

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

MARINA CORBELLI CAMILÔTO

USO DE TELHADOS VERDES EM EDIFICAÇÕES

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2020**

MARINA CORBELLI CAMILÔTO

USO DE TELHADOS VERDES EM EDIFICAÇÕES

Relatório final, apresentado a Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Fernando da Costa Baêta

MARINA CORBELLI CAMILÔTO

USO DE TELHADOS VERDES EM EDIFICAÇÕES

Relatório final, apresentado a Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental.

APROVADA: 30 de novembro de 2020.

Assentimento:

Marina Corbelli Camilôto
Autora

Fernando da Costa Baêta
Orientador

AGRADECIMENTOS

Dedico esse trabalho em primeiro lugar a Deus, que me deu saúde e forças para superar todos os momentos difíceis a que eu me deparei ao longo da minha graduação.

A minha mãe, Lúcia, por todos os ensinamentos, esforços, proteção e apoio incondicional, e por sempre me proporcionar a melhor educação possível.

Ao meu padrasto, Vitor, por não medir esforços para me auxiliar durante os anos de faculdade.

Ao meu irmão, Gustavo, por toda a paciência, convivência e cumplicidade.

Ao meu namorado Francisco, por ser meu maior incentivador a ser uma pessoa melhor e nunca desistir dos meus sonhos.

Ao professor Fernando da Costa Baêta, orientador deste trabalho, por todos os ensinamentos, confiança e apoio prestado, sendo fundamental para que eu pudesse evoluir a cada dia.

Aos amigos da graduação e da vida, pela companhia e pelas lembranças que levarei sempre comigo.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), pela oportunidade de realização do curso e ao Departamento de Engenharia Agrícola (DEA), pela oportunidade de desenvolver este trabalho.

E a todos demais familiares e amigos que de alguma maneira me mantiveram convencida da minha capacidade e sempre acreditaram em mim, deixo um agradecimento eterno.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”.

Madre Teresa de Calcutá

RESUMO

A implementação de vegetação nos telhados é um dos mais recentes campos das pesquisas ambientais que buscam soluções ecológicas e sustentáveis a fim de melhorar a qualidade de vida rural e urbana. Neste sentido, com este trabalho busca-se apresentar os tipos e técnicas construtivas de telhados verdes que possuam benefícios ambientais, principalmente fazendo uso de materiais renováveis, e comparar esses sistemas com coberturas tradicionalmente utilizadas, verificando as suas viabilidades econômicas. Neste contexto, devendo-se considerar, não só o custo de implantação, mas também, a vida útil da cobertura e o seu desempenho global ao longo do tempo. Em complemento, busca-se apresentar também as legislações e normas vigentes que incentivam a implementação desses sistemas no país. Dessa forma, encontrou-se então os resultados simplificados de telhados verdes Modular, Flat e Kaatop, além de normas e leis que incentivam suas implementações, porém não foram encontradas normas técnicas de caráter construtivo no Brasil.

Palavras-chave: ambiente; custo; legislação; norma; telhado verde

ABSTRACT

The implementation of vegetation on the roofs is one of the most recent fields of environmental research that seeks ecological and sustainable solutions in order to improve the quality of rural and urban life. In this sense, this work seeks to present the types and construction techniques of green roofs that have environmental benefits, mainly using renewable materials, and to compare these systems with traditionally used roofs, verifying their economic viability. In this context, considering not only the cost of implementation, but also the useful life of the coverage and its overall performance over time. In addition, it seeks to present also the laws and regulations in force that encourage the implementation of these systems in the country. Thus, the simplified results of Modular, Flat and Kaatop green roofs were found, as well as norms and laws that encourage their implementation, but no constructive technical standards were found in Brazil.

Keywords: cost; environment; green roof; legislation; standard;

