



Artigo Original

e-ISSN 2177-4560

DOI: 10.19180/2177-4560.v17n12023p02-22

Submetido em: 22 out. 2021

Aceito em: 24 dez. 2022

Telhado verde em edificações convencionais: estudo comparativo em um município do Sudoeste de Minas Gerais

Green roof in conventional buildings: comparative study in a municipality in the Southwest of Minas Gerais

Toiture verte en bâtiments conventionnels: étude comparative dans une municipalité du Sudoest du Minas Gerais

Lorena Dalva Lima

Instituto Federal de Minas Gerais.

Graduação em Engenharia Civil pelo Instituto Federal de Minas Gerais Campus Piumhi, Brasil

E-mail: lorenna.dalva@gmail.com

Pedro Luiz Camargo  <https://orcid.org/0000-0003-2652-4323>

Instituto Federal de Minas Gerais.

Doutorado em Evolução Crustal e Recursos Naturais pela Universidade Federal de Ouro Preto. Professor do Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Avançado Piumhi, Brasil.

E-mail: pedroOpeixe@yahoo.com.br

Felipe Silva Alves  <https://orcid.org/0000-0003-4165-9912>

Instituto Federal de Minas Gerais.

Doutor em Engenharia Civil pela UFRJ. Professor do Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Avançado Piumhi – Brasil.

E-mail: felipe.alves@ifmg.edu.br

Resumo: Com o desenvolvimento das cidades, é possível ver a falta de área verde nos centros urbanos, por isso novas técnicas sustentáveis estão sendo aplicadas, como os telhados verdes. As coberturas sustentáveis possuem a mesma função das convencionais, porém mais do que isso, auxiliam no combate às ilhas de calor, na retenção de águas, diminuem a poluição sonora, entre outras vantagens. Neste trabalho, foram desenvolvidas planilhas que apresentam uma estimativa de custo real de implantação de cada tipo de telhado, sendo possível verificar qual deles é mais viável, listando suas vantagens e desvantagens. Devido a vários fatores, o valor de instalação do telhado verde é mais caro, porém deve-se levar em consideração as diversas vantagens que ele possui, tais como: auxílio ao combate às ilhas de calor, retenção de águas e diminuição da poluição sonora. Um dos motivos que torna o custo dessa técnica mais alto é a demanda, visto que, por ainda ser baixa, há poucas empresas especializadas no ramo, o que diminui a concorrência. Algumas cidades do Brasil já incluíram o uso dos telhados verdes nas leis municipais, porém seu uso ainda é pouco difundido. Portanto, políticas públicas e incentivos quanto à sua utilização devem ser desenvolvidos, buscando compatibilizar meio ambiente e crescimento urbano.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Construções sustentáveis. Meio ambiente. Cobertura sustentável.

Abstract: With the development of cities, it is possible to see the lack of green space in urban centers, therefore, new sustainable techniques are being applied, such as green roofs. Sustainable roofs have the same function as conventional ones, but more than that, they help fight heat islands, retain water, reduce noise pollution, among other advantages. In this work, spreadsheets were developed that present an estimate of the actual cost of implantation of each type of roof, being possible to verify which one is more viable, listing its advantages and disadvantages. Due to several factors, the installation cost of a green roof is more expensive, but the various advantages it has should be taken into account, such as: help to combat heat islands, water retention and reduction of noise pollution. One of the reasons that makes the cost of this technique higher is the demand, since, as it is still low, there are few specialized companies in the field, which reduces competition. Some cities in Brazil have already included the use of green roofs in municipal laws, but their use is still not widespread, so public policies and incentives for their use must be developed, seeking to make the environment and urban growth compatible.

Keywords: Sustainability. Sustainable buildings. Environment. Sustainable coverage.

Resumen: Avec le développement des villes, il est possible de constater le manque d'espaces verts dans les centres urbains, par conséquent, des nouvelles techniques durables sont appliquées, telles que les toits verts. Les toitures durables ont la même fonction que les toitures conventionnelles, mais plus que cela, elles permettent de lutter contre les îlots de chaleur, de retenir l'eau, de réduire les nuisances sonores, entre autres avantages. Dans ce travail, des feuilles de calcul ont été développées qui présentent une estimation du coût réel d'implantation de chaque type de toiture, permettant de vérifier laquelle est la plus viable, énumérant ses avantages et ses inconvénients. En raison de plusieurs facteurs, le coût d'installation d'une toit vert est plus élevé, mais les différents avantages qu'elle présente doivent être pris en compte, tels que: aide à lutter contre les îlots de chaleur, rétention d'eau et réduction des nuisances sonores. L'une des raisons qui rend le coût de cette technique plus élevé est la demande, car, comme elle est encore faible, il existe peu d'entreprises spécialisées dans le domaine, ce qui réduit la concurrence. Certaines villes du Brésil ont déjà inclus l'utilisation des toits verts dans les lois municipales, mais leur utilisation n'est pas encore généralisée, il faut donc développer des politiques publiques et des incitations à leur utilisation, cherchant à rendre compatibles l'environnement et la croissance urbaine.

Mots-clés: Durabilité. Bâtiments durables. Environnement. Couverture durable.

1 Introdução

A discussão sobre alternativas sustentáveis vem crescendo durante as últimas décadas; além disso, Gehard; Bergmann (2018, p. 2) afirmam que esse assunto é de grande interesse entre pesquisadores e acadêmicos. Segundo Bacha; Santos; Shaum (2010, p. 1), isso ocorre em virtude da ação predatória do homem em relação à natureza, despertando situação de emergência no planeta.

O setor construtivo é um dos que mais geram resíduos, além disso, a maioria é descartada de forma inadequada no meio ambiente. Referente à geração de rejeitos no Brasil, Cardoso (2017, p. 1) afirma que os oriundos da construção civil são responsáveis por pelo menos 50% do volume de resíduos sólidos gerados no país. Esse grande volume é explicado pelo fato de todas as atividades desenvolvidas neste setor serem geradoras de entulho.

De acordo com Besen *et al.*, (2010, p. 1), tanto a gestão como a disposição inadequada desses rejeitos causam diversos problemas socioambientais, como por exemplo: a degradação do solo, o comprometimento dos corpos d'água e mananciais, a intensificação de enchentes, o aumento da poluição do ar, entre outros.

Segundo Jesus (2018, p. 12), com a finalidade de minimizar esses impactos ambientais, surgiram diversas técnicas construtivas que buscam qualidade e economia, com uso de menos poluentes e capazes de conciliar o desenvolvimento com o meio ambiente. Existem diversos métodos sustentáveis construtivos responsáveis por compatibilizar desenvolvimento e meio ambiente, entre eles estão: as placas fotovoltaicas, os jardins verticais, a reutilização da água da chuva, as coberturas ou telhados verdes, entre outros.

O telhado pode ser definido como sendo qualquer tipo de cobertura em uma edificação, e de acordo com Costa, Souza e Siqueira (2019, p. 100), ele é, rigorosamente, apenas uma categoria de cobertura, em geral caracterizado por possuir um ou mais planos inclinados em relação à linha horizontal. Carmo (2019, p. 3) afirma que a função principal de um telhado é proteger o ambiente interno da construção contra intempéries do ambiente externo. Além de oferecer aos usuários privacidade, proteção acústica e térmica, ele também promove a captação e a distribuição das águas pluviais.

Segundo Gaspar (2021, p. 1), existem diversos tipos de coberturas, entre elas estão os telhados verdes e os convencionais, compostos por telhas cerâmicas ou telhas de fibrocimento.

