



FACULDADE EDUFOR – SÃO LUÍS DO MARANHÃO
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

DIEGO ARTHUR DE OLIVEIRA RAPOSO

SOBRE O TELHADO VERDE: UMA POSSIBILIDADE SUSTENTÁVEL

São Luís - MA

2024

SOBRE O TELHADO VERDE: UMA POSSIBILIDADE SUSTENTÁVEL

Artigo apresentado a Coordenação do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Edufor de São Luís do Maranhão, como cláusula para conclusão epílogo da cadeira Trabalho de Conclusão de Curso II- TCC. .

Orientadora: Prof. Franklin Roosevelt do Ó

São Luís - MA

2024

R219s Raposo, Diego Arthur de Oliveira

Sobre o telhado verde: uma possibilidade sustentável /
Diego Arthur de Oliveira Raposo — São Luís: Faculdade Edufor,
2024.

38 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (ENGENHARIA CIVIL) —
Faculdade Edufor - São Luís, 2024.

Orientador(a) : Franklin Roosevelt Rodrigues do Ó

1. Telhado verde. 2. Sustentabilidade. 3. Construção
sustentável. I. Título.

FACULDADE EDUFOR SÃO LUÍS

CDU 69:504

AGRADECIMENTO

Ao Senhor e Criador do universo, que me deu forças e sabedoria para concluir este trabalho, pela saúde, pela vida e pela oportunidade de estudar e me desenvolver academicamente.

Aos meus familiares em especial a minha mãe.

Aos meus amigos e familiares, pelo apoio emocional, encorajamento e motivação durante todo o processo de elaboração deste estudo. O apoio foi fundamental para que eu pudesse superar os desafios apresentados ao longo dessa jornada.

Ao meu orientador, Prof. Franklin Roosevelt do Ó pela paciência, orientação e aconselhamento ao longo da elaboração deste trabalho. Sua experiência e sabedoria foram fundamentais para a conclusão desta proposta.

RESUMO

Cada vez mais a sociedade se preocupa com os impactos atuais e procura maneiras de reduzir tais impactos com estilo de vida mais saudável, desde a alimentação, meios de transportes alternativos, bens de consumo, produtos sustentáveis e também uma construção sustentável. Nesse cenário, a construção sustentável tem ganhado cada vez mais visibilidade. Essa temática é muito ampla, pois uma obra tem diversas etapas que podem ser construídas de maneira mais ecológica. Isto posto, o telhado verde sobrevém como uma alternativa menos ofensiva ao meio ambiente, sendo uma inovação sustentável que minimiza as consequências que os modelos tradicionais trazem para a natureza. Ademais, o objeto de estudo visa trazer respostas sobre um tema importante no momento onde o mundo discute sobre o futuro do nosso planeta, no mais, tenciona compreender os tipos de telhados verdes, seus benefícios, além de buscar um comparativo com o telhado convencional. Concluímos que, existem lacunas relacionadas ao telhado verde, como a legislação brasileira e a regulamentação, usabilidade, durabilidade e cuidado. Finalmente, este estudo é um incentivo para o desenvolvimento de estudos futuros. Devem ser revistos dados de organizações que desejam cooperar e promover o tema em questão, comparar passos construtivos com outros fatores e construções, apresentar novas soluções para os problemas identificados neste trabalho e, por fim, propostas que tratem de autorização e execução técnica e as normas para a construção de um telhado verde.

Palavras-chave: telhado verde; sustentabilidade; construção sustentável.

ABSTRACT

Increasingly, society cares about the current impacts and looks for ways to reduce such impacts with a healthier lifestyle, from food, alternative means of transport, consumer goods, sustainable products and also a sustainable construction. In this scenario, sustainable construction has gained more and more visibility. This theme is very broad, because a work has several stages that can be built in a more ecological way. That said, the green roof emerges as a less offensive alternative to the environment, being a sustainable innovation that minimizes the consequences that traditional models bring to nature. In addition, the object of study aims to bring answers on an important topic at the moment where the world discusses the future of our planet, in addition, intends to understand the types of green roofs, their benefits, in addition to seeking a comparison with the conventional roof. We conclude that there are gaps related to the green roof, such as Brazilian legislation and regulations, usability, durability and care. Finally, this study is an incentive for the development of future studies. Data from organizations that wish to cooperate and promote the topic in question must be reviewed, constructive steps must be compared with other factors and constructions, new solutions must be presented for the problems identified in this work and, finally, proposals that deal with authorization and technical execution and standards for the construction of a green roof.

Keywords: green roof; sustainability; sustainable construction.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Jardins suspensos da Babilônia.....	13
Figura 2 – Vantagens e desvantagens do telhado verde.....	21
Figura 3 - Telhado verde extenso (1), semi-intensivo (2), intensivo (3).....	31

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 - Vantagens e desvantagens do telhado verde em comparação com o telhado convencional.....	18
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	09
2. COBERTURA VEGETAL	11
2.1 Origem do Telhado Verde.....	15
2.2 Sobre os Telhados Coloniais.....	16
2.3. Vantagens e desvantagens do uso dos telhados verdes em relação aos telhados convencionais.....	17
3. A RESPEITO DA SUSTENTABILIDADE.....	22
4. SOBRE OS BENEFÍCIOS E DESVANTAGENS DO TELHADO VERDE.....	23
4.1 Ilhas de calor.....	25
4.2 Isolamento térmico.....	26
4.3 Filtragem de água.....	27
4.4 Isolamento acústico.....	28
5. APLICABILIDADE	29
5.1 Manutenção.....	30
5.2 Tipos.....	31
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
REFERÊNCIAS.....	34

INTRODUÇÃO

De acordo com os estudos desenvolvidos por Sousa (2021) em sua obra, Os benefícios do telhado verde e sua aplicação na construção civil, “para alcançar a sustentabilidade, as pessoas têm pensado em soluções de design que reduzam de forma mais ampla o impacto ambiental que a construção civil desenvolve, uma vez que esta é uma das atividades humanas que mais impactam o meio ambiente”, isso ocorre devido ao alto consumo de recursos naturais, emissão de gases de efeito estufa entre outros. Logo, deve-se adotar medidas efetivas para reduzir o impacto ambiental e promover a sustentabilidade em todas as etapas do ciclo de vida do edifício.

Desta forma, o Movimento Economia Verde surgiu da necessidade de controlar os danos causados pela comunidade, com o objetivo de reduzir os impactos sociais, econômicos e ambientais. Esse modelo econômico está vinculado ao conceito de desenvolvimento sustentável, ou seja, crescimento econômico de forma mais ecologicamente correta, gerando emissões de gases de efeito estufa, promovendo o uso de energia limpa, além de focar na geração de empregos e igualdade social (REDA, 2016).

A crescente concentração de edifícios e áreas pavimentadas e o uso indevido do solo nas áreas urbanas tiveram um efeito profundo no escoamento de águas pluviais em lugares imperializado pelo crescimento urbano, tal crescimento excessivo pode ter um efeito profundo para as áreas urbanas.

Na medida em que mais áreas são impermeabilizadas por construções, as superfícies impermeáveis, como asfalto, concreto e telhados, impedem a absorção natural da água da chuva pelo solo e a direcionam para os sistemas de drenagem, muitas vezes insuficientes para lidar com grandes volumes de água.

Além dos problemas associados ao meio ambiente e à ampla distribuição da poluição, a urbanização tem maior impacto e a flexibilidade do subsolo hidrológico. Nesse sentido, os altos níveis de retenção hídrica no solo urbano associados à alta pluviosidade aumentam significativamente o volume e a velocidade do fluxo de água, causando alagamentos nas cidades.

A problemática do presente artigo qual a melhor técnica utilizada no telhado verde? Qual a importância do telhado verde para o desenvolvimento sustentável?

O objetivo geral é demonstrar a eficácia da cobertura verde e o desenvolvimento sustentável para a construção civil. Tendo como objetivos específicos: Abordar os tipos de

telhado verde sobreposto em edificações e suas especificações; Demonstrar os benefícios ambientais e viabilidade financeira do telhado verde; Analisar as políticas de incentivo já aproveitadas para aplicação de telhado verde.

Para minimizar os efeitos negativos que englobam essa dinâmica urbanizada, diferentes práticas vêm sendo desenvolvidas, dentre elas destaca-se o telhado verde. Este por sua vez, consiste em uma estrutura vegetal na qual tem a capacidade de reter água da chuva e reduzir o escoamento superficial, que é uma das causas de enchentes e alagamentos em todas as áreas urbanas do mundo (BOLETINE, 2023).

