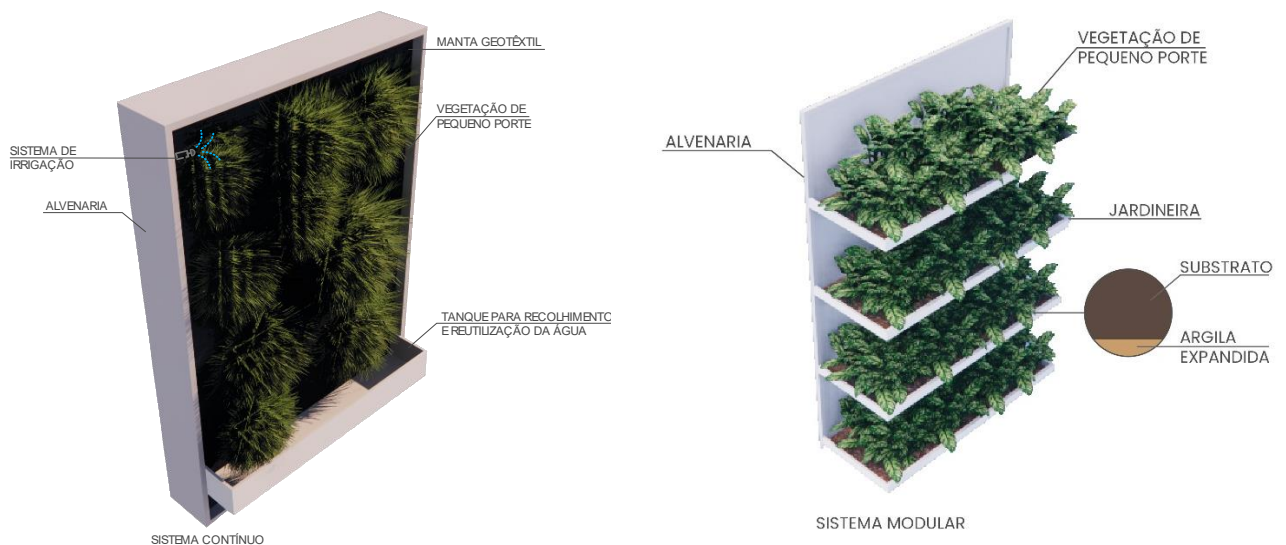


Figura 8a – Parede viva com sistema contínuo. Fonte: Autora (2025)

Figura 8b – Parede viva modular. Fonte: Autora (2025)

Figura 9 – Exemplos de paredes vivas modulares e com sistema contínuo.



Figura 9a – Parede viva contínua em feltro.
Fonte: Movimento90° (2016)



Figura 9b – Parede viva modular em um edifício em construção em Maceió, Brasil.
Fonte: Autora (2024)

Figura 10 – Sistema de parede viva modular - Tabuleiro.



Fonte: Rangel (2014)

Quadro 4 – Características das paredes vivas contínuas e modulares.

CARACTERÍSTICA	PAREDE VIVA CONTÍNUA	PAREDE VIVA MODULAR
Definição	Sistema contínuo sem divisões, onde as plantas enraízam-se em um único material, como feltro ou espuma.	Sistema formado por módulos independentes que podem ser fixados na estrutura ou diretamente na parede.
Fixação	Preso a suportes metálicos afastados da parede, criando um bolsão de ar	Módulos fixados em painéis estruturais ou diretamente na parede com argamassa.
Vantagens	Aparência uniforme, alta eficiência em isolamento térmico e acústico.	Flexibilidade no design e facilidade de manutenção e substituição de módulos
Desvantagens	Maior custo inicial e necessidade de maior cuidado na manutenção.	Aparência menos uniforme e maior dependência de sistemas específicos para irrigação e suporte.

Fonte: Autora (2025)

É importante ressaltar que a implementação de fachadas vegetadas (parede vivas e/ou fachadas verdes) em edifícios pode apresentar diversos obstáculos, tais como a complexidade e o custo de manutenção, especialmente em sistemas como as paredes vivas modulares, como mencionado no Quadro 4. A irrigação adequada é essencial para assegurar que as plantas recebam a quantidade ideal de água, evitando problemas de drenagem e excesso de umidade. Além disso, deve-se considerar fatores como o clima local, a exposição solar e as necessidades hídricas das plantas, o que exige um planejamento para otimizar tanto os benefícios estéticos quanto os funcionais do sistema.

Entre os diversos sistemas de fachadas vegetadas, as paredes vivas modulares (Figura 10) se destacam no Brasil devido à sua versatilidade e facilidade de instalação, permitindo sua adaptação a diferentes tipos de edifícios e fachadas, o que contribui para sua crescente adoção no país. A possibilidade de personalizar o paisagismo com uma ampla variedade de espécies vegetais torna esses sistemas ainda mais atraentes para projetos residenciais e comerciais. De maneira semelhante, as fachadas verdes indiretas (Figura 6) também se destacam, compartilhando com as paredes vivas modulares as vantagens da versatilidade e da facilidade de instalação. Esses sistemas também são adaptáveis a diversos tipos de paredes, permitindo o uso de uma grande variedade de plantas trepadeiras, o que amplia suas aplicações e os torna atrativos para diferentes tipos de projetos.

2.3.4. Coberturas vegetadas

As coberturas vegetadas (Figura 11) consistem na implantação de vegetação sobre as coberturas das edificações, proporcionando uma série de benefícios ambientais, econômicos e sociais. A vegetação funciona como uma camada de isolamento térmico, reduzindo o ganho de calor durante o verão e a perda de calor no inverno, o que resulta em menor demanda por sistemas de aquecimento e resfriamento. Esse efeito contribui para a eficiência energética dos edifícios, diminuindo o consumo de energia e as emissões de gases de efeito estufa, além de apoiar os objetivos de mitigação das mudanças climáticas e atender às metas de desenvolvimento sustentável estabelecidas pela Organização das Nações Unidas (ONU).

De acordo com a Green Roof Guideline FLL (2008), uma cobertura vegetada é um sistema integrado que combina vegetação a um telhado, sendo sustentado por camadas como substrato, filtros, sistemas de drenagem e reservatório, barreira anti-raiz e uma membrana impermeável (Figura 12). Esses sistemas podem ser instalados em telhados planos ou inclinados e apresentam variações quanto ao acesso, podendo ser acessíveis ou restritos (Raposo, 2013).

Figura 11 – Exemplos de coberturas vegetadas.



Figura 11a – Cobertura vegetada construído no edifício Matarazzo. Fonte: G1

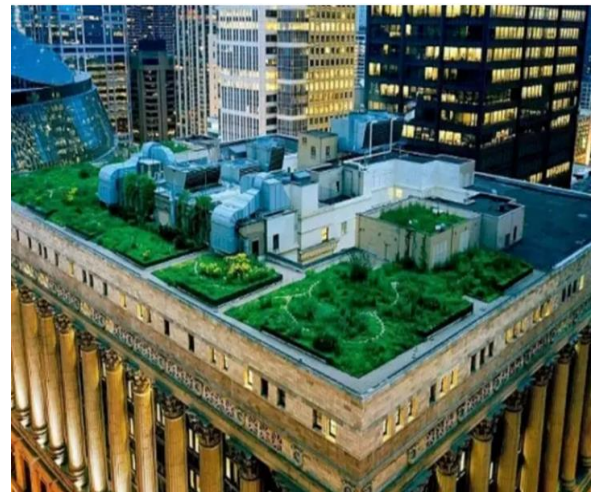
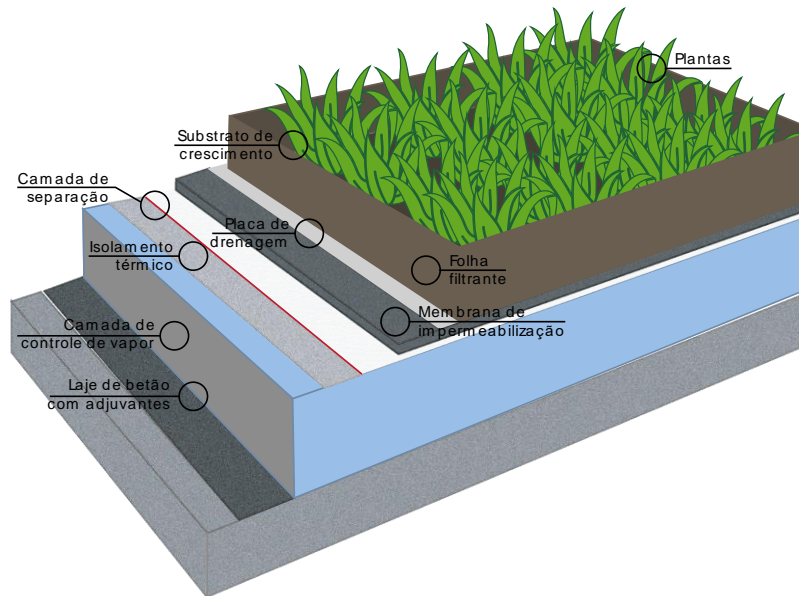


Figura 11b – Cobertura vegetada na prefeitura de Chicago. Fonte: Mark Farina (2018)

Figura 12 – Estrutura de um telhado vegetado típico.

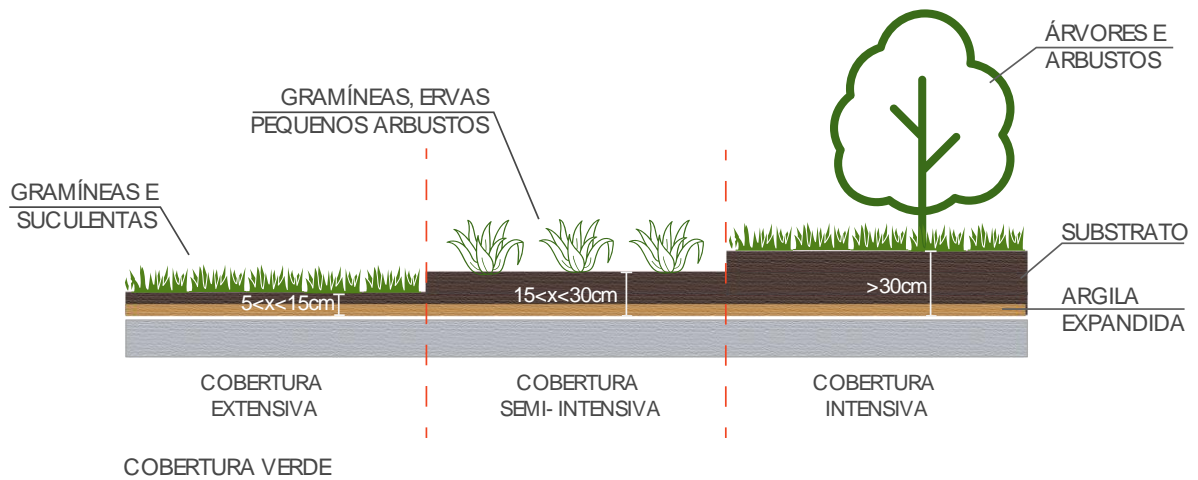


Fonte: Autora (2025)

As vantagens das coberturas vegetadas são amplas e envolvem aspectos ambientais, econômicos e sociais. Entre os principais benefícios está a melhoria da eficiência energética das edificações, uma vez que atuam como isolantes térmicos naturais, reduzindo a necessidade de climatização artificial e, conseqüentemente, os custos com energia. Além disso, desempenham um papel importante na gestão das águas pluviais: segundo Berndtsson (2010), podem reter até 80% da água da chuva, diminuindo o escoamento superficial e aliviando a carga sobre os sistemas de drenagem urbana, o que contribui para a mitigação de inundações. Esses sistemas também ajudam a filtrar poluentes, melhorando a qualidade da água antes que ela atinja os cursos d'água. Outro benefício ambiental é a capacidade de reduzir a temperatura interna das edificações em até 9 °C, em comparação com coberturas convencionais, conforme apontado por Dunnett e Kingsbury (2008), reforçando seu papel na promoção do conforto térmico e da sustentabilidade urbana.

As coberturas vegetadas são classificadas em três tipos principais: extensivas, semi-intensivas e intensivas (Figura 13), cada uma com características que influenciam diretamente sua aplicação, desempenho e exigências de manutenção. Esses sistemas diferenciam-se principalmente pela profundidade do substrato, tipo de vegetação empregada, carga estrutural, necessidade de irrigação e frequência de manutenção.

Figura 13 – Caracterização das tipologias de coberturas vegetadas.



Fonte: Autora (2025)

As coberturas extensivas são leves, com uma camada de substrato que varia de 5 a 15 cm, e são plantadas com vegetação de baixo crescimento, como gramíneas e suculentas. Esse tipo de cobertura requer pouca manutenção e é ideal para telhados com pouca capacidade de carga.

Já as coberturas semi-intensivas possuem uma profundidade de substrato entre 15 e 30 cm e podem suportar uma vegetação mais diversificada, incluindo gramíneas, ervas e até pequenos arbustos. Elas demandam uma manutenção moderada, incluindo irrigação e fertilização ocasionais. Já as coberturas intensivas, têm substrato superior a 30 cm e suportam árvores, arbustos e plantas perenes, demandando estrutura de suporte robusta e manutenção intensiva, similar à de jardins tradicionais. A escolha do sistema mais adequado depende da vegetação desejada e da profundidade do substrato. Conforme Hui (2011), para o bom desempenho das coberturas vegetadas, é essencial considerar fatores como luz solar, umidade, drenagem, aeração das raízes e nutrientes. O Quadro 5 apresenta um comparativo entre os três tipos de coberturas, destacando suas características construtivas, vantagens e desvantagens.

Quadro 5 – Comparação entre modelos de Telhado Verde e suas técnicas construtivas.

COBERTURA VEGETADA	CARACTERÍSTICAS E TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Intensiva	<ul style="list-style-type: none"> - Substrato profundo, geralmente superior a 30 cm. - Suporta árvores, arbustos e uma grande variedade de plantas perenes. - Requer uma estrutura de suporte robusta e manutenção constante. 	<ul style="list-style-type: none"> - Permite o cultivo de uma ampla gama de plantas, incluindo vegetação de grande porte. - Excelente para melhoria do microclima urbano, retenção de água, e redução de partículas de poeira. - Pode ser usado como um jardim ou área de lazer, aumentando o espaço útil do edifício. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exige manutenção semelhante a um jardim tradicional, com necessidade constante de irrigação, fertilização, e controle de pragas. - Necessidade de reforço estrutural significativo, aumentando os custos de instalação.
Extensivo	<ul style="list-style-type: none"> Camada de substrato de 5 a 15 cm. - Vegetação de baixo crescimento, como gramíneas e suculentas. - Estrutura leve, indicada para telhados com baixa capacidade de carga. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requer pouca irrigação e fertilização. - Menor necessidade de reforço estrutural. - Ideal para a maioria dos edifícios, sem necessidade de grandes alterações estruturais. 	<ul style="list-style-type: none"> - Suporta apenas plantas pequenas e resistentes. - Menos eficaz na melhoria da biodiversidade e no isolamento térmico em comparação com outras coberturas.
Semi-intensivo	<ul style="list-style-type: none"> - Camada de substrato entre 15 e 30 cm. - Vegetação mais diversificada, incluindo gramíneas, ervas e pequenos arbustos. - Requer irrigação e fertilização ocasionais. 	<ul style="list-style-type: none"> - Suporta uma gama mais ampla de plantas, melhorando a biodiversidade. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necessidade de manutenção regular, incluindo irrigação e cuidados com as plantas. - Exige verificação da capacidade de carga do telhado.

Fonte: Autora, 2025.

Telhados vegetados exercem um papel essencial na transformação de superfícies impermeáveis em áreas multifuncionais, contribuindo para a construção de cidades mais sustentáveis. Ao empregar vegetação nativa e substratos adequados, esses sistemas reduzem a necessidade de irrigação e os custos de manutenção, adaptando-se às condições climáticas locais. Além de promoverem melhorias estéticas e funcionais nos edifícios, favorecem a regeneração urbana e uma integração mais harmônica com o meio ambiente. A instalação de sistemas de irrigação pode ser imprescindível em regiões quentes e áridas, enquanto em climas úmidos e temperados sua necessidade pode ser minimizada, demonstrando a flexibilidade das coberturas vegetadas em diferentes contextos. Exemplos bem-sucedidos reforçam esse potencial, como o caso do Centro Comercial Emporia, em Malmö, Suécia, cuja cobertura vegetada de 27.000 m², além de aumentar a eficiência energética do

edifício, serve como espaço público de lazer, atenua ruídos nos compartimentos internos da edificação, retarda o escoamento da água da chuva, permitindo otimizar os sistemas de drenagem, e atua como isolante térmico, reduzindo a demanda energética para climatização e garantindo conforto ambiental interno.

Figura 14 – Cobertura vegetada no edifício Centro Comercial Emporia (Malmö, Suécia).



Fonte: Leca (2024)

Países como Alemanha, Estados Unidos e Canadá têm adotado amplamente telhados vegetados em suas edificações, incentivados por políticas públicas que visam promover soluções sustentáveis e ecológicas. No Brasil, as iniciativas nesse sentido têm ganhado força nos últimos anos, com cidades como Curitiba, Recife, Blumenau, São Paulo e Guarulhos implementando legislações e oferecendo incentivos fiscais para a instalação dessas coberturas vegetais.

Em Curitiba, a Lei nº 14.771/2015, em seu artigo 65, determina a criação de incentivos no Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) para proprietários que adotem práticas de conservação e preservação ambiental, incluindo o uso de telhados vegetados. Em Blumenau, a Lei Complementar nº 1.174/2018 estabelece que a vegetação utilizada nos telhados verdes deve ser compatível com o clima local. No Recife, a Lei Municipal nº 18.112/2015 tornou obrigatória a instalação de telhados vegetados em condomínios multifamiliares com mais de quatro pavimentos e em residências não habitacionais com área coberta superior a 400 m².

Além disso, o Decreto nº 55.994/2015 regulamenta o uso de telhados verdes como parte de um Termo de Compensação Ambiental em São Paulo, permitindo que a instalação desses telhados seja utilizada como compensação ambiental em novas construções. Em Guarulhos, a Lei nº 7.031/2012 concede descontos de até 5% no valor do IPTU para imóveis que adotem telhados vegetados.

O Projeto de Lei nº 3.087/2015, em tramitação na Assembleia Legislativa de Minas Gerais, propõe a implementação de sistemas sustentáveis por meio da criação de telhados vegetados em áreas urbanas do estado. O objetivo principal é combater as ilhas de calor urbano, reduzir a poluição atmosférica, diminuir o consumo de energia elétrica e fomentar o desenvolvimento sustentável. Além disso, o projeto prevê a formação de parcerias e a oferta de incentivos fiscais e financeiros aos municípios que aderirem à iniciativa. No entanto, até o momento, a proposta ainda está em tramitação e não há uma legislação exclusiva sobre telhados vegetados em Minas Gerais.

2.4. Desempenho e desafios dos sistemas vegetados

O avanço da arquitetura sustentável tem impulsionado a adoção de fachadas e coberturas vegetadas como soluções capazes de conciliar desempenho ambiental, qualidade de vida urbana e eficiência energética. Esses sistemas, aplicados em diferentes contextos ao redor do mundo, demonstram grande potencial na redução dos impactos ambientais das edificações. Diante desse cenário, este capítulo apresenta exemplos de fachadas e coberturas vegetadas e os principais desafios relacionados ao seu desempenho ambiental e à segurança contra incêndio.

2.4.1. Fachadas e coberturas vegetadas: exemplos

As fachadas e coberturas vegetadas destacam-se como elementos essenciais no contexto da arquitetura sustentável, proporcionando benefícios ambientais e energético, tais como a melhoria do isolamento térmico das edificações e a mitigação das ilhas de calor urbano. Um exemplo dessa integração entre natureza e arquitetura é o *Bosco Verticale*, localizado em Milão e projetado pelo arquiteto Stefano Boeri (Figura 15a). O conjunto é composto por duas torres residenciais de 80 e 112 m de altura, que abrigam cerca de 900 árvores, 4.000 arbustos e 2.000 plantas distribuídas em sacadas, coberturas e áreas comuns. A vegetação do Bosco Verticale atua como um "organismo vivo inserido em um ecossistema mais amplo", conforme as premissas de Yeang (1999), oferecendo benefícios como conforto térmico nos ambientes internos, absorção de dióxido de carbono (CO₂), redução da poluição sonora e aumento da biodiversidade urbana. O projeto destaca-se como um modelo replicável

para outras cidades que buscam soluções urbanas mais sustentáveis e integradas ao ambiente construído.