De acordo com Corsini (2011, p. 1), o telhado verde, também conhecido como cobertura vegetal ou jardim suspenso, é um telhado que possui sua estrutura composta por uma cobertura vegetal formada por grama ou plantas. A instalação é feita sobre lajes ou até mesmo sobre as coberturas convencionais e consiste em camadas de impermeabilização e de drenagem que recebem o solo e a vegetação proposta no projeto, segundo o mesmo autor. A instauração desse sistema construtivo é feita geralmente sobre lajes de concreto, podendo ser realizada em superfícies planas ou inclinadas (SAVI, 2012, p. 25).

As vantagens quanto ao seu uso são ilimitadas. Moraes (2013, p. 12) afirma que os telhados verdes melhoram a qualidade do ar em torno da edificação por meio da absorção de CO₂ pelas plantas, além de proporcionar melhor conforto térmico ao ambiente interno. Visto que as coberturas verdes servem de isolante, isso se dá pela evapotranspiração da vegetação, que reduz a temperatura do ar, de acordo com o mesmo autor.

A camada de substrato que está presente nos jardins suspensos funciona como isolante acústico. Em se tratando do escoamento da água, essa técnica reduz o volume escoado para as redes de drenagem e, quando há recursos de coleta de água pluvial, os telhados verdes funcionam como filtro, o que aumenta a qualidade da água, permitindo seu uso em irrigação de hortas ou na lavagem de calçadas e veículos (MORAES, 2013, p. 12).

Além das coberturas sustentáveis, a presente pesquisa irá abordar as coberturas convencionais, em especial as compostas de telhas cerâmicas e de fibrocimento. Os telhados convencionais são os mais utilizados no setor da construção, principalmente devido ao seu custo baixo de implantação (MORAES, 2013, p. 25).

Segundo Silva; Alves (2018, p. 8), durante o processo de fabricação das telhas cerâmicas, é utilizado barro cozido, que é o responsável pelo bom comportamento térmico e acústico dos materiais. Calil Jr.; Molina (2010, p. 23) citam como desvantagem desses elementos o peso elevado, se comparado a outros modelos. Além disso, para esse tipo de telhado ser implantado de forma eficiente, é necessário que as águas sejam dispostas com maiores inclinações.

As telhas de fibrocimento são as mais utilizadas tanto em edificações comerciais quanto nas industriais (SILVA; ALVES, 2018, p. 8). De acordo com Logsdon (2002, p. 4), esses elementos possuem

dimensões maiores do que as cerâmicas, e a estrutura desse tipo de cobertura dispensa o uso de caibros e ripas.

Este trabalho veio para apresentar um projeto de uma edificação residencial e, posteriormente, realizar o comparativo de custo supondo a implantação dos três tipos de coberturas: verdes, cerâmicos e de fibrocimento.

2 Material e Método

No presente trabalho realiza-se estudo comparativo de custo entre os telhados verdes e os convencionais, em especial os cerâmicos e de fibrocimento. Para isso, foi desenvolvida uma edificação residencial em modelo 3D utilizando o *software* REVIT. A partir disso, serão avaliados os custos de implantação da cobertura da casa se esta for feita de forma convencional (telhados cerâmicos e de fibrocimento) ou de forma sustentável (telhado verde).

De acordo com Corsini (2012, p. 1), os telhados verdes podem ser instalados diretamente sobre as lajes, diferente das coberturas convencionais, para as quais é necessária uma etapa a mais no processo de desenvolvimento do telhado, a fase de madeiramento, que consiste em adicionar estruturas de madeira que possuem a finalidade de oferecer suporte às telhas. O ideal é que seja desenvolvido um projeto só para o madeiramento; porém, como não é o objetivo do presente trabalho, as seções dos elementos serão escolhidas de acordo com as mais utilizadas nos cadernos técnicos do Sistema Nacional de Índices da Construção Civil (SINAPI).

O valor da implantação das coberturas convencionais será avaliado a partir de pesquisas de custos utilizando as planilhas do SINAPI. Para o levantamento de custo de implantação dos telhados verdes, será solicitado um orçamento para empresas especializadas no assunto e, na falta de alguma informação, será utilizado o banco de dados do SINAPI.

3 Resultados e Discussões

3.1 Bonificação e Despesas Indiretas (BDI)

De acordo com Thomé (2016, p. 1), o BDI é a parte que se destina ao lucro das empresas pelo desenvolvimento das atividades. Nos casos dos orçamentos já oferecidos por empresas privadas, estas já incluem seus respectivos lucros no valor de instalação.

O cálculo do BDI varia de obra desonerada e não desonerada (SAMPAIO, 2020, p.1). Neste caso, para efeito de simplificação, será utilizada a tabela que descreve algumas faixas de referência constantes de valores de BDI do Acórdão 2.622/2013, apresentada na Figura 1.

Figura 1. Valores de BDI por tipo de obra.

VALORES DO BDI POR TIPO DE OBRA - 1º QUARTIL, MÉDIO E 3º QUARTIL			
TIPOS DE OBRA	1º Quartil	Médio	3º Quartil
CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS	20,34%	22,12%	25,00%
CONSTRUÇÃO DE RODOVIAS E FERROVIAS	19,60%	20,97%	24,23%
CONSTRUÇÃO DE REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA, COLETA DE ESGOTO E CONSTRUÇÕES CORRELATAS	20,76%	24,18%	26,44%
CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO DE ESTAÇÕES E REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	24,00%	25,84%	27,86%
OBRAS PORTUÁRIAS, MARÍTIMAS E FLUVIAIS	22,80%	27,48%	30,95%
BDI DIFERENCIADO PARA MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	11,10%	14,02%	16,80%

Fonte: <https://oorcamentista.com.br/como-calcular-o-bdi-conforme-recomendacoes-do-tcu/> Acesso em:09/09/2021

Adotando o valor médio para a estimativa, tem-se um BDI de 22,12%. Para calcular o fator de BDI que será utilizado na multiplicação, inicialmente o valor de 22,12% é dividido por 100, resultando em 0,2212.

Em seguida, soma-se esse valor a 1, sendo o fator BDI igual a 1,2212. O valor de 1,2212 indica que, no preço total de um item, 22,12% refere-se à Bonificação e Despesas Indiretas (BDI).

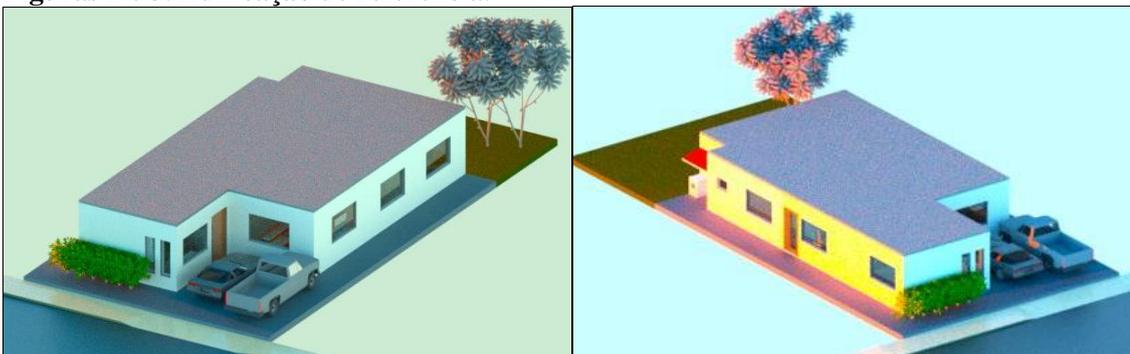
3.2 Edificação Residencial

Para realizar o presente estudo, optou-se por implantar os três tipos de telhados (verde, cerâmico e de fibrocimento) em uma mesma edificação e, conseqüentemente, avaliar o custo de implantação de cada tipo de cobertura. Diante disso, a comparação dos preços totais será baseada em uma mesma área de telhado para as três residências.