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - REPRESENTAÇÃO DOS JARDINS SUSPENSOS DA BABILÔNIA	18
FIGURA 2 - CASA HEHE – TANSÂNIA	19
FIGURA 3 - ALDEIA NOVA, TRANCOSO ABRIGO DE PEDRA	19
FIGURA 4 - OCAS INDÍGENAS	20
FIGURA 5 - RUDOLPH ARONSON’S CASINO THEATER	21
FIGURA 6 - MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA - RIO DE JANEIRO.....	22
FIGURA 7 - ILUSTRAÇÃO ESQUEMÁTICA DOS DIFERENTES TIPOS DE TELHADO VERDE.....	25
FIGURA 8 - ESTRUTURA DE UM TELHADO VERDE INTENSIVO	26
FIGURA 9 - SISTEMA INTENSIVO EM UMA LAJE DE PRÉDIO	26
FIGURA 10 - SISTEMA INTENSIVO EM UM EDIFÍCIO EM HOUSTON, USA	27
FIGURA 11 - SISTEMA INTENSIVO EM UM EDIFÍCIO EM BELOIT, USA.....	27
FIGURA 12 - ESTRUTURA DE UM TELHADO VERDE EXTENSIVO.....	28
FIGURA 13 - SISTEMA DE UM TELHADO VERDE EXTENSIVO SOBRE A COBERTURA DE UMA CASA	28
FIGURA 14 - SISTEMA DE TELHADO VERDE EXTENSIVO SOBRE UMA LAJE EM CHIGAGO, USA. ..	29
FIGURA 15 - SISTEMA DE TELHADO VERDE EXTENSIVO SOBRE UMA COBERTURA EM CHIGAGO, USA	29
FIGURA 16 - ESTRUTURA TELHADO VERDE SEMI-INTENSIVO	30
FIGURA 17 - SISTEMA DE TELHADO VERDE SEMI-INTENSIVO - INDIANÓPOLIS, USA	30
FIGURA 18 - SISTEMA DE TELHADO VERDE SEMI-INTENSIVO - BOSTON, USA.....	31
FIGURA 19 - CAMADAS DE UM TELHADO VERDE BÁSICO	32
FIGURA 20 - TIPOS DE SUBSTRATOS	34
FIGURA 21 - SISTEMAS MODULARES DE TELHADOS VERDES E CORTE REPRESENTATIVO, EXPONDO O DRENO	35
FIGURA 22 - SISTEMAS DE MÓDULOS RECÉM-PLANTADOS	36
FIGURA 23 - SISTEMAS DE MÓDULOS EM DESENVOLVIMENTO	36
FIGURA 24 - ESTRUTURAÇÃO COMPLETA CONTENDO TODAS AS CAMADAS DE UMA COBERTURA VERDE.....	38
FIGURA 25 - SISTEMA MODULAR PARA TELHADO VERDE	39
FIGURA 26 - BANDEJA UTILIZADA NO SISTEMA MODULAR PARA TELHADO VERDE.....	39
FIGURA 27 - LINGUETAS UTILIZADAS NO ENCAIXE	40
FIGURA 28 - DISTRIBUIÇÃO DAS BANDEJAS	41
FIGURA 29 - PREENCHIMENTO COM SUBSTRATO.....	41

FIGURA 30 - RALOS ABERTOS	41
FIGURA 31 - PREENCHIMENTO DOS COMPARTIMENTOS DO RALO COM SEIXOS DE ALTA GRANULOMETRIA.....	42
FIGURA 32 - SISTEMA DE GOTEJAMENTO	42
FIGURA 33 - SISTEMA DE ASPERSÃO SOBRE TELHADO VERDE	42
FIGURA 34 - DETALHAMENTO DO TELHADO VERDE COM SISTEMA MODULAR.....	43
FIGURA 35 - METRÔ JARDIM OCEÂNICO – RIO DE JANEIRO.....	43
FIGURA 36 - ESTAÇÃO CENTRAL PARK – SÃO JOSÉ DO RIO PRETO	44
FIGURA 37 - SCHLUMBERGER – RIO DE JANEIRO	44
FIGURA 38 - SISTEMA FLAT DE TELHADO VERDE	45
FIGURA 39 - BANDEJA DE DRENAGEM DO SISTEMA FLAT PARA TELHADO VERDE.....	45
FIGURA 40 - DISTRIBUIÇÃO DAS BANDEJAS DE DRENAGEM NO SISTEMA FLAT PARA TELHADO VERDE.....	46
FIGURA 41 - DISTRIBUIÇÃO DA TELA SOBRE AS BANDEJAS NO SISTEMA FLAT PARA TELHADO VERDE.....	46
FIGURA 42 - RALOS ABERTOS NO SISTEMA FLAT PARA TELHADO VERDE	47
FIGURA 43 - PREENCHIMENTO COM SUBSTRATO NO SISTEMA FLAT PARA TELHADO VERDE	47
FIGURA 44 - GOTEJADORES EM SISTEMA FLAT PARA TELHADO VERDE.	47
FIGURA 45 - DETALHAMENTO SISTEMA FLAT PARA TELHADO VERDE	48
FIGURA 46 - CONDOMÍNIO ILHAPURA – RIO DE JANEIRO.....	48
FIGURA 47 - CASA COR – SÃO PAULO.....	48
FIGURA 48 - HOSPITAL DA RESTINGA – PORTO ALEGRE.....	49
FIGURA 49 - SISTEMA KAAATOP, EM CORTE	50
FIGURA 50 - SISTEMA KAAATOP, VISTO POR BAIXO.	51
FIGURA 51 - VISTA SUPERIOR DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA KAAATOP.....	51
FIGURA 52 - PLANTIO NO SISTEMA KAAATOP	52
FIGURA 53 - VEGETAÇÃO NO SISTEMA KAAATOP	52
FIGURA 54. SISTEMA KAAATOP PARA COBERTURA DE GARAGEM.	52
FIGURA 55 - COMPARAÇÃO ESCOAMENTO SUPERFICIAL ENTRE UM TELHADO VERDE E UMA COBERTURA CONVENCIONAL.	58
FIGURA 56 - TIPOS DE ÁREA PERMEÁVEL, VOLUME DE ÁGUA ESCOADA E GRAU DE POLUIÇÃO CORRESPONDENTE	60
FIGURA 57 - TELHADO VERDE FÁBRICA FORD – MICHIGAN.....	64