Outro exemplo é o *CaixaForum* Madrid, inaugurado em 2008 no *Paseo del Prado*, em Madri. Instalado em uma antiga estação de energia de 1899, o edifício foi revitalizado pelos arquitetos suíços Herzog e de Meuron, que integraram novas soluções arquitetônicas sem descaracterizar o patrimônio histórico. Dentre os destaques do projeto, encontra-se o jardim vertical concebido pelo botânico francês Patrick Blanc, entre 2006 e 2007. O jardim, instalado em uma das fachadas, ocupa uma área de 460 m² e abriga mais de 15.000 plantas, de aproximadamente 250 espécies, muitas adaptadas às condições climáticas locais. O sistema utilizado, conhecido como *Le Mur Végétal*, permite o desenvolvimento das plantas sem o uso de solo, sustentadas por uma estrutura metálica composta por camadas de PVC e feltro de poliamida, características dos sistemas de paredes vivas criados por Patrick Blanc. Além de sua função estética, o jardim vertical do edifício contribui para a melhoria da qualidade do ar e proporciona isolamento térmico, destacando o papel das fachadas vegetadas na promoção do bem-estar urbano e na construção de cidades mais sustentáveis.

Figura 15 – Exemplos de fachadas verdes.



Figura 15a – Bosco Verticale, Milão.
Fonte: Autora (2018)



Figura 15b – CaixaForum Madrid.
Fonte: Autora (2025)

Nos Estados Unidos, a sede da Prefeitura de Chicago (Figura 16). Destaca-se com seu telhado vegetado, como parte do programa "*Climate Change Action Plan*", que visa reduzir as emissões de carbono da cidade. No Brasil, alguns projetos já se destacam pela sua eficiência. Um exemplo é o telhado vegetado do Edifício Gazeta (Figura 17), localizado na Avenida Paulista, em São Paulo. O projeto apresenta uma laje extensa, coberta por vegetação, em um dos edifícios mais icônicos da cidade.

Figura 16 – Cobertura vegetada na sede da prefeitura de Chicago (EUA).



Fonte: SUSTENTARQUI (2024)

Figura 17 – Telhado vegetado no edifício Gazeta (São Paulo, Brasil).



Fonte: CICLOVIVO (2024)

No entanto, a adoção dessas soluções de projeto exige uma análise cuidadosa a partir da perspectiva da segurança contra incêndios. É essencial considerar os comportamentos de reação e resistência ao fogo dos sistemas vegetados, assegurando que a sustentabilidade arquitetônica não comprometa a segurança dos ocupantes e da estrutura dos edifícios. A reação ao fogo está relacionada à facilidade de ignição de um material e à forma como as chamas se propagam em sua superfície, além da emissão de fumaça e gases tóxicos (Stollard; Abrahams, 1999). Já a resistência ao fogo refere-se à capacidade dos elementos construtivos de manter suas funções de compartimentação, isolamento térmico e integridade estrutural durante a exposição ao fogo (Drysdale, 2011). A primeira está relacionada à segurança na fase inicial de um incêndio, enquanto a segunda assegura a estabilidade da edificação durante o sinistro.

Apesar dos avanços na implementação de edifícios sustentáveis, a complexidade crescente desses projetos resulta em maiores riscos relacionados ao fogo. Incêndios liberam substâncias tóxicas e contribuem para o efeito estufa, além de impactarem negativamente o ciclo de vida das edificações e aumentarem os custos com reparos e reconstruções (Ramos, 2021). Além disso, plantas presentes em fachadas e coberturas vegetadas podem atuar como fontes de propagação do fogo. Problemas de manutenção, como o acúmulo de detritos inflamáveis, tornam-se críticos, pois podem agravar os riscos de incêndio.

Existem muitos benefícios estéticos e ambientais nos sistemas de telhado e parede verdes, mas há alguma preocupação se eles podem ser um risco aumentado de incêndio. Diversas pesquisas abordaram essa questão e parece que, desde que os sistemas baseados em plantas sejam mantidos úmidos, eles devem ser relativamente resistentes à ignição (GOV.UK, 2013; Elias et al., 2017).

Nesse contexto, Gerzhova et al. (2019) ressaltam que a falta de manutenção adequada, conforme ilustrado na Figura 18, contribui para o acúmulo de materiais combustíveis, elevando o risco de incêndio. Portanto, torna-se imprescindível adotar medidas de manutenção contínua e estratégias de mitigação de risco que preservem os benefícios ambientais sem comprometer a segurança nos edifícios dotados de fachadas e coberturas vegetadas.

Figura 18 – Telhado vegetado da Mountain Equipment (Toronto, Canadá).



Observa-se a ausência de manutenção por período prolongado. Fonte: MILLER (2022)

2.4.2. Fachadas e coberturas vegetadas: desempenho ambiental e desafios de segurança contra incêndio

As fachadas e coberturas vegetadas desempenham um papel importante na melhoria das condições ambientais das edificações, sendo suas funcionalidades cruciais para mitigar os impactos ambientais e promover a sustentabilidade. A eficiência dessas soluções deve ser avaliada com base em sua capacidade de realizar funções ecológicas, como a retenção de água pluvial, o isolamento térmico e a eficiência energética, otimizando o uso dos recursos naturais e garantindo a integração adequada com a estrutura do edifício. A correta integração desses sistemas à edificação permite que cumpram seu papel ambiental, contribuindo para a mitigação dos impactos urbanos.

A análise do ciclo de vida (ACV) das fachadas e coberturas vegetadas proporciona uma visão detalhada sobre seus impactos ambientais ao longo de sua existência. A escolha de materiais apropriados e o desenvolvimento de novas soluções construtivas são essenciais para promover os benefícios ecológicos e econômicos desses sistemas. No entanto, a ACV também revela desafios pertinentes, como o aumento no consumo de água durante a operação das coberturas vegetadas, por exemplo, o que é um fator crítico em regiões com escassez hídrica. Para mitigar esses impactos,

a adoção de sistemas de captação e reuso de água da chuva se torna uma prática necessária, assegurando a sustentabilidade a longo prazo desses sistemas.

Com isso, é relevante considerar a durabilidade e a sustentabilidade das estruturas de suporte das fachadas e coberturas vegetadas ao longo de sua vida útil. No entanto, a maioria das pesquisas existentes ainda se concentra nas fases operacionais, negligenciando as fases de transporte, descarte e manutenção desses sistemas. Manso et al. (2021) afirmam que fachadas e coberturas vegetadas representam soluções de longa durabilidade, com potencial de gerar economias ao longo do tempo. Subsídios, linhas de financiamento e redução de tributos podem viabilizar sua adoção em larga escala, compensando os altos custos iniciais de instalação e manutenção. O Quadro 6, a seguir, resume os principais aspectos relacionados ao custo, efetividade, benefícios e problemas à implementação dessas soluções.

Quadro 6 – Custo x Efetividade, problemas e benefícios de fachadas e coberturas vegetadas.

CUSTOS x EFETIVIDADE	BENEFÍCIOS	PROBLEMAS
<ul style="list-style-type: none"> - Fachadas e coberturas verdes possuem altos custos de instalação e manutenção; - A análise do custo do ciclo de vida indica economia de custos a longo prazo, o que transforma essas infraestruturas em investimentos confiáveis; - Os incentivos poderiam reduzir o custo inicial, permitindo a disseminação de infraestruturas verdes para reduzir os problemas ambientais em áreas urbanas adensadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Melhora na qualidade do ar; - Mitigar os efeitos de ilhas de calor urbano; - Reduzir o consumo de energia dos edifícios; - Melhora na gestão de águas pluviais das cidades - Promove a biodiversidade urbana; - Melhora o valor estético e recreativo de áreas urbanas; - Contribui para a saúde e bem-estar das pessoas que vivem em aglomerados urbanos densos. 	<ul style="list-style-type: none"> - A implementação de telhados verdes continua a ser mais cara em comparação com as coberturas tradicionais; - Falta de cultura e educação, enfatizando a necessidade de divulgação de informações sobre os múltiplos benefícios das fachadas e coberturas verdes; - Falta de padrões técnicos e adoção de tecnologia para desenvolver fachadas e coberturas sustentáveis; - Condições climáticas e ecológicas dificultam a expansão de telhados verdes.

Fonte: Autora (2025)

Apesar de os benefícios das fachadas e coberturas vegetadas sejam amplamente reconhecidos, as questões relacionadas à segurança contra incêndios ainda recebem pouca atenção nas pesquisas acadêmicas. Engel (2024) observa que, embora as plantas apresentem resistência à ignição devido ao seu teor de umidade e à presença de óleos naturais, diversos fatores podem elevar o risco de incêndio, como a

manutenção inadequada dos sistemas, que pode levar ao acúmulo de materiais secos e inflamáveis, além da variação no teor de umidade das plantas ao longo do ano.

Além disso, o comportamento térmico e a inflamabilidade das espécies vegetais ainda não são suficientemente compreendidos, especialmente diante da ausência de métodos padronizados para sua avaliação (Engel, 2024). Zhen (2024) ressalta que os riscos de incêndio estão diretamente relacionados às propriedades físico-químicas das espécies utilizadas, sua distribuição espacial e interação com outros elementos da edificação. A composição fibrosa das plantas pode afetar a propagação das chamas, e componentes como ceras, óleos essenciais e resinas são combustíveis potenciais.

É fundamental, portanto, o desenvolvimento de diretrizes e normativas que garantam a segurança contra incêndios em edificações dotadas de fachadas e coberturas vegetadas. Essas regulamentações devem incluir parâmetros para avaliar o comportamento ao fogo tanto das plantas quanto das estruturas de suporte, além de considerar as variáveis ambientais, como vento e precipitação, que impactam o risco de incêndio. A normatização dessas soluções verdes é essencial para assegurar a segurança e viabilizar a expansão das edificações sustentáveis no Brasil e no mundo.

2.5. Considerações finais

Diante dos desafios ambientais impostos pela urbanização acelerada e pelo crescimento populacional, os edifícios sustentáveis surgem como uma alternativa viável para promover a sustentabilidade na arquitetura. A incorporação de vegetação em fachadas e coberturas contribui para a eficiência energética, o conforto térmico e a mitigação dos impactos ambientais, reafirmando o compromisso do setor da construção civil com o desenvolvimento sustentável.

As fachadas e coberturas vegetadas configuram soluções inovadoras para edificações urbanas, proporcionando benefícios ambientais, econômicos e sociais. Além de aprimorar o desempenho térmico e a eficiência energética dos edifícios, esses sistemas auxiliam na mitigação das ilhas de calor urbana, na gestão das águas pluviais e na valorização funcional dos espaços urbanos. Apesar dos desafios relacionados à manutenção e aos custos, a versatilidade de diferentes sistemas —

como fachadas verdes, paredes vivas e telhados vegetados — amplia suas aplicações, tornando-os estratégias eficazes para a construção de cidades mais resilientes e integradas ao meio ambiente.

Contudo, apesar do reconhecimento dos benefícios ambientais e energéticos, o uso dessas soluções demanda atenção especial à segurança contra incêndios. A vegetação e os materiais acumulados podem aumentar os riscos, especialmente diante da falta de manutenção adequada e da ausência de normativas, sobretudo no contexto brasileiro. Por isso, é fundamental desenvolver diretrizes que conciliem os ganhos ambientais com medidas eficazes de mitigação de riscos, assegurando a durabilidade, a sustentabilidade e a segurança das edificações.

3. SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS EM EDIFÍCIOS SUSTENTÁVEIS: NORMAS, ESTRATÉGIAS E ESTUDOS DE CASO

3.1. Incêndios em edifícios sustentáveis

As coberturas e fachadas vegetadas são soluções de projeto que estão cada vez mais presentes em edifícios sustentáveis, e representam vários avanços no campo da construção civil e da arquitetura, como mencionado anteriormente. No entanto, é crucial reconhecer que, podem surgir desafios, como situações de incêndio nessas estruturas. A vegetação e os substratos associados às coberturas verdes, por exemplo, podem ser um combustível adicional em caso de incêndio. Apesar de serem valorizadas por sua capacidade de absorver e reter água, o que pode ajudar a retardar a propagação do fogo, esses materiais orgânicos podem eventualmente se tornar combustíveis, aumentando as chamas e a intensidade do incêndio.

De acordo com Gerzhova (2020), a principal preocupação em relação aos telhados e fachadas vegetadas e aos riscos de incêndio é a combustibilidade dos seus componentes, como plantas e matéria orgânica do solo. Esses elementos podem representar uma carga de combustível que contribui para o fogo. Pequenos incêndios em coberturas vegetadas foram registrados em Londres em 2018, confirmando a possibilidade de tais combustíveis provocarem e alimentarem incêndios.

Figura 19 – Incêndio em fachada verde em Londres, Reino Unido (2018).



Fonte: LIVING ARCHITECTURE MONITOR (2021)

O incêndio na Grenfell Tower, ocorrido em junho de 2017, em Londres, representa um marco nas discussões sobre segurança contra incêndios em edificações (Figura 20).

O edifício residencial de 24 andares foi completamente consumido pelo fogo, gerando ampla comoção internacional. Apesar de a edificação não incorporasse fachadas ou coberturas vegetadas em sua estrutura, mas sim painéis de revestimento com chapas de alumínio, o sinistro evidenciou de forma contundente os riscos associados ao uso de materiais combustíveis em sistemas de fachada. Esse episódio reforça a importância de uma avaliação criteriosa do comportamento ao fogo de todos os elementos aplicados à envoltória das edificações, incluindo aqueles utilizados em soluções sustentáveis, como as fachadas vegetadas, cuja adoção tem se intensificado no contexto da construção civil nos últimos anos.

A tragédia também expôs falhas nos sistemas de proteção passiva e ativa contra incêndio, motivando uma revisão das normas de construção no Reino Unido. Como resposta, foi implementada a *Building (Amendment) Regulations 2018* (SI 2018/1230), que passou a proibir o uso de materiais inflamáveis nos revestimentos de fachadas de edifícios de grande altura.

Apesar do incidente não envolver diretamente elementos sustentáveis “verdes” como telhados ou fachadas vegetadas, ele reforça uma lição fundamental: soluções de projeto voltadas à sustentabilidade devem ser necessariamente acompanhadas por medidas de segurança contra incêndio. A integração entre desempenho ambiental e proteção contra incêndios deve ser uma diretriz essencial no desenvolvimento de edificações seguras dentro do contexto da arquitetura contemporânea.

Figura 20 – Grenfell Tower, em Londres, após o incêndio ocorrido em 2017.



Fonte: THE GUARDIAN (2018)

Em 2023, o Edifício Santa Cruz (Figura 21), em São Paulo, conhecido por sua fachada vegetada e o uso de plantas para melhorar a estética do edifício assim como a

eficiência energética, sofreu graves danos devido a um incêndio. O fogo se espalhou rapidamente, em grande parte devido à combustibilidade dos materiais de revestimento e à dificuldade de acesso dos serviços de emergência.

A falta de manutenção e fiscalização das fachadas vegetadas é um problema recorrente na cidade de São Paulo (Estadão, 2023). Os edifícios devem contar com sistemas especializados de proteção ativa e passiva contra incêndios, adaptados às particularidades de fachadas e coberturas vegetadas. No entanto, essa medida não foi adotada no caso do Edifício Santa Cruz (Figura 21).

Figura 21 – Fachada vegetada do edifício Santa Cruz danificada por incêndio.



Fonte: Queiroz; Estadão (2024)

O incêndio ocorrido em fevereiro de 2024 em um edifício em Valência (Figura 22), Espanha, expôs falhas críticas na regulamentação de proteção contra incêndios do país. O evento destaca a urgente necessidade de revisar e fortalecer as normas de segurança contra incêndios em edifícios residenciais.

Um dos principais fatores que contribuíram para a rápida propagação do incêndio foi o uso de painéis de polietileno (PE) nas fachadas do edifício. Esses materiais, altamente inflamáveis, foram permitidos na construção de fachadas sustentáveis até a atualização do Código Técnico da Edificação (CTE) em 2019. Embora a utilização de materiais inflamáveis tenha sido proibida após essa atualização, muitos edifícios existentes ainda mantêm esses materiais em suas fachadas.

Em resposta ao incidente, o município de Valência introduziu a exigência de uma ficha de intervenção operativa para os bombeiros em novos projetos de construção, com o

objetivo de melhorar a resposta a emergências. Além disso, foram oferecidas bonificações fiscais para moradores que substituíssem as fachadas inflamáveis.

Apesar de o edifício de Valência não tenha incorporado fachadas ou coberturas vegetadas em sua composição, o evento evidenciou falhas na regulamentação de segurança contra incêndios na Espanha, especialmente no que diz respeito ao uso de materiais inflamáveis em fachadas e à compartimentação adequada dos edifícios. O incêndio serve como um exemplo claro da necessidade de uma revisão abrangente das normas de segurança contra incêndios da Espanha e de outros países do mundo, a fim de prevenir futuras tragédias semelhantes.

Figura 22 – Incêndio em Valência expõe falhas na regulamentação de segurança contra incêndios.



Fonte: Getty Images (2025)

3.2. Legislação nacional e internacional de segurança contra incêndio

Com o progresso da indústria de materiais e a introdução de novas técnicas de revestimento, a composição das fachadas e coberturas tem se tornado cada vez mais variada, refletindo mudanças nas legislações de diferentes países. No Brasil, são relevantes as leis, decretos e portarias que regulam as ações de segurança contra incêndio em edificações e áreas de risco. Além disso, as Instruções Técnicas (IT), elaboradas pelos Corpos de Bombeiros Estaduais, desempenham um papel fundamental, pois definem as normas para a implementação das medidas de segurança contra incêndio. O Código de Obras, instituído por leis municipais, também

é um instrumento crucial para a regulamentação no país, permitindo que as administrações locais controlem e fiscalizem o espaço construído, garantindo a segurança e a salubridade das edificações.

No Brasil, a preocupação com a segurança contra incêndios remonta ao século XVIII, quando a sociedade industrial enfrentava uma grande quantidade de incêndios, frequentemente causados por invasões estrangeiras que destruíam fortins e embarcações. Como resposta a esse cenário, o Decreto Imperial nº 1.775, de 2 de julho de 1856, instituiu o Corpo Provisório de Bombeiros da Corte, com o objetivo de estabelecer normas para o combate a incêndios. Conforme o artigo 4º do decreto, o Corpo seria composto por quatro unidades de combate a incêndios, localizadas no Arsenal de Guerra, no Arsenal de Marinha, nas repartições de obras públicas e nas casas de correção. Além de regular a extinção de incêndios, o decreto tratou da capacitação dos bombeiros, das autoridades policiais e das forças públicas, regulamentando a sinalização de alerta e as medidas de combate.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2023), existem atualmente mais de cem Normas Brasileiras (NBR) relacionadas ao Sistema de Proteção Contra Incêndio (SPCI). Muitas dessas normas foram desenvolvidas com base em padrões internacionais, como os da *International Organization for Standardization (ISO)* e da *International Electrotechnical Commission (IEC)*, com origem principalmente nos Estados Unidos e na Europa. No Brasil, as NBR abrangem uma ampla gama de aspectos, incluindo a fabricação de produtos e equipamentos, o projeto e a instalação de sistemas de prevenção e combate a incêndios, bem como a avaliação do desempenho de materiais e produtos em ambientes controlados, e a medição da resposta de materiais e sistemas expostos a fontes de calor e chama. Isso inclui também a definição de terminologia, requisitos, métodos de ensaio e diretrizes gerais, além de normas para a formação de profissionais da área de segurança contra incêndio.

Nos últimos anos, a legislação brasileira sobre proteção e combate a incêndios passou por diversas modificações. Um marco importante foi a promulgação da Lei nº 13.425/2017, também conhecida como Lei Kiss, resposta à tragédia ocorrida na Boate Kiss, em Santa Maria, em 2013. Essa lei estabeleceu instruções gerais e medidas complementares para prevenir e combater incêndios, especialmente em edifícios, construções e locais com grande concentração de pessoas. Ela se aplica

prioritariamente a edificações comerciais, de serviços ou outras instalações com capacidade para pelo menos 100 ocupantes simultaneamente. No entanto, a lei não abrange edificações residenciais de menor porte, que são comuns em muitas cidades brasileiras e frequentemente têm capacidade para menos de 100 pessoas. Esse ponto evidencia uma falha na legislação atual, já que a grande maioria das edificações no país se enquadra nessa categoria de menor porte.