Considerações:

- Inicialmente, a residência de estudo se encontra sem o telhado, apenas com a laje;
- Foi desconsiderado o local da caixa d'água só por questão de simplificação; além disso, afetaria pouco no levantamento de custos da cobertura visto que a área em planta continua sendo considerada nos cálculos;
- Na área de lavanderia foi colocado um telhado só por representação, sem definir o tipo de material; ademais, essa área não será considerada nos cálculos de custos.
- A edificação representada na Figura 2 e Figura 3 será adotada como referência para realizar a comparação de custos entre os telhados.

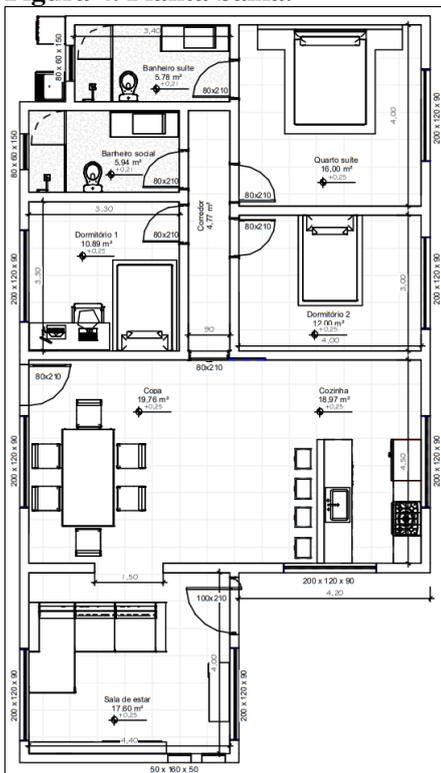
Figuras 2 e 3. Edificação de referência.



Fonte: Própria.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** representa a planta baixa da edificação que será utilizada como base para fazer a comparação:

Figura 4. Planta baixa.



Fonte: Própria.

A casa é composta por dois quartos, uma suíte, um banheiro social, sala, cozinha, lavanderia e garagem para dois carros. O terreno da edificação é de 12 x 25 m, totalizando 300 m². Foi escolhida uma residência com essas características por ser um modelo de construção muito popular na cidade de Piumhi, Centro-Oeste de Minas Gerais.

A mostra a relação das áreas da presente edificação:

Tabela 1. Valores das áreas.

Áreas (m ²)	
Terreno	300,00
Coberta	128,96
Impermeável	222,00
Permeável	78,00

Fonte: dados da pesquisa

Para realizar o comparativo, a área que será utilizada para a estimativa é a total coberta, igual a 128,96 m², na qual serão implantados os diferentes tipos de telhados.

3.3 Edificação Residencial – Telhado cerâmico

Considerações:

- Foi utilizada a telha cerâmica do tipo colonial, pois é um dos tipos mais adotados nas edificações que possuem telhado cerâmico. Esse tipo de telha possui inclinação mínima de 30%;
- De acordo com Pereira (2018, p. 1), recomenda-se a utilização de um beiral de 80 cm em edificações residenciais. Adotou-se para o presente projeto esse beiral de 80 cm de largura; porém, para quantificar o custo da cobertura, foi considerada somente a área do telhado que está sobre a laje, visto que os outros telhados (verde e embutido) não possuem beiral, padronizando a área de estudo;
- Por se tratar de um telhado sobre laje, o madeiramento será feito através de uma estrutura pontaletada¹. Esse tipo de cobertura é composto pela trama (ripas + caibros + terças) e pela estrutura pontaletada (pontaletes + berços + mãos-francesas). Para as peças de madeira foram utilizadas as dimensões descritas na Tabela 1:

Tabela 1: Dimensões das peças de madeira - telhado cerâmico.

Trama		Estrutura pontaletada	
Ripas	1,5 x 5,0 cm	Pontaletes	6,0 x 16,0 cm
Caibros	5,0 x 6,0 cm	Berços	6,0 x 12,0 cm
Terças	6,0 x 12 cm	Mão-francesa	5,0 x 6,0 cm

Fonte: dados da pesquisa

- Para o levantamento do custo da cobertura feita por telhas cerâmicas, utilizou-se a planilha do SINAPI do tipo não desonerado referente ao mês de junho de 2021 do estado de Minas Gerais, e os cadernos técnicos “Estrutura e trama para cobertura” e “Telhamento para cobertura”.

A Fonte: Própria. mostram a edificação de referência com o telhado cerâmico implantado:

Figura 5 e 6. Edificação com telhado cerâmico.



Fonte: Própria.

A Tabela 2 representa a composição e o custo total de implantação da trama:

Tabela 2: Madeiramento telhado cerâmico (trama).

Código composição	Descrição da composição	Unidade	Custo por m ² (incluso BDI)	Quantidade	Custo total trama (telhado cerâmico)
-------------------	-------------------------	---------	--	------------	--------------------------------------

¹Gonzaga (2006, p. 93) afirma que, quando o telhado é instalado sobre uma laje, o pontalete substitui a tesoura, provocando economia na quantidade de madeira. Segundo Carmo (2019, p. 29), neste caso as terças são apoiadas sobre os pontaletes, que são responsáveis por transmitir a carga diretamente para a laje.

92539	TRAMA DE MADEIRA COMPOSTA POR RIPAS, CAIBROS E TERÇAS PARA TELHADOS DE ATÉ 2 ÁGUAS PARA TELHA DE ENCAIXE DE CERÂMICA OU DE CONCRETO, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	M2	R\$ 132,66	128,96	R\$ 17.107,83
-------	---	----	------------	--------	----------------------

Fonte: Adaptada planilha SINAPI não desonerado referente ao mês de junho/2021 de Minas Gerais.

A Tabela 3 representa a composição e o custo total de implantação da estrutura pontaletada:

Tabela 3: Madeiramento telhado cerâmico (estrutura pontaletada).

Código composição	Descrição da composição	Unidade	Custo por m ² (incluso BDI)	Quantidade	Custo total estrutura pontaletada (telhado cerâmico)
100379	FABRICAÇÃO E INSTALAÇÃO DE PONTALETES DE MADEIRA NÃO APARELHADA PARA TELHADOS COM ATÉ 2 ÁGUAS E COM TELHA CERÂMICA OU DE CONCRETO EM EDIFÍCIO RESIDENCIAL TÉRREO, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	M2	R\$ 59,83	128,96	R\$ 7.715,68

Fonte: Adaptada planilha SINAPI não desonerado referente ao mês de junho/2021 de Minas Gerais.

A Tabela 4 mostra o valor total da etapa de madeiramento para a cobertura, se esta for instalada com telhas cerâmicas:

Tabela 4: Preço total madeiramento - telhado cerâmico.

Elementos	Preço
Trama	R\$ 17.107,83
Estrutura pontaletada	R\$ 7.715,68
TOTAL MADEIRAMENTO – TELHADO CERÂMICO	R\$ 24.823,51

Fonte: Próprio.

A partir da etapa de madeiramento, tem-se o telhamento. A Tabela 5 apresenta o custo total de implantação:

Tabela 5: Preço total telhamento - telhado cerâmico.

Código composição	Descrição da composição	Unidade	Custo por m ² (incluso BDI)	Quantidade	Custo total telhamento (telhado cerâmico)
94201	TELHAMENTO COM TELHA CERÂMICA CAPA-CANAL, TIPO COLONIAL, COM ATÉ 2 ÁGUAS, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	M2	R\$ 64,96	128,96	R\$ 8.377,24

Fonte: Adaptada planilha SINAPI não desonerado referente ao mês de junho/2021 de Minas Gerais.