Para o desenvolvimento do estudo, iremos adotar a metodologia de revisão bibliográfica de caráter qualitativo, sob um enfoque exploratório, na qual desenvolveu-se um estudo comparativo, fundamentado em artigos científicos e demais produções científico-acadêmicas que se mostrem úteis e pertinentes à pesquisa em tela e aos resultados que se busca alcançar.

Este método buscou analisar fontes de pesquisas científicas como Google acadêmico, Scielo, artigos científicos, livros e autores relevantes para o tema de modo sistemático, sua elaboração a metodologia foi operacionalizada por meio de etapas: estabelecendo a questão norteadora, busca da literatura, coleta e análise de dados.

Por fim, o presente estudo é motivado como forma de captar a fase atual de pesquisa sobre o uso adequado e as técnicas mais apropriadas para a aplicabilidade do telhado verde, ampliar o entendimento das legislações vigentes, custos e estudos de caso que favorecem a adoção da cobertura verde como alternativa de cobertura de edifícios.

2 COBERTURA VEGATAL

Os telhados verdes, também conhecidos como telhados naturais, telhados vivos, eco-telhados, representam uma oportunidade para reduzir os danos causados ao meio ambiente, que é fonte de beleza, conforto e proteção térmica (WEILER; SCHOLZ-BARTH, 2019).

Nascimento et al (2008) telhado verde é toda cobertura ou telhado que agrega em sua composição uma camada de solo ou substrato de vegetação, segundo Silva (2016) o telhado verde é composto pelos seguintes elementos: Laje, camada impermeabilizante, camada drenante, camada filtrante, solo e vegetação. Uma cobertura vegetal é uma alternativa sustentável e ao mesmo tempo viável, pois facilita o gerenciamento de grandes cargas de águas pluviais e são uma ótima solução termo acústica, atuando como um isolante térmico, evitando a transferência de calor, frio ou ruído para o interior da edificação. Além de ser responsável por captar gás carbono e outros gases causadores do efeito estufa (HENEINE, 2018)

De acordo com (SOUSA, 2015) esses telhados contêm vegetação nas coberturas das edificações, que são impermeabilizadas e representam um sistema de drenagem (LIU; COFFMAN, 2016), que não possuem normas internas em nível estadual.

Segundo CORSINI, (2019) os telhados verdes também são conhecidos como cobertura viva, cobertura vegetal ou telhados vivos. É uma técnica usada em arquitetura cujo objetivo principal é o plantio de árvores e plantas nas coberturas de residências e edifícios. Por meio da impermeabilização e drenagem da cobertura dos edifícios, cria-se condições para o implemento do telhado verde.

Dessa forma, a respeito do telhado verde que é uma técnica arquitetural que consiste em aplicar solo e vegetação sobre estruturas de cobertura impermeáveis, em diversos tipos de edificações. Telhados verdes existem – ou existiram – em regiões diversas, tais como Alemanha, Argentina, Tanzânia e Islândia, e em diversas fases históricas (TOMAZ, 2021).

Mediante tais explicações, ratifica-se que o Brasil ainda não possui uma lei nacional que regule o estabelecimento de um telhado verde, entretanto, existem outras regulamentações em nível estadual, como no Piauí, Recife e Santa Catarina (MARQUES; BISSOLI-DALVI; ALVAREZ, 2018).

É importante destacar que, mesmo não havendo uma regulamentação federal, a iniciativa de adotar a prática do telhado verde pode ser adotada voluntariamente pelos proprietários de edifícios, trazendo diversos benefícios para o meio ambiente, como a

mitigação da ilha de calor, melhoria da qualidade do ar, redução do escoamento de água de chuva e contribuição para a biodiversidade urbana (TOMAZ, 2015).

Outrossim, o telhado verde é famoso por usar plantas e transformar a superfície superior de um telhado tradicional em uma área multifuncional, pode proporcionar ainda benefícios estéticos e de lazer, criando espaços verdes em áreas urbanas onde o espaço para parques e jardins é limitado (ALBERTO, 2014)

O telhado verde também pode ser usado para cultivar hortas urbanas, fornecendo alimentos frescos para as comunidades locais. É uma técnica conhecida e utilizada em diversos países ao redor do mundo, especialmente em áreas urbanas densamente povoadas. Esta prática tem sido amplamente utilizada na Alemanha há mais de 30 anos. Em 2002, mais de 12% do telhado plano naquele país apresentava algum tipo de vegetação (TASSI *et al.*, 2016)

Os sistemas intensivos, por outro lado, são caracterizados por uma camada mais espessa de substrato (geralmente entre 15 e 90 cm) e podem suportar uma variedade de plantas, incluindo árvores, arbustos e flores. (SOUSA, 2021 apud LIRA; 2017). Esses sistemas são mais pesados e requerem mais manutenção do que os sistemas extensivos, mas oferecem mais flexibilidade em termos de design e uso do espaço.

Os sistemas intensivos são geralmente instalados em telhados de edifícios comerciais ou residenciais de alta altura, onde há espaço suficiente para suportar o peso adicional. Eles seguem o mesmo conceito de design de um telhado largo, mas a camada de drenagem ou armazenamento geralmente é mais profunda. Os telhados profundos geralmente requerem um sistema de irrigação, e a água armazenada na drenagem pode ser usada para irrigar as plantações (SOUSA, 2021).

Em geral, os sistemas extensivos são mais simples e mais econômicos, enquanto os sistemas intensivos oferecem mais opções de design e uso do espaço, mas requerem mais manutenção e são mais caros de construir. A escolha entre os dois tipos depende das necessidades e objetivos específicos de cada projeto (MAGALHÃES, 2015).

Cabe salientar que os telhados verdes não são uma inovação tecnológica, já que tem-se registro de ser utilizado na antiga Mesopotâmia e na Babilônia, região onde hoje se encontra o Iraque, sendo construídos entre 600 a.C. e 450 a.C. Na Babilônia, onde foram construídos os famosos Jardins Suspensos, se encontrava o mais famoso de todos, o Etemenanki que tinha uma altura total de 91 metros e base quadrada de 91m² (FERREIRA; COSTA, 2015)

Figura 1 - Jardins suspensos da Babilônia



Fonte: <http://dicasarquitetura.com.br/>

Esses sistemas são leves e de baixa manutenção, o que os torna ideais para telhados inclinados ou de difícil acesso. Apresentam bom comportamento frente ao reduzido fluxo de água superficial (Yang; Yu; Gong, 2016), redução dos efeitos das ilhas tropicais urbanas e aumento da umidade no entorno.

O telhado do edifício pode ser coberto total ou parcialmente com uma camada de vegetação. O telhado verde é um sistema horizontal composto por uma membrana impermeável, uma camada de solo e uma camada de vegetação propriamente dita. De acordo com Castleton et al. (2013), um telhado verde geralmente inclui uma camada de canal radicular, uma camada de drenagem e, onde o clima exigir, um sistema de irrigação.

Diante disso, tal tipologia ecológica de telhado, é importante porque proporciona a recuperação de edifícios e outras estruturas, através do resfriamento da área circundante. Pode ser utilizado em organizações, prédios comerciais, casas e outras estruturas (MAGALHÃES, 2015). “Telhados verdes usados em áreas urbanas para aumentar a retenção de água da chuva e atrasos de fluxo também apresentaram funcionalidade para filtrar e melhorar a qualidade da água” (KARCZMARCZYK, BARYLA E BUS, 2018).

De acordo com Neto (2021), o telhado verde é composto por várias camadas, uma camada impermeabilizante que protege a superfície invisível, seja de origem betuminosa ou sintética; uma camada de drenagem que serve para atrair a água da chuva e separar os poluentes, incluindo rochas ou argila expandida; uma camada filtrante que retém partículas que podem ser transportadas pelo fluxo de água; o solo e substrato que compõe o material de plantio e, em última instância, a vegetação, a escolha depende da quantidade de suporte que a estrutura pode suportar, do tipo de telhado verde escolhido e do clima local.