Além disso, as normas e legislações vigentes não contemplam adequadamente métodos para prevenir e combater incêndios em edificações sustentáveis, especialmente aquelas dotadas de fachadas e coberturas vegetadas. O uso de vegetação, apesar dos benefícios ambientais e estéticos, pode apresentar riscos no contexto da proteção contra incêndios. Assim, podemos inferir que a integração da vegetação à proteção contra incêndios representa desafios que demandam uma legislação mais detalhada e adaptada, com o intuito de garantir a segurança desses espaços nas cidades do mundo.

É importante ressaltar que algumas normas internacionais fornecem regras relevantes para a prevenção de incêndios em telhados e fachadas vegetadas. A norma *ANSI/SPRI VF-1 (2010)*, dos Estados Unidos, *External Fire Resistance for Vegetative Roofing Systems*, trata do projeto de proteção contra incêndios em telhados vegetados, fornecendo um método para planejar a resistência ao fogo em sistemas de cobertura vegetal. Essa norma tem como objetivo fornecer uma referência mínima de projeto e instalação para aqueles que projetam, especificam e instalam sistemas de coberturas vegetadas, devendo ser usada em conjunto com as classificações e requisitos de instalação dos fabricantes dos produtos utilizados. Os padrões da *ANSI (2010)* reforçam a importância do conteúdo inorgânico, determinando que o meio de cultivo para sistemas "à base de suculentas" deve conter, no mínimo, 80% de matéria inorgânica. Essas recomendações visam reduzir o potencial de ignição, uma vez que a matéria orgânica é mais inflamável.

Também nos Estados Unidos, a *National Fire Protection Association (NFPA)*, apesar de ainda não possuir normas voltadas exclusivamente para telhados e fachadas vegetadas, enfatiza a importância do uso de materiais com classificações adequadas de resistência ao fogo, assim como a necessidade de manutenção regular da vegetação de uma forma geral no edifício, mantendo-a livre de detritos inflamáveis que possam facilitar a ignição (NFPA, 2020). A organização também destaca a

relevância da instalação de sistemas de supressão, como sprinklers, especialmente em áreas cobertas por vegetação, considerando fatores como a altura das plantas e o potencial de propagação do fogo (NFPA, 2020).

Nesse contexto, a *NFPA 5000 – Building Construction and Safety Code*, por exemplo, estabelece requisitos gerais para construção e segurança, incluindo critérios para resistência ao fogo de coberturas e dos materiais utilizados na envoltória das edificações. A *NFPA 1 – Fire Code* aborda aspectos operacionais, ressaltando a importância da manutenção da vegetação, como a remoção de folhas secas e outros detritos inflamáveis, para minimizar o risco de incêndios. Por sua vez, a *NFPA 101 – Life Safety Code* trata da proteção à vida, fornecendo orientações sobre rotas de fuga e acessibilidade a áreas técnicas, inclusive em coberturas. Tais normativas reforçam a relevância de estratégias de proteção ativa e passiva contra incêndios no contexto de soluções de projeto aplicadas à envoltória das edificações.

Na Europa, o *Green Roof Code (2021)* trata de temas relevantes sobre o planejamento, instalação e manutenção de telhados vegetados. Ele fornece instruções para a acomodação das coberturas verdes, recomendando que todos os sistemas incluam um corta-fogo de cascalho nos perímetros e entradas, além de claraboias e saídas de águas pluviais. O código também recomenda que o substrato em coberturas vegetadas tenha espessura superior a 30 mm e que o conteúdo orgânico não exceda 20%, enfatizando ainda a necessidade de irrigação em sistemas de telhado intensivos para evitar a secagem — um risco comum de incêndio.

As diretrizes ANSI (2010) e o *Green Roof Code (2021)* também sugerem a inclusão de áreas não vegetadas para limitar a área dos telhados verdes e evitar a propagação do incêndio. A norma ANSI indica uma área de proteção de 1,8 metro de largura para sistemas de telhado verde. As medidas estruturais são cruciais para impedir a propagação horizontal do fogo. Além disso, a ANSI também determina que as áreas com telhados verdes sejam limitadas a 1.450 m², com uma altura máxima de 39 m, separadas por paredes corta-fogo que se estendem acima da superfície do telhado. Essa limitação ajuda a conter o incêndio em áreas administráveis, diminuindo a chance de sua propagação rápida. A ANSI (2010) também recomenda que telhados vegetados permitam o acesso a hidrantes e um espaço adequado ao redor dos limites para operações de combate a incêndio, enfatizando a importância de áreas acessíveis em situações de emergência, conforme mencionado no Quadro 7.

Além disso, é importante salientar que o *Singapore Fire Code*, emitido pela *Singapore Civil Defence Force*, por exemplo, enfatiza requisitos para a segurança contra incêndios em edificações, enfatizando o uso de materiais não combustíveis e a manutenção adequada da vegetação, com o objetivo de mitigar o risco de incêndio. A norma recomenda a irrigação eficaz das áreas verdes, a fim de evitar que as plantas se ressequem, o que poderia torná-las mais suscetíveis ao fogo. Além disso, o código orienta o controle da acumulação de detritos inflamáveis, que poderia propagar um incêndio em fachadas vegetadas. Essas instruções são cruciais para garantir que sistemas de fachadas verdes, tais medidas estão alinhadas com as melhores práticas internacionais, como aquelas abordadas pelo *NFPA*, que também sugerem a adoção de sistemas de irrigação e a utilização de materiais resistentes ao fogo para garantir a segurança de edificações sustentáveis.

Quadro 7 – Recomendações normativas para telhados e fachadas vegetadas no controle de incêndios: Normas Green Roof Code (2021); NFPA (2019, 2020); ANSI/SPRI VF-1 (2010).

NORMA/CÓDIGO	LOCALIZAÇÃO	RECOMENDAÇÕES PRINCIPAIS
Green Roof Code (2021)	Europa	<ul style="list-style-type: none"> - Impedir propagação de fogo nos limites e aberturas do telhado; - Reduzir inflamabilidade do meio de cultivo; - Prevenir ressecamento e risco de incêndio - Limitar a área de vegetação e conter a propagação do fogo;
NFPA (2019, 2020)	Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de materiais com classificação adequada de resistência ao fogo; - Manutenção da vegetação livre de detritos inflamáveis; - Uso de sprinklers, considerando altura da vegetação. - Mín. 80% de matéria inorgânica no meio de cultivo (suculentas e gramas);
ANSI/SPRI VF-1 (2010)	Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> - Faixas de proteção não vegetadas ($\geq 1,8$ m); - Limite de área (1.450 m²); - Altura máx. (39 m); - Acesso para combate a incêndios.

Fonte: Autora (2025)

No Brasil, ainda não existe uma norma voltada à segurança contra incêndios em coberturas e fachadas vegetadas. Como destaca Lira (2023), as normas brasileiras carecem de diretrizes claras para lidar com sistemas construtivos sustentáveis modernos, como os telhados verdes. Apesar disso, algumas normas podem servir como referência técnica para uma avaliação preliminar da segurança desses sistemas, ainda que não os abordem diretamente. É o caso da ABNT NBR 16951:2021, que trata da reação ao fogo de sistemas de construção, e da ABNT NBR 16841:2020, que trata do comportamento ao fogo de produtos de construção.

Em Minas Gerais, a Instrução Técnica nº 07 (IT 07) do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG) institui orientações gerais para a segurança contra incêndios em fachadas. Ela determina medidas de compartimentação vertical e horizontal com o objetivo de impedir a propagação de chamas e fumaça. Entre as exigências, destaca-se a necessidade de separações verticais entre aberturas de pavimentos consecutivos, por meio de vigas ou parapeitos com altura mínima de 1,20 m, ou de prolongamentos de entrepisos que avancem ao menos 0,90 m além do plano da fachada. As fachadas devem ser compostas por materiais incombustíveis (com exceção dos vidros laminados), e todas as aberturas devem ser vedadas com selos corta-fogo. Internamente, os entrepisos devem apresentar resistência ao fogo, e todas as passagens de instalações devem ser adequadamente vedadas com selos ou paredes corta-fogo. Escadas e elevadores devem ser enclausurados com elementos resistentes ao fogo, conforme o tipo de acesso, e os dutos de ventilação e prumadas devem receber proteção contra propagação do incêndio, assegurando a integridade da compartimentação vertical.

Embora a IT nº 07 aborde de forma abrangente a segurança contra incêndio em fachadas de edificações, ainda há falhas no que diz respeito à proteção de fachadas e coberturas vegetadas. A exigência de uso de materiais incombustíveis e de portas corta-fogo é clara, mas não há qualquer menção ou orientação sobre edificações com vegetação integrada à envoltória ou cobertura, o que representa uma potencial vulnerabilidade a totalidade do edifício.

Já a Instrução Técnica nº 38 (IT 38) do CBMMG determina requisitos essenciais para os materiais de acabamento e revestimento empregados nas edificações, de modo que, na ocorrência de incêndio, restrinjam a propagação do incêndio e o desenvolvimento de fumaça. No entanto, essa instrução também não regulamenta premissas voltadas a fachadas e coberturas vegetadas.

Ainda em Minas Gerais, a Lei Estadual nº 14.130, de 2001, institui diretrizes para prevenção e combate a incêndios e pânico em edificações e espaços públicos. Contudo, essa lei também não contempla o uso de vegetação em fachadas e coberturas, tampouco fornece orientações para a prevenção de incêndios em construções verdes — fato que evidencia a necessidade de estudos e de regulamentações voltadas para edificações sustentáveis, dotadas de fachadas e coberturas vegetadas, alinhadas às práticas já consolidadas em outros países.

3.3. Segurança contra incêndio em fachadas vegetadas

O risco de incêndio em edificações dotadas de fachadas vegetadas está associado a uma série de fatores, incluindo as propriedades físicas e químicas das espécies vegetais, os materiais e revestimentos utilizados, a inflamabilidade dos substratos e o arranjo geral da vegetação. A interação entre plantas, substratos e componentes construtivos, somada às características da própria edificação, é determinante para a avaliação do potencial de inflamabilidade dessas fachadas.

O desempenho das fachadas vegetadas frente ao fogo depende, sobretudo, das propriedades térmicas e combustíveis dos materiais empregados. Dentre os principais desafios destacam-se as características da vegetação e dos substratos utilizados (Manso; Castro-Gomes, 2015). A escolha inadequada das espécies ou seu posicionamento pode intensificar o risco de propagação do fogo, especialmente quando integradas a outros sistemas construtivos (Zhen, 2024).

Fatores como o teor de umidade, a presença de óleos essenciais e as características superficiais das plantas são essenciais para avaliar a inflamabilidade vegetal. A quantidade de minerais e compostos voláteis presentes nas plantas também influencia diretamente sua facilidade de ignição (White; Zipperer, 2010). De acordo com Hull et al. (2012), folhas finas tendem a secar e inflamar mais rapidamente, enquanto folhas mais espessas, que possuem maior capacidade de retenção hídrica, demoram mais a aquecer e a queimar.

Yao (2008) relata que a temperatura de ignição das plantas varia entre 227°C e 453°C, com início de decomposição por volta de 200°C. Esse processo libera calor e fumaça, aumentando a intensidade das chamas e criando a possibilidade de incêndios secundários devido à queda de detritos vegetais. Fatores morfológicos, como o tamanho, a densidade e o arranjo das folhas, influenciam diretamente a combustibilidade das plantas. O acúmulo de material vegetal seco, bem como características físicas como a textura e espessura foliar, também impactam o risco de ignição (Zhen, 2024).





Espécies de baixa inflamabilidade geralmente apresentam resistência à seca, ausência de folhas no inverno, alto teor de umidade, baixo teor de resinas e óleos, pouca retenção de material seco e um padrão de ramificação aberto. Já as espécies mais inflamáveis tendem a conter óleos essenciais, compostos voláteis e folhas secas retidas nos galhos (White; Zipperer, 2010).

A composição do substrato também afeta a inflamabilidade das fachadas vegetadas. Em jardins verticais, o tipo de material orgânico empregado no substrato pode

aumentar a facilidade de ignição do sistema, especialmente quando está seco, o que eleva a produção de fumaça em comparação aos substratos úmidos (Bielawski et al., 2023). Substratos orgânicos secos podem sustentar uma queima lenta e contínua, mesmo após a extinção das chamas iniciais, representando um risco maior, especialmente em áreas de difícil acesso, como as cavidades entre o jardim e a parede estrutural. A presença de raízes também modifica a inflamabilidade do substrato, pois influencia sua estrutura e capacidade de retenção hídrica (Bielawski et al., 2023). Por isso, a composição e o nível de umidade do substrato são fatores decisivos no comportamento frente ao fogo, sendo a manutenção adequada e a irrigação eficiente fundamentais para reduzir os riscos.

O Quadro 8 a seguir apresenta uma síntese das espécies vegetais categorizadas conforme suas características físicas e níveis de inflamabilidade, com base na estrutura foliar, teor de umidade e composição química.

Quadro 8 – Classificação das espécies vegetais e suas características de inflamabilidade.

ESPÉCIES	CARACTERÍSTICAS	CONTEÚDO DE INFLAMABILIDADE	IMAGEM
Gramíneas	Folhas finas secam rapidamente e perdem água facilmente, aumentando a suscetibilidade ao fogo.	Alto	
Coníferas	Contém resinas e compostos voláteis, folhas finas e secas têm maior probabilidade de pegar fogo, especialmente em condições secas.	Alto	
Suculentas	Folhas grossas e carnudas com alto teor de água retêm umidade e dificultam a propagação do fogo.	Baixo	
Arbustos lenhosos	Elas retêm mais água, têm uma estrutura de madeira mais forte e são mais resistentes.	Baixo	
Plantas herbáceas	Folhas mais grossas, maior retenção de água, maior resistência ao fogo.	Baixo	

Fonte: Autora, adaptado de Zhen (2024)

Condições climáticas extremas, como períodos prolongados de seca e altas temperaturas, aumentam a suscetibilidade das plantas à ignição. Além disso, a ação dos ventos pode intensificar a propagação das chamas, sobretudo em espaços vazios existentes entre a fachada vegetada e as paredes da edificação. Diante disso, medidas preventivas tornam-se fundamentais para a mitigação dos riscos de incêndio.

Entre as principais estratégias recomendadas estão: a redução do conteúdo orgânico do substrato, a seleção de espécies vegetais com baixa inflamabilidade, conforme estipulado no Quadro 8, a instalação de sistemas automáticos de combate a incêndios e a limitação da extensão das áreas verdes nas fachadas (Zhen, 2024). Sendo necessário, também, o desenvolvimento de protocolos regulatórios que considerem variáveis climáticas relevantes, como vento, chuva e temperatura, a fim de assegurar níveis adequados de segurança contra incêndios em fachadas vegetadas. No âmbito da proteção ativa, destaca-se a recomendação de sistemas de supressão de fogo adaptados às particularidades das fachadas verdes, sejam elas do tipo direto ou indireto. Para esses sistemas, podem ser implantadas cortinas de irrigação, conforme exemplificado na Figura 23, que atuam diretamente na supressão das chamas e na redução da temperatura da vegetação. É imprescindível que a instalação conte com uma reserva técnica de água dedicada exclusivamente ao combate a incêndios, garantindo a disponibilidade contínua durante situações de emergência.

Figura 23 – Esquema de sistema de irrigação por cortina.

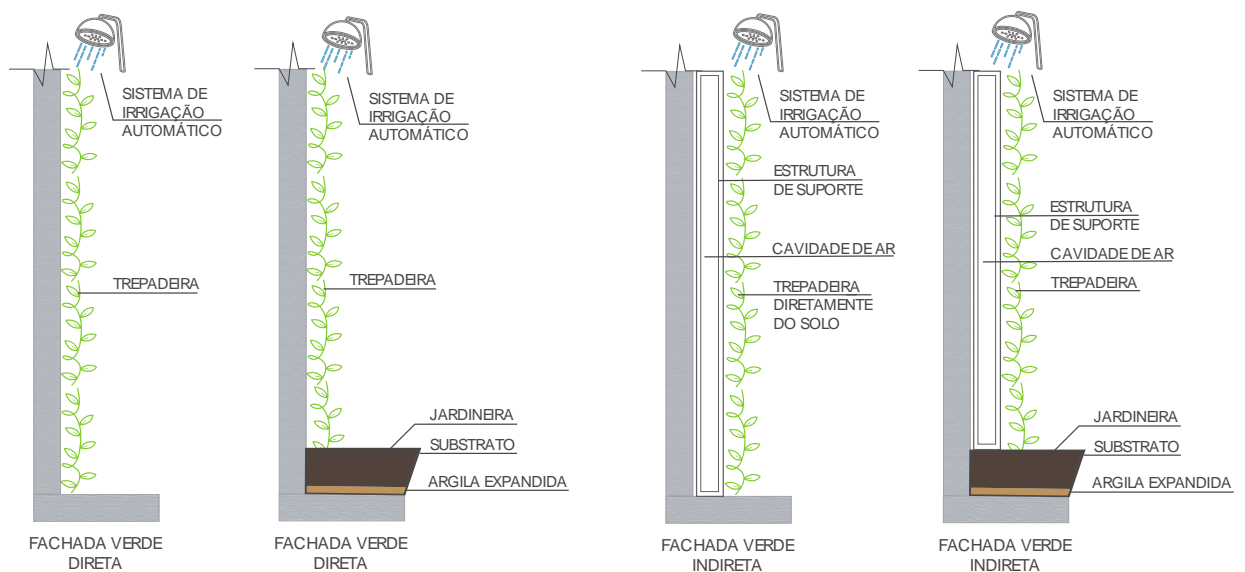


Figura 23a – Esquema de sistema de irrigação por cortina aplicável em fachadas verdes diretas. Fonte: Autora (2025)

Figura 23b – Esquema de sistema de irrigação por cortina aplicável em fachadas verdes indiretas. Fonte: Autora (2025)

Nos sistemas de parede viva, o próprio sistema de irrigação pode ser adaptado para funcionar como um mecanismo de supressão de incêndios, conforme ilustrado na Figura 24. Para garantir a eficácia dessa proteção ativa, é fundamental que o sistema também conte com uma reserva técnica de água dedicada exclusivamente ao combate a eventuais sinistros, assegurando disponibilidade imediata e contínua durante a emergência. Além disso, a instalação de bombas de água de alta capacidade é essencial para manter a pressão e o fluxo adequados, mesmo em situações de falha no abastecimento principal ou em edificações de grande porte. Essa integração entre irrigação e sistema de combate a incêndio potencializa a proteção da vegetação, reduzindo o risco de propagação do incêndio em sistemas de paredes vivas.

Figura 24 – Sistema de irrigação em fachada vegetada.