Com os preços finais do madeiramento e do telhamento, é possível calcular o valor estimado final da cobertura se esta fosse feita com telhas cerâmicas. A Tabela 6 apresenta o resultado:

Tabela 6: Preço total estimado telhado cerâmico.

Telhado cerâmico	Preço
Madeiramento	R\$ 24.823,51
Telhamento	R\$ 8.377,24
VALOR FINAL – COBERTURA CERÂMICA	R\$ 33.200,75

Fonte: Próprio.

3.3 Edificação Residencial – Telhado embutido de fibrocimento

Considerações:

- Neste tipo de cobertura foram adotadas as telhas de 6 mm, visto que podem ser utilizadas em coberturas de edificações residenciais que possuem qualquer altura de pé direito². Para definir a inclinação dessas telhas, foi utilizado o catálogo “Telhas de fibrocimento - 2020/21”, da marca Eternit e, de acordo com o tópico Telha ondulada 6 e 8 mm (2021, p. 34), a inclinação mínima das telhas é de 9%. Para este caso foi adotada inclinação de 10%, visto que o caderno técnico “Telhamento para cobertura” considera para a estimativa de custo um valor de inclinação igual a este;
- O madeiramento do telhado de fibrocimento é similar ao telhado cerâmico, porém na trama é necessário utilizar apenas as terças³, e a estrutura pontaletada (pontaletes + berços + mãos-francesas). As dimensões adotadas dos elementos de madeira estão descritas na Tabela 7:

Tabela 7: Dimensões peças de madeira - telhado fibrocimento.

Trama		Estrutura pontaletada	
Terças	6,0 x 12 cm	Pontaletes	6,0 x 16,0 cm
-	-	Berços	6,0 x 12,0 cm
-	-	Mão francesa	5,0 x 6,0 cm

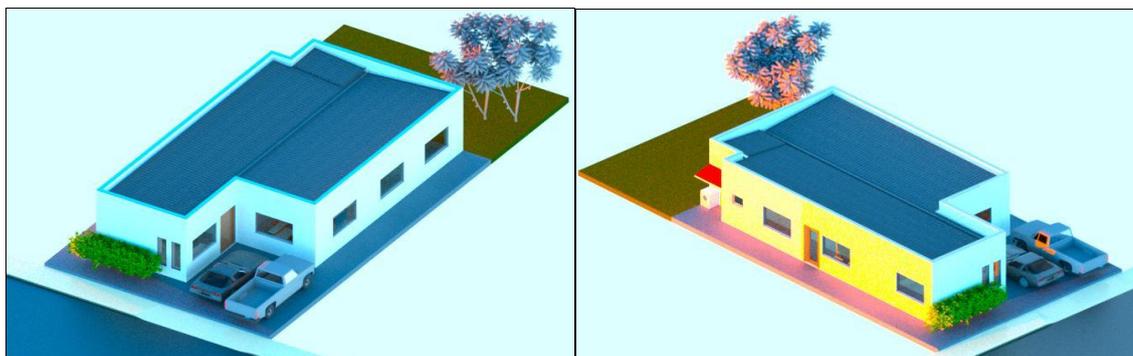
Fonte: Próprio.

- Para estimar o custo da cobertura de fibrocimento, utilizou-se a planilha do SINAPI do tipo não desonerado referente ao mês de junho de 2021 do estado de Minas Gerais, e os cadernos técnicos “Estrutura e trama para cobertura”, “Telhamento para cobertura” e “Instalações hidráulicas de águas pluviais”.

A edificação de referência com o telhado de fibrocimento é apresentada nas Figuras 7 e 8. Edificação com telhado embutido de fibrocimento.

² “Pé direito se trata da diferença de cota vertical (ou altura) entre o piso e o teto de um cômodo ou mesmo de toda uma edificação” (PEREIRA, 2018, p. 1).

³As terças são vigas de madeira apoiadas sobre as tesouras que servem para a sustentação dos caibros (VICTOR, 2020, p. 1). Ramos (2016, p. 1) afirma que elas também servem para preencher os vãos entre as tesouras.



Fonte: Própria.

A Tabela 8 apresenta o custo total de implantação da trama do telhado de fibrocimento:

Tabela 8: Cálculo custo trama - cobertura de fibrocimento.

Código composição	Descrição da composição	Unidade	Custo por m ² (incluso BDI)	Quantidade	Custo total trama (telhado de fibrocimento)
92543	TRAMA DE MADEIRA COMPOSTA POR TERÇAS PARA TELHADOS DE ATÉ 2 ÁGUAS PARA TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO, METÁLICA, PLÁSTICA OU TERMOACÚSTICA, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	M2	R\$ 41,80	128,96	R\$ 5.390,53

Fonte: Adaptada planilha SINAPI não desonerado referente ao mês de junho/2021 de Minas Gerais.

O custo total de implantação da estrutura pontaletada para a cobertura de fibrocimento está descrita na Tabela 9:

Tabela 9: Cálculo custo estrutura pontaletada - cobertura de fibrocimento.

Código composição	Descrição da composição	Unidade	Custo por m ² (incluso BDI)	Quantidade	Custo total estrutura pontaletada (telhado de fibrocimento)
100382	FABRICAÇÃO E INSTALAÇÃO DE PONTALETES DE MADEIRA NÃO APARELHADA PARA TELHADOS COM ATÉ 2 ÁGUAS E COM TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO, ALUMÍNIO OU PLÁSTICA EM EDIFÍCIO RESIDENCIAL TÉRREO, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	M2	R\$ 40,83	128,96	R\$ 5.265,44

Fonte: Adaptada planilha SINAPI não desonerado referente ao mês de junho/2021 de Minas Gerais.

A Tabela 10 apresenta o valor total de madeiramento se a cobertura da edificação de referência for feita utilizando telhas de fibrocimento:

Tabela 10: Preço total madeiramento - telhado de fibrocimento.

Elementos	Preço
-----------	-------

Trama	R\$ 5.390,53
Estrutura pontaletada	R\$ 5.265,44
TOTAL MADEIRAMENTO - TELHADO DE FIBROCIMENTO	R\$ 10.655,97

Fonte: Próprio.

O custo total de implantação do telhamento na cobertura embutida de fibrocimento está descrito na Tabela 11:

Tabela 11: Preço total telhamento - telhado de fibrocimento.

Código composição	Descrição da composição	Unidade	Custo por m ² (incluso BDI)	Quantidade	Custo total telhamento (telhado de fibrocimento)
94210	TELHAMENTO COM TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO E = 6 MM, COM RECOBRIMENTO LATERAL DE 1 1/4 DE ONDA PARA TELHADO COM INCLINAÇÃO MÁXIMA DE 10°, COM ATÉ 2 ÁGUAS, INCLUSO IÇAMENTO. AF_07/2019	M2	R\$ 51,73	128,96	R\$ 6.671,10

Fonte: Adaptada planilha SINAPI não desonerado referente ao mês de junho/2021 de Minas Gerais.

Os telhados embutidos, que inicialmente consistem de um caso o qual a água não tem para onde escoar, necessitam dos rufos⁴ e das calhas⁵, ou seja, após a estimativa do madeiramento e do telhamento, deve-se ainda calcular o preço total de calhas e rufos que serão utilizados. Além disso, a água que a calha é responsável por captar deve ser direcionada para seu destino final através dos condutores⁶.