Os telhados verdes têm se popularizado cada vez mais como uma alternativa sustentável e eficiente para a construção civil. Para que sejam construídos de maneira

adequada, é importante seguir uma sequência específica de camadas, que garantem a eficiência e durabilidade do telhado verde (OURIVES, 2022)

A vegetação auxilia na drenagem da água da chuva, reduzindo assim o escoamento de água pelos sistemas pluviais e ainda filtra a poluição dessas águas. Como retém melhor a água da chuva, o excesso não vai para as ruas. O telhado verde é capaz de exercer as funções de retenção de água de chuva e redução da vazão de pico. Em um determinado período analisado, o telhado verde, em média, foi capaz de reter 63% da precipitação (MORUZZI, *et al.* 2014)

Estes podem ajudar a reduzir a velocidade do fluxo de água da chuva, minimizando o volume de água que atinge as ruas e sistemas de drenagem. Essa técnica também ajuda a filtrar partículas e poluentes da água, melhorando sua qualidade. Além disso, o telhado verde pode ajudar a minimizar a temperatura das áreas urbanas, reduzindo os impactos do aquecimento global (CUNHA, 2021)

Um experimento para investigar a vazão de água da chuva em um telhado verde, conseguiu armazenar todo o volume precipitado, em média apenas 38% do total de precipitação que caiu no telhado verde resultou em evaporação, em comparação com 87% do telhado convencional, demonstrando que, pelo menos em parte, o escoamento pluvial pode ser controlada, promovendo a redução do volumes escoados em 56%. A água extraída pode apresentar diferenças de pH e concentração de vários nutrientes, levando em consideração os cuidados utilizados, os tipos de plantas utilizadas e a poluição do ar (TASSI *et al.*, 2016).

Em consonância com o exposto anteriormente, os autores compararam a qualidade da água extraída de telhados verdes e tradicionais, resultados que mostram que a opção alternativa natural apresenta menor acidez, maior teor de nitrogênio, maiores parâmetros de pH e matéria orgânica (TAVARES, 2019).

Ademais, os telhados verdes podem ser compreendidos como uma estrutura que possibilita a sobreposição de diversas espécies de vegetação. Sua construção é permitida para diversas estruturas e materiais, como lajes e telhados de baixa inclinação (SOUSA, 2021).

Servem como meio de tornar ambiente o mais agradável possível, apresentando-se como possibilidade de ressurgimento de plantas, árvores e outras espécies no meio urbano (SOUSA, 2021).

2.1 Origem do Telhado Verde

Dentro dessa análise, faz-se concernente atentar que os textos utilizados como fontes de pesquisa, como aponta Corsini (2021), são produzidos para um propósito específico e inseridos em condições que devem ser consideradas e investigadas por um historiador, desde que não haja distrações. Considerando quem o escreveu, pode levar a algumas imprecisões nos fatos.

No entanto, os dados orientais antigos existentes são suficientes para fornecer uma análise crítica e uma compreensão da origem da estratégia do telhado verde e quais eventos são importantes, independentemente de fins estéticos ou de maior funcionamento social (ARAÚJO, 2017)

Destaca que o telhado verde originou-se na Mesopotâmia, atual Iraque e substituiu o fértil planalto, entre os rios Tigre e Eufrates, sendo que a construção mais antiga conhecida se encontra na Mesopotâmia religiosa. Templos, onde os deuses eram adorados, especialmente seu chefe, chamado Marduk. Para o autor, essa construção ocorreu por volta de 2.500 a.C. e foi construída de forma dinâmica, ou seja, era um tipo de planta vegetal na indústria da escada, entre uma pirâmide e outra, até que foi construída uma estrutura conhecida como Zigurate (CORSINI, 2021).

Em consonância com o argumentado anteriormente, além do primeiro marco, é válido destacar os Jardins Suspensos da Babilônia, que foram uma das sete maravilhas do mundo antigo, e foram construídos na cidade de Babilônia, na Mesopotâmia, por volta de 600 a.C (ANTUNES, 2019)

Acredita-se que o rei Nabucodonosor II tenha construído os jardins como um presente para sua esposa, que sentia saudades das montanhas e dos jardins exuberantes de sua terra natal e iniciou uma mudança radical nas estruturas arquitetônicas, políticas, religiosas e sociais da maior cidade do mundo naquela época. Porém, com a invasão persa, em 539 a.C., o império babilônico começou a declinar, mas deixou um grande legado na história e na arquitetura, no futuro, passou a ser utilizado como molde prático (SALEIRO *et al.*, 2015).

Nessa perspectiva, fontes documentais de viajantes gregos, como o geógrafo Strabo e o historiador Diodorus Siculus, bem como as fontes arqueológicas deixadas por esses povos, revelam algumas características inusitadas dos jardins suspensos, que estimulam a imaginação do modelo moderno. Para dar sentido ou não, essas construções certamente têm contribuído significativamente para estratégias que reduzem certas perturbações causadas em um ambiente que afeta diretamente a vida humana (RODRIGUES, 2018)

Nesse sentido, Henrique (2020) destaca que os Jardins Suspensos Babilônicos são “reais ou não, fundados no antigo conceito de poder humano na naturalização da natureza, e seu controle”.

No continente europeu, segundo Saleiro et al. (2015), acredita-se que o registro mais antigo dessa prática tenha ocorrido na França no ano de 1222, especificamente na Abadia Beneditina do Monte de Saint Michel. O autor afirma que este edifício, que remonta à Idade Média, possui elementos da arquitetura gótica, com uma infinidade de plantas, forragens e troncos de árvores, sob o primeiro andar denominado Scriptorium.

Além deste monumento, que já trazia a maquete do telhado verde mais importante da Europa, a Itália, em 1383, exibiu uma nova maquete com a famosa Torre dos Guinigiis, retornando ao edifício jardim suspenso, com sete carvalhos (MARQUES, 2018).

Isso mostra que, até então, a prática foi reaproveitada e restabelecida para fins estéticos e que seu objetivo foi evidentemente alcançado, pois o legado arquitetônico impressionou a ponto de colocar os monumentos como referências inesquecíveis para pesquisadores da área. Outra história do uso de telhados verdes foi apresentada por Frith, em que descrevem o que aconteceu na Grã Bretanha quando usaram o poder de esconder o telhado verde usando-o para cobrir hangares em um campo de batalha militar na forma de grama em meados da década de 1930 (SALEIRO *et al.*, 2015).

2.2 Sobre os Telhados Coloniais

O telhado convencional é um tipo de cobertura comum em construções residenciais e comerciais, que é composto por uma estrutura de madeira ou aço, revestida por telhas de cerâmica, fibrocimento, entre outros materiais (LIMA C; 2019).

Telhas de fibrocimento são um tipo de cobertura bastante comum em construções residenciais e comerciais, devido ao baixo custo e a facilidade de instalação, o que garante o acesso mais rápido para esse tipo de cobertura. Além das moradias residenciais, as indústrias e edificações comerciais, também usam em grande parte esse tipo de cobertura em suas estruturas (MARQUES, 2018).

As telhas cerâmicas são uma das mais utilizadas em cobertura de telhados, tendo em vista o seu baixo custo e por ter uma boa aceitação pela sua adequação a maioria dos tipos de moradias residenciais (SALEIRO *et al.*, 2015).

Elas também oferecem um bom isolamento térmico e acústico, o que pode ajudar a reduzir os custos de energia para aquecimento e resfriamento do edifício. São conhecidas por

sua durabilidade, resistência a intempéries e estética atraente, o que as torna uma escolha popular para construções residenciais e comerciais (LIMA; 2019).

2.3. Vantagens e desvantagens do uso dos telhados verdes em relação aos telhados convencionais

Para atingir os objetivos deste estudo, uma série de obras de referência foram utilizadas para reunir benefícios significativos do uso de plantas em coberturas em comparação com coberturas convencionais. Os benefícios da utilização de eco telhados são muitos, podemos destacar o aspecto natural, a conservação da água, o desenvolvimento das alterações climáticas, a instalação termoacústica, a possibilidade de jardins urbanos, entre outros (BOLENTINE, 2018).

Entre suas principais vantagens, uma estrutura de eco telhado sozinho é capaz de armazenar mais de 65% da água da chuva no período seco e até 35% no período chuvoso, que varia de acordo com a frequência respiratória diária, diferentemente dos telhados convencionais (BRUNO, 2016)

Segundo Bolentine (2018) quando a temperatura é alta, o poder regenerativo do substrato para reter água alta. Além disso, a capacidade de armazenamento de água pode variar de acordo com o tipo e tamanho do telhado verde, o clima local e outros fatores. Por isso, é recomendável que um profissional especializado avalie as condições locais e as necessidades específicas do projeto para determinar a capacidade de armazenamento de água do telhado verde e as opções de uso.

Contudo o telhado não é projetado para armazenar água de chuva. Em vez disso, a água da chuva escoar pelo telhado e é coletada por calhas, que direcionam a água para baixo do edifício ou um reservatório, muitas vezes, para o sistema de drenagem urbana (BIANCO, 2016)

Portanto, existe uma relação direta entre o modelo de cobertura e seu nível de armazenamento e vazão de água, isto é, o sistema de cobertura influencia na quantidade de água reaproveitada para fins não potáveis e a que vai direto para o solo, denominada chuva (BOLENTINE, 2018).