FIGURA 58 - PUBLICAÇÃO DO THE NEW YORK TIMES SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DOS TELHADOS VERDES.....	65
FIGURA 59 - PUBLICAÇÃO PELO BERLIN SOBRE O AVANÇO DO NÚMERO DE TELHADOS VERDES	66
FIGURA 60 - PUBLICAÇÃO PELO BARCELONA SOBRE OS TELHADOS VERDES NA CIDADE.....	67

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - DIFERENÇAS ENTRE OS TIPOS DE TELHADO VERDE.....	31
TABELA 2 - COMPARATIVOS ENTRE OS SISTEMAS MODULAR E FLAT.....	49
TABELA 3 - COMPARAÇÃO DA ÁGUA ESCOADA EM 3 SISTEMAS DE COBERTURA, LAJE IMPERMEABILIZADA, TELHA CERÂMICA E TELHADO VERDE, DURANTE O MÊS CONSIDERADO. ...	59
TABELA 4 - CO2 GERADO POR TONELADA DE CIMENTO PORTLAND.....	60
TABELA 5 - VALORES MÉDIOS DOS CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO SISTEMAS DE TELHADOS VERDES	63

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - DIFERENÇAS ENTRE A TEMPERATURA DO TELHADO VERDE (PRETO) E TEMPERATURAS DO AR (AZUL).....	52
GRÁFICO 2 - COMPARAÇÃO DA TEMPERATURA INTERNA DO AR (1 M ACIMA DO PISO), TEMPERATURA SUPERFICIAL DO FORRO E TEMPERATURA EXTERNA DO AR.....	53
GRÁFICO 3 - COMPARAÇÃO ENTRE TEMPERATURAS DAS SUPERFÍCIES INTERNAS DAS COBERTURAS: 1) AÇO GALVANIZADO; 2) FIBROCIMENTO ONDULADA; 3) LAJE PRÉ-MOLDADA, IMPERMEABILIZADA E PINTADA DE BRANCO; 4) COBERTURA VERDE LEVE; E 5) TELHA CERÂMICA.....	54
GRÁFICO 4 - VALORES DE TEMPERATURA AO LONGO DO DIA, EM DIFERENTES SUPERFÍCIES EXTERNAS DE COBERTURAS DE LAJE: BETUMADA, COM CASCALHO, COM TINTA CLARA REFLEXIVA, COM PLANTA ARTIFICIAL E COM VEGETAÇÃO.....	55

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

a.C. - Anos Antes de Cristo

CP - Cimento Portland

cm - Centímetro

CO₂ – Dióxido de Carbono

CV – Cobertura Verde

CVL - Cobertura Verde Leve

EPA - Environmental Protection Agency

FLL - Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (Sociedade de Pesquisa em Desenvolvimento e Construção da Paisagem)

IPTU - Imposto Predial e Territorial Urbano

kg - Quilograma

kg/m² - Quilograma por Metro Quadrado

kWh/m - Quilowatt-hora por mês

m - Metro

MCA - Metro de Coluna D'água

mm - Milímetro

NBR - Norma Técnica

NR - Norma Regulamentadora

O₂ - Oxigênio

ONU - Organização das Nações Unidas

p. - Página

PEAD - Polietileno de Alta Densidade

TCA - Termo de Compensação Ambiental

TBS - Temperatura de Bulbo Seco

TSI - Temperatura Superficial Interna

\$/m² - Dólar por Metro Quadrado

” - Polegada

°C - Graus Celsius

m² - Metro Quadrado

n° - Número

SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	6
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE GRÁFICOS	11
LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS	12
1 INTRODUÇÃO	16
2 REFERENCIAL HISTÓRICO E TÉCNICO	18
2.1 Origem dos telhados verdes	18
2.2 Sustentabilidade	22
2.3 Construção Civil	23
2.4 Tipos de telhados verdes	24
2.4.1 Sistema intensivo	25
2.4.2 Sistema extensivo	27
2.4.3 Sistema semi - intensivo	29
2.5 Composição construtiva	32
2.5.1 Estrutura de suporte	32
2.5.2 Vegetação	33
2.5.3 Substrato	33
2.5.4 Filtragem	34
2.5.5 Drenagem	35
2.5.6 Impermeabilização	36
2.5.7 Manta anti-raiz	37

2.5.8 Isolamento térmico e controle de vapor	37
2.6 Construções e técnicas atuais	38
2.6.1 Sistema modular	38
2.6.2 Sistema Flat	44
2.6.3 Sistema Kaatop	50
2.7 Vantagens dos telhados verdes	53
2.7.1 Blindagem das edificações aos raios solares	53
2.7.2 Isolamento térmico	54
2.7.3 Redução na variação de temperatura externa diária	56
2.7.4 Redução das ilhas de calor	57
2.7.5 Alívio dos sistemas de drenagem	58
2.7.6 Melhoria da qualidade da água drenada	59
2.7.8 Produção de o ₂ , absorção de co ₂ e filtragem do ar	60
2.7.9 Melhoria acústica da edificação	61
2.8 Telhados verdes em instalações rurais	61
2.9 Custos	62
2.10 Publicações internacionais	64
2.11 Normas e leis que incluem o uso de telhados verdes	67
2.11.1 Leis de compensação ambiental	67
2.11.1.1 Porto Alegre/RS: Lei Complementar 434/1999	67
2.11.1.2 Canoas/RS: Lei 5840/2004	67
2.11.1.3 São Paulo/SP: Decreto 53.889/2013 (alterado pelo Decreto 55.994/2015)	68
2.11.2 Normas de incentivos fiscais	68
2.11.2.1 Goiânia: Lei Complementar 235/2012	68
2.11.2.2 Guarulhos: Lei 6793/2010	68
2.11.2.3 Santos: Lei Complementar 913/2015	68