Para determinar as dimensões da calha, é necessário todo um estudo para verificar a quantidade de água da chuva que a região da edificação irá receber.

As calhas são vendidas através da medida do corte. O site Calhas Afonsina (2020, p. 1) define o corte da calha como sendo a soma de todas as medidas, ou seja, base, alturas e dobras. Para definir o valor do corte, será utilizada a Tabela 12:

Tabela 12: Tamanho do corte de acordo com a área do telhado.

Telhados com até 80 m²	Calha de corte 33 ou maior
Telhados de 80 a 100 m²	Calha de corte 33 ou maior

⁴De acordo com o site Construct (2018, p. 1), os rufos são peças moldadas e fixadas em pontos determinados, e têm como função principal impedir a infiltração da água nas paredes e nos muros; caso isso aconteça, com o passar do tempo começam a aparecer manchas escuras na edificação, que causam mau cheiro, mofo e, em casos extremos, até o apodrecimento da alvenaria. Geralmente são feitos de material metálico e fixados com pregos, além de uma camada de argamassa na borda para garantir a vedação, segundo o mesmo site.

⁵Favaro (2017, p. 16) define as calhas como sendo condutores horizontais abertos na parte de cima utilizadas para captação das águas pluviais acumuladas nos telhados das edificações. Elas conduzem a água até o seu destino.

⁶De acordo com Pala; Mendes (2020, p. 8), os telhados que são compostos por calhas necessitam de condutores, os quais direcionam a água ao local de destino ideal, que pode ser coletor público, galeria de águas pluviais, canal, rio, entre outros. A norma da ABNT NBR 10844 (1989, p. 6) – “Instalações Prediais de Águas Pluviais”, sugere que a drenagem da água seja feita por mais de uma saída, para não haver risco de obstrução.

Fonte: Adaptada de <http://www.calhasordep.com.br/instalacao.php>. Acesso em: 26/08/2021

O telhado da edificação de referência possui 126,98 m², por isso será adotada uma calha com corte de 50, visto que o SINAPI aborda esse tipo de calha.

Considerações:

- Será adotada para o presente estudo a calha de aço galvanizado, com corte de 50 e número 24, visto que o SINAPI considera esta para efeito de cálculo;
- A calha da edificação de referência possui 16,10 metros.

A Tabela 13 apresenta a composição principal que será utilizada para estimar o custo de implantação da calha:

Tabela 13: Custo total - calha.

Código composição	Descrição da composição	Unidade	Custo por m (incluso BDI)	Quantidade	Custo total calha (telhado de fibrocimento)
94228	CALHA EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO NÚMERO 24, DESENVOLVIMENTO DE 50 CM, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	M	R\$ 135,09	16,10	R\$ 2.174,95

Fonte: Adaptada planilha SINAPI não desonerado referente ao mês de junho/2021 de Minas Gerais.

Além das calhas, nos telhados embutidos os rufos são elementos essenciais. Os rufos são vendidos de acordo com o tamanho do seu respectivo corte. O ideal, similar à calha, seria fazer um estudo mais aprofundado para dimensionar tais elementos. Porém, como não é o objetivo deste trabalho, serão adotados rufos com o mesmo número da calha utilizada.

Considerações:

- O rufo escolhido será em chapa de aço galvanizado, para o material ser similar ao da calha, facilitando na hora da compra;
- O corte adotado será de 25 cm, os rufos são número 24 (similar à calha, só por questão de simplificação);
- O comprimento total dos rufos que deverão ser fixados na alvenaria é de aproximadamente 50,20 metros. Os rufos que ficarão entre as telhas e a alvenaria totalizam um valor aproximado de 48,80 metros. Somando esses dois valores, tem-se um comprimento total de 99,00 metros.

A Tabela 14 apresenta o custo total dos rufos, que devem ser utilizados no telhado embutido:

Tabela 14: Custo total - rufo.

Código composição	Descrição da composição	Unidade	Custo por m (incluso BDI)	Quantidade	Custo total rufo (telhado de fibrocimento)
--------------------------	--------------------------------	----------------	----------------------------------	-------------------	---

94231	RUFO EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO NÚMERO 24, CORTE DE 25 CM, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	M	R\$ 76,40	99,00	R\$ 7.563,60
-------	---	---	-----------	-------	---------------------

Fonte: Adaptada planilha SINAPI não desonerado referente ao mês de junho/2021 de Minas Gerais.

Os condutores que serão analisados para o cálculo do custo de implantação da cobertura embutida serão embutidos nas paredes.

Considerações:

- Serão implantados dois condutores, que começam na parte central da calha até o chão do lado esquerdo da edificação, quando vista de frente;
- Cada um possui o comprimento total de aproximadamente 7,80 metros (distância que o tubo irá percorrer no telhado somada ao comprimento de descida nas paredes até o chão). Sendo assim, comprimento total dos condutores igual a 15,60 metros;
- Segundo Carvalho; Machado (2020, p. 1), o material mais comum utilizado para condutores é o PVC. Branco (2021, p. 1) afirma que o PVC, além de ser um material barato, é também de fácil instalação;
- De acordo com a NBR 10844 (1989, p. 7) – “Instalações Prediais de Águas Pluviais”, o diâmetro interno mínimo dos condutores verticais de seção circular é de 70 mm. Para este caso, será adotado o valor de 75 mm, visto que o SINAPI não engloba os valores de 70 mm no caderno técnico;

A Tabela 15 apresenta o custo total de implantação dos condutores:

Tabela 15: Composição principal - condutores.

Código composição	Descrição da composição	Unidade	Custo por m (incluso BDI)	Quantidade	Custo total condutor (telhado de fibrocimento)
89576	TUBO PVC, SÉRIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 75 MM, FORNECIDO E INSTALADO EM CONDUTORES VERTICAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS. AF_12/2014	M	R\$ 35,10	15,60	R\$ 547,56

Fonte: Adaptada planilha SINAPI não desonerado referente ao mês de junho/2021 de Minas Gerais.

Com o custo de implantação do madeiramento, telhamento, calha e rufos, pode-se agora ver o custo total estimado de implantação do telhado embutido de fibrocimento. A Tabela 16 apresenta o resultado:

Tabela 16: Preço total estimado telhado de fibrocimento.

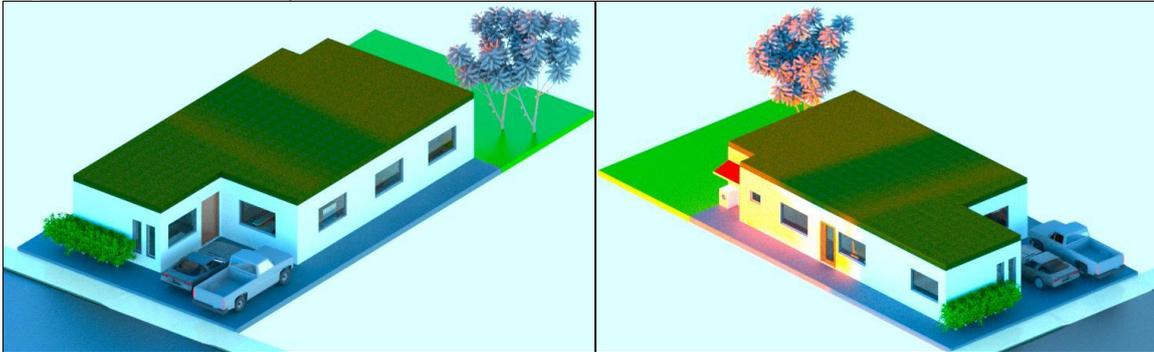
Telhado de fibrocimento	Preço
Madeiramento	R\$ 10.655,97
Telhamento	R\$ 6.671,10
Calha	R\$ 2.174,95
Rufos	R\$ 7.563,60
Condutores	R\$ 547,56
VALOR FINAL – COBERTURA DE FIBROCIMENTO	R\$ 27.613,18

Fonte: Próprio.