Outro fator importante é a redução das “ilhas calor”, um sistema de temperaturas urbanas causado pela substituição da cobertura vegetal em prédios públicos. Este efeito acelera os processos químicos responsáveis pela poluição do ar e pelo efeito estufa, além de aumentar os níveis de consumo de energia (BIANCO, 2016)

No mais, a evapotranspiração das plantas no telhado verde pode ajudar a resfriar a superfície do telhado e o ar circundante, reduzindo a temperatura local. A vegetação também pode ajudar a reduzir a poluição do ar, que é outra causa da ilha de calor urbana. (DE JESUS, 2018).

Para Bolentine (2018) é possível reaproveitar a água proveniente do telhado verde para fins não potáveis e assim aumentar a economia, como no caso da lavagem de carros e vias. Deste modo, o armazenamento dessa água contribui para a redução da quantidade de água que é derramada no solo, minimizando problemas como deslizamentos de terra, enchentes e a poluição de rios e córregos.

Desta forma, é necessário trazer informações das vantagens e desvantagens do telhado verde em comparação com o telhado convencional, estas podem variar dependendo das necessidades e objetivos específicos do projeto. No entanto, no quadro 1 estão algumas das vantagens e desvantagens gerais do telhado verde em comparação com o telhado convencional:

Quadro 1 - Vantagens e desvantagens do telhado verde em comparação com o telhado convencional.

	Vantagens	
	Telhado verde	Telhado convencional
Agricultura urbana :	Produzir alimentos sobre telhados é tecnicamente possível, viável economicamente e ajudará a economizar toneladas de combustível no transporte de alimentos.	Não se aplica.
Controle de inundações:	A água da chuva fica retida, onde uma parte é evaporada, reduzindo o volume total do escoamento superficial. O resultado é que menos água chega ao nível do solo.	A água da chuva é recolhida pelas calhas e todo o volume é direcionado para o solo se não tiver um reservatório para captação dessa água.
Eficiência Energética:	Telhado verdes reduzem os gastos com energia elétrica, melhorando o conforto térmico e reduzindo os gastos com resfriamento do ambiente (ar-condicionado).	Dependendo do tipo de telhado/telha pode haver uma alteração considerável no ambiente tornando necessário o uso de um aquecedor condicionado gerando

		mais gastos com energia elétrica.
Redução de ilha de calor:	Telhados verdes atuam na mitigação deste efeito, reduzindo a área de superfícies impermeáveis da cidade que causam grandes elevações na temperatura.	Telhados convencionais contribuem para o aumento de área impermeável
Filtragem de Água:	Além de atuar como um filtro mecânico de partículas, alguns tipos especiais de substrato utilizados para cultivo de plantas em telhado e coberturas podem funcionar como reguladores de pH e como filtros de íons.	Não se aplica
Qualidade do Ar:	O ar próximo aos telhados verdes fica mais úmido e frio durante o verão. A cobertura vegetal atrai e absorve grande volumes de poeira e poluição na superfície das folhas, ajudando a fazer um ar mais limpo e saudável.	Telhados convencionais não melhoram em nada
Aumento da Área Útil:	A área impermeável nas cidades chega a somar 75% de sua área total. Telhados verdes podem adquirir um papel totalmente novo no dia-a-dia das cidades.	Não se aplica
Valorização de imóveis:	Jardins são cada vez mais valorizados nas cidades, ajudando a valorizar os imóveis onde estão locados. Telhados verdes já começam a se destacar como um item de diferenciação para venda e locação de imóveis.	Telhados convencionais mais caros geram uma valorização do imóvel.
Conforto Acústico:	Telhados verde promovem conforto e até mesmo o isolamento acustico, através da ação tanto do substrato com das plantas. Um telhado verde com 12 centímetros de substrato pode reduzir a transmissão de sons em até 40db.	Necessário fazer o isolamento acustico de acordo com a norma ou de acordo com a necessidade.

Fonte: Lima (2019)

	Desvantagem	
Investimento	Alto custo inicial	Baixo custo inicial
Mão de obra	Requer mão de obra especializada	Não requer mão de obra Especializada
Infiltração	Caso o sistema não seja aplicado de forma correta, pode gerar infiltração de água e umidade no edifício.	Caso o sistema não seja aplicado de forma correta, pode gerar infiltração de água e umidade no edifício.
incêndios	Maior cuidado com incêndios e ventos.	Menor cuidado com incêndios e ventos.

Fonte: Lima (2019)

Dessa forma, para garantir o bom funcionamento do telhado verde, é necessário tomar medidas e cuidados específicos, incluindo a escolha adequada das plantas, preparação adequada do substrato, sistemas de irrigação e drenagem adequados, manutenção regular, acompanhamento técnico, proteção contra ação humana, cuidados com a impermeabilização e uso controlado de fertilizantes e produtos químicos (MAGALHÃES, 2015)

A implementação adequada dessas medidas e cuidados pode ajudar a garantir o sucesso do telhado verde e maximizar seus benefícios ambientais e econômicos. Conforme a figura 2.

Figura 2 – Vantagens e desvantagens do telhado verde



Fonte: BALDESSAR (2014).

Com a implantação do telhado verde foi possível demonstrar os objetivos e explicar como proteger o meio ambiente, bem como promover a sustentabilidade e contribuir para a manutenção e expansão da construção civil (ALMEIDA et al, 2018)

De acordo com Cunha (2021), um telhado verde é considerado mais leve em comparação a um telhado convencional devido a algumas etapas construtivas.

No entanto, apesar do menor custo de materiais, o telhado verde pode apresentar um maior custo de mão de obra, devido à falta de conhecimento e de profissionais especializados, o que pode levar à preferência contínua por coberturas padrão devido ao baixo custo (MAGALHÃES, 2015)

Por outro lado, o telhado convencional é mais complexo, possui mais detalhes e, conseqüentemente, tem custos mais elevados em termos de materiais de construção (ALMEIDA et al, 2018)

3. A RESPEITO DA SUSTENTABILIDADE

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, o setor de construção desempenha um papel fundamental na consecução das metas globais de desenvolvimento sustentável. A indústria da construção como um setor de atividade humana que consome os recursos naturais e o uso pesado de energia, criando um impacto ambiental significativo. Estima-se que mais de 50% dos resíduos sólidos gerados por todas as atividades humanas sejam provenientes da construção civil (POMPÊO, 2020)

Segundo Baldessar (2014) que menciona o desenvolvimento sustentável que se refere ao desenvolvimento sustentável, desenvolvimento que atenda às necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades.

Com o desenvolvimento das operações de tecnologia, novas soluções estão surgindo, porém mais eficientes do que as descritas acima, é preciso de cuidados para ser mais eficiente no uso de recursos naturais que causam impacto ambiental (POMPÊO, 2020)

Portanto, ao longo dos anos, os princípios do desenvolvimento sustentável foram publicados para fazer as pessoas perceberem que devem se preocupar em reduzir seu impacto ambiental. Por isso, em busca de alternativas para exercer influência, foi realizada no Rio de Janeiro a Conferência das Nações Unidas, que incluiu um plano para orientar mudanças no desenvolvimento, garantir o desenvolvimento sustentável como base, fortalecer a democracia e a cidadania na sociedade (BALDESSAR, 2014).

4. SOBRE OS BENEFÍCIOS E DESVANTAGENS DO TELHADO VERDE

Segundo De Jesus (2018), existem ondas de calor estáticas causadas pelo calor de locais e edifícios durante o verão, que auxilia na movimentação de partículas de poeira e sujeira encontradas no solo, transportadas e distribuídas no ar de tal forma que é perigoso para a saúde humana.