2.11.3 Leis que promovem a obrigatoriedade do uso	68
2.11.3.1 Recife/PE: Lei 18.112/2015	68
2.11.3.2 Guarulhos/SP: Lei 7031/2012	69
2.11.3.3 João Pessoa/PB: Lei 10.047/2013	69
2.11.4 Normas que promovem o uso por meio de certificações de sustentabilidade	69
2.11.4.1 Rio de Janeiro/RJ: Decreto 35.745/2012	69
2.11.4.2 Salvador: Decreto 25899/2015 (substituída pelo Decreto 29.100, de 2017)	69
2.11.5 Norma brasileira para telhado verde	70
3 CONCLUSÃO	71
4 REFERÊNCIAS	72

1 INTRODUÇÃO

A busca pela eficiência energética das edificações tem sido bastante enfatizada nos últimos tempos. Neste processo são considerados os materiais e as técnicas construtivas para a execução das edificações, assim como a sua utilização ao longo do tempo.

Por sua importância nas edificações, os telhados têm merecido consideração especial. Neste contexto aparece a possibilidade de maior utilização dos telhados verdes. Estes telhados vêm sendo empregados principalmente como proposta de diminuição dos impactos ambientais, quando comparados aos sistemas de coberturas convencionais. Com o passar do tempo, também as preocupações com o meio ambiente estão se intensificando. Neste sentido, para atender a eficiência energética e o meio ambiente, cresce o interesse pelo investimento nas coberturas ditas verdes, cujo sistema ficou conhecido como “solução verde” (QUINTELLA, 2012). Segundo o mesmo autor, ao longo dos anos, foram surgindo inúmeras pesquisas sobre distintos componentes deste tipo de cobertura, como membranas impermeabilizantes, drenagem, vegetação e também agentes inibidores de raízes o que incentivou a evolução das legislações, como por exemplo, na Alemanha nos anos 80, onde o emprego dos telhados verdes passou a ser estimulado por leis municipais, estaduais e federais, com subsídios de 35 a 40 marcos alemães por metro quadrado de cobertura a ser construída.

Na composição de uma cobertura verde estão diversos materiais que podem ser empregados, variando de acordo com a técnica empregada, espaço disponível, custo, tipo de cobertura da edificação, capacidade de suporte bem como a localização da área, pois as condições naturais podem interferir diretamente no tipo de espécies vegetais a serem utilizadas (BACOVIS, 2010).

Segundo a U. S. Environmental Protection Agency (EPA, 2008), a maioria dos estudos desenvolvidos voltados para as técnicas construtivas do telhado verde visaram quantificar e qualificar a atuação do mesmo na redução do volume de água de chuva escoado superficialmente e também na diminuição do desconforto térmico. O intuito desses estudos foi mostrar como a adição desse sistema pode ser aplicada em qualquer tipo de edificação, nos diferentes cenários urbanos e rurais. A agência reitera a necessidade de estimular o uso de mais tecnologias para a redução do número de materiais empregados em sua composição, de preferência renováveis, além da garantia de funcionamento dos mesmos, diminuindo a complexidade construtiva e o custo.

Por fim, presume-se que uma maior aceitabilidade deste tipo de cobertura, em nosso processo construtivo, passa pela desmistificação da complexidade e do custo de implantação do sistema, a partir do conhecimento sobre o assunto e benefícios do mesmo, fato também

corroborado por Nascimento (2008). O objetivo foi buscar todo referencial disponível técnico e legal para promover a elaboração e execução de projetos de telhados verdes, descrevendo os tipos, as etapas e as técnicas construtivas modernas de telhados verdes, além de realizar uma análise dos benefícios, custos de construção e normas vigentes para telhados verdes.

2 REFERENCIAL HISTÓRICO E TÉCNICO

2.1 Origem dos telhados verdes

Segundo Osmundson (1999) apud Nascimento (2008), as primeiras alusões históricas sobre telhado verde mais relevantes ocorreram no período de 4000 a 600 a.C., e são Etemenanki, na Babilônia, e Nanna, na antiga cidade de Ur. A Figura 1, a seguir, mostra as construções dos Jardins Suspensos da Babilônia. Porém, acredita-se que a técnica tenha sido empregada apenas para fins estéticos. Nos registros históricos, os telhados verdes aparecem há vários séculos, em regiões com temperaturas mais elevadas, como a Tanzânia, assim como regiões mais frias, como a Escandinávia e a Islândia (Figura 2), principalmente com o intuito de amenizar a temperatura ambiente, buscando o conforto térmico. Na região da Escandinávia os telhados eram constituídos por uma mistura de terra e grama, sobre vigas de madeira intercaladas com casca de árvore, para sustentação e impermeabilização (RODRIGUEZ, 2006).