Figura 24a – Exemplo de sistema de irrigação periódica em parede viva modular, com potencial de atuação como contenção ativa das chamas. Fonte: Greenwall ceramic (2025)

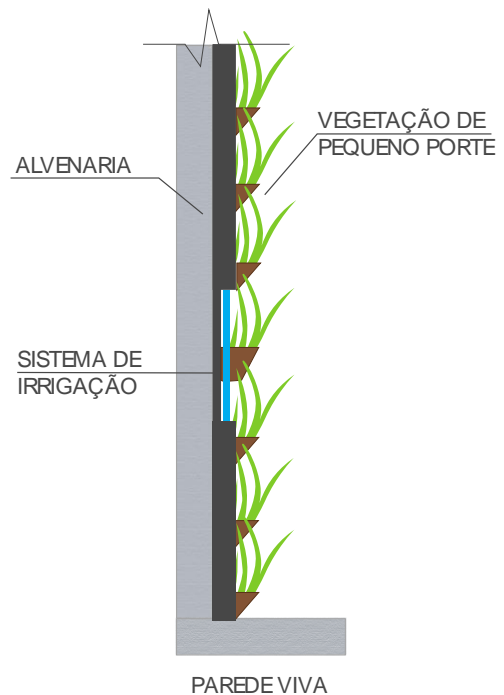
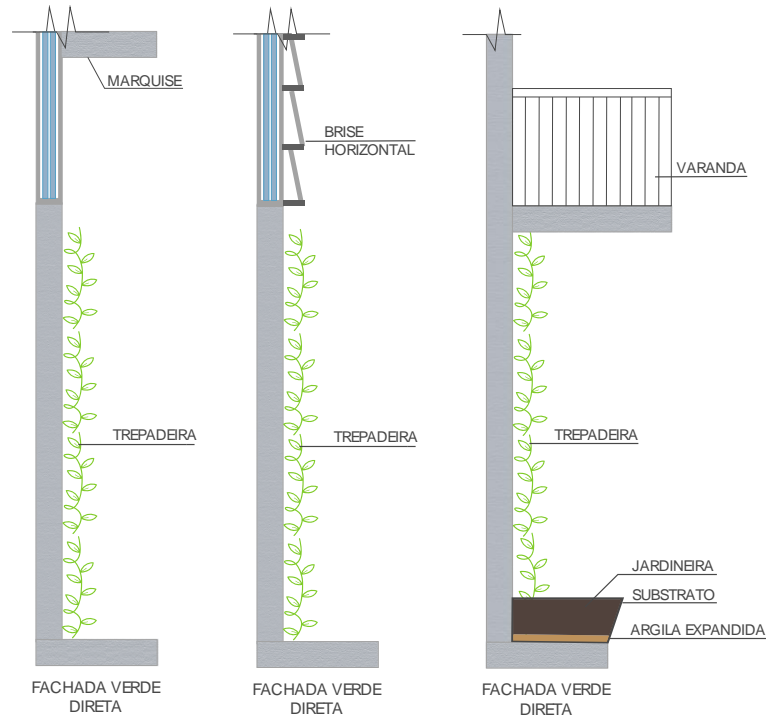


Figura 24b – Esquema de sistema de irrigação periódica em parede viva modular, com potencial de atuação como contenção ativa das chamas. Fonte: Autora (2025)

No que tange à proteção passiva, é possível integrar barreiras físicas à fachada do edifício, como o arranjo das plantas, a instalação de fachadas e a variação das espécies vegetais, visando dificultar a propagação do fogo, conforme ilustrado nas Figuras 25, 26 e 27. Além disso, alguns princípios da Instrução Técnica nº 07 (IT 07) do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG) podem ser aproveitados,

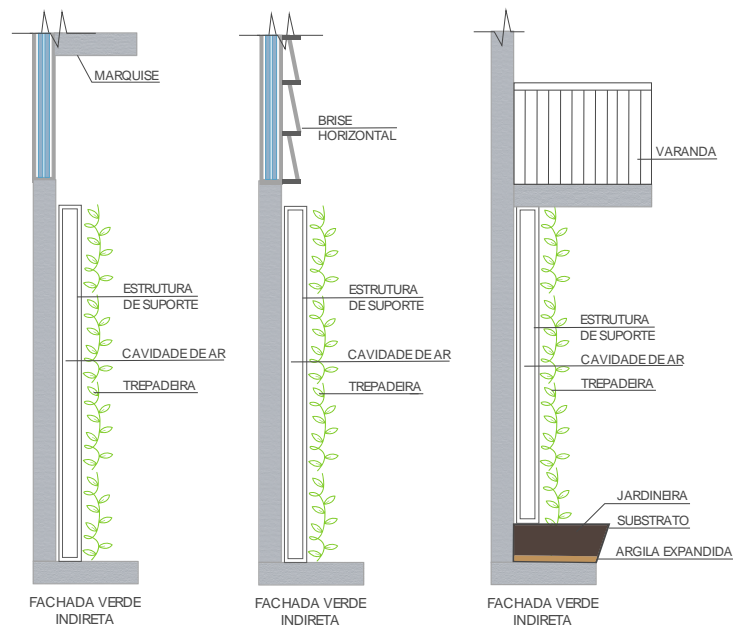
especialmente no que se refere à limitação da propagação do incêndio entre pavimentos e edificações.

Figura 25 – Proteção passiva contra incêndio aplicada a fachadas verdes diretas.



Barreiras físicas integradas à fachada do edifício por meio da instalação de sacadas, brises e marquises com o objetivo de dificultar a propagação do fogo. Fonte: Autora (2025)

Figura 26 – Proteção passiva contra incêndio aplicada a fachadas verdes indiretas.

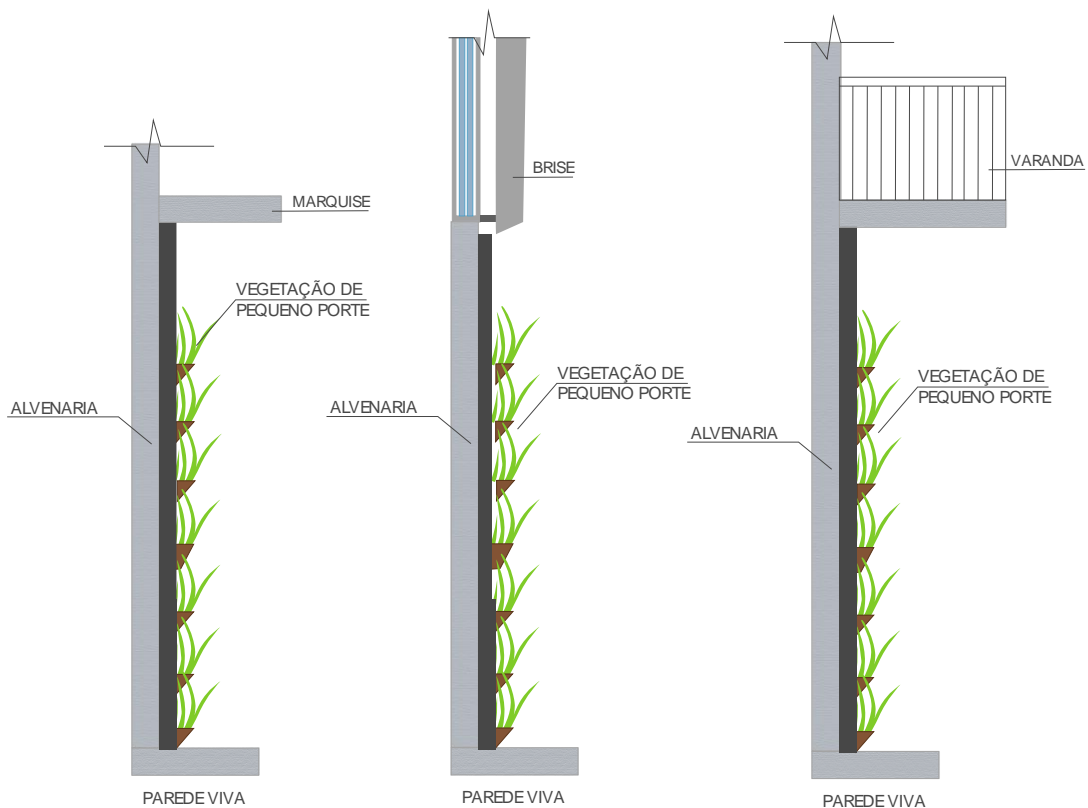


Barreiras físicas integradas à fachada do edifício por meio da instalação de sacadas, brises e marquises com o objetivo de dificultar a propagação do fogo. Fonte: Autora (2025)

Nesse sentido, as fachadas vegetadas devem atender aos requisitos mínimos de reação ao fogo dos materiais (espécies vegetais), sendo recomendado o emprego de camadas incombustíveis de proteção, como mantas térmicas, substratos minerais e sistemas de impermeabilização com desempenho adequado à exposição ao calor, assegurando a integridade estrutural em caso de incêndio.

Para reforçar a compartimentação vertical, é fundamental evitar a continuidade da vegetação entre os pavimentos, o que pode ser feito por meio da utilização de platibandas de concreto, jardineiras de alvenaria, varandas ou painéis incombustíveis, funcionando como barreiras corta-fogo externas (Figuras 25, 26 e 27). Além disso, os suportes da vegetação, como painéis e estruturas metálicas, devem ser confeccionados com materiais que garantam a estabilidade estrutural mesmo em situação de incêndio.

Figura 27 – Proteção passiva contra incêndio aplicada a parede vivas modulares.



Barreiras físicas integradas à fachada do edifício por meio da instalação de sacadas, brises e marquises com o objetivo de dificultar a propagação do fogo. Fonte: Autora (2025)

No caso das aberturas na fachada, como janelas, portas de sacada ou nichos técnicos, pode-se recomendar que a vegetação não entre em contato direto com esses elementos. O entorno dessas aberturas deve ser reforçado com materiais incombustíveis, de modo a impedir a rápida propagação das chamas para o interior

da edificação. Para passagens técnicas e *shafts*, como sistemas de irrigação e dutos, é necessário prever vedações resistentes ao fogo ou barreiras de contenção, evitando que esses elementos funcionem como vias de propagação do incêndio.

É fundamental considerar, também, o espaçamento adequado entre as plantas, a fim de garantir um efeito isolante e prevenir a propagação rápida do fogo. A criação de compartimentos internos no sistema e a sua separação clara da envoltória do edifício contribuem para o controle do incêndio. Além disso, deve-se planejar as rotas de evacuação e os acessos para os serviços de emergência, especialmente em áreas com vegetação densa.

Por fim, ainda que a Instrução Técnica nº 07 do CBMMG não trate diretamente das fachadas vegetadas, ela permite a aplicação de alternativas técnicas às exigências convencionais, desde que respaldadas por uma análise de risco. Isso possibilita a adoção de soluções para a proteção e combate a incêndios em fachadas vegetadas no estado de Minas Gerais, como sistemas automáticos de supressão de incêndio com irrigação inteligente, que desempenham a função de contenção das chamas, ou ainda o uso de espécies vegetais de baixa inflamabilidade, por exemplo.

3.4. Coberturas vegetadas: influência de espécies no combate ao fogo

Atualmente, os impactos das coberturas vegetadas na proteção e no combate a incêndios ainda são pouco explorados na literatura científica, conforme destacado por Zhen (2024), apesar da crescente adoção de vegetação em coberturas de edifícios sustentáveis. Prática que suscita preocupações quanto à segurança contra incêndios, sobretudo diante da crescente complexidade das construções contemporâneas, o que potencializa os riscos relacionados a essas estruturas.

As plantas constituem o elemento mais complexo dos sistemas de coberturas vegetadas, uma vez que apresentam cargas térmicas superiores às de outros materiais construtivos, como o polietileno (Zhen, 2024). A possibilidade de a vegetação atuar como agente de propagação do fogo é uma questão relevante, que demanda investigação aprofundada. A ausência de práticas adequadas de manutenção, como a remoção de detritos inflamáveis, é um fator de risco considerável, conforme apontado por Gerzhova et al. (2019). A seleção de espécies

vegetais com menor inflamabilidade, capazes de se regenerar após episódios de combustão, pode contribuir tanto para a contenção das chamas quanto para a recuperação de áreas verdes afetadas. Ainda assim, o emprego de vegetação em edificações exige uma análise aprofundada de suas vantagens e limitações, sobretudo no que diz respeito à segurança contra incêndios.

É importante salientar que conceito de combustibilidade vegetal em edificações verdes envolve três parâmetros principais: inflamabilidade, combustibilidade e sustentabilidade do fogo. A inflamabilidade diz respeito ao tempo necessário para que a planta entre em combustão; a combustibilidade, à taxa de liberação de calor durante a queima; e a sustentabilidade, à duração da combustão após a ignição. Sendo que a morfologia das plantas influencia diretamente sua combustibilidade. Características como o tamanho, a densidade e a textura das folhas, o número de galhos e a presença de material vegetal morto podem afetar a propagação do fogo. Espécies com folhas menores e densamente ramificadas tendem a apresentar ignição mais rápida e combustão mais intensa (Zhen, 2024).

Além disso, a espessura das folhas exerce papel relevante: folhas mais finas, especialmente quando dispostas de forma indefinidas, favorecem a propagação das chamas, enquanto folhas mais espessas retardam o processo de queima (Figuras 28, 29 e 30). Outro fator determinante é o teor de umidade do combustível vegetal. Combustíveis secos inflamam-se com facilidade, enquanto altos níveis de umidade dificultam a ignição e caracterizam o conceito de “umidade de extinção” (Onigemo, 2007). Condições atmosféricas como alta umidade relativa reduzem a inflamabilidade, ao passo que ambientes secos favorecem a propagação do fogo. A espessura foliar também interfere nesse comportamento: folhas finas, como as encontradas em gramíneas, secam rapidamente e se inflamam com facilidade, ao contrário de folhas espessas, que retardam o aquecimento e a propagação das chamas (Hull et al., 2012). Outro aspecto relevante é a razão entre a área superficial e o volume (S/V) das plantas. Quanto maior esse índice, maior a troca de energia e massa, o que acelera a propagação do fogo (Zhen, 2024).

Segundo Zhen (2024), o arranjo espacial das folhas e galhos, o acúmulo de material vegetal seco e as características físicas das espécies vegetais — como o tamanho, a textura e a densidade foliar — exercem influência direta sobre o risco de ignição. Por exemplo, folhas espessas oferecem maior resistência à ignição, enquanto folhas finas

e bem distribuídas, que favorecem o acúmulo de material seco, facilitam a propagação das chamas. Plantas com folhas largas e finas, associadas a galhos esparsos, tendem a inflamar rapidamente e a queimar com maior intensidade, especialmente em condições de seca prolongada, como mencionado nas Figuras 28, 29 e 30.

Figura 28 – Suculentas
(*Echeveria setosa*)



Exemplo de planta com baixo teor de inflamabilidade: Fonte: Assis (2017)

Figura 29 – Hábito cespitoso
(moitas)



Exemplo de planta com alto teor de inflamabilidade: Hábito cespitoso, gramínea natural do cerrado Brasileiro. Fonte: Assis (2017)

Figura 30 – Dicondra
(*Dichondra repens*)



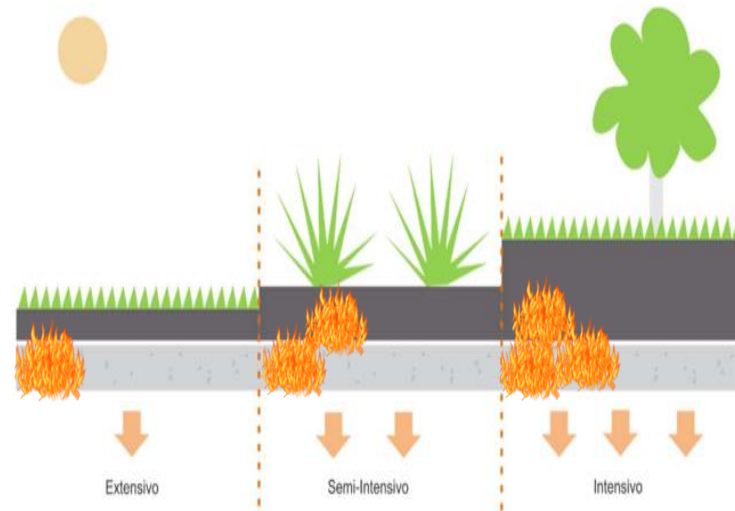
Exemplo de espécie de planta que têm maior tendência a pegar fogo rapidamente e a queimar de forma mais intensa, especialmente em condições de seca. Fonte: Homify (2024).

Outro fator importante a ser considerado é que as coberturas vegetadas apresentam diferentes níveis de risco de incêndio, de acordo com o tipo de sistema adotado no projeto (intensivo, semi-intensivo ou extensivo), exigindo, portanto, estratégias de mitigação, alinhadas às suas características estruturais e às espécies vegetais utilizadas (Emilsson et al., 2021). Um telhado vegetado típico consiste em um ecossistema instalado sobre uma cobertura convencional, composto por elementos essenciais como vegetação, substrato de cultivo, sistemas de filtragem, drenagem, impermeabilização e camadas de proteção (Gerzhova et al., 2019).

Os telhados vegetados extensivos são projetados para abrigar plantas resistentes e autossuficientes, como suculentas, musgos e ervas. Estes sistemas demandam baixa manutenção e irrigação, sendo indicados para edificações com capacidade estrutural limitada, como residências e edifícios comerciais (Hull et al., 2012). De modo geral, apresentam baixo risco de incêndio (Figura 31), em virtude da vegetação selecionada e da espessura reduzida do substrato. No entanto, em situações de seca prolongada, a desidratação da vegetação pode elevar esse risco. Para mitigar essa vulnerabilidade, recomenda-se o uso de espécies vegetais não inflamáveis, a implementação de sistemas de irrigação eficientes - que, em casos de emergência,

podem funcionar como sistema de sprinklers -, bem como a remoção periódica de vegetação morta (Zhen, 2024).

Figura 31 – Relação dos tipos de telhados verdes e suas características inflamáveis.



Fonte: Autora, adaptado de Nakamura; Rocha (2023)

Telhados vegetados semi-intensivos apresentam maior biodiversidade vegetal. Contudo, a densidade da vegetação e a diversidade de espécies utilizadas podem favorecer a propagação do incêndio, exigindo medidas preventivas mais rigorosas. Entre elas, destacam-se o uso de barreiras corta-fogo, a seleção de plantas com baixa inflamabilidade, a manutenção de níveis adequados de umidade e a poda regular da vegetação, com o objetivo de controlar seu crescimento e reduzir a carga de incêndio (Ramos, 2021). Nos telhados verdes intensivos, frequentemente empregados em áreas públicas, a vegetação é mais complexa, incluindo arbustos e pequenas árvores. Nesses casos, o incêndio pode se propagar rapidamente através da biomassa disponível e de materiais combustíveis adjacentes (Figura 31). Assim, torna-se imprescindível a adoção de medidas de segurança abrangentes, como a instalação de barreiras contra incêndio, a remoção contínua de folhas secas e galhos mortos, além da análise durante a etapa de projeto das rotas de propagação do incêndio.

Do ponto de vista estrutural, é essencial que o projeto das coberturas vegetadas atenda às regulamentações locais de segurança contra incêndios, bem como às normas gerais de construção. A integração desses sistemas às estratégias globais de proteção passiva e ativa do edifício também deve ser prevista. No entanto, a escassez

de normas sobre o tema dificulta a padronização e a fiscalização dessas práticas, especialmente em Minas Gerais.

3.5. Planejamento de Coberturas Vegetadas com Foco na Segurança Contra Incêndios

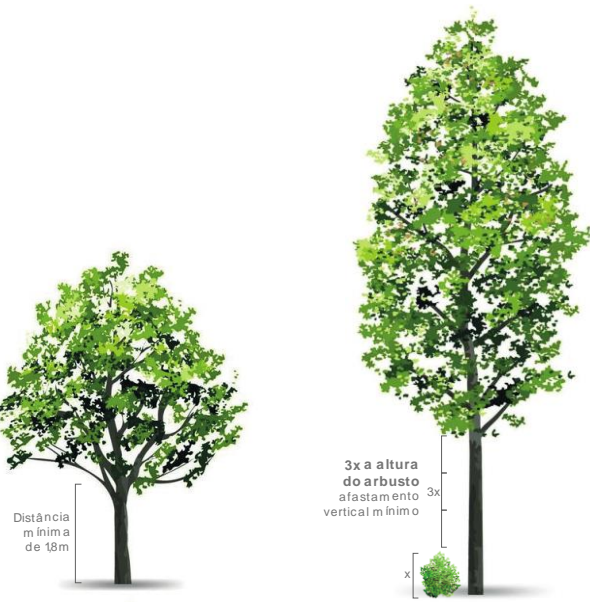
De acordo com Nader, Nakamura e De Lasaux (2007), o paisagismo pode ser planejado com o objetivo de mitigar o risco de incêndios em áreas residenciais. Um dos aspectos fundamentais nesse planejamento é o espaçamento adequado entre as espécies vegetais, especialmente em áreas ajardinadas. Essa diretriz se mostra particularmente relevante no contexto das coberturas vegetadas, nas quais o distanciamento correto entre a vegetação e os elementos da edificação constitui uma medida eficaz para reduzir o risco de propagação das chamas. Recomenda-se, sempre que possível, que as plantas sejam implantadas a uma distância mínima de 1,5 metro da edificação, formando uma faixa de proteção ao redor da estrutura. Nessa zona de segurança, devem ser priorizados materiais incombustíveis, como pisos pavimentados, brita ou revestimentos cerâmicos.

Considerando essa recomendação, infere-se que o mesmo afastamento de 1,5 metro seja aplicável à vegetação implantada nas coberturas vegetadas em relação a elementos arquitetônicos funcionais, como os acessos às caixas de escada — componentes comumente presentes nesse tipo de sistema. Essa medida contribui para a prevenção de focos de incêndio e limita a propagação do fogo pela envoltória da edificação.

A organização *Fire Safe Marin* (2023) também apresenta diretrizes que abordam à prevenção de incêndios em ambientes vegetados. Entre elas, destaca-se a recomendação de evitar a formação de fileiras contínuas de árvores ou cercas-vivas, que podem atuar como corredores naturais para a propagação do fogo. Além disso, recomenda-se a seleção de espécies com características favoráveis à segurança contra incêndios, como crescimento lento, estrutura aberta e baixa inflamabilidade. Tais medidas devem ser acompanhadas de um plano de manutenção contínua da vegetação, incluindo poda regular, remoção de material seco, controle da densidade e irrigação eficiente.