As plantas do telhado verde absorvem gases poluentes, como dióxido de carbono (CO₂), óxido de nitrogênio (NO_x) e dióxido de enxofre (SO₂), através dos estômatos presentes nas folhas. O CO₂ é utilizado pelas plantas no processo de fotossíntese, enquanto os poluentes são absorvidos pelas raízes das plantas e podem ser decompostos e transformados em nutrientes pelo solo (REDA et al, 2016)

Muitas são as vantagens para investir na implantação de coberturas verdes que são elas: diminuição da ilha de calor; ajuda na realização da drenagem referente à água da chuva; coleta o gás carbônico e gera oxigênio; ajuda no isolamento térmico e esfriamento por evaporação; além de serem bonitos e estilosos (TASSI et al, 2015)

A utilização desse sistema construtivo de coberturas verdes tem como efeito a redução da poluição, melhorando a qualidade do ar urbano, impedindo o escoamento de poluentes (DE JESUS, 2018). Acerca dos benefícios ambientais, sociais e econômicos, têm-se:

a) Redução do efeito de ilha de calor urbano: Os telhados verdes podem reduzir a temperatura da superfície e do ar em áreas urbanas, minimizando o efeito de ilha de calor urbano, que é um problema ambiental causado pela concentração de calor nas áreas urbanas devido à presença de materiais impermeáveis, como concreto e asfalto.

b) Melhoria da qualidade do ar: As plantas nos telhados verdes absorvem gases poluentes e partículas finas do ar, ajudando a melhorar a qualidade do ar.

c) Redução do escoamento pluvial: Reduzem o escoamento pluvial, uma vez que as plantas e o solo retêm a água da chuva e reduzem a quantidade de água que entra nos sistemas de esgoto e de drenagem pluvial.

d) Isolamento térmico: Os telhados verdes podem ajudar a reduzir os custos de aquecimento e ar condicionado, uma vez que as plantas ajudam a isolar o edifício, mantendo a temperatura mais constante.

e) Aumento da biodiversidade: Fornecem habitats para pássaros, insetos e outras espécies animais, aumentando a biodiversidade nas áreas urbanas. f) Redução do ruído: As

camadas de solo e plantas nos telhados verdes ajudam a absorver o ruído, reduzindo o barulho da cidade.

g) Melhoria da saúde e bem-estar: Melhoram a qualidade de vida das pessoas que vivem e trabalham nas proximidades, oferecendo uma paisagem agradável e um ambiente mais saudável e natural.

h) Redução das ilhas de calor no inverno: ajudam a manter a temperatura ambiente mais constante e evitar variações extremas de temperatura no inverno.

Segundo Tomaz (2015), um telhado verde pode ser aplicado a todos os tipos de edifícios, sendo eles residenciais e comerciais, como casas, supermercados e indústrias. No que diz respeito à aplicabilidade do telhado verde, é melhor instalá-lo em um telhado ou uma laje de uma inclinação aproximada de 5° para garantir que a água irá fluir através do telhado.

De acordo Alberto et al (2014) aponta as principais vantagens do sistema:

- Agricultura urbana: A produção de alimentos nos telhados é tecnicamente possível, economizando combustível no transporte de alimentos.
- Proteção contra inundações: A água da chuva é armazenada onde evapora, reduzindo a quantidade total de inundações. Como resultado, menos água atinge o solo.
- Eficiência energética: telhados verdes reduzem os custos de energia, melhoram o conforto térmico e reduzem o custo de refrigeração do ambiente (ar condicionado).
- Redução da ilha de calor: Os telhados verdes atenuam esse efeito reduzindo a área de áreas urbanas impenetráveis que causam um aumento significativo na temperatura.
- Estética Urbana: Uma visão simples da zona verde pode trazer benefícios para a saúde humana.
- Filtragem de Água: Alguns substratos especiais usados em telhados e telhados para plantio podem funcionar não apenas como um filtro de partículas mecânicas, mas também como reguladores de pH e filtros de íons.
- Qualidade do ar: O ar perto dos telhados verdes fica úmido e frio no verão. A cobertura vegetal atrai e absorve grandes quantidades de poeira e detritos na superfície das folhas, ajudando a purificar o ar e a melhorar a saúde.
- Aumentar a área útil: uma área impenetrável nas cidades equivale a 75% da sua área total. Os telhados verdes podem desempenhar um novo papel nas cidades comuns e ser úteis para espaços tradicionalmente subutilizados.
- Valorização de imóveis: os jardins são cada vez mais valorizados nas cidades, o que contribui para a avaliação das propriedades em que são alugados. Telhados verdes já surgiram como uma característica especial para a venda e aluguel de imóveis.

Segundo Mendes (2014), as desvantagens da instalação de um telhado verde são as seguintes:

- Um sistema de construção mais caro.
- Custos de manutenção podem ser maiores, dependendo do tipo de telhado verde escolhido.
- Infiltração, dependendo da qualidade da impermeabilização.

- Os sistemas de escoamento são mais complexos, resultando em reparos de maior custo.
- Alguns tipos de telhados verdes exigem estruturas mais resistentes para suportar o peso adicional da construção do telhado verde.

São diversas desvantagens que são: alto custo inicial, mão de obra especializada e caso o sistema do telhado verde não seja aplicado de forma correta, pode ocasionar infiltração de água e umidade na edificação (FERREIRA, 2017).

Apesar de trazer bastantes benefícios para o homem e para o meio ambiente o telhado verde tem suas desvantagens, que são elas: custo maior; mais energia empregada na fabricação; sujeita a vazamentos caso a instalação não seja bem executada; falta de especialização na área; além de cuidados com o vento e fogo, para que não haja sinistros (FERREIRA, 2015).

4.1 Ilhas de calor

De acordo com Alves (2011), as ilhas de calor são formadas em áreas urbanas devido à interação de diversos fatores, como a radiação solar, a umidade do ar, a cobertura vegetal, a geometria urbana e a atividade humana. O processo de urbanização é apontado como um dos principais fatores que contribuem para a formação das ilhas de calor.

Esses fatores que influenciam a temperatura das cidades, é a alta concentração de materiais que possuem alta capacidade de absorção de calor durante o dia e baixa capacidade de reflexão, o que contribui para o aumento da temperatura do ar nas proximidades. Estes materiais incluem o asfalto das ruas, o concreto das calçadas e edifícios, tijolos e outros elementos com características térmicas semelhantes (ALVES, 2015).

A emissão de gases poluentes, principalmente devido a veículos e atividades industriais, é responsável pela retenção de calor próximo à superfície, aumentando a temperatura dessas áreas. Essa elevação da temperatura é causada igualmente pelas atividades humanas. Além disso, o adensamento de edificações característico dos centros urbanos, interfere na formação do fenômeno das ilhas de calor (FERREIRA, 2017).

Esse adensamento interrompe o fluxo natural dos ventos, que contribuiria para a ocorrência de temperaturas mais amenas e bloqueia a saída do ar quente proveniente do calor irradiado pelas superfícies, concentrando-o nas camadas mais baixas. Esse aspecto das cidades pode causar diferenças de temperaturas dentro da própria área urbana, em que o centro é mais quente do que os bairros vizinhos (TOMAZ, 2021 p.53).

A escassez de elementos naturais, como a vegetação e corpos d'água, é um fator que contribui para a formação das ilhas de calor nas áreas urbanas. A ausência de vegetação nas áreas urbanizadas e a redução da ocorrência de corpos d'água, que muitas vezes são canalizados ou suprimidos pela expansão do tecido urbano, são aspectos que afetam a capacidade das cidades em dissipar o calor. A vegetação ajuda a reduzir a temperatura e aumenta a umidade do ar, enquanto a presença de corpos d'água pode reduzir a temperatura da superfície e promover a circulação do ar (RIGHI,2016)

A ocorrência de ilhas tropicais é um grave problema ambiental, causado pelo mau planejamento das cidades, ou mesmo pela falta dele. Os efeitos adversos afetam muitas pessoas de diversas maneiras, não só causando temperaturas insalubres devido às altas temperaturas, mas também afetando diretamente a saúde humana e prejudicando a qualidade de vida de seus habitantes (PANZIERA,2015)

Os raios do sol incidem sobre uma superfície dura como o asfalto, o que por sua vez, aumenta a temperatura da superfície e o movimento das partículas de poeira. É um sinal de que os centros urbanos possuem coloração escura, facilitando a absorção do calor e não da luz, motivo pelo qual, segundo De Jesus (2018), as temperaturas nas áreas urbanas são cerca de 8°C mais elevadas do que nas cidades próximas.

Uma percentagem muito elevada de espaços verdes. Porém, o telhado verde, ao reduzir a temperatura, torna-se um forte parceiro na redução dessa situação, melhorando o aquecimento da edificação, protegendo-a das altas temperaturas no verão e ajudando a manter a temperatura interna no inverno e assim diminuindo o uso do ar condicionado para refrigeração do ambiente (DE JESUS, 2018).

4.2 Isolamento térmico

As várias camadas utilizadas para a instalação de telhados verdes garantem que estes funcionem como isolantes térmicos, confirmando a ideia de que com um telhado verde não é necessário utilizar ar para arrefecer ou aquecer a ambiente. Os benefícios em melhorar o isolamento térmico dos edifícios vêm atrelado também à redução do consumo de energia necessário para aquecimento ou ar-condicionado (POMPÊO, 2020)

Em conformidade com o argumento anterior, “Isso ocorre devido às camadas de substrato e vegetação que compõem o telhado verde, que atuam como uma barreira térmica, ajudando a manter a temperatura interna do edifício mais constante” (RIGHI,2016).