Desde os primórdios da humanidade o homem buscou proteger-se das intempéries e do ambiente hostil utilizando-se dos meios que estavam disponíveis nesse mesmo ambiente. A inexistência de tecnologias sofisticadas fez com que procurasse, em suas construções, aspectos que reduzissem o calor, o frio, a umidade, a secura etc. Na verdade, à medida de sua evolução e maior sofisticação, passou a introduzir materiais mais elaborados (...). A necessidade de ostentar o “progresso”, o poder econômico, a abundância de tecnologia, fez com que, sobretudo nos tempos contemporâneos, em muito se desconsiderasse a questão ambiental da arquitetura” (CONDE, 2003 apud CORBELLA et al. 2003).

Figura 1 - Representação dos jardins suspensos da Babilônia



Fonte: Wikipédia, 2012.

Figura 2 - Casa Hehe – Tansânia



Fonte: Minke, 2004.

O telhado surgiu com a essencial finalidade de cobrir as edificações contra a ação dos fenômenos da natureza e assumiu a função também de proteger o interior de sujeiras e entrada de animais, assim como garantir proteção sonora. Os primeiros abrigos foram construídos de forma simplória, com estruturas de madeira ou pedra e cobertura composta por palha, o que atendia as necessidades do período (Figura 3). Porém com o passar dos anos, surgiram novas necessidades que influenciaram o aperfeiçoamento das tecnologias, evoluindo a maneira de arquitetar e construir.

Figura 3 - Aldeia Nova, Trancoso Abrigo de pedra



Fonte: Etnográfica Press, 2020.

A palavra telhado, como o próprio nome diz, tem sua procedência do uso de telhas, entretanto não são todos os sistemas de proteção de um edifício que são constituídos dessa maneira, podendo ter outras formas, como terraços, lajes e jardins suspensos (ARAUJO, 2003).

Segundo dados históricos, no Brasil, as construções originais baseavam-se nos métodos construtivos estabelecidos pelos indígenas, onde os mesmos cobriam as edificações com folhas ou fibras vegetais (Figura 4). Assim que os portugueses chegaram ao país, eles alteraram as técnicas construtivas, substituindo as matérias-primas utilizadas por pedra e cal ou taipa de pilão, e então começaram a serem introduzidas as telhas de cerâmicas para proteção das edificações. (LA PASTINA FILHO, 2005).

Figura 4 - Ocas indígenas



Fonte: Pinterest, 2012.

Inicialmente a produção das telhas ocorria de forma artesanal, utilizando troncos, chamados de capa e canal, para promover a modelagem característica. O escoamento superficial gerado a partir das chuvas era canalizado por calhas de telhões cerâmicos. A falta de padronização adequada, combinada com as intensidades pluviométricas na época, promoviam infiltração nesses sistemas, fazendo-os cair em desuso (LA PASTINA FILHO, 2005).

A utilização de telhados verdes na idade média na Europa esteve relacionada à conservação de água e à produção de alimentos, já que nessa época havia precariedade em espaços para produção de alimentos.

Na cidade de Nova York, o Rudolph Aronson's Casino Theater, construído em 1880, é considerado o marco da implementação dos terraços jardins, sendo este o primeiro teatro dos Estados Unidos a adotar essa técnica (Figura 5).

Figura 5 - Rudolph Aronson's Casino Theater



Fonte: Lowel, 2012.

Contudo, conforme descrito abaixo, até recentemente, os anos 90, este tipo de cobertura não era bem difundida e nem bem aceita pelos norte-americanos, mesmo com tecnologia bem consolidada na Europa, com a denominação de “telhado verde” (QUINTELLA, 2012).

Durante os anos 90, os europeus de telhado verde iniciaram a se aventurar em larga escala para os mercados Norte Americanos. Porém, os sistemas eram difíceis de vender, pois o público não dispunha de informações sobre a eficiência técnica do sistema, nem acesso a exemplos, especialmente em um ambiente cultural e político em que muitos indivíduos não tinham interesse em investir em tecnologias verdes.

O sistema de coberta mais disseminado no Brasil teve a participação direta dos portugueses. Já em meados do século XIX, na França, surgiram às telhas industrializadas, sequenciada pelas telhas esmaltada e em escama (LA PASTINA FILHO, 2005). As lajes planas tiveram sua implantação a partir das asserções do modernismo por arquitetos conceituados, com estruturas que futuramente iriam ser referências arquitetônicas brasileiras. Porém, novamente pelas dificuldades de implementar sistemas impermeabilizantes eficientes, toda essa técnica foi pouco usual para padrões mais baixos. Esta ocorrência contribuiu significativamente para que os telhados verdes não fossem considerados como alternativa viável.