3.4 Edificação residencial – Telhado verde (tipo extensivo)

Para a presente edificação, adotou-se o telhado verde do tipo extensivo, dada sua maior facilidade de instalação e de manutenção. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresentam a edificação residencial com a cobertura verde:

Figuras 9 e 10. Edificação com telhado verde.



Fonte: Própria.

Considerações:

- A primeira camada que compõe o telhado verde é o local em que este será instalado, no caso a laje. Franco (2021, p. 1) afirma que a inclinação mínima dessa laje deve ser de 2% para garantir uma drenagem adequada e evitar a estagnação da água;
- Para estimar o custo de implantação da cobertura verde, foi necessário recorrer às empresas especializadas no assunto; porém, as duas empresas que responderam ao pedido de orçamento não trabalham com a etapa de impermeabilização e irrigação, e uma delas não solicitou o custo para a etapa de drenagem.
- Seria mais conveniente que a etapa de irrigação fosse incluída no projeto hidráulico, por isso não será abordada no presente trabalho. Entretanto, Polderman (2015, p. 1) afirma que essa parte é de grande importância para a vida útil do telhado verde, principalmente da vegetação, visto que é a melhor maneira de assegurar plantas saudáveis e duráveis;
- Para fazer o levantamento de custo da etapa de impermeabilização⁷, utilizou-se o caderno técnico Impermeabilização (SINAPI, 2019). É necessário, além de impermeabilizar, proteger essa camada contra a penetração de raízes⁸. Para essa fase, será utilizada uma composição do SINAPI que, além de ser resistente à penetração das raízes, também é impermeabilizante;
- Em consequência do tópico anterior, para a etapa de impermeabilização, será utilizada a membrana à base de poliuretano;

⁷ A impermeabilização da laje, de acordo com Nakamura (2020, p. 1), deve ser feita utilizando algum material que possui elevada resistência mecânica e durabilidade.

⁸ Segundo Guss (2013, p. 1), a membrana de proteção contra raízes serve para controlar o crescimento de raízes da vegetação. Segundo Costa (2018, p. 22), para essa fase podem-se utilizar seladores fluidos com poliuretano em sua composição.

- Para a etapa de drenagem, como a segunda empresa não incluiu o valor desta no orçamento, ele foi estimado com base no valor enviado pela primeira empresa.

A Tabela 17 apresenta o resumo do que foi obtido e do que deverá ser estimado através de outras fontes:

Tabela 17: Dados fornecidos por cada empresa.

	Empresa 1	Empresa 2
Materiais	X	X
Mão de obra	X	X
Drenagem	X	-
Irrigação	-	-
Impermeabilização	-	-
Frete	X	X

Fonte: Próprio

O custo da etapa de impermeabilização é apresentado na Tabela 18:

Tabela 18: Custo total impermeabilização - telhado verde.

Código composição	Descrição da composição	Unidade	Custo por m (incluso BDI)	Quantidade	Custo total impermeabilização (telhado verde)
98553	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM MEMBRANA À BASE DE POLIURETANO, 2 DEMÃOS. AF_06/2018	M2	R\$ 100,37	128,96	R\$ 12.943,72

Fonte: Adaptada planilha SINAPI não desonerado referente ao mês de junho/2021 de Minas Gerais.

Empresa 1

Foi solicitado para esta empresa um orçamento para uma cobertura verde do tipo extensiva que será instalada em laje, com área total de 128,96 m². A Tabela 19 apresenta todos os itens que compõem o orçamento:

Tabela 19: Orçamento empresa 1.

ORÇAMENTO EMPRESA 1

Descrição	Quantidade	Unidade
Materiais jardim e drenagem		
MÓDULO ALVEOLAR 0,7 x 1,15 x 0,015 METROS (0,805 M ²)	162,00	PÇ
BIDIM DRENO 2 x 3 0x 200 RT09 LAGO/TELHADO	142,00	M ²
COMPOSTO ORGÂNICO (SACOS DE 36l - 25 KG)	4643,00	LTS
MEMBRANA FAG14 (FELTRO VEGETADO COM BOLDO CHILENO) - PEÇA DE 0,75 x 2,00 = 1,50 M ²)	136,00	M ²
FORTH GEL BALDE 12 KG	3,00	KG
PORTA TAMPA P/ CAIXA SIFONADA PVC BR 250 MM ESG CLASSE 8 TIGRE	3,00	PÇ
TAMPA CEGA REDONDA PVC BR 250 MM ESGOTO CLASSE 8 TIGRE	3,00	PÇ

TUBO 250 MM ESGOTO CLASSE 8 TIGRE	0,36	M
BRITA 00	27,00	LTS
TOTAL - MATERIAIS E DRENAGEM	R\$ 26.083,22	
TOTAL - MÃO DE OBRA	R\$ 4.642,56	
TOTAL - FRETE	R\$ 7.000,00	
TOTAL ORÇAMENTO EMPRESA 1	R\$ 37.725,78	

Fonte: Próprio

Observações que a empresa incluiu:

- É obrigatório ter um ponto de água na cobertura para irrigação da vegetação;
- Recomenda-se para este tipo de telhado uma manutenção semestral da vegetação.

Para obter um valor mais preciso do custo da cobertura verde, no valor total recebido pela empresa será adicionado o custo total de implantação da camada de impermeabilização. A Tabela 20 mostra o resultado final aproximado do custo de implantação do telhado verde segundo a empresa 1:

Tabela 20: Preço total estimado cobertura verde – empresa 1.

Telhado verde	Preço
Orçamento inicial empresa 1	R\$ 37.725,78
Impermeabilização	R\$ 12.943,72
TOTAL TELHADO VERDE – EMPRESA 1	R\$ 50.669,50

Fonte: Próprio

Empresa 2

Para esta empresa foi solicitado o orçamento com base nas informações já descritas anteriormente.

O orçamento recebido está apresentado na Tabela 21:

Tabela 21: Orçamento empresa 2.

ORÇAMENTO EMPRESA 2		
Descrição	Quantidade	Unidade
SISTEMA GEODRAIN	165	M²
SUBSTRATO PARA TELHADO VERDE - NUTRICIONAL	127	SC 35 LTS
BRITA GRANITO Nº2	13	SC 40 KG
MINI TRADESCANTIA (CALLISIA REPENS)	13	SC (10 M²)
TOTAL - MATERIAIS	R\$ 14.705,00	
TOTAL - MÃO DE OBRA	R\$ 9.800,96	
TOTAL - FRETE	R\$ 3.100,00	
TOTAL ORÇAMENTO EMPRESA 2	R\$ 27.605,96	

Fonte: Próprio

Esta empresa também não forneceu o valor da etapa de impermeabilização; por isso, no valor total do orçamento, será somado também o custo de implantação da camada impermeabilizante.

Como esta empresa não apresentou o preço da etapa de drenagem incluído, ele será estimado a partir do valor total de implantação da empresa 1.

A Tabela 22 apresenta o valor total de implantação do telhado verde segundo a empresa 2.

Tabela 22: Preço total estimado cobertura verde – empresa 2.

Telhado verde	Preço
Orçamento inicial empresa 2	R\$ 27.605,96
Impermeabilização	R\$ 12.943,72
Drenagem (valor aproximado)	R\$ 3.000,00
TOTAL TELHADO VERDE - EMPRESA2	R\$ 43.549,68

Fonte: Próprio

A partir dos dois valores das empresas, foi estimada uma média de implantação da cobertura. O resultado está apresentado na Tabela 23:

Tabela 23: Preço total estimado cobertura verde.