Outro aspecto importante no controle da propagação do fogo diz respeito ao espaçamento vertical entre os diferentes estratos vegetais. Em coberturas vegetadas intensivas e semi-intensivas, onde é comum a presença de múltiplos níveis de plantio, deve-se evitar o fenômeno conhecido como efeito escada (*ladder fuel effect*), que ocorre quando há continuidade entre a vegetação rasteira e a copa das árvores, facilitando a ascensão das chamas. Para mitigar esse risco, recomenda-se a remoção de galhos situados a menos de 1,8 metro do solo, especialmente em árvores com altura superior a 5,5 metros. Essa prática estabelece uma zona de separação entre o fogo rasteiro e os estratos superiores da vegetação, reduzindo a possibilidade de ignição das copas (FIRE SAFE MARIN, 2023), conforme ilustrado na Figura 32.

Figura 32 – Recomendações para o espaçamento vertical entre espécies, visando a redução do risco de propagação do fogo.



Fonte: Autora (2025)

Complementarmente, os mesmos autores (Nader; Nakamura; De Lasaux, 2007) recomendam que, ao se plantar arbustos sob árvores, seja respeitado um afastamento vertical mínimo equivalente a três vezes a altura do arbusto entre seu topo e o galho mais baixo da árvore. Essa distância reduz o risco de propagação vertical do fogo entre os diferentes estratos da vegetação, promovendo uma compartimentação mais segura da massa vegetal (Figura 32).

Diante dessas considerações, observa-se que a avaliação da segurança contra incêndios em edificações dotadas de coberturas vegetadas é um processo complexo e multifatorial. É necessário considerar as características biofílicas das espécies

vegetais em conjunto com seu comportamento frente ao fogo e seu potencial combustível no contexto da edificação como um todo. Trata-se de um processo que exige uma abordagem integrada, contemplando tanto os requisitos de segurança contra incêndios quanto os aspectos relacionados ao conforto térmico, de forma a orientar a adoção consciente e segura de soluções vegetadas no ambiente construído.

3.6. Coberturas vegetadas: casos em Minas Gerais

Nesta seção, são apresentados dois estudos de caso de edificações localizadas em Minas Gerais que utilizam coberturas vegetadas como parte integrante de seus projetos arquitetônicos. O Hospital Orizonti, localizado em Belo Horizonte, destaca-se pela implementação de uma cobertura vegetada extensiva, consolidando-se como referência nacional e latino-americana na incorporação de soluções verdes em ambientes hospitalares. Já o Restaurante Setorial II, pertencente à Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), exemplifica a aplicação de um sistema semi-intensivo em um edifício institucional, ressaltando as estratégias adotadas para a segurança contra incêndios.

Ambas as edificações evidenciam os benefícios das coberturas vegetadas, como a melhora do microclima urbano, a gestão das águas pluviais e a promoção da sustentabilidade ambiental. Ao mesmo tempo, ilustram os desafios relacionados à proteção contra incêndios em coberturas vegetadas, principalmente diante da ausência de normativas voltadas ao tema dentro do contexto brasileiro.

3.6.1. Hospital Orizonti

Em Belo Horizonte, Minas Gerais, destaca-se o Hospital Orizonti (Figura 34), antigo Hospital Hilton Rocha, como uma das principais referências locais em edificações sustentáveis dotadas de cobertura vegetada. O projeto original foi desenvolvido pelo arquiteto Jarbas Karman, enquanto a reforma, realizada entre 2013 e 2020, foi elaborada pelos arquitetos Flávio Carsalade e Adriana Tonani Mazziero.

A cobertura vegetal instalada adota o sistema extensivo, com uma camada de substrato entre 5 e 15 cm de espessura, composta predominantemente por grama-

amendoim (*Arachis repens*), espécie nativa do Brasil. A escolha visa promover a compensação ambiental e respeitar as características ecológicas locais. Localizado no bairro Mangabeiras, em uma área construída de aproximadamente 40 mil m², o Instituto Orizonti (Figura 33) harmoniza-se com a paisagem da Serra do Curral, símbolo natural de Belo Horizonte.

Figura 33 – Hospital Orizonti.

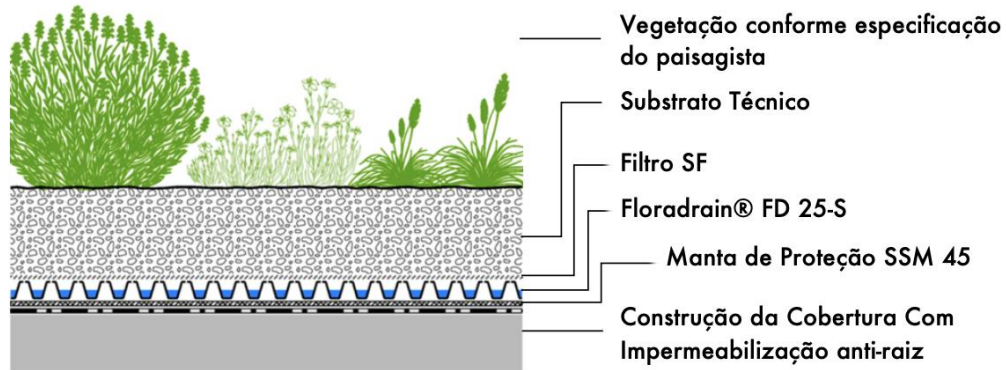


Fonte: Zinco Brasil (2023)

A unidade hospitalar oferece mais de 50 especialidades médicas, conta com 252 leitos e dispõe de um moderno centro cirúrgico, com salas preparadas para procedimentos de alta, média e baixa complexidade. Por seguir princípios do desenvolvimento sustentável, o projeto foi aprovado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Prefeitura de Belo Horizonte.

A cobertura vegetada, com 6.942 m² de extensão, é considerada a maior área verde hospitalar da América Latina (REVISTA ECOLÓGICO, 2021). O sistema adotado é o *ZinCo Floradrain®* FD 25 (Figura 35), que combina leveza estrutural e eficiência no desenvolvimento da vegetação. Foram utilizadas 105 mil mudas de grama-amendoim, 23 kg de sementes e 360 mil l de substrato (Figuras 35 e 36)

Figura 34 – Configuração do sistema de telhado vegetado do Hospital Ozonti.



Composição: vegetação conforme especificação do paisagista; substrato técnico; filtro SF; Floradrain® FD 25-S; manta de proteção SSM 45; e estrutura da cobertura com impermeabilização antirraiz. Fonte: Adaptado de Zinco (2023).

Figura 35 – Instalação de grama na cobertura vegetada do Hospital Orizonti.



Fonte: Zinco Brasil (2023)

Figura 36 – Instalação do substrato na cobertura do Hospital Orizonti.



Fonte: Zinco Brasil (2023)

Além do impacto positivo no microclima urbano, a cobertura vegetada do hospital exerce também uma função técnica relevante, ao contribuir para a drenagem das águas pluviais e a permeabilidade do solo. O sistema instalado no edifício inclui drenos que captam e armazenam a água da chuva em um reservatório com capacidade para até 370 mil l. Essa água é reutilizada na irrigação da vegetação e na limpeza dos ambientes internos, promovendo economia de recursos: redução superior a 30% no consumo de água e mais de 25% no uso de energia elétrica. O sistema apresenta eficiência hídrica de 62% e eficiência energética de 34%. Além disso, cerca de 70% dos resíduos gerados são destinados à reciclagem, reforçando o compromisso da instituição com práticas sustentáveis e de baixo impacto ambiental (REVISTA ECOLÓGICO, 2021).

Nesse contexto, a cobertura do edifício pode ser caracterizada como um jardim de chuva — solução de drenagem sustentável que retém a água pluvial, permitindo sua infiltração gradual no solo e promovendo a filtragem de poluentes por meio da vegetação e da ação de microrganismos. Essa estratégia está em consonância com os princípios do Plano Diretor de Belo Horizonte (Lei nº 11.181, de 8 de agosto de 2019), que estimula práticas voltadas à gestão eficiente das águas pluviais e à ampliação de áreas permeáveis no ambiente urbano.

O Hospital Orizonti – Instituto Oncomed de Saúde e Longevidade – constitui atualmente um dos maiores centros de saúde sustentáveis do Brasil, servindo como exemplo replicável para outras capitais no país. Sua cobertura vegetada integra funcionalidade, enfrentando os desafios urbanos contemporâneos vinculados a sustentabilidade. Com isso, Belo Horizonte consolida-se como sede da maior cobertura ecológica hospitalar do país, evidenciando seu protagonismo no campo da sustentabilidade aplicada à saúde.

No que tange à proteção contra incêndio na cobertura vegetada do Hospital Orizonti, destaca-se o sistema extensivo, conhecido por apresentar menor risco de propagação e inflamabilidade em comparação com outros tipos de coberturas vegetadas. O eficiente sistema de drenagem e a impermeabilização anti-raiz também desempenham papel fundamental ao prevenir o acúmulo de detritos e a deterioração da estrutura, contribuindo assim para a mitigação dos riscos de incêndio. Entretanto, para garantir uma proteção integral, é imprescindível a realização de monitoramento constante da vegetação, aplicando técnicas de poda e utilizando barreiras físicas incombustíveis nas áreas de transição entre a vegetação e a edificação. Além disso, a capacitação da equipe de manutenção em protocolos de segurança contra incêndios na cobertura vegetada é fundamental para assegurar a proteção da edificação como um todo ao longo do tempo.

Além disso, apesar de o Hospital Orizonti possua aprovação da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e atenda às exigências do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG) no que se refere à segurança contra incêndios da edificação em geral, não há registros públicos que confirmem a existência de um projeto direcionado à proteção contra incêndio da cobertura vegetada. Diante da inexistência de normativas nacionais que abordem de forma abrangente a segurança contra incêndio em fachadas e coberturas vegetadas, é provável que esses elementos tenham sido

considerados de forma genérica nos sistemas passivos e ativos de proteção da edificação. Essa lacuna normativa evidencia a necessidade urgente de desenvolvimento de instruções técnicas que contemplem a vegetação integrada ao projeto arquitetônico. A inclusão desses critérios permitirá avaliações mais precisas do comportamento ao fogo em coberturas e fachadas vegetadas, como as do Hospital Orizonti, promovendo maior segurança e confiabilidade em edificações sustentáveis no país.

3.6.2. Restaurante Setorial II – Universidade Federal de Minas Gerais

O Restaurante Setorial II (Figura 37) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), situado no campus Pampulha, foi projetado pelo arquiteto Márcio Pinto de Barros e inaugurado em 1993. O edifício possui características exemplares da arquitetura modernista, com influências do brutalismo, destacando-se pela sua estrutura de concreto aparente, que confere tanto imponência e leveza a edificação. A volumetria do edifício é composta por planos horizontais intercalados, onde as lajes de concreto funcionam como terraços vegetados, com grandes vãos e linhas retas.

Sua cobertura vegetada adota um sistema semi-intensivo, caracterizado por substrato variando entre 15 e 30 cm, permitindo o cultivo de diversas espécies de pequeno e médio porte, como gramíneas, ervas e pequenos arbustos. Esse sistema é composto por um substrato mais espesso e a combinação de diferentes espécies vegetais, com o objetivo de aprimorar o desempenho ambiental da edificação.

Figura 37 – Restaurante Setorial II da UFMG.



Fonte: ArqBH (2025)

A cobertura vegetada abrange uma área aproximada de 4.902 m², distribuída entre três canteiros principais, com cerca de 220 m² cada, e um canteiro central de 180 m². A vegetação é contida por barreiras de concreto, dispostas a cerca de 6 m de distância umas das outras, funcionando como floreiras e evitando o deslocamento do substrato. A laje que sustenta a vegetação é impermeabilizada, garantindo a durabilidade do sistema e permitindo o tráfego de pedestres sobre a estrutura. A cobertura vegetada do restaurante abriga uma variedade de plantas de pequeno e médio porte, destacando-se as espécies *Duranta erecta* L. (*duranta*), *Hymenachne* spp., *Myoporum* spp. e *Alternanthera* spp., escolhidas por sua adaptabilidade ao clima da região e à tipologia do sistema semi-intensivo adotado, conforme diagrama da Figura 38.

Figura 38 – Canteiros do Restaurante Setorial II da UFMG.



RU Universidade Federal de Minas Gerais
Campus Pampulha, Belo Horizonte, MG.

Fonte: Autora, adaptado de ArqBh (2025)

Uma característica importante do Restaurante Setorial II é o sistema de irrigação automático instalado na cobertura (Figura 40). Esse sistema é responsável por fornecer água de maneira controlada às plantas, garantindo que a vegetação se mantenha saudável e bem irrigada, especialmente durante os períodos secos.

Figura 39 – Cobertura do Restaurante Setorial II da UFMG.



Fonte: Autora (2025)

Figura 40 – Sistema de irrigação dos jardins da cobertura vegetada do Restaurante Setorial II da UFMG.



Fonte: Autora (2025)

As espécies vegetais presentes na cobertura do Restaurante Setorial II da UFMG podem ser classificadas quanto ao seu potencial de inflamabilidade, com base nos critérios propostos por Zhen (2024). Aspectos como a estrutura foliar, a capacidade de retenção de água e a propensão ao acúmulo de material vegetal seco são considerados fatores determinantes na propagação do incêndio.

O alfeneiro (*Ligustrum lucidum*) (Figura 42) é um arbusto que apresenta folhas finas e densas, características que favorecem a retenção de detritos secos. Essa combinação contribui para o aumento do risco de propagação do incêndio, classificando a espécie como de alta inflamabilidade. Sua tendência ao acúmulo de material morto em regiões suscetíveis a incêndios agrava ainda mais sua vulnerabilidade.

Por outro lado, a líriope (*Liriope spicata*) (Figura 43) se destaca por sua folhagem densa e elevada capacidade de retenção de umidade, o que reduz seu risco de combustão. Plantas com alto teor de umidade em suas estruturas vegetativas tendem a oferecer maior resistência à ignição e à propagação das chamas.

A dionela (*Drosera sp.*), (Figura 41) embora apresente características semelhantes, como boa retenção hídrica e menor tendência à formação de material seco, é classificada como de risco moderado, sendo uma alternativa viável em sistemas vegetados com exigências de segurança.

Figura 41 – Jardins da cobertura do Edifício Setorial II da UFMG.



Espécies de *Ligustrum lucidum* (alfeneiro) (01) , e *Drosera sp.* (dionela) (02) presentes nos jardins da cobertura do Edifício Setorial II da UFMG. Fonte: Autora (2025)

A *Alternanthera dentata* (Figura 42) é outro exemplo de espécie com baixo potencial de inflamabilidade. Suas folhas espessas e sua elevada capacidade de retenção de água dificultam o ressecamento e o acúmulo de matéria combustível, contribuindo para sua melhor reação ao incêndio. O crescimento denso e a umidade constante em sua massa foliar tornam a espécie uma escolha recomendada para coberturas verdes com critérios de proteção passiva contra incêndios.

Já o azevinho-de-pântano (*Ilex glabra*) (Figura 42) também é classificado como de baixo risco de inflamabilidade. Suas folhas coriáceas, perenes e de alta espessura, aliadas à sua adaptação a ambientes úmidos, conferem grande resistência à secagem e à ignição. Por essas razões, é considerado uma espécie eficaz na composição de áreas verdes voltadas à redução da vulnerabilidade ao incêndio.

Abaixo, no Quadro 9, é listado as espécies existentes no edifício e sua relação com a segurança contra incêndio.

Figura 42 – Jardins da cobertura do Edifício Setorial II da UFMG.



Espécies de *Alternanthera*, *Ilex glabra* (azevinho-de-pântano), *Liriope spicata* (liríope) (02) e *Ligustrum lucidum* (alfeneiro) presentes nos Jardins da cobertura do Edifício Setorial II da UFMG.
Fonte: Autora (2025)

Outro ponto relevante do edifício é a presença de trepadeiras instaladas nas extremidades dos canteiros da cobertura vegetada, que se estendem pelo teto e pelas fachadas (Figura 43), formando uma fachada verde direta. Esse tipo de vegetação cresce ao longo da estrutura do edifício, trazendo benefícios térmicos e acústicos, melhorando também a qualidade do ar. No entanto, essas trepadeiras também exigem atenção especial no que diz respeito à proteção e combate a incêndios, especialmente no que se refere à proteção ativa e passiva do sistema.

Figura 43 – Trepadeiras nas fachadas do Restaurante Setorial II da UFMG.



Fonte: Autora (2025)

Quadro 9 – Classificação das espécies vegetais do Restaurante Setorial II da UFMG em relação à segurança contra incêndios.

ESPÉCIE	CARACTERÍSTICAS	TEOR DE INFLAMABILIDADE	IMAGEM
Alfeneiro (<i>Ligustrum lucidum</i>)	Folhas finas e densas, com alta tendência ao acúmulo de material vegetal seco, aumentando a propagação do fogo	Alto	
Liriope (<i>Liriope spicata</i>)	Folhagem densa e alta retenção de umidade, o que reduz a propagação do fogo.	Baixo	
Dionela (<i>Drosera sp.</i>)	Boa retenção de água e resistência ao acúmulo de material seco, com risco moderado de incêndio	Moderado	
Alternanthera (<i>Alternanthera dentata</i>)	Folhas espessas, excelente capacidade de retenção de água, dificultando o acúmulo de material seco e aumentando a resistência ao fogo	Baixo	
Azevinho-de-pântano (<i>Ilex glabra</i>)	Folhas espessas e coriáceas, alta capacidade de retenção de água, tornando a planta resistente à secagem e ao fogo.	Baixo	

Fonte: Autora (2025)

A segurança contra incêndios na cobertura vegetada do Restaurante Setorial II da UFMG pode ser aprimorada por meio da reorganização das espécies vegetais, levando-se em consideração seu nível de inflamabilidade. A disposição de plantas com baixo potencial inflamável, intercaladas com espécies mais inflamáveis, permite que aquelas com maior resistência atuem como barreiras naturais contra a propagação do incêndio.

É importante salientar que a seleção do Restaurante Setorial II da UFMG como objeto de estudo deve-se à sua relevância arquitetônica e ambiental, bem como à representatividade do sistema de cobertura vegetada semi-intensiva. A edificação abriga espécies vegetais com diferentes níveis de inflamabilidade, o que a torna adequada para a análise de riscos e estratégias de segurança contra incêndio. A complexidade da vegetação, aliada à presença de um sistema de irrigação automatizado e à disposição setorizada dos canteiros, possibilita avaliar medidas de proteção passiva e ativa, justificando a escolha do edifício como estudo de caso nesta pesquisa.

Além disso, a adoção de medidas complementares é fundamental para reforçar a proteção contra incêndios. O aprimoramento do sistema de irrigação existente, de modo a permitir o aumento da vazão de água em situações de emergência, configura-se como uma estratégia eficaz de proteção ativa, contribuindo diretamente para o controle do incêndio. De forma complementar, a manutenção periódica da cobertura vegetada — incluindo a remoção de material vegetal seco e a substituição de espécies com alta inflamabilidade por vegetações mais resistentes ao incêndio — é indispensável para a mitigação dos riscos e para garantir maior segurança ao sistema como um todo.

3.7. Considerações finais

As fachadas e coberturas vegetadas representam avanços importantes para a sustentabilidade e a eficiência energética em edifícios, mas apresentam desafios quanto à segurança contra incêndios, devido à sua combustibilidade e à complexidade da manutenção. Incêndios recentes em edificações com esses sistemas, assim como tragédias envolvendo materiais inflamáveis em fachadas, evidenciam a necessidade

urgente de uma legislação que integre critérios de proteção contra fogo às soluções verdes.

No caso das fachadas vegetadas, os desafios para a segurança contra incêndios estão relacionados às propriedades físicas e químicas das espécies vegetais, aos substratos utilizados e à interação com os materiais construtivos. A inflamabilidade da vegetação depende do teor de umidade, da composição química e das características morfológicas das plantas, enquanto o substrato orgânico seco pode aumentar o risco de ignição e propagação do fogo. Para mitigar esses riscos, são essenciais medidas preventivas como a escolha de espécies de baixa inflamabilidade, manutenção adequada, sistemas automáticos de irrigação e a instalação de barreiras físicas integradas à fachada. Além disso, a compartimentação vertical do edifício e o reforço das aberturas com materiais incombustíveis contribuem para a contenção das chamas.