Mas vale ressaltar que o modernismo foi o responsável por quebrar as fronteiras da implantação do telhado verde. A partir desse movimento, os espaços sem preenchimento das coberturas foram ocupados com a visão da natureza, sendo a aplicação de telhados jardins citados como um dos cinco princípios do modernismo.

Oliveira (2003 apud NASCIMENTO 2008) cita que “a cobertura é o espaço de

contemplação da arquitetura e da paisagem, onde ocorrem eventos plásticos, sociais e de lazer, criando assim uma correspondência definitiva entre edifício, jardim e paisagem”. O autor relata que o problema surgiu quando se percebeu as instabilidades estruturais, devido às cargas extras, e as infiltrações, impossibilitando a propagação da ideia pelas construções modernistas e pós-modernistas.

Com o passar dos tempos, foram reintroduzidos os conceitos e técnicas sobre os telhados verdes, podendo-se observar na Alemanha, no século XX, o emprego em larga escala desse sistema. Com isso, a Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau – FLL (Sociedade de Pesquisa em Desenvolvimento e Construção da Paisagem), no ano de 1977, definiu as normas para coberturas verdes. Sequencialmente, ocorreu a disseminação dos telhados verdes, sendo implantados como forma de controle de enchentes e diminuição da poluição do ar (OSMUNDSON, 1999).

No Brasil, o modernismo também trouxe referências de coberturas verdes, através do paisagista Burle Marx, sendo um dos exemplos o Ministério da Saúde e Educação no Rio de Janeiro (Figura 6), que teve como arquitetos: Afonso Reidy, Carlos Leão, Ernani de Vasconcelos, Jorge Moreira, Lúcio Costa e o conceituado Oscar Niemeyer.

Figura 6 - Ministério da Educação e Cultura - Rio de Janeiro



Fonte: Flickr, 2012.

2.2 Sustentabilidade

A Sustentabilidade tem como premissa que o desenvolvimento econômico e social das

atuais gerações não comprometa as futuras gerações de suprirem suas necessidades (ONU, Comissão Brundtland, 1987).

Existe, atualmente, um extenso debate a respeito da sustentabilidade, sendo notoriamente visado implantar suas definições nas construções civis, de forma que seja garantido o equilíbrio ecológico, social e econômico.

A definição de equilíbrio ecológico por Costa (1982) diz:

O equilíbrio do tipo lábil que resulta da interação entre os organismos vivos e o meio, pelo qual constantemente se restabelece tudo aquilo que é consumido. Nesse processo contínuo de destruição e renovação é que se abrem as possibilidades para o aprimoramento, para a evolução (COSTA, 1982).

Também define a Arquitetura Ecológica como: “a arte de construir habitações aproveitando, na luta contra o desconforto criado pelo meio, apenas os recursos imediatos propiciados pela própria natureza, sem alterar o equilíbrio ecológico do mesmo” (COSTA, 1982).

Nos últimos tempos, a engenharia foi deixando de lado os princípios da sustentabilidade principalmente para atingir o conforto térmico e acústico e a iluminação necessária. Tornou-se, então, imperativo o emprego de sistemas artificiais, gastando mais energia elétrica e combustível, para suprir essas necessidades. O tema sustentabilidade voltou novamente a ter destaque com a crise do Petróleo de 1973, sendo discutidas formas de implantação de fontes alternativas de energia e arquitetura sustentável (CORBELLA et al. 2003). Com o novo milênio vieram apreensões, que ocorreram a nível global, envolvendo o efeito estufa, instabilidade energética, emissão de CO₂, insuficiência de combustíveis fósseis e a racionalização da água. De forma geral, todos passaram a almejar a sustentabilidade, além de procurarem um equilíbrio entre o crescimento populacional e impacto ambiental.

Os anos 80 foram marcados por uma maior preocupação com o meio ambiente, principalmente devido às alterações climáticas e a redução da camada de ozônio e aumento dos gases que desencadeiam o efeito estufa. Já os anos 90, foram caracterizados por elevadas temperaturas, com relação às até então registradas (ROAF, 2006). As mudanças climáticas passaram a pressionar a construção civil, principalmente para diminuição dos impactos ambientais e sociais.

2.3 Construção Civil

A construção civil é essencial fornecedora de tecnologia empregada na satisfação das necessidades ligadas ao desenvolvimento humano. A indústria da construção movimenta

diversos produtos que visam o aumento da qualidade de vida. Porém, é notório que tais práticas estão relacionadas diretamente ao aumento dos impactos ambientais, principalmente pela aplicação de materiais não renováveis (HEWAGE, 2011).

Faz-se então essencial procurar práticas que possam ser aplicadas nas construções já implantadas, visando a diminuição dos problemas ambientais decorrentes da ocupação desordenada do solo. A afirmação feita Alves (2012) diz que “Construir algumas cidades ecológicas pode até ser relativamente fácil, difícil vai ser tornar todas as demais cidades sustentáveis, com economia de baixo carbono e com baixo impacto ambiental”.

Do âmbito brasileiro, o plano da Agenda 21, fala sobre guiar as políticas de desenvolvimento sustentável para que sejam realizadas atividades sustentáveis na indústria da construção, conforme descrito a seguir.