TOTAL TELHADO VERDE – EMPRESA 1	R\$ 50.669,50
TOTAL TELHADO VERDE – EMPRESA 2	R\$ 43.549,68
TOTAL TELHADO VERDE	R\$ 47.109,59

Fonte: Próprio

Comparação dos resultados obtidos

A partir de todos os cálculos descritos anteriormente, a Tabela 24 apresenta o custo de implantação de cada tipo de telhado:

Tabela 24: Preço total coberturas.

Tipo	Área (m²)	Custo por m²	Custo total
Telhado cerâmico	128,96	R\$ 210,92	R\$ 33.217,45
Telhado de fibrocimento		R\$ 175,48	R\$ 27.635,88
Telhado verde		R\$ 347,13	R\$ 47.110,75

Fonte: Próprio

Os resultados provam que o valor da implantação da cobertura verde supera o valor dos demais telhados devido a diversos fatores. Um deles é a falta de mão de obra especializada, visto que ambas as empresas são localizadas em metrópoles. O fato de não ter especialistas na cidade de Piumhi-MG dificulta o uso desse método na cidade, porém se trata de uma via de mão dupla, o que significa que se houvesse uma alta demanda de pessoas interessadas em instalar a cobertura verde em suas edificações, seria conveniente que houvesse, na cidade, a fundação de uma empresa especializada na área.

Outro motivo que interfere no valor final de instalação do telhado verde são os materiais utilizados. Os materiais usados nas coberturas convencionais já são populares e suas características já são muito difundidas entre as pessoas. Em contrapartida, os materiais que compõem as coberturas verdes podem ser novos para a maioria da população.

Uma outra dúvida que surge quando se fala dos telhados verdes é sobre a drenagem. Como pode ser visto no trabalho, os telhados embutidos também necessitam de um planejamento quanto à drenagem, para que não se obstrua a água e prejudique a estrutura. Esses são pontos para os quais todo tipo de cobertura necessita de atenção.

Para que o uso dos telhados sustentáveis aumente, é necessário que todas as informações a respeito desse método sejam disseminadas entre a população. O seu custo inicialmente é maior quando comparado

aos outros telhados, porém seus benefícios e vantagens se tornam muito maiores diante das coberturas convencionais.

4 Considerações finais

A partir dos resultados descritos neste trabalho, os objetivos propostos foram alcançados. Foi possível apresentar os custos de implantação com base em valores, os mais próximos da realidade, visto que duas empresas especializadas no assunto apresentaram seus respectivos orçamentos.

É importante reforçar que, mesmo o telhado verde sendo mais caro, deve-se levar em consideração suas milhares de vantagens. Se o cliente possui a condição de optar pelo tipo de cobertura, o verde é uma ótima opção.

A principal forma de incentivo para o aumento do uso desse método é através de políticas públicas. Algumas leis já consideram algumas ações sustentáveis como forma de substituir à taxa de permeabilidade, por exemplo a lei complementar 5.481, de 20 de dezembro de 2019, da cidade de Teresina, Piauí. Na Subseção I, Art. 75 no parágrafo único, está descrito que empreendimentos que fazem o uso de técnicas sustentáveis podem receber até 50% de desconto nos valores a serem pagos pela aquisição de Outorga Onerosa de Construir, sendo 20% relacionado à captação e reúso de água de chuva; 12,5% sobre a utilização de trincheira de infiltração; 12,5% para jardins de chuva e 5% para o uso dos telhados verdes. Além disso, na Seção II Art. 237, os telhados verdes são aceitos como forma de substituir a taxa de permeabilidade.

Na cidade de Piumhi-MG, existe a lei complementar nº 67, de 25 de setembro de 2019, nomeada Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo. Ela estabelece as normas e condições para parcelar, ocupar e usar o solo do município. Na Subseção III estão descritos todos os critérios sobre as taxas de permeabilidade e, no Anexo V da norma, estão todos os valores mínimos. De acordo com a tabela Parâmetros Urbanísticos apresentada no Anexo V da lei complementar nº 67, o valor mínimo de taxa de impermeabilização depende do tipo e localização da obra. Em geral, nessa tabela, utiliza-se o mínimo de 20%, ou seja, em um determinado terreno, vinte por cento da área total não pode ser construída.

É uma opção propor um projeto de lei que permita substituir essa porcentagem de área permeável pelos telhados verdes, uma ideia que pode ser utilizada para projetos futuros e que pode gerar resultados favoráveis, visto que, além do fato de o cliente conseguir utilizar toda a área do lote, ele ainda está contribuindo para o desenvolvimento sustentável. Diante do atual cenário, as implantações de normas desse tipo provavelmente resultariam em um aumento das edificações com técnicas sustentáveis, incluindo os telhados verdes.

A popularização dos telhados verdes em Piumhi-MG descreveria um avanço inexplicável para toda a cidade e região. Todas as ideias descritas anteriormente podem se tornar leis para o município através de projetos futuros, abrindo portas para que a cidade faça parte do grupo das que incentivam construções sustentáveis.

Referências

- AFONSINAS, Calhas. **Calhas e Rufos**. 2020. Disponível em: <http://calhasafonsina.com.br/dicas/#:~:text=Corte%20%C3%A9%20a%20soma%20das,%2C%20portanto%2C%20%C3%A9%20corte%2033..> Acesso em: 02 out. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989. 13 p. Disponível em: <https://ecivilufes.files.wordpress.com/2013/06/nbr-10844-1989-instalac3a7c3b5es-prediais-de-c3a1guas-pluviais.pdf>. Acesso em: 07 out. 2021.
- BACHA, Maria de Lourdes; SANTOS, Jorgina; SCHAUN, Angela. Considerações teóricas sobre o conceito de Sustentabilidade. In: VII SEGET, 7, 2010, Resende. **Artigo**. Resende: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2010. p. 1-14.
- BESEN, Gina Rizpah; GÜNTHER, Wanda Maria Risso; RODRIGUES, Angela Cassia; BRASIL, Ana Lúcia. **Resíduos sólidos: vulnerabilidades e perspectivas**: a insustentabilidade da geração excessiva de resíduos sólidos. São Paulo: Ex-Libris, 2010.
- BRANCO, Renata. **Vantagens de encanamento de PVC**. 2020. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=27&Cod=1512>. Acesso em: 15 out. 2021.
- BRASIL (Estado). Lei Complementar nº 5481, de 20 de dezembro de 2019. Dispõe sobre o Plano Diretor de Teresina, denominado “Plano Diretor de Ordenamento Territorial - PDOT”, e dá outras providências. **Lei Complementar Nº 5.481**, Teresina, PI, 20 dez. 2019. p. 1-115.
- BRASIL (Município). Lei Complementar nº 67, de 25 de setembro de 2019. Estabelece normas e condições para Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo Urbano no Município de Piumhi. **Lei Complementar Nº 67, de 25 de Setembro de 2019**. Piumhi, 25 set. 2019.
- BRASIL. Caixa Econômica Federal. **Cadernos técnicos de composição para**: estrutura e trama para cobertura. Brasília: SINAPI, 2019. 276 p.
- BRASIL. Caixa Econômica Federal. **Cadernos técnicos de composição para**: telhamento para cobertura. Brasília: SINAPI, 2019. 135 p.
- BRASIL. Caixa Econômica Federal. **Cadernos técnicos de composição para**: impermeabilização. Brasília: SINAPI, 2019. 84 p.
- CALIL JUNIOR, Carlito; MOLINA, Julio Cesar. **Coberturas em estruturas de madeira**: exemplos de cálculo. São Paulo: Pini Ltda, 2010.
- CARDOSO, Luiza Moura. **Tudo sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil**. 2017. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/residuos-solidos-da-construcao-civil/>. Acesso em: 12 mar. 2021.
- CARMO, João. **Cobertura e telhado**. Natal: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, 2019. 44 slides. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/joaocarmo/disciplinas/aulas/projeto-arquitetonico/cobertura-e-telhado/view> . Acesso em: 15 mar. 2021.
- CARVALHO, Israel; MACHADO, Lúcio Gomes. **Por que sistemas de drenagem de águas pluviais exigem projeto cuidadoso?** 2020. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/por-que-sistemas-de-drenagem-de-aguas-pluviais-exigem-projeto-cuidadoso/17923>. Acesso em: 17 out. 2021.