Quanto às coberturas vegetadas, seu papel na segurança contra incêndios é complexo e influenciado pela escolha das espécies, morfologia, teor de umidade e arranjo espacial da vegetação. Sistemas extensivos tendem a apresentar menor inflamabilidade devido à presença de vegetação resistente e substratos finos, enquanto sistemas semi-intensivos e intensivos exigem estratégias preventivas mais rigorosas, como a implementação de barreiras corta-fogo, poda regular e manutenção constante. O planejamento do layout do plantio, com espaçamentos horizontais e verticais adequados, é fundamental para reduzir a propagação do fogo e evitar o efeito escada, minimizando os riscos.

No entanto, a escassez de normas e a necessidade de um planejamento integrado que considere tanto a segurança contra incêndios quanto o conforto térmico evidenciam a urgência de aprofundamento e regulamentação para garantir a proteção eficaz em edificações sustentáveis que utilizam coberturas e fachadas vegetadas.

4. PROTEÇÃO E COMBATE AO INCÊNDIO EM FACHADAS E COBERTURAS VEGETADAS EM MINAS GERAIS

O estado de Minas Gerais, localizado na região Sudeste do Brasil, é o maior em extensão territorial, com uma área de 586.513,983 km², representando 6,9% do território brasileiro (IBGE, 2022). Sua diversidade climática é notável, abrangendo desde o clima temperado do tipo *Cwb*, caracterizado por invernos frios e verões amenos no sul do estado, até o clima semiárido *BSwh*, predominante no extremo norte e nordeste (Antunes, 1986; IBGE, 2022). Essa variação climática é complementada pela diversidade de relevo e solo, permitindo a ocorrência de três biomas brasileiros: Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica.

Figura 44 – Localização do estado de Minas Gerais no Brasil.



Fonte: Autora, adaptado de SnazyMaps.

No contexto dos climas temperados, como os encontrados em Minas Gerais, a amplitude térmica é reduzida, com secas e temperaturas extremas sendo menos frequentes, o que favorece o cultivo de uma variedade de espécies vegetais (Simmons, 2015). Por outro lado, em regiões semiáridas, como o Cerrado mineiro, a escassez de precipitação e a necessidade de irrigação suplementar dificultam a sobrevivência de muitas espécies.

Com o objetivo de atender às diversas condições climáticas do estado de Minas Gerais, foi realizado um levantamento das espécies mais adequadas para uso em fachadas (Quadro 10) e coberturas vegetadas, considerando tanto a viabilidade local quanto o custo-benefício. O estudo priorizou plantas com baixa inflamabilidade, de fácil aquisição, baixo custo e ampla disponibilidade no mercado mineiro.

A pesquisa foi conduzida em floriculturas da Região Metropolitana de Belo Horizonte, o que possibilitou a identificação das espécies mais acessíveis e apropriadas para cada tipo de clima. O conjunto selecionado também foi pensado de forma a atender às exigências de segurança contra incêndios e sustentabilidade, aplicáveis a fachadas e coberturas vegetadas em contextos urbanos e climáticos diversos de Minas Gerais. Esse processo de seleção reforça a importância de um planejamento localmente adaptado, capaz de promover a segurança contra incêndios em edificações sustentáveis, favorecendo a sustentabilidade ambiental.

Quadro 10 – Classificação das espécies vegetais recomendadas para fachadas verdes e suas características de Inflamabilidade




ESPÉCIE	CARACTERÍSTICAS	CONTEÚDO DE INFLAMABILIDADE	IMAGEM
<i>Epipremnum pinnatum</i>	Grande, com folhas vistosas, brilhantes e grossas que mudam conforme a planta amadurece.	Baixa – devido às características (planta herbácea) e configuração foliar – folhas vistosas, mais difíceis de incendiar.	
<i>Mandevilla splendens</i>	Planta trepadeira semilenhosa e instável. Possui folhas perenes com nervuras bem marcadas e coloração verde-escura.	Médio - Configuração foliar – folhas vistosas, mais difíceis de iluminar.	
<i>Hedera helix</i>	Trepadeira perene, que mantém uma cobertura densa o ano todo. A sua folhagem densa e o baixo conteúdo de resinas a tornam uma boa escolha para fachadas verdes em termos de segurança contra incêndios.	Possui alta umidade em suas folhas, o que ajuda a reduzir o risco de ignição..	

Fonte: Autora (2024)

Para as paredes vivas modulares, que podem incorporar uma diversidade de espécies de diferentes tipos e portes – desde vegetação rasteira até arbustos – a escolha das

plantas também se baseou em dados extraídos de manuais de botânica e paisagismo voltados para distintas regiões do Brasil, como os de Lorenzi (2001) e Skygarden (2015), que abordam fachadas vegetadas e suas características de resistência às condições climáticas locais, conforme o Quadro 11.

Quadro 11 – Classificação das espécies vegetais recomendadas para paredes vivas e suas características de inflamabilidade.

ESPÉCIE	CARACTERÍSTICAS	TIPO	CONTEÚDO DE INFLAMABILIDADE	IMAGEM
<i>Aspargo densiflorus</i>	Erva perene, ligeiramente lenhosa. Ramificada e com hábito arqueado, semelhante a uma samambaia. Suas folhas são alternadas e escamosas.	Herbácea.	Baixo – devido às características (planta herbácea) e configuração foliar – folhas pequenas e densas, que são mais difíceis de inflamar.	
<i>Pala Tradescantia</i>	Folhas carnudas, lanceoladas, com superfície adaxial roxo-escuro e textura agradável ao toque.	Suculenta.	Baixa – devido às suas características (espécie suculenta) e configuração foliar – apresentam folhas mais grossas e difíceis de queimar.	
<i>Pelargonium peltatum</i>	É uma planta herbácea, nativa da África, perene, suculenta, de ramos articulados, com até 1,5 metro de comprimento e muito ornamental.	Herbácea.	Baixo – devido às características (planta herbácea) e configuração foliar – folhas grandes e densas, que são mais difíceis de inflamar.	
<i>Repensar Callisia</i>	Espécie de pequeno porte, atingindo de 5 a 25 cm de altura. Possui folhagem densa e muito ornamental, formada por caule ramificado.	Herbácea.	Baixo – devido às características (planta herbácea) de configuração foliar – folhas densas, que são mais difíceis de inflamar.	
<i>Rumohra adiantiforme</i>	Folhas com diferentes formatos e tamanhos, dependendo do ambiente em que são encontradas.	Alpinista.	Baixas – devido às características de configuração das folhas – apresentam folhas mais grossas e de mais difícil ignição.	

Fonte: Autora (2024)

Já a seleção de espécies para telhados vegetados (Quadro 12) considerou, além dos critérios mencionados, características como alta longevidade e autossustentabilidade. Ressalta-se que o desempenho dessas plantas pode variar de acordo com a espécie e as condições climáticas regionais, apresentando resultados contraditórios em diferentes contextos (Simmons, 2015).

A lista final contempla tanto espécies nativas – de pequeno a grande porte – quanto algumas exóticas, como plantas originárias da África que apresentam baixa inflamabilidade, conforme os conceitos apresentados por Zhen (2024), conforme apontado no Quadro 12.

Quadro 12 – Recomendações de plantas para telhados vegetados em Minas Gerais a partir do seu teor de inflamabilidade.

NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	TIPO	CONTEÚDO DE INFLAMABILIDADE	IMAGEM
Aracá	<i>Psidium cattleianum</i>	Arbusto	Baixo	
Agapanto	<i>Agapanthus</i> sp.	Herbácea	Baixo	
Laranjeira	<i>Citrus</i> sp.	Arbusto	Médio	
Moreia Branca (<i>Dietes iridioides</i>)	<i>Dietes iridioides</i>	Herbácea	Baixo	
Lança de São Jorge	<i>Sansevieria cylindrica</i>	Herbácea	Baixo	

(Continua)

(Continuação)

NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	TIPO	CONTEÚDO DE INFLAMABILIDADE	IMAGEM
Espada de São Jorge	Sansevieria trifasciata	Arbusto	Baixo	
Cacto (Arrojadoa)	(Arrojadoa) Arrojadoa bahiensis	Suculenta	Baixo	
Cipó de cumaná	Euphorbia phosphorea	Suculenta	Baixo	
Facheiro-preo	Facheiroa ulei	Suculenta	Baixo	

Fonte: Autora, 2024.

Ainda que diversos catálogos de paisagismo e fornecedores classifiquem algumas espécies como ignífugas, essas classificações podem ser enganosas. De acordo com Valachovic et al. (2013), não existe planta totalmente ignífuga, pois todas as espécies vegetais têm potencial de combustão, dependendo das condições ambientais e do manejo a que são submetidas. Fatores como disponibilidade de água, tipo de solo e incidência solar influenciam diretamente a morfologia das plantas e seu comportamento em relação ao fogo. Uma espécie pode ter baixa propensão à ignição quando bem irrigada, mas, em situações de seca ou quando negligenciada, pode acumular material vegetal morto e tornar-se altamente inflamável.

Dessa forma, o conceito de fachadas e coberturas vegetadas resistentes ao fogo não deve se restringir apenas à seleção de espécies classificadas como “seguras”. É imprescindível considerar um planejamento do sistema como um todo, incluindo o espaçamento adequado entre as plantas, a utilização de materiais construtivos não combustíveis e, sobretudo, a manutenção contínua da vegetação.

Espécies com alto teor de óleos voláteis, tendência ao acúmulo de material seco ou comportamento invasivo devem ser evitadas, especialmente em áreas residenciais ou em fachadas e coberturas vegetadas localizadas em regiões propensas a incêndios. Nesses contextos, a manutenção regular — que envolve podas periódicas, irrigação adequada e remoção de resíduos vegetais — torna-se ainda mais determinante para a segurança contra incêndios do que a simples escolha das espécies vegetais.

A eficácia dos sistemas vegetados, portanto, está diretamente relacionada à interação entre as plantas, o substrato, os materiais estruturais e os demais elementos da edificação. Dessa forma, torna-se fundamental o desenvolvimento de pesquisas de longo prazo, voltadas à avaliação da resistência de fachadas e coberturas vegetadas em condições extremas, bem como à análise de seus impactos ambientais em caso de incêndios.

4.1. Segurança contra incêndio em edifícios dotados de fachadas e coberturas vegetadas: proposta de aprimoramento

O manejo da vegetação em áreas residenciais, especialmente em regiões propensas a incêndios florestais ou à ocorrência de faíscas, tem ganhado relevância no campo da segurança contra incêndio. Segundo o Fire Safe Marin (2021), práticas inadequadas de plantio e manutenção de espécies vegetais podem contribuir para o aumento do risco de ignição e para a propagação do fogo em edificações. Diante desse cenário, diversos países - como os Estados Unidos, o Reino Unido e Singapura – vêm consolidando normas e diretrizes voltadas à segurança contra incêndios em coberturas e fachadas vegetadas, orientando o seu planejamento e execução com base em critérios que associam sustentabilidade e proteção contra incêndios.

Essas recomendações estão formalizadas em normas técnicas e legislações internacionais, como o *Green Roof Code of Best Practice* (GRO Code, 2021), do Reino

Unido a norma ANSI/SPRI VF-1 (2010) e os documentos da *National Fire Protection Association* (NFPA) dos Estados Unidos, que apresentam parâmetros de segurança aplicáveis à vegetação incorporada à envoltória e cobertura de edificações. Diante da crescente adoção de soluções de projeto baseadas em sustentabilidade aplicadas ao contexto brasileiro, como telhados e fachadas vegetadas, torna-se pertinente considerar a adaptação e incorporação desses parâmetros as Instruções Técnicas nº 06, 07 e 38 elaboradas pelo Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG), conforme sugerido nos Apêndices A, B e C desta dissertação.

A norma *ANSI/SPRI VF-1* (2010), por exemplo, fornece diretrizes para a avaliação da resistência ao fogo em coberturas vegetadas, destacando a importância da composição do substrato. Segundo a norma, sistemas com espécies como gramíneas ou suculentas devem conter, no mínimo, 80% de matéria inorgânica, reduzindo a inflamabilidade do meio de cultivo. Além disso, a norma recomenda a presença de áreas técnicas não vegetadas com 1,80 m de largura, a compartimentação de coberturas com mais de 1.450 m², bem como limitações de altura, com o objetivo de restringir a propagação horizontal e vertical do incêndio. Tais medidas são diretamente aplicáveis ao contexto brasileiro e podem subsidiar a elaboração de critérios técnicos pelo CBMMG.

Os documentos da *NFPA*, por mais que não tratem diretamente de fachadas ou coberturas vegetadas, reforçam a necessidade do uso de materiais com classificação adequada de resistência ao fogo e da manutenção periódica das áreas verdes. A instalação de *sprinklers* em locais com vegetação, levando em conta a altura das espécies e o potencial de propagação do incêndio, é outra medida relevante que pode ser incorporada à prática normativa do CBMMG.

No Reino Unido, o *Green Roof Code of Best Practice* (2021) apresenta recomendações para a segurança contra incêndio em coberturas vegetadas, como o uso de substratos com até 20% de matéria orgânica, espessura mínima de 30 mm, e implantação de barreiras corta-fogo em bordas, áreas técnicas e claraboias. A instalação de sistemas de irrigação em coberturas intensivas também é incentivada, visando evitar o ressecamento da vegetação. Apesar do foco em coberturas, as orientações podem ser adaptadas às fachadas vegetadas, dada a semelhança dos riscos associados à continuidade da vegetação e à sua inflamabilidade.

Em Singapura, o *Fire Code* também aponta instruções que podem orientar a regulamentação mineira. Entre elas, destacam-se a irrigação eficiente e o controle de resíduos vegetais inflamáveis, como folhas secas, tanto em fachadas quanto em coberturas. Tais medidas preventivas alinham-se com o princípio de proteção ativa e passiva contra incêndio.

Tais princípios podem ser adaptados para coberturas vegetadas, por meio do controle no espaçamento entre espécies, da instalação de muretas corta-fogo e da escolha de plantas com baixo potencial inflamável e alta umidade foliar. A inclusão de elementos incombustíveis, como pedras e caminhos de tijolos, contribui para o repartimento da vegetação, funcionando como barreiras à propagação do fogo. Além disso, destaca-se a importância da manutenção periódica desses sistemas, incluindo poda regular, remoção de material vegetal seco e limpeza de calhas, como parte fundamental das estratégias preventivas.

Com base nas diretrizes internacionais analisadas e nas falhas normativas identificada no contexto brasileiro, propõe-se, no âmbito do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG), a atualização das Instruções Técnicas vigentes, com o intuito de regulamentar a aplicação de fachadas e coberturas vegetadas sob a ótica da segurança contra incêndio. Recomenda-se a inclusão de um novo capítulo na Instrução Técnica nº 38, que trata da escolha de materiais de acabamento e revestimento, com foco na redução da propagação do fogo e da formação de fumaça. Este novo capítulo deve estabelecer critérios para sistemas vegetados, contemplando: a seleção de materiais incombustíveis para substratos, barreiras e elementos construtivos; a especificação de espécies vegetais de baixo risco inflamável; a obrigatoriedade de sistemas de irrigação eficientes; e a definição de parâmetros de manutenção periódica.

Sugere-se, ainda, a inserção um capítulo dedicado às fachadas vegetadas na Instrução Técnica nº 07, que trata da compartimentação horizontal e vertical das edificações. A proposta visa regulamentar o uso de vegetação em fachadas de múltiplos pavimentos, considerando a necessidade de contenção da propagação vertical do incêndio e a manutenção da estanqueidade dos compartimentos em situações de incêndio.

Por fim, recomenda-se também a inclusão de um capítulo voltado às coberturas vegetadas na Instrução Técnica nº 06 – Segurança Estrutural das Edificações, com o

objetivo de normatizar os aspectos estruturais associados a esses sistemas. Este capítulo deve abranger aspectos interação das coberturas vegetadas com os sistemas de combate a incêndio, tendo como base as análises desenvolvidas nesta pesquisa (vide Apêndice C).

4.2. Considerações finais

O estado de Minas Gerais apresenta grande diversidade climática e ambiental, o que exige uma seleção cuidadosa de espécies vegetais para fachadas e coberturas vegetadas, priorizando aquelas com baixa inflamabilidade, fácil aquisição e custo-benefício adequado ao contexto local. A pesquisa realizada em floriculturas da Região Metropolitana de Belo Horizonte identificou plantas que atendem às condições climáticas variadas do estado, considerando também critérios de segurança contra incêndios. Além disso, destaca-se que não existe planta totalmente ignífuga, e o risco de incêndio pode variar conforme as condições de manejo, irrigação e manutenção da vegetação, reforçando a importância de um planejamento integrado que contemple espaçamento adequado, materiais não combustíveis assim como a manutenção constante.

Para aprimorar a segurança contra incêndios em edificações com fachadas e coberturas vegetadas, é recomendada a adaptação de normas internacionais, como as do *NFPA* (Estados Unidos), do *Green Roof Code* (Reino Unido) e do *Fire Code* de Singapura, às instruções técnicas do Corpo de Bombeiros de Minas Gerais. Essas normas indicam práticas como o uso de substratos com alto conteúdo inorgânico, implantação de barreiras corta-fogo, irrigação eficiente, manutenção regular e instalação de sistemas de combate, como sprinklers, para reduzir o risco de ignição e propagação do incêndio. Assim, a incorporação desses parâmetros técnicos favorece a segurança e sustentabilidade das edificações dotadas de fachadas e coberturas vegetadas no contexto mineiro.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E ESTUDOS FUTUROS

Esta dissertação teve como objetivo principal investigar os riscos de incêndio associados às fachadas e coberturas vegetadas, considerando a escolha das espécies vegetais, suas características físicas e químicas e seu comportamento em relação ao incêndio. Para isso, foram definidos objetivos que nortearam a pesquisa: identificar e analisar os sistemas vegetados utilizados em fachadas e coberturas; avaliar os principais fatores de risco relacionados à inflamabilidade das espécies; examinar casos reais de incêndio em edificações sustentáveis; estabelecer critérios para a seleção de vegetações menos inflamáveis adequadas ao clima de Minas Gerais; e, por fim, propor recomendações para o aprimoramento das Instruções Técnicas do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG).

Os resultados alcançados demonstram que um edifício só pode ser considerado verdadeiramente sustentável e seguro se as questões de segurança contra incêndio forem contempladas desde as fases iniciais do projeto. As fachadas e coberturas vegetadas, apesar de sua relevante contribuição para o conforto térmico, a eficiência energética e a sustentabilidade dos edifícios, bem como para a integração com a natureza, apresentam potenciais riscos de incêndio que não podem ser negligenciados. Tais riscos estão relacionados à inflamabilidade das espécies vegetais, à manutenção inadequada e à ausência de instruções e normas técnicas, especialmente no Brasil.

A análise das legislações vigentes no Brasil, com ênfase no estado de Minas Gerais, revelou uma lacuna normativa e legislativa quanto à regulamentação para o projeto, a instalação e a manutenção de fachadas e coberturas vegetadas no contexto da segurança contra incêndio no estado. Ao comparar esse cenário com códigos internacionais, como o *Green Roof Code* (2021) e a norma *ANSI/FM 4477* (2010), ficou evidente a necessidade urgente de revisão e atualização das normativas brasileiras. Nesse sentido, a proposição de recomendações técnicas para o Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais, articuladas às IT-06, IT-07 e IT-38, representa uma contribuição prática deste trabalho, com potencial de impacto positivo sobre a segurança das edificações no estado, contribuindo tanto para o ambiente acadêmico quanto para a sociedade civil do estado.

Constatou-se também que, apesar de a literatura científica na área da arquitetura frequentemente valorizar os benefícios ambientais e energéticos das fachadas e coberturas vegetadas, poucos estudos aprofundam as implicações desses sistemas no contexto da segurança contra incêndio. A escassez de dados sobre o comportamento do fogo em vegetações, bem como a ausência de critérios claros para sua escolha e manutenção, evidencia uma falta na literatura que, por meio desta dissertação, pode ser parcialmente preenchida. Ainda assim, são necessários mais estudos aprofundados sobre o tema para aprimorar os documentos técnicos disponíveis nos meios acadêmico e civil no Brasil, como por exemplo medir a inflamabilidade e poder calorífico das espécies brasileiras a serem usadas nas paredes e coberturas vegetadas.

Diante disso, esta pesquisa avança ao propor critérios técnicos e práticos para a seleção de espécies vegetais com menor potencial de propagação do incêndio, bem como diretrizes para o layout de sistemas de coberturas vegetadas adequadas às condições climáticas de Minas Gerais. Ao fazer isso, o trabalho contribui com o aprofundamento teórico sobre o tema, disponibilizando instruções concretas que podem fomentar o aprimoramento de normativas e até mesmo de políticas públicas em Minas Gerais e no Brasil.