As atividades do setor da construção são vitais para a concretização das metas nacionais de desenvolvimento socioeconômico: proporcionar habitação, infraestrutura e emprego. Ao mesmo tempo, por meio do esgotamento da base de recursos naturais, da degradação de zonas ecológicas frágeis, da contaminação química e do uso de materiais de construção nocivos para a saúde humana, elas podem ser uma fonte importante de danos ambientais (AGENDA 21, 2002).

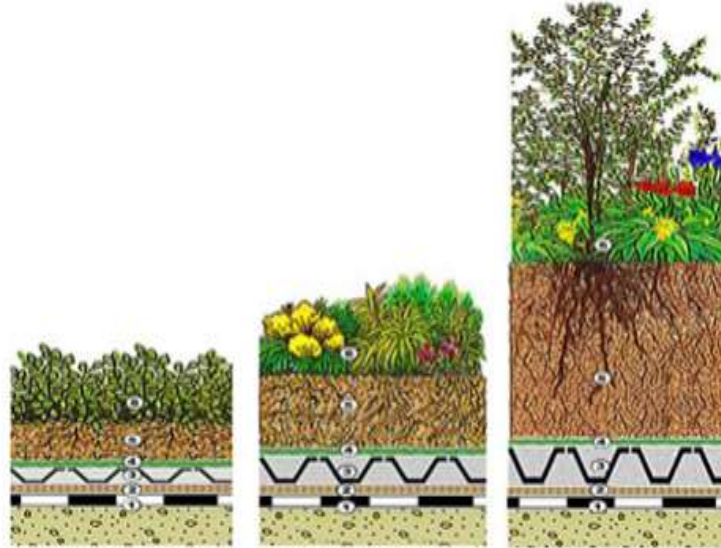
Com isso, sugere-se:

Adotar normas e outras medidas regulamentadas que promovam um uso mais intenso de projetos e tecnologias que façam uso da energia de forma eficiente e que utilizem os recursos naturais de forma sustentável e adequadamente, tanto do ponto de vista econômico como ambiental (AGENDA 21, 2002).

2.4 Tipos de telhados verdes

As literaturas classificam os telhados verdes em três tipos, os Extensivos, os Semi-intensivos e os Intensivos, mostrados respectivamente na Figura 7.

Figura 7 - Ilustração esquemática dos diferentes tipos de telhado verde



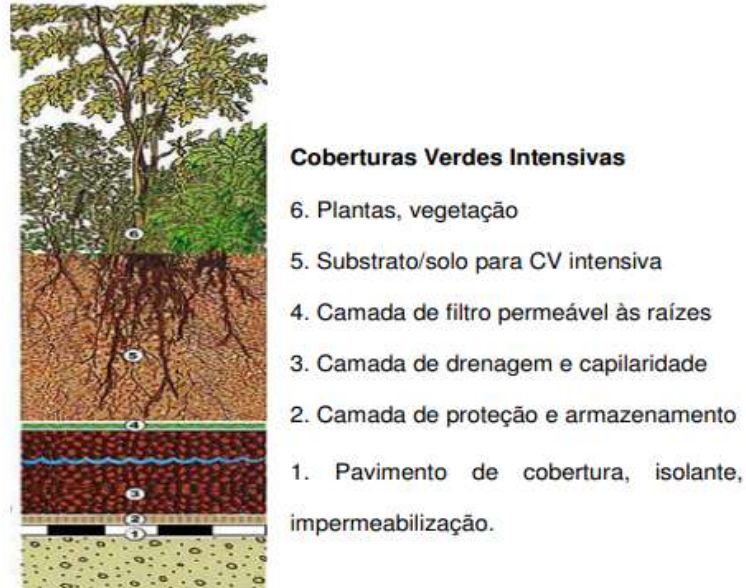
Fonte: Adaptado de Green Roof Service LLC (2010).

2.4.1 Sistema intensivo

O telhado verde tipo intensivo possui uma maior espessura de substrato, maior aplicabilidade de variadas espécies vegetais, podendo ser composto por plantas de pequeno e médio porte e também possui maior capacidade de retenção de água e nutrientes. A profundidade de substrato (Figura 8) deve estar entre 15 centímetros a 1 metro, sendo que suas cargas variam entre 180 a 500 kg/m², o que normalmente implica numa sobrecarga maior na estrutura de sustentação (MINKE, 2004). Devido a essa maior carga sobre a estrutura, se faz necessário um reforço na sustentação, gerando um maior custo de implantação desse sistema. Outros fatores que também elevam o seu custo são os componentes de impermeabilização, drenagem e o sistema de irrigação (HEWAGE, 2011). Vale ressaltar que, quando em uso, é importante o emprego de mão de obra especializada para a sua manutenção.

O sistema intensivo (Figuras 9, 10 e 11) é mais empregado em edificações com cobertas planas e podem ser usadas como espaços verdes. Normalmente são espaços acessíveis e bastante atrativos pela vegetação mais robusta e diversificada.

Figura 8 - Estrutura de um telhado verde intensivo



Fonte: Greendridroofs, 2012.