Assim sendo, De Jesus (2018) afirmam que, durante o verão, as plantas e o substrato absorvem a radiação solar e evapo-transpiram a água, resfriando o ar ao redor e reduzindo a quantidade de calor que entra no edifício. Isso significa que menos energia é necessária para manter o interior fresco.

No inverno, a camada de substrato e vegetação funciona como um isolante térmico, reduzindo a quantidade de calor que escapa do edifício, mantendo assim a temperatura interna mais quente e reduzindo o consumo de energia para aquecimento. Desta forma, os telhados verdes também podem ajudar a prolongar a vida útil do telhado, protegendo-o dos efeitos do clima, como a radiação solar e as mudanças de temperatura (PANZIERA,2015).

O telhado verde também mantém a umidade constante ao redor do edifício, cria um clima limpo e limpa o ar ao redor do edifício, criando um micro ecossistema. Contribui para o combate ao efeito estufa, que aumenta as emissões de carbono na atmosfera e ao mesmo tempo traz mais harmonia, bem-estar e beleza aos moradores do edifício. Também atrai mais pontos comerciais, tornando-os mais visíveis, mesmo longe de pontos estratégicos (RIGHI, 2016).

4.3 Filtragem de água

A filtragem de água em telhados verdes é um processo importante para garantir a qualidade da água que é coletada e utilizada em sistemas de reutilização de água, irrigação de plantas entre outros fins. Existe algumas técnicas comuns utilizadas para a filtragem da água em telhados verdes, tais como: camada de substrato, camada de drenagem e filtro de membrana. (DE JESUS, 2018)

Destarte, os telhados verdes são compostos por várias camadas, cada uma com uma função específica. O substrato, por exemplo, é uma camada que ajuda a reter a água e fornece nutrientes para as plantas. De acordo com Costa et al. (2016), essa camada geralmente funciona como um filtro, retendo partículas maiores de sujeira e detritos. A camada de drenagem é outra camada importante, que permite que a água flua para fora do telhado verde.

Para filtrar partículas menores da água coletada, um filtro de membrana pode ser instalado abaixo da camada de drenagem. Importante ressaltar que a filtragem de água em telhados verdes deve ser mantida regularmente para garantir que o sistema funcione corretamente, e que a água coletada seja segura para uso. A manutenção inclui a limpeza das camadas, bem como a substituição dos filtros, conforme necessário (DE JESUS, 2018).

A implantação de um telhado verde e de um sistema de filtragem das águas pluviais e residuais da própria residência, melhora tanto a cobertura quanto a estrutura. A ideia desta cobertura com sistema de filtragem ajuda o aproveitamento da água limpa assim durar mais, pois a água limpa é um recurso limitado no nosso mundo, por isso, a reutilização é válida (CARLON, 2020)

4.4 Isolamento acústico

O isolamento acústico em telhados verdes é importante para reduzir a transmissão de ruídos externos para o interior do edifício, nos telhados verdes, é possível utilizar mantas acústicas que são colocadas entre as camadas do telhado verde, como a camada de impermeabilização e a camada de substratos (DE JESUS, 2018).

Isto posto, essas mantas ajudam a absorver o som e reduzir a transmissão de ruídos externos para o interior do edifício. Ora, é importante considerar a espessura dos substratos utilizados no telhado verde, pois quanto mais espesso, maior será a capacidade de isolamento acústico (RODRIGUES, 2018).

Por meio do substrato e das plantas, o telhado verde proporciona isolamento acústico. As plantas reduzem o ruído absorvendo a força do movimento e a força do calor, exposição e rotação ou dispersão. Um telhado verde com 12 cm de substrato, pode reduzir a transmissão de ruído em até 40db. Um estudo realizado em um hospital na Alemanha mostrou que a absorção e a vibração foram reduzidas em 2-3dB e as frequências mais altas foram melhor absorvidas (DE JESUS,2018).

5. APLICABILIDADE

Há mais de 3.500 anos surgiram as primeiras cidades, mas o processo de urbanização moderna começou por volta do século 18 como resultado da Revolução Industrial. E com o processo de construção de cidades maiores, surge uma nova situação onde a paisagem é transformada pelo espaço, incorporando plantas em grandes edifícios residenciais, industriais e comerciais (SILVA, 2016).

Todas essas mudanças têm impactos ambientais de longo alcance e telhados verdes podem ser uma solução viável, pois podem ser utilizados em telhados e lajes, com impermeabilização, drenagem dimensionada, 2% de declividade e 35% de declividade, e seu tamanho (até 75% com travas e barreiras) e estrutura que suporta sobrecarga (DE JESUS, 2018).

De acordo com a norma vigente (NBR 15352, NBR 9952), a NBR 15352:2017 estabelece os requisitos mínimos para o projeto, implantação e manutenção de sistemas de cobertura vegetada - telhados verdes, com o objetivo de promover a sustentabilidade, a redução do impacto ambiental e a melhoria do conforto térmico e acústico dos edifícios (RODRIGUES, 2018)

A norma aborda aspectos como a escolha dos materiais, a espessura mínima da camada de substrato, a seleção das espécies vegetais, entre outros. Para garantir a segurança da estrutura, é preciso considerar o dimensionamento das cargas na cobertura, levando em conta o peso que cada peça irá exercer na laje ou na cobertura. A partir desse cálculo, será possível escolher os produtos de drenagem mais adequados para o projeto (OURIVES, 2022)

Já a NBR 9952:1987 é uma norma mais antiga, que trata de coberturas ajardinadas em terraços e sacadas. Ela estabelece critérios para o dimensionamento e projeto das estruturas de suporte das coberturas ajardinadas, bem como para a escolha dos materiais utilizados, a execução e a manutenção do sistema (DE JESUS, 2018).

É importante ressaltar que as normas técnicas são importantes para garantir a segurança, a qualidade e a eficiência dos sistemas construtivos, incluindo os telhados verdes. Por isso, é recomendável seguir as orientações das normas ao projetar, instalar e manter um telhado verde ou cobertura vegetal (SOUSA, 2021)

De acordo com a NBR 15575, algumas plantas utilizadas em telhados verdes, como gramíneas e plantas lenhosas, podem ser agressivas para o sistema de impermeabilização, exigindo o uso de impermeabilizantes específicos para proteção das

raízes. Existem diferentes produtos disponíveis no mercado com diferentes níveis de garantia para essa finalidade.

Destarte, é fundamental considerar o transporte limitado de água disponível na região e o clima local para dimensionar adequadamente o sistema de drenagem, conforme os padrões estabelecidos pela ABNT na NBR 10844. A irrigação também deve ser cuidadosamente planejada de acordo com a variedade de plantas utilizadas, bem como o armazenamento de água. O custo da instalação de um telhado verde pode variar bastante dependendo dos materiais e complexidade do projeto.

Desta maneira, ratifica-se que na instalação de coberturas verdes devem ser contratadas empresas especiais para instalar este tipo de cobertura e é necessário criar as condições para a construção desta. Se o telhado verde for sobre laje, será necessário impermeabilizá-lo, no caso das telhas cerâmicas será necessário retirá-las e colocar placas de compensados que servirão de base para a estrutura da planta. (DE JESUS, 2018)

5.1 Manutenção

Segundo De Jesus (2018), para garantir a manutenção e operação de um telhado verde, é necessário passar por três etapas: manutenção da instalação, melhoria da manutenção e manutenção contínua.

Durante a implantação, na fase final, tem-se o cuidado de “colar” as plantas e o aparecimento de ervas daninhas. Desta forma, deve-se tomar cuidado para manter a rega regular, especialmente em épocas de seca. A fase de desenvolvimento nutricional consiste no cuidado de todas as plantas (ANTUNES, 2019).

De acordo com NBR 15575 e as recomendações de manutenção para telhados verdes, uma vez que as plantas estejam estabelecidas, é essencial regá-las regularmente para garantir sua sobrevivência contínua. Além disso, é importante verificar regularmente a presença de ervas daninhas, que podem prejudicar o desenvolvimento das plantas, bem como controlar possíveis pragas e realizar serviços de redução da vegetação verde (BAGUERIAN, 2017)

No caso de telhados verdes, é recomendável realizar visitas de manutenção uma ou duas vezes por ano, para verificar a presença de espécies indesejadas, como árvores. Caso as plantas apresentem sinais de fraqueza, pode ser necessário utilizar um fertilizante que contenha uma pequena quantidade de matéria orgânica para estimular seu crescimento. Essas

recomendações seguem as diretrizes estabelecidas pela NBR 15575 ou outra norma aplicável (TAVARES, 2019).