Assim, este estudo reafirma a importância de integrar a sustentabilidade e a segurança contra incêndio na arquitetura contemporânea, como amplamente discutido ao longo do trabalho. A adoção de sistemas vegetados em edificações deve ser acompanhada de uma abordagem criteriosa e multidisciplinar. Assim, será possível consolidar práticas arquitetônicas que assegurem a proteção das edificações e a segurança de seus ocupantes. Fica evidente, portanto, que um edifício só pode ser considerado verdadeiramente sustentável e seguro se o risco de incêndio for contemplado desde as fases iniciais do projeto. Sendo crucial a implementação de medidas de proteção em todas as dimensões da estrutura, incluindo fachadas e coberturas, especialmente quando vegetadas. Essas superfícies devem ser projetadas e executadas de modo a oferecer resistência adequada à ignição e à propagação do incêndio, além de prever um plano consistente de manutenção.

5.1. Estudos futuros

Sugiro estudos futuros que ampliem a base técnica e normativa, com foco na segurança contra incêndio aplicada a sistemas vegetados (fachadas e coberturas) em diferentes contextos climáticos e construtivos.

- Realizar simulações computacionais da propagação de incêndio em fachadas e coberturas vegetadas, usando o FDS (Fire Dynamics Simulator) do NIST (National Institute of Technology), para avaliar o comportamento do fogo sob diferentes condições climáticas, de densidade vegetal, umidade e manutenção;
- Estudar e comparar regulamentações internacionais sobre segurança contra incêndio em sistemas vegetados, com o objetivo de elaborar uma norma técnica nacional adaptada aos diversos climas brasileiros;
- Desenvolver diretrizes de manutenção preventiva das vegetações, com foco na mitigação de riscos de incêndio, incluindo práticas como poda regular, controle de umidade, remoção de material seco e inspeções periódicas;
- Propor sistemas de certificação ou selos de segurança voltados para edificações com sistemas vegetados no Brasil.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAMS, J.; STOLLARD, P. **Fire from first principles: a design guide to building fire safety**. 3 ed. London: Routledge, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.4324/9780203478202>. Acesso em: 14 jul. 2025.
- ALEKSEJEVA, J.; VOULGARIS, G.; GASPARATOS, A. Systematic review of the climatic and non-climatic benefits of green roofs in urban areas. **Urban Climate**, v. 58, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.102133>. Acesso em: 14 jul. 2025.
- AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI); SIGNATORY OF THE SINGLE-PLY ROOFING INDUSTRY (SPRI). **ANSI/SPRI VF-1: Fire safety guidelines for green roofs**. Waltham, MA: ANSI; SPRI, 2023.
- AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI); SIGNATORY OF THE SINGLE-PLY ROOFING INDUSTRY (SPRI). **ANSI/SPRI VF-1: Standard for the evaluation of the uplift resistance of low-slope roofing systems**. Waltham, MA: ANSI; SPRI, 2010.
- ARQBH. Restaurante Setorial 2. **ARQBH**, 2024. Disponível em: <https://www.arqbh.com.br/2024/11/restaurante-setorial-2.html>. Acesso em: 10 maio 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.575: Edificações habitacionais – Desempenho**. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
- BESIR, A. B.; CUCE, E. Green roofs and facades: a comprehensive review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, n. 1, p. 915-939, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.106>. Acesso em: 14 jul. 2025.
- BEVILACQUA, P.; MAZZEO, D.; BRUNO, R.; ARCURI, N. Surface temperature analysis of an extensive green roof for the mitigation of urban heat island in southern Mediterranean climate. **Energy and Building**, v. 150, p. 318-327, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.05.081>. Acesso em: 14 jul. 2025.
- BIELAWSKI, J.; PAPIS, B.; KRAJEWSKI, G.; WĘGRZYŃSKI, W. An exploratory investigation into moisture content and wind impact on the fire behaviour of modular living walls. **Fire Safety Journal**, v. 142, p. 104024, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2023.104024>. Acesso em: 14 jul. 2025.
- 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. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2009.12.014>. Acesso em: 14 jul. 2025.
- BELO HORIZONTE. **Lei nº 11.181, de 8 de agosto de 2019**. Aprova o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte e dá outras providências. Diário Oficial do Município de Belo Horizonte, Belo Horizonte, 9 ago. 2019. Disponível em: <https://www.cmbh.mg.gov.br/atividade-legislativa/pesquisar-legislacao/lei/11181/2019>. Acesso em: 14 jul. 2025.

BLANC, P. Vertical garden: a scientific and artistic approach. **Southeast Asia Building**, p. 62-64, 2016. Disponível em: <http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/documents>. Acesso em: 12 dez. 2024.

BLUMENAU. **Lei Complementar nº 1174, de 13 de dezembro de 2018**. Acrescenta Seção XXI com artigos 63-a, 63-b, 63-c, 63-d e 63-e ao Capítulo VI da Lei Complementar nº 1.030, de 18 de dezembro de 2015, para regular a utilização de "telhado verde" nas edificações. Diário Oficial do Município de Blumenau, Blumenau, 2018. Disponível em: <http://leismunicipa.is/evuki>. Acesso em: 14 jul. 2025.

BRAHAM, W.; HALE, A.; SADAR, J.; YEANG, K. A theory of ecological design. In: BRAHAM, W.; HALE, A.; SADAR, J. (Ed.). **Rethinking technology**. 1. ed. London: Routledge, 2006. p. 7.

BRASIL. **Lei nº 13.425, de 30 de março de 2017**. Dispõe sobre as diretrizes gerais e as ações complementares de prevenção e combate a incêndios. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2017.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MINAS GERAIS (CBMMG). **Instrução Técnica nº 06** – Segurança estrutural das edificações. Belo Horizonte: CBMMG, 2023. Disponível em: <https://www.bombeiros.mg.gov.br>. Acesso em: 14 jun. 2025.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MINAS GERAIS (CBMMG). **Instrução Técnica nº 07** – Compartimentação horizontal e compartimentação vertical. Belo Horizonte: CBMMG, 2023. Disponível em: <https://www.bombeiros.mg.gov.br>. Acesso em: 14 jun. 2025.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MINAS GERAIS (CBMMG). **Instrução Técnica nº 38** – Controle de materiais de acabamento e de revestimento (CMAR). Belo Horizonte: CBMMG, 2023. Disponível em: <https://www.bombeiros.mg.gov.br>. Acesso em: 14 jun. 2025.

CURITIBA. **Lei nº 14.771, de 27 de outubro de 2015**. Dispõe sobre a revisão do Plano Diretor de Curitiba de acordo com o disposto no art. 40, § 3º, do Estatuto da Cidade, para orientação e controle do desenvolvimento integrado do município. Diário Oficial do Município de Curitiba, Curitiba, 2015. Disponível em: <http://leismunicipa.is/pmhqu>. Acesso em: 14 jul. 2025.

DRYSDALE, D. **An introduction to fire dynamics**. 3 ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011.

DUNNETT, N.; KINGSBURY, N. **Planting green roofs and living walls**. Portland: Timber Press, 2008.

EMILSSON, T.; KESTIN, M.; GUSTAFSSON, T. Green roofs: an eco-friendly solution to climate change and urban heat island effect. **Journal of Environmental Management**, v. 276, p. 111303, 2021.

ENGEL, T.; WERTHER, N. Fire safety for green façades: part 1: basics, state-of-the-art research and experimental investigation of plant flammability. **Fire Technology**, v. 60, p. 2177-2230, 2024. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10694-024-01566-0>. Acesso em: 14 jul. 2025.

EUROCLASSE. **Euroclass (EN 13501-1:2007)**. Bruxelas: European Committee for Standardization, 2007.

FIRE SAFE MARIN. **Fire safety guidelines for vegetation management**. 2023. Disponível em: [inserir link]. Acesso em: 9 mai. 2025.

FM GLOBAL. **Fire safety in green roofs: guidelines for preventing fire spread**. FM Datasheet 1-35, 2023.

GERZHOVA, N.; BLANCHET, P.; DAGENAIS, C.; MÉNARD, S.; CÔTÉ, J. Flammability characteristics of green roofs. **Buildings**, v. 10, n. 7, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/buildings10070126>. Acesso em: 14 jul. 2025.

GREAT BRITAIN. **Building (Amendment) Regulations 2018 (SI 2018/1230)**. London: The Stationery Office, 2018. Disponível em: <https://www.legislation.gov.uk/ukxi/2018/1230/contents/made>. Acesso em: 14 jul. 2025.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. **GBC Brasil 2023 Report**. São Paulo: CBG Brasil, 2024. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/gbc-brasil-2023-report/>. Acesso em: 06 out. 2024.

GREEN ROOF CODE ORGANIZATION. **The GRO Green Roof Code: green roof code of best practice for the UK 2021**. Sheffield, UK, 2021. Disponível em: <https://www.greenrooforganisation.org/wp-content/uploads/2021/03/GRO-Code-2021-Anniversary-Edition.pdf>. Acesso em: 06 out. 2024.

GUARULHOS. **Lei nº 7.031, de 21 de junho de 2012**. Dispõe sobre a obrigatoriedade da instalação de cobertura vegetal (telhado verde) nas edificações públicas e privadas do município de Guarulhos. Diário Oficial do Município de Guarulhos, Guarulhos, 2012. Disponível em: <https://www.guarulhos.sp.gov.br>. Acesso em: 14 jul. 2025.

HULL, S.; PELICAN, G.; SIMMONS, M. Fire prevention strategies in green roofs and their implementation. **Building and Environment**, v. 58, p. 11-18, 2012.

HUI, S. **Technical guidelines for green roofs systems in Hong Kong**. 2011. Disponível em: www.mech.hku.hk/bse/greenroof. Acesso em: 03 jul. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

LANDSCAPE DEVELOPMENT AND LANDSCAPING RESEARCH SOCIETY E. V. (FLL). **Green roof guidelines: guidelines for the planning, construction and maintenance of green roofs**. 6 ed. Bonn: FLL, 2018. Disponível em: https://commons.bcit.ca/greenroof/files/2019/01/FLL_greenroofguidelines_2018.pdf. Acesso em: 03 jul. 2024.

LECA. **Coberturas verdes:** Argila expandida Leca®. Disponível em: <https://www.leca.pt/solucoes/edificios/coberturas/coberturas-verdes>. Acesso em: 12 jun. 2025.

LIRA, V. N. S. A. **A problemática das fachadas na segurança contra incêndio em edifícios:** uma análise após o incêndio da Torre Grenfell. 2023. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2023.

MANSO, M.; CASTRO-GOMES, J. Green wall systems: a review of their characteristics. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 41, p. 863-871, 2015.

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa. **Projeto de Lei nº 3.087, de 30 de junho de 2015.** Dispõe sobre a obrigatoriedade de implantação de cobertura vegetal em novas edificações públicas e privadas no Estado. Assembleia Legislativa de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <https://www.almg.gov.br>. Acesso em: 14 jul. 2025.

METRÓPOLES. Jardim vertical pega fogo ao lado do Minhocão, em São Paulo. 24/08/2023. Disponível em: https://www.metropoles.com/sao-paulo/jardim-vertical-pega-fogo-ao-lado-do-minhocao-em-sao-paulo#google_vignette. Acesso em: 14 jul. 2025.

MILLER, A. **Home landscaping for wildfire prevention.** Denver: FireWise Publishing, 2022.

NAKAMURA, P.; YUBA, A. N.; ROCHA, B. C. V. Desenvolvimento de checklist para projeto de cobertura verde: análise da legislação e normas. **Revista Brasileira de Engenharia e Arquitetura**, v. 24, n. 2, p. 87-100, 2023. Disponível em: 10.21723/rbea.v24n2.a2127. Acesso em: 14 jul. 2025.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (NFPA). **NFPA 70:** National Electrical Code (NEC). Quincy, MA, 2020.

NI, Z.; ZHAO, D.; TAM, L. H.; LAU, D.; CHOW, C. L. Fire safety performance of functional vegetated green building systems: A comprehensive review. **Journal of Building Engineering**, v. 98, p. 111200, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.111200>. Acesso em: 14 jul. 2024.

OLIVEIRA, S. V. W. B. DE; LEONETI, A. B.; CEZARINO, L. O. **Sustentabilidade:** princípios e estratégias. Barueri: Manole, 2019.

RAMOS, R. M. S. **Sustentabilidade na construção civil coberturas “verdes”:** estratégias de prevenção e segurança contra incêndios. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Portugal, 2021.

RAPOSO, F. M. F. **Manual de boas práticas de coberturas verdes:** análises de casos de estudo. 2013. Dissertação (Mestrado em Construção e Reabilitação) – Instituto Técnico Lisboa, Lisboa, Portugal 2013. Disponível em: https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395146020357/Dissertacao_CobVerdes_FRaposo_R01.pdf. Acesso em: 14 jul. 2025.

RECIFE. **Lei Municipal nº 18.112, de 4 de dezembro de 2015**. Institui o IPTU Verde e estabelece incentivos fiscais para empreendimentos sustentáveis no município do Recife. Diário Oficial do Recife, Recife, 2015. Disponível em: <https://www.recife.pe.gov.br>. Acesso em: 14 jul. 2025.

REVISTA ECOLÓGICO. Orizonti, o novo hospital geral de Belo Horizonte. **Revista Ecológico**, v. 134, 4 jun. 2021. Disponível em: <http://revistaecologico.com.br/revista/edicoes-anteriores/edicao-134/orizonti-o-novo-hospital-geral-de-belo-horizonte/>. Acesso em: 14 jul. 2025.

SÃO PAULO. **Decreto nº 55.994, de 15 de junho de 2015**. Regulamenta o uso de telhados verdes como parte do Termo de Compensação Ambiental previsto no artigo 9º-A da Lei nº 15.967/2013. Diário Oficial da Cidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br>. Acesso em: 14 jul. 2025.

SHARP, R.; SABLE, J.; BERTRAM, F.; MOHAN, E.; PECK, S. Introduction to Green Walls: technology, benefits & design. Green Roofs for Healthy Cities, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/290428328_AN_INTRODUCTION_TO_GREEN_WALLS_GREEN_FACADES. Acesso em: 05 jul. 2024.

TAYLOR, J. **Building community resilience through fire-smart landscaping**. 2. ed. Sydney: Fire Prevention Journal, 2021.

THE GUARDIAN. Dangerous building works turned Grenfell Tower into a deathtrap – inquiry. Londres, 05 jun. 2018. Disponível em: <https://www.theguardian.com/uk-news/2018/jun/05/dangerous-building-works-turned-grenfell-tower-deathtrap-inquiry>.

VALACHOVIC, Y.; QUINN-DAVIDSON, L.; LEE, C.; GOLDSWORTHY, E.; CANNON, P. Novel approaches to SOD management in California wildlands: a case study of “eradication” and collaboration in Redwood Valley. In: FRANKEL, S. J.; KLIEJUNAS, J. T.; PALMIERI, K. M.; ALEXANDER, J. M. (Ed.). **Proceedings of the Sudden Oak Death Fifth Science Symposium**. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 2013. p. 99-107.

WHITE, R. H.; ZIPPERER, W. C. Testing and classification of individual plants for fire behaviour: plant selection for the wildland–urban interface. **International Journal of Wildland Fire**, v. 19, n. 2, p. 213–222, 2010.

WILSON, B. The role of green roofs in urban heat mitigation: a case study in California. **Sustainability**, v. 11, n. 8, p. 2333, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/8/2333>. Acesso em: 14 jul. 2025.

WONG, N. H. et al. Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls. **Building and Environment**, Singapura, v. 45, n. 3, p. 663-672, 2010.

ZHEN, L. Green roofs and fire safety: a study on the impact of vegetation types on fire risk. **Environmental Science and Technology**, v. 58, n. 10, p. 2339-2348, 2024.

ZINCO BRASIL. Ficha técnica do projeto: Instituto Orizonti. [S.l.]: ZinCo Brasil, 2023. Disponível em: https://zincobrasil.com.br/wp-content/uploads/2023/10/ficha_tecnica_instituto_orizonti.pdf. Acesso em: 14 jul. 2025.

APÊNDICE A – SUGESTÃO DE ADEQUAÇÃO DA INSTRUÇÃO TÉCNICA Nº 38 DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MINAS GERAIS (CBMMG)

CONTROLE DE MATERIAIS DE ACABAMENTO E DE REVESTIMENTO (CMAR)

Objetivo:

Propor a atualização da Instrução Técnica nº 38 do CBMMG, que trata do controle de materiais de acabamento e revestimento (CMAR), visando incluir instruções voltadas para sistemas de fachadas vegetadas. O objetivo é regulamentar medidas de segurança contra incêndio aplicadas a esses sistemas, contemplando tanto estratégias de proteção passiva quanto ativa. A proposta está em consonância com os princípios do Regulamento de Segurança Contra Incêndio e Pânico do Estado de Minas Gerais, e visa garantir que as fachadas vegetadas não contribuam para a propagação de incêndio e fumaça em situações de emergência.

1. Aplicação:

A atualização aplica-se a edificações localizadas no Estado de Minas Gerais que utilizem fachadas vegetadas, abrangendo tanto sistemas de fachadas verdes quanto paredes vivas.

2. Referências:

A elaboração e aplicação das novas diretrizes devem considerar as seguintes normas e documentos técnicos:



1. [...]
2. Instrução Técnica nº 38 – CBMMG
3. *Green Roof Code of Best Practice* (GRO Code, 2021) – Reino Unido
4. ANSI/SPRI VF-1 (2010) – Estados Unidos
5. NFPA Fire Code (2020) – Estados Unidos
6. Singapore Fire Code – Singapore Civil Defence Force (SCDF)

3. Medidas Preventivas Recomendadas:

Com o objetivo de minimizar os riscos de incêndio em fachadas vegetadas, recomenda-se a adoção das seguintes medidas preventivas:


- Priorizar o uso de substratos minerais ou materiais incombustíveis, a fim de reduzir a carga de combustível nas fachadas vegetadas.
- Utilizar sistemas automáticos e inteligentes de irrigação, capazes de manter a umidade adequada da vegetação e de atuar de forma emergencial, caso haja aumento de temperatura ou presença de chamas.
- Estabelecer rotinas regulares de inspeção e limpeza, com foco na remoção de materiais combustíveis, como folhas secas, galhos e detritos acumulados, além de realizar a verificação periódica do funcionamento do sistema de irrigação.
- Optar por espécies vegetais com baixa inflamabilidade, preferencialmente aquelas com maior teor de umidade, folhas densas e maior resistência à ignição, conforme os critérios e exemplos apresentados nos Quadros 10 e 11 a seguir.
- Restringir a área de vegetação nas fachadas, especialmente em zonas críticas, como nas proximidades de janelas, saídas de emergência e *shafts*, a fim de dificultar a propagação vertical do incêndio.
- Deve ser exigido o uso de substratos compostos por pelo menos 80% de matéria inorgânica, conforme a norma ANSI/SPRI VF-1 (2010), devido à sua maior ignifugacidade e capacidade de evitar a propagação das chamas.
- Instalar sistemas automáticos de irrigação ou cortinas d'água no topo das fachadas vegetadas. Estes dispositivos devem ser ativados em caso de detecção de calor ou fumaça, funcionando como barreira física e sistema de supressão do fogo, como ilustrado nas figuras 23 e 24.

Quadro 10 – Classificação das espécies vegetais recomendadas para fachadas verdes e suas características de Inflamabilidade

ESPÉCIE	CARACTERÍSTICAS	CONTEÚDO DE INFLAMABILIDADE	IMAGEM
<i>Epipremnum pinnatum</i>	Grande, com folhas vistosas, brilhantes e grossas que mudam conforme a planta amadurece.	Baixa – devido às características (planta herbácea) e configuração foliar – folhas vistosas, mais difíceis de incendiar.	
<i>Mandevilla splendens</i>	Planta trepadeira semilenhosa e instável. Possui folhas perenes com nervuras bem marcadas e coloração verde-escura.	Médio - Configuração foliar – folhas vistosas, mais difíceis de iluminar.	





(Continua)

(Continuação)

ESPÉCIE	CARACTERÍSTICAS	CONTEÚDO DE INFLAMABILIDADE	IMAGEM
<i>Hedera helix</i>	Trepadeira perene, que mantém uma cobertura densa o ano todo. A sua folhagem densa e o baixo conteúdo de resinas a tornam uma boa escolha para fachadas verdes em termos de segurança contra incêndios.	Possui alta umidade em suas folhas, o que ajuda a reduzir o risco de ignição..	