Figura 9 - Sistema intensivo em uma laje de prédio



Fonte: Pinterest, 2012.

Figura 10 - Sistema intensivo em um edifício em Houston, USA



Fonte: Greendridroofs, 2012.

Figura 11 - Sistema Intensivo em um edifício em Beloit, USA



Fonte: Greendridroofs, 2012.

2.4.2 Sistema extensivo

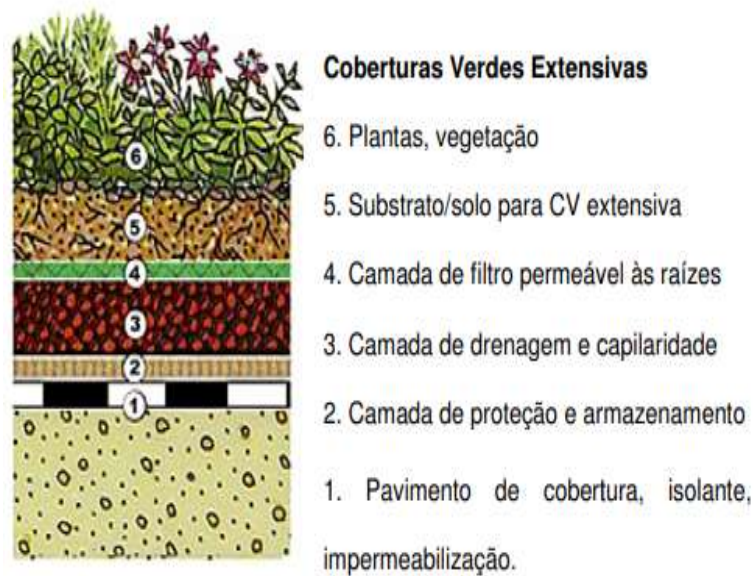
O telhado verde extensivo é caracterizado por baixa profundidade de substrato (Figura 12), variando entre 6 a 20 centímetros, e peso entre 60 a 150 kg/m². São mais apropriados para plantas de pequeno porte, como as suculentas, que por consequência demandam pouca manutenção. Estas plantas possuem folhas e talos engrossados, permitindo o acúmulo de água, reduzindo a frequência de regas, podendo então serem aplicados em praticamente todas as

estruturas, como telhas cerâmicas, de fibrocimento, coberturas de aço e lajes (KÖEHLER et al. 2002).

Este tipo de telhado, por impor menor sobrecarga na estrutura, normalmente tem o peso equiparado ao das telhas de concreto e pode ser adaptado a grandes áreas com declive de até 20°. Declividades acima da mencionada vão requerer também estruturas de barreiras, para conter o suporte do substrato e a vegetação (KÖEHLER et al. 2002).

Com isso, se torna relativamente menos custoso e é considerado um eficiente isolante térmico, porém possui estética menos agradável ao olhar devido suas plantas pequenas e não pode ser usado para fins de lazer, sendo classificado como inacessível. (Figuras 13, 14 e 15).

Figura 12 - Estrutura de um telhado verde extensivo



Fonte: Greendridroofs, 2012.

Figura 13 - Sistema de um telhado verde extensivo sobre a cobertura de uma casa



Fonte: Pinterest, 2012.

Figura 14 - Sistema de telhado verde extensivo sobre uma laje em Chigago, USA



Fonte: Greendridroofs, 2012.

Figura 15 - Sistema de telhado verde extensivo sobre uma cobertura em Chigago, USA



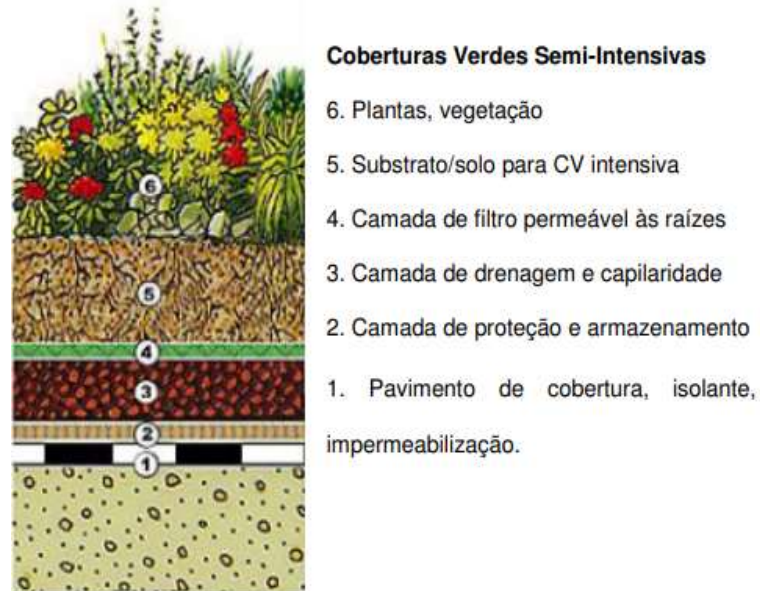
Fonte: Greendridroofs, 2012.

2.4.3 Sistema semi - intensivo