5.2 Tipos

Ao escolher um telhado verde, você precisa saber exatamente o propósito que deseja, escolhendo o tipo certo de telhado para instalar. O telhado verde é dividido em dois tipos: largo e profundo. Todos oferecem os mesmos benefícios, diferenciando-se no custo do atendimento, nas plantas utilizadas, nos substratos e na estrutura que suportará a superlotação da cobertura (RODRIGUES, 2018).

A classificação do telhado verde depende da vegetação, da manutenção, da irrigação, do sistema de acumulação de altura, do peso, do custo e da utilização. O telhado verde extensivo requer baixa manutenção e não necessita de irrigação, sendo composto por plantas como moss, sedum, ervas e gramíneas. O sistema de acumulação de altura varia de 60 a 200 mm e o peso do telhado é de 60 a 150 Kg/m². O custo é baixo e a utilização é como camada de proteção ecológica (TAVARES, 2019).

O telhado verde semi-intensivo requer manutenção periódica e irrigação periódica, sendo composto por plantas como gramíneas, arbustos e ervas. O sistema de acumulação de altura varia de 120 a 250 mm e o peso do telhado é de 120 a 200 Kg/m². O custo é médio e a utilização é como projeto de telhado verde. O telhado verde intensivo requer alta manutenção e irrigação regular, sendo composto por plantas como árvores perenes, arbustos e gramados. O sistema de acumulação de altura varia de 150 a 400 mm, podendo chegar a mais de 1000 mm para garagens subterrâneas, e o peso do telhado é de 180 a 500 Kg/m². O custo é alto e a utilização é como parque ou jardim (BAGUERIAN, 2017)

O Tipo de telhado verde tem suas próprias características e indicações, e a escolha do tipo adequado deve considerar as necessidades e objetivos como mostra na figura 2.

Figura 3 - Telhado verde extenso (1), semi-intensivo (2), intensivo (3).



Fonte: IGRA (International Green Roof Association) 2012

O telhado verde extenso (1) é caracterizado por requerer baixa manutenção e não necessitar de irrigação, sendo composto por plantas como moss, sedum, ervas e gramíneas. O sistema de acumulação de altura varia de 60 a 200 mm e o peso do telhado é de 60 a 150 Kg/m². É indicado como camada de proteção (BALDESSAR, 2015).

O telhado verde semi-intensivo (2) requer manutenção periódica e irrigação periódica, sendo composto por plantas como gramíneas, arbustos e ervas. O sistema de acumulação de altura varia de 120 a 250 mm e o peso do telhado é de 120 a 200 Kg/m². É indicado como projeto de telhado verde (SALEIRO *et al.* 2015).

O telhado verde intensivo (3) requer alta manutenção e irrigação regular, sendo composto por plantas como árvores perenes, arbustos e gramados. O sistema de acumulação de altura varia de 150 a 400 mm, podendo chegar a mais de 1000 mm para garagens subterrâneas, e o peso do telhado é de 180 a 500 Kg/m². É indicado como parque ou jardim (BAGUERIAN, 2017)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O telhado verde é uma opção de cobertura que vem ganhando cada vez mais popularidade em todo o mundo, principalmente em áreas urbanas, devido aos seus inúmeros benefícios ambientais e econômicos. O telhado verde pode ajudar a reduzir a ilha de calor urbana, melhorar a qualidade do ar, reduzir o escoamento de água da chuva e melhorar a eficiência energética do edifício, além de oferecer uma estética diferenciada e a possibilidade de criação de áreas verdes e de lazer no topo do edifício.

No entanto, para garantir o sucesso do telhado verde, é importante tomar medidas e cuidados específicos, como escolher as plantas adequadas, preparar adequadamente o substrato, projetar sistemas de irrigação e drenagem eficientes, realizar manutenção regular e contar com o acompanhamento de um profissional especializado. Além disso, é importante avaliar as condições locais e as necessidades específicas do projeto ao escolher entre o telhado verde e o telhado convencional.

Em suma, o telhado verde é uma opção de cobertura que pode oferecer diversos benefícios ambientais e econômicos, dentre os quais podemos citar: conforto térmico e acústico, valorização do imóvel, espaços verdes e lazer, além de ofertar um visual diferenciado ao imóvel. desde que seja projetado e mantido adequadamente. Com a crescente preocupação com a sustentabilidade e a busca por soluções mais eficientes e ecológicas na construção civil, o telhado verde se apresenta como uma alternativa promissora, capaz de promover a harmonia entre a infraestrutura urbana e a natureza.

Com a implementação adequada das medidas e cuidados necessários, o telhado verde pode não apenas trazer benefícios ambientais, mas também econômicos, como a redução dos custos de energia e água, além de proporcionar um ambiente mais agradável e saudável para as pessoas. Outrossim, o telhado verde é uma opção a ser considerada para quem busca uma construção mais sustentável e consciente.

No mais, existem lacunas relacionadas ao telhado verde, como a legislação brasileira e a regulamentação, usabilidade, durabilidade e cuidado. Finalmente, este estudo é um incentivo para o desenvolvimento de pesquisas futuras. Devem ser revistos dados de organizações que desejam cooperar e promover o tema em questão, comparar passos construtivos com outros fatores e construções, apresentar novas soluções para os problemas identificados neste trabalho e, concluímos que a eficácia da cobertura verde alicerça-se nos benefícios que ele atribui ao imóvel como por exemplo a redução da temperatura interna, além de oportunizar uma redução no consumo elétrica, com relação as

técnicas empregadas para a aplicação do telhado verde podemos dizer que não há a técnica mais adequada, pois tudo depende do tipo de cobertura verde que se quer usar, pois como descrito no corpo desse trabalho existem três tipos diferentes de cobertura e para cada uma existe uma sequência técnica a ser seguida e por fim, propomos que sejam implementadas propostas que tratem de autorização, execução técnica e normas para a construção de um telhado verde.

REFERÊNCIAS

ALBERTO, Eduardo Zarzur e cols. **Estudo do telhado verde nas construções**. XII Segurança , v. 1, p. 171-173, 2014.

ALVES, E. D. L. (2015). **Ilha de Calor ou Ilha Térmica: um conceito aberto à discussão**. Revista Espaço Acadêmico, 10(110), 124-129. Recuperado de <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/EspacoAcademico/article/view/9751>: Acesso em 10 agosto 2023.

ANTUNES, Julianna **A sustentabilidade na construção civil**,2019, <https://administradores.com.br/artigos/a-sustentabilidade-na-construcao-civil>:Acesso em 10 agosto 2023.

ALMEIDA, Samuel Costa; BRITO, Gabriela Pedroza; SANTOS, Silvana Melo. **Revisão Histórica dos Telhados Verdes: da Mesopotâmia aos dias atuais**. Revista Brasileira de Meio Ambiente , v. 2, n. 1, 2018.

ARAÚJO, Sidney Rocha de. **As funções dos telhados verdes no meio urbano, na gestão e no planejamento de recursos hídricos**. 2017.

BAGHERIAN, B. (Dezembro de 2017). **O que é uma cidade sustentável?** Fonte: Baharash Architecture: <https://www.baharash.com/what-is-a-sustainable-city/>. Acesso em: 20 agosto 2023.

BALDESSAR, Silvia MN. **Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada**. UFPR, PPGE. Curitiba, 2014.

BIANCO, Thiago. **Gramma Esmeralda é Ideal Para Criar Telhado Verde**. Gramas Guarujá. 2016. Disponível em: <https://www.gramasguaruja.com.br/sem categoria/gramas-esmeralda-e-ideal-para-criar-telhado-verde/>. Acesso em: 20 agosto 2023.

BOLENTINE, Leonardo Chaves; PAULA, Lucas Idari Lima de; SANTANA, Thaila Santos de. **Telhado Verde: Análise Comparativa de Vantagens Econômico Sustentáveis com o**

Telhado Convencional. 2018. Disponível em: <http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/1622/2/BANNER%20Telhado%20Verde%20An%c3%a1lise%20Comparativa%20de%20Vantagens%20Econ%c3%b4micoSustent%c3%a1veis%20com%20o%20Telhado%20Convencional.pdf>. Acesso em: 20 agosto 2023.

BRUNO, M. (Abril de 2016). **Projeto da bancada experimental de telhado verde para estudo de retenção e retardo de águas pluviais.** Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10016748.pdf>, Acesso em: 20 agosto 2023.

CASTLETON, Holly Faye e cols. **Telhados verdes; construção de economia de energia e o potencial para retrofit.** Energia e edifícios , v. 42, n. 10, pág. 1582-1591, 2013.