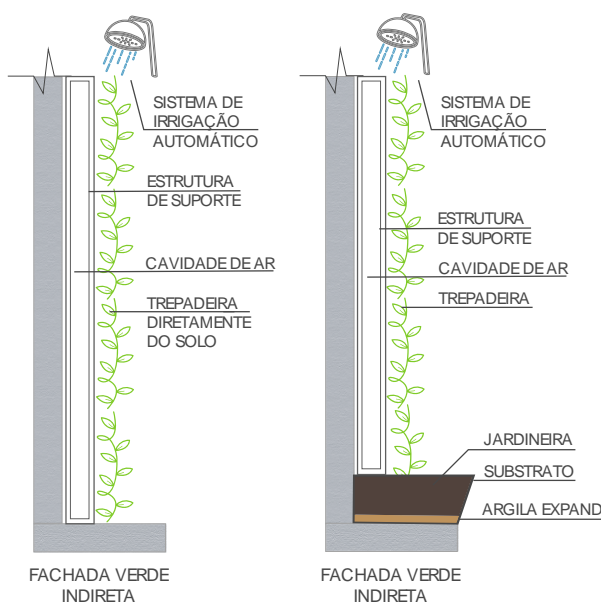
Fonte: Autora (2024)

Quadro 11 – Classificação das espécies vegetais recomendadas para paredes vivas e suas características de inflamabilidade.

ESPÉCIE	CARACTERÍSTICAS	TIPO	CONTEÚDO DE INFLAMABILIDADE	IMAGEM
<i>Aspargo densiflorus</i>	Erva perene, ligeiramente lenhosa. Ramificada e com hábito arqueado, semelhante a uma samambaia. Suas folhas são alternadas e escamosas.	Herbácea.	Baixo – devido às características (planta herbácea) e configuração foliar – folhas pequenas e densas, que são mais difíceis de inflamar.	
<i>Pala Tradescantia</i>	Folhas carnudas, lanceoladas, com superfície adaxial roxo-escura e textura agradável ao toque.	Suculenta.	Baixa – devido às suas características (espécie suculenta) e configuração foliar – apresentam folhas mais grossas e difíceis de queimar.	
<i>Pelargonium peltatum</i>	É uma planta herbácea, nativa da África, perene, suculenta, de ramos articulados, com até 1,5 metro de comprimento e muito ornamental.	Herbácea.	Baixo – devido às características (planta herbácea) e configuração foliar – folhas grandes e densas, que são mais difíceis de inflamar.	
<i>Repensar Callisia</i>	Espécie de pequeno porte, atingindo de 5 a 25 cm de altura. Possui folhagem densa e muito ornamental, formada por caule ramificado.	Herbácea.	Baixo – devido às características (planta herbácea) de configuração foliar – folhas densas, que são mais difíceis de inflamar.	
<i>Rumohra adiantiforme</i>	Folhas com diferentes formatos e tamanhos, dependendo do ambiente em que são encontradas.	Alpinista.	Baixas – devido às características de configuração das folhas – apresentam folhas mais grossas e de mais difícil ignição.	

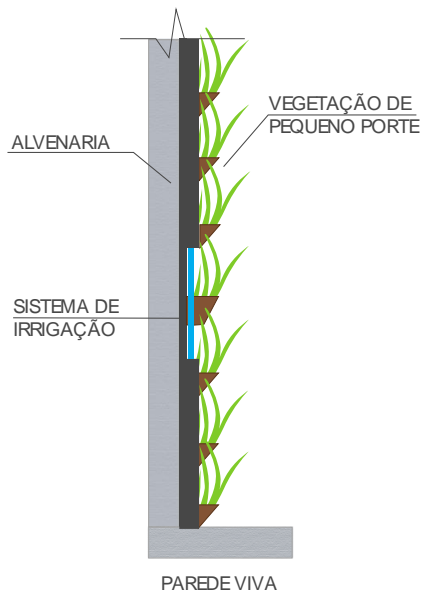
Fonte: Autora (2024)

Figura 23b – Aplicação de sistemas automáticos de supressão de incêndios em fachadas verdes.



Cortina d'água instalada ao topo do sistema de treliças ou rede de cabos, para ativação e supressão do fogo em caso de incêndio. Fonte: Autora, 2025.

Figura24b – Sistemas automáticos de supressão de incêndio e irrigação inteligente nas fachadas vegetadas.



A irrigação diária pode ser adaptada para aumentar a vazão de água em caso de incêndio. Fonte: Autora, 2025.

APÊNDICE B – SUGESTÃO DE IMPLEMENTAÇÃO DE CAPÍTULO NA INSTRUÇÃO TÉCNICA Nº 07 DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MINAS GERAIS (CBMMG)

COMPARTIMENTAÇÃO HORIZONTAL E COMPARTIMENTAÇÃO VERTICAL

Objetivo:

Atualizar a Instrução Técnica nº 07 do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG), que trata da compartimentação horizontal e vertical de edifícios, acrescentando um capítulo que tem como o objetivo de regulamentar a segurança contra incêndio em edificações com fachadas vegetadas. A proposta visa garantir que, em caso de incêndio, as fachadas vegetadas não contribuam para a propagação do fogo e da fumaça, em conformidade com o Regulamento de Segurança Contra Incêndio e Pânico do Estado de Minas Gerais.

1. Aplicação:

Esta proposta de implementação de capítulo na Instrução Técnica nº 07 se aplica a edificações com fachadas vegetadas, incluindo sistemas de fachadas verdes e paredes vivas, localizadas no Estado de Minas Gerais.

2. Referências:

Para compreensão e atualização desta Instrução Técnica, deve-se consultar as seguintes normas e suas atualizações:

1. [...]
2. Instrução Técnica nº 07 do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG)
3. Green Roof Code of Best Practice (GRO Code, 2021), do Reino Unido
4. ANSI/SPRI VF-1 (2010), Estados Unidos
5. NFPA Fire Code (2020), Estados Unidos
6. Singapore Fire Code, emitido pela Singapore Civil Defence Force (SCDF)

3. Alterações Propostas:

3.1. Proteção Passiva

Compartimentação Vertical e Horizontal:

Vertical: A vegetação deve ser interrompida entre os andares para evitar a propagação vertical do fogo. Recomenda-se o uso de barreiras físicas, como platibandas de concreto, jardineiras de alvenaria, varandas ou painéis incombustíveis, conforme ilustrado na Figura 27.

Horizontal: As fachadas vegetadas devem atender aos requisitos de resistência e reação ao fogo, utilizando camadas incombustíveis de proteção, como mantas térmicas, substratos minerais e sistemas de impermeabilização resistentes ao calor.

- As aberturas, como janelas e portas de sacada, devem ser protegidas por materiais de boa reação ao fogo, e a vegetação não pode entrar em contato direto com essas aberturas, que devem ser reforçadas para impedir a propagação das chamas.
- Os elementos de suporte da vegetação, como painéis e substratos, devem ser compostos por materiais não combustíveis para garantir a estabilidade estrutural e a integridade da fachada durante um incêndio.
- O espaçamento adequado entre as plantas deve ser projetado para minimizar a continuidade das chamas, evitando que a vegetação contribua para a propagação do incêndio.

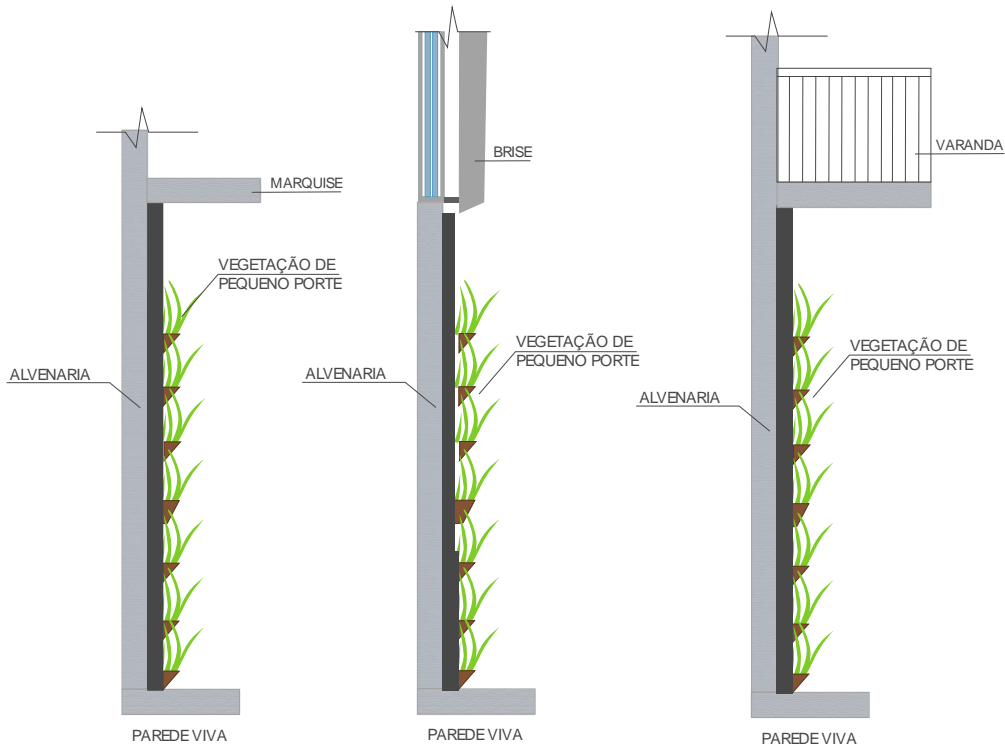
3.2. Proteção Ativa:

A Instrução Técnica nº 07 deve incluir a instalação de sistemas de irrigação eficientes em fachadas vegetadas, adaptados para funcionar como sistemas automáticos de supressão de incêndios. O sistema deve cobrir toda a área vegetal e prevenir o ressecamento da vegetação, conforme ilustrado na Figura 24.

Sistema de Supressão de Fogo:

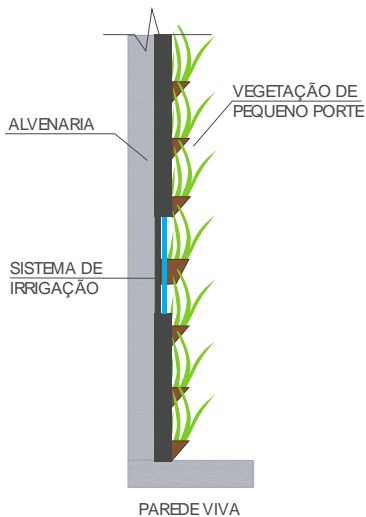
Recomenda-se a instalação de cortinas de água ou sprinklers, adaptados à altura da vegetação, para prevenir e suprimir a propagação do incêndio. A instalação de sistemas automáticos de supressão de incêndio deve ser obrigatória em edificações de grande porte ou com maior risco de propagação, conforme ilustrado na Figura 23.

Figura 27 – Exemplos de barreiras físicas aplicadas em fachadas vegetadas.



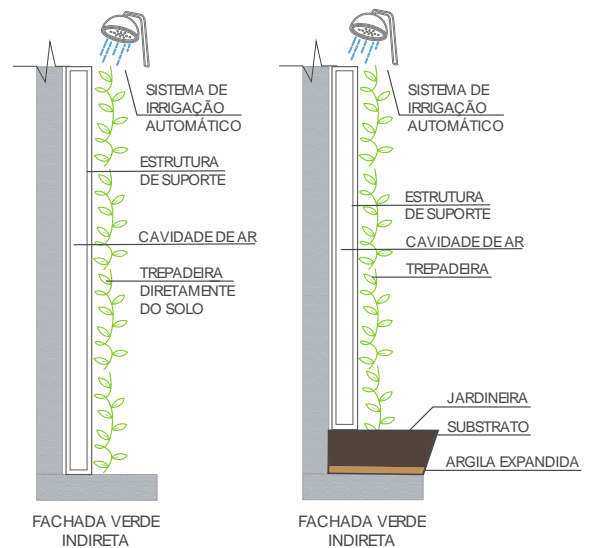
Exemplos de barreiras físicas (marquise, brises e varandas) aplicadas em fachadas vegetadas, com o objetivo de conter e prevenir a propagação do fogo entre os andares de edifícios. Essas barreiras impedem a continuidade da vegetação entre os pavimentos, reduzindo o risco de propagação vertical do incêndio. Fonte: Autora (2025)

Figura 24b – Sistemas automáticos de supressão de incêndio e irrigação inteligente aplicados em paredes vivas.



O sistema de irrigação é projetado para ajustar automaticamente a vazão de água, aumentando-a em caso de incêndio, a fim de controlar e minimizar a propagação das chamas. Fonte: Autora (2025)

Figura 23b – Aplicação de sistemas automáticos de supressão de incêndio em fachadas verdes.



Aplicação de sistemas automáticos de supressão de incêndio em fachadas verdes, com cortina d'água instalada no topo do sistema de treliças ou rede de cabos. O dispositivo é ativado automaticamente em caso de incêndio, atuando como uma barreira para controlar a propagação do fogo. Fonte: Autora (2025)

3.3. Outras orientações:

- A escolha das espécies vegetais deve ser baseada na sua baixa inflamabilidade, priorizando aquelas com alto teor de umidade, folhas grossas e baixa retenção de material seco. Espécies altamente inflamáveis, como gramíneas, coníferas e arbustos lenhosos, devem ser evitadas.
- De ver estabelecido um protocolo de manutenção periódica das fachadas vegetadas, incluindo a irrigação eficiente, remoção de detritos inflamáveis e verificação das condições das plantas e substratos.

APÊNDICE C – SUGESTÃO DE ADEQUAÇÃO DA INSTRUÇÃO TÉCNICA Nº 06 DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MINAS GERAIS (CBMMG)

SEGURANÇA ESTRUTURAL DAS EDIFICAÇÕES

1. Objetivo:

Esta proposta tem como finalidade atualizar a Instrução Técnica nº 06 do CBMMG, que trata da segurança estrutural das edificações, por meio da incorporação de um novo capítulo com diretrizes específicas voltadas às coberturas vegetadas. A proposta visa estabelecer critérios técnicos que contribuam para a mitigação dos riscos de ignição e propagação do fogo em coberturas verdes, promovendo a compatibilização entre os princípios da sustentabilidade ambiental e os requisitos de segurança contra incêndio.

2. Aplicação:

A presente proposta de inclusão de capítulo na Instrução Técnica nº 38 do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG) é aplicável a todas as edificações que possuam sistemas de cobertura vegetada no estado de Minas Gerais, independentemente da classificação da ocupação, da altura da edificação ou da área total da cobertura.

3. Referências Normativas:

1. [...];
2. IT 38 do CBMMG;
3. *ANSI/SPRI VF-1: Standard for Fire Design Standard for Vegetative Roofs (2010)*;
4. *Green Roof Code of Best Practice for the UK (GRO, 2021)*;
5. *National Fire Protection Association (NFPA)*;
6. *Fire Code – Singapore Civil Defence Force (2022)*;
7. *Fire Safe Marin Guidelines (2021)*;

4. Recomendações:

4.1. Adaptação da Instrução Técnica conforme as Recomendações Normativas Internacionais para Controle de Incêndios em Coberturas Vegetadas, conforme Quadro 13.

Quadro 13 – Adaptação da Instrução Técnica conforme as recomendações normativas internacionais para controle de incêndios em coberturas vegetadas.

NORMA/CÓDIGO	LOCALIZAÇÃO	RECOMENDAÇÕES PRINCIPAIS
Green Roof Code (2021)	Europa	Impedir propagação de fogo nos limites e aberturas do telhado; Reduzir inflamabilidade do meio de cultivo; Limitar a área de vegetação.
NFPA (2019, 2020)	Estados Unidos	Uso de materiais com classificação adequada de resistência ao fogo; Manutenção livre de detritos inflamáveis; Uso de sprinklers.
ANSI/SPRI VF-1 (2010)	Estados Unidos	Mín. 80% de matéria inorgânica no meio de cultivo; Faixas de proteção não vegetadas $\geq 1,8\text{m}$; Limitação de área (1.450m^2); Acesso para combate a incêndios.

Fonte: Autora (2025)

4.2. Espaçamento Vegetal:

- a) Manter uma distância mínima de 1,5 m entre a vegetação e quaisquer elementos arquitetônicos da edificação (ex. caixas de escada, dutos, exaustores, lanternins);
- b) Evitar fileiras contínuas de árvores ou cercas-vivas em áreas ajardinadas, priorizando espécies com estrutura aberta e crescimento lento;
- c) Adotar os seguintes espaçamentos mínimos entre copas de árvores, conforme layout da cobertura:

Quadro 14 – Espaçamentos mínimos entre copas de árvores em coberturas verdes.

DECLIVIDADE	ÁRVORES	ARBUSTOS
0% a 20%	3 metros	2 vezes a altura da planta
20% a 40%	6 metros	4 vezes a altura da planta
> 40%	9 metros	6 vezes a altura da planta

Fonte: Autora, adaptado de FireSafetyMarin (2021)

4.3. Espaçamento Vertical:

- a) Remover galhos das árvores localizadas a menos de 1,8 m do nível da cobertura vegetada;
- b) Quando houver arbustos embaixo de árvores, garantir uma distância vertical mínima de 3 vezes a altura do arbusto entre o topo do arbusto e o galho inferior da árvore.

4.4. Setorização e Barreiras de Contenção

- a) Implantar barreiras corta-fogo (muretas, faixas de brita ou cerâmica, caminhos pavimentados) com largura mínima de 1,8 metro ao redor de áreas técnicas ou acessos;
- b) Coberturas com área superior a 1.450 m² devem ser compartimentadas com setores de vegetação separados por barreiras incombustíveis;

4.5. Seleção de Espécies Vegetais:







- a) Priorizar plantas com baixo potencial inflamável e elevado teor de umidade foliar;
- b) Evitar plantas com folhas finas e secas;
- c) Considerar a densidade e o arranjo da vegetação para reduzir o risco de ignição, conforme o Quadro 12.

Quadro 12 – Recomendações de plantas para telhados vegetados em Minas Gerais a partir do seu teor de inflamabilidade.

NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	TIPO	CONTEÚDO DE INFLAMABILIDADE	IMAGEM
Aracá	<i>Psidium cattleianum</i>	Arbusto	Baixo	
Agapanto	<i>Agapanthus</i> sp.	Herbácea	Baixo	
Laranjeira	<i>Citrus</i> sp.	Arbusto	Médio	

(Continua)

(Continuação)

NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	TIPO	CONTEÚDO DE INFLAMABILIDADE	IMAGEM
Moreia Branca	<i>Dietes iridioides</i>	Herbácea	Baixo	
Lança de São Jorge	<i>Sansevieria cylindrica</i>	Herbácea	Baixo	
Espada de São Jorge	<i>Sansevieria trifasciata</i>	Arbusto	Baixo	
Cacto (Arrojadoa)	<i>Arrojadoa bahiensis</i>	Suculenta	Baixo	
Cipó de cumanã	<i>Euphorbia phosphorea</i>	Suculenta	Baixo	
Facheiro-preo	<i>Facheiroa ulei</i>	Suculenta	Baixo	

Fonte: Autora, 2024.

4.6. Manutenção:

- a) Remover vegetação morta (folhas secas, galhos, etc.);
- b) Manter umidade adequada na vegetação;
- c) Efetuar poda regular para controlar o crescimento e reduzir a carga de incêndio.

4.7. Tipologia do Sistema de Cobertura:

- a) Telhados Vegetados Extensivos: Garantir que o substrato seja adequado e que a vegetação não seja inflamável, implementando sistemas de irrigação eficientes;
- b) Telhados Vegetados Semi-Intensivos: Instalar barreiras corta-fogo e adotar controle rigoroso de densidade vegetacional e umidade;
- c) Telhados Vegetados Intensivos: Instalar barreiras contra incêndio, realizar a remoção contínua de vegetação seca e analisar as rotas de propagação do incêndio.

4.8. Mitigação do Risco de incêndio:

- a) Irrigação e Sprinklers: Projetar sistemas de irrigação e sprinklers para reduzir a propagação do incêndio;
- b) Barreiras Corta-Fogo: Instalar barreiras para impedir a propagação do incêndio entre diferentes áreas;
- c) Inspeções Regulares: Realizar inspeções periódicas para garantir a segurança contra incêndio da cobertura vegetada.

5. Disposições Finais:

Recomenda-se a atualização da Instrução Técnica nº 38 para incluir um capítulo sobre coberturas vegetadas.