CONSTRUCT. **Calhas e rufos**: entenda as diferenças entre os dois materiais. 2018. Disponível em: <https://constructapp.io/pt/tudo-sobre-calhas-e-rufos/>. Acesso em: 04 out. 2021.

CORSINI, Rodnei. **Telhado verde**. 2021. Disponível em: <https://www.cemara.com.br/blog/index.php/teelhado-verde/>. Acesso em: 16 mar. 2021.

COSTA, Deise Maria Bertholdi; SOUZA, Luzia Vidal de; SIQUEIRA, Paulo Henrique. **Introdução ao estudo dos telhados**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2019. 18 p.

COSTA, Suzana Bezerra. **Levantamento de custo e benefícios para a implantação de um sistema de telhado verde na cobertura impermeabilizada de uma edificação vertical**. 2018. 57 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

ETERNIT. **Telhas de fibrocimento**. São Paulo: Eternit, 2020. 118 p. Disponível em: https://www.eternit.com.br/wp-content/uploads/2019/10/ETE02720_Cat%C3%A1logo-t%C3%A9cnico-fibrocimento_D.pdf. Acesso em: 28 set. 2021.

FAVARO, Paula Priscila Fleria. **Indicação das patologias relacionadas as calhas com comparativo de dimensionamento utilizando a NBR 10844/1989 e a equação de chuva da cidade de Cuiabá-MT**. 2017. 67 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2017.

FRANCO, José Tomás. **Telhados verdes: quais são as camadas e como impermeabilizá-los usando membranas líquidas**. 2021. Disponível em: <https://expresso.arq.br/teelhados-verdes-quais-sao-as-camadas-e-como-impermeabiliza-los-usando-membranas-liquidas/>. Acesso em: 09 out. 2021.

GASPAR, Marília. **Tipos de telhado**: especificações, vantagens e aplicações, especificações, vantagens e aplicações. 2021. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/tipos-de-telhado/>. Acesso em: 15 mar. 2021.

GEHARD, Gabriel Lazzeri; BERGMANN, Ana Claudia. **O estudo de viabilidade de implantação de telhado verde, abordando diferentes estilos construtivos do telhado verde**. 2018. 25 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Paranaense, Campus de Toledo/Pr, Toledo, 2018.

GONZAGA, Armando Luiz. **Madeira**: uso e conservação. 6. ed. Brasília: Caroline Soudant, 2006. 246 p. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/CadTec6_MadeiraUsoEConservacao.pdf. Acesso em: 14 out. 2021.

GUSS, Josiane. **Cuidados no dimensionamento e na instalação da cobertura verde**. 2013. Disponível em: <http://www.josianeguss.com/2013/11/cuidados-no-dimensionamento-e-na.html>. Acesso em: 10 out. 2021.

JESUS, Laina Maria Santana De. **Telhado verde “Revisão Bibliográfica”**. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2018.

LOGSDON, Norman Barros. **Estruturas de madeira para coberturas, sob a ótica da NBR 7190/1997**. Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, MT. 2002. Disponível em: <http://usuarios.upf.br/~zacarias/Telhados.pdf> Acesso em: 04 jun. 2021.

MACHADO, Lúcio Gomes; CARVALHO, Israel. **Por que sistemas de drenagem de águas pluviais exigem projeto cuidadoso?** Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/por-que-sistemas-de-drenagem-de-aguas-pluviais-exigem-projeto-cuidadoso/17923>. Acesso em: 14 out. 2021.

MORAES, Marciano Freitas de. **Telhados verdes**: uma análise comparativa de custos e vantagens em relação aos telhados convencionais. 2013. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

NAKAMURA, Juliana. **Como impermeabilizar coberturas verdes?** 2020. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/como-impermeabilizar-coberturas-verdes-veja-dicas-e-normas-a-seguir/17405>. Acesso em: 17 out. 2021.

ORÇAMENTISTA. **Como calcular o BDI conforme recomendações do TCU.** 2018. Disponível em: <https://oorcamentista.com.br/como-calculiar-o-bdi-conforme-recomendacoes-do-tcu/>. Acesso em: 27 set. 2021.

PALA, Marcelo; MENDES, Luana Ferreira. **Proposta de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial para uma instituição de apoio aos portadores de necessidades especiais do município de Machado – MG.** Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/1329/1/Marcelo%20Pala.pdf>. Acesso em: 05 set. 2021.g

PEREIRA, Caio. **O que é Beiral?** 2018. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/beiral/>. Acesso em: 12 out. 2021.

POLDERMAN, Todd. **Por que irrigar?** Independentemente do local e do clima de seu telhado verde, a irrigação é a chave para o sucesso. 2015. Disponível em: <https://www.hunterindustries.com/pt/press/articles/2015/05/27/por-que-irrigar-independentemente-do-local-e-do-clima-de-seu-telhado-verde>. Acesso em: 20 out. 2021.

RAMOS, Ademilson. **Conheça as partes que formam um telhado.** 2016. Disponível em: <https://engenhariae.com.br/editorial/colunas/conheca-as-partes-que-formam-um-telhado>. Acesso em: 18 set. 2021.

SAMPAIO, Pedro. **O que é BDI em obras:** o guia definitivo para calcular. O guia definitivo para calcular. 2020. Disponível em: <https://orcamentoparaobras.com.br/blog/o-que-e-bdi-em-obras-e-como-calculiar/>. Acesso em: 15 out. 2021.

SANTOS, Rodolfo dos; CARVALHO, Eduardo Henrique Coelho Pinto; SANTOS, Rafael Veiga dos; HOLANDA, Willian Santos; SILVA, Me. Ruiz da. **Telhado verde:** sua definição e principais indicativos de vantagens na sustentabilidade de uma construção. Guarujá: Unaerp Campus Guarujá, 2016. 8 p.

SAVI, Adriane Cordoni. **Telhados verdes:** análise comparativa de custo com sistemas tradicionais de cobertura. 2012. 128 f. Monografia (Especialização) - Curso de Construções Sustentáveis, Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SILVA, Carlos Alexandre Moreira da; ALVES, Ricardo Costa. **Comparativo de custo entre telhados coloniais e de fibrocimento:** habitação de interesse social no município de Cruzília-MG. Varginha: Unis, 2018. Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/621/1/Carlos%20Alexandre.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2021.

THOMÉ, Brenda Bressan. **BDI na Construção Civil:** que é e como usar? 2016. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/bdi-na-construcao-civil-o-que-e-como-usar/>. Acesso em: 17 out. 2021.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos demais membros do Grupo de Pesquisa em Ciências Ambientais, Econômicas e Sustentabilidade do IFMG – *Campus Piumhi*, bem como à diretoria de pesquisa e à direção do *Campus* pelo apoio concedido a todos.