CARLON, M. R. (2020). **Percepção dos atores sociais quanto às alternativas de implantação de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva em Joinville - SC.** Universidade do Vale do Itajaí. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Marcia-Regina-Neumann/publication/216729106_Percepcao_dos_Atores_Sociais_Quanto_as_Alternativas_de_Implantacao_de_Sistemas_de_Captacao_e_Aproveitamento_de_Agua_de_Chuva_em_Joinville-SC/links/00c0201b9a3374d3682a91ed/Percepcao-dos-Atores-Sociais-Quanto-as-Alternativas-de-Implantacao-de-Sistemas-de-Captacao-e-Aproveitamento-de-Agua-de-Chuva-em-Joinville-SC.pdf . Acesso em: 20 agosto 2023.

COSTA, J., Costa, A., & Poletto, C. (2016). **Telhado Verde: redução e retardo do escoamento superficial.** Revista de Estudos Ambientais, v. 14, n. 2, edição especial, p. 50-56.

CORSINI, R., **Infraestrutura Urbana. Telhado Verde.** Disponível em: < <http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/16/1-telhado-verde-cobertura-de-edificacoes-com-vegetacao-requer-260593-1.aspx>> Acesso em: 20 agosto 2023.

CUNHA, Bruna Rafaela Glória; BACELAR, Ghislaine Raposo. **TELHADOS VERDES: ESTUDO DE SISTEMAS ESTRUTURAIS BIOLÓGICOS COMO TÉCNICA VIÁVEL**

PARA EQUILÍBRIO DO ECOSISTEMA. Revista Base Científica – ISSN:2675-7478,v.2, n.1, p. 30-42. Julho de 2021. Disponível em: <https://revistabase.com.br/2021/07/20/telhados-verdes-estudo-de-sistemas-estruturais-biologicos-como-tecnica-viavel-para-equilibrio-do-ecossistema/> Acesso em: 20 agosto 2023.

DE JESUS SANTANA MARIA LAINA, **TELHADO VERDE “REVISÃO BIBLIOGRÁFICA,** 2018. Disponível em: https://www2.ufrb.edu.br/bcet/components/com_chronoforms5/chronoforms/uploads/tcc/20190604193523_2017.2_TCC_Laina_Maria_Santana_De_Jesus_Telhado_Verde_Revisao_Bibliografica.pdf : Acesso em: 20 agosto 2023.

FERREIRA, César Argentieri; MORUZZI, Rodrigo Braga. **Considerações sobre a aplicação do telhado verde para captação de água de chuva em sistemas de aproveitamento para fins não potáveis.** Encontro nacional, v. 4, p. 1027-1036, 2017.

FERREIRA, Bruno Zafalon Martins; COSTA, Camila Correia da. **Sustentabilidade nas edificações: telhado verde.**2015. 112f. Trabalho de Conclusão (Graduação em Engenharia Civil) –Universidade Positivo, Curitiba 2015.

HENEINE, M. C. A. de S. **Cobertura Verde.**Monografia (Especialização em Tecnologia e produtividade das construções) -escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

HENRIQUE, W. (2020). **O direito à natureza na cidade.** EDUFBA.

KARCZMARCZYK, Agnieszka; BARYLA, Anna; ÔNIBUS, Agnieszka. **Efeito de agregados de drenagem P-reativos na qualidade do escoamento superficial de telhados verdes.** Água , v. 6, n. 9, pág. 2575-2589, 2018.

LIMA C. A. de S., Raimar Almeida da SilvaJ., & FontinelesF. H. S. (2019). **TELHADOS VERDES E TELHADOS CONVENCIONAIS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA SOB A ÓTICA DA RELAÇÃO DE CUSTO-BENEFÍCIO.** *Revista Artigos. Com,* 10, e2050. Recuperado de

<https://acervomais.com.br/index.php/artigos/article/view/2050> Acesso em 25 agosto 2023.

LIU, Rui; COFFMAN, Reid. **Agregado leve feito de material dragado na construção de telhado verde para gerenciamento de águas pluviais**. Materiais, v. 9, n. 8, pág. 611, 2016.

MAGALHÃES, Francisca Rodrigues et al. **Avaliação de condicionadores em solo para uso em telhados verdes com vistas à retenção hídrica**. 2015.

MARQUES, Suelem Bertollo; BISSOLI-DALVI, Márcia; ALVAREZ, Cristina Engel de. **Políticas públicas em prol da sustentabilidade na construção civil em municípios brasileiros**. Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 10, p. 186- 196, 2018.

MENDES, B. H. E. (2014) **Tetos verdes e políticas públicas uma abordagem multifacetada**. Universidade de São Paulo (USP). São Paulo.

MORUZZI, Rodrigo Braga; MOURA, Cinthia Cristine de; BARBASSA, Ademir Pacelli. **The effect of slope and of antecedent soil moisture on quality and quantity of stored, percolated and retained fractions on extensive green roofs**. Ambiente Construído, v. 14, p. 59-73, 2014.

NASCIMENTO, W. C. do; FREITAS. M. do C. D; SCHMID, A. **Coberturas verdes: A renovação de uma ideia**. Universidade Federal do Paraná, Paraná, out. 2018. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/2008/artigos/A2311.pdf>. Acesso em: 25 agosto 2023.

NETO, Ethel Geraldo Canabrava et al. **Telhado verde: alternativa sustentável para a drenagem do escoamento superficial**. Mix sustentavel, v. 7, n. 2, p. 125-136, 2021.

OURIVES, Letícia da Silva Baie. **Aplicação de Telhado Verde Como Prática Sustentável em edificações**. 2022.

PANZIERA, André Gonçalves et al. **Desempenho de diferentes tipos de telhado verde no conforto térmico urbano na cidade de Santa Maria, RS.** *Disciplinarum Scientia| Naturais e Tecnológicas*, v. 16, n. 3, p. 445-457, 2015.

POMPÊO, C.A. **Drenagem Urbana Sustentável.** *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 5, n. 1, p.15-23, 2020

REDA, A. L. L.; TANZILLO, A. A.; COSTA, G. B. **Telhados Verdes: uma proposta econômica em busca do desenvolvimento urbano sustentável.** In: Congresso Brasileiro de Avaliação de Impacto, São Paulo, 2016.

RIGHI, Débora Pedroso et al. **Cobertura verde: um uso sustentável na construção civil.** *Mix Sustentável*, v. 2, n. 2, p. 29-36, 2016.

RODRIGUES, Cleber; GONÇALVES, José Roberto Moreira Ribeiro. **TELHADO VERDE E ECONOMIA DE ENERGIA.** *Projectus*, v. 3, n. 4, p. 72-89, 2018.

SALEIRO FILHO, MO et al. **Além de um diálogo reservado com as estrelas: O processo de formação e transformação do terraço-jardim em telhado verde.** *RCT-Revista de Ciência e Tecnologia*, v. 1, não. 1 pág. 12 de 2015. Disponível em https://www.academia.edu/79109986/Alem_De_Um_Dialogo_Reservado_Com_as_Estrelas_O_Processo_De_Formacao_e_Transformacao_Do_Terraco_Jardim_Ao_Telhado_Verde, Acesso em: 25 agosto 2023.

SILVA, N. D. (Agosto de 2016). **Telhado verde: sistema construtivo de maior eficiência e menor impacto ambiental.** Disponível em https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS_9AEGBV/1/telhado_verde__sistema_construtivo_de_maior_efici_ncia_e_menor_impacto__ambiental.pdf Acesso em: 25 agosto 2023.

SOUSA, Heron Viterbre Debique et al. **Os benefícios do telhado verde e a sua utilização pela construção civil.** *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 13, n. 2, 2021.

TAVARES, Klarissa Dantas et al. **Edificações públicas: análise da implantação de telhados verdes em Universidades Federais brasileiras.** 2019.

TASSI, Rutinéia et al. **Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais**. Ambiente Construído, v. 14, p. 139-154,2016.

TOMAZ, Maria Alexsandra; TOMAZ, Antonio Alex Dayson. **ATITUDES SUSTENTÁVEIS QUE PODEM DIMINUIR OS IMPACTOS DO AQUECIMENTO GLOBAL**. Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente, v. 2, n. 3, pág. 03- 03, 2021. See More

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva: Para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo:Navegar Editora, 2015. 180p.

WEILER, S. K.; SCHOLZ-BARTH, K. **Green Roof Systems – A Guide to the Planning, Design and Construction of Landscapes over Structure**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2019.

YANG, junho; YU, Qian; GONG, Peng. **Quantificando a remoção da poluição do ar por telhados verdes em Chicago**. Ambiente atmosférico , v. 42, n. 31, pág. 7266-7273, 2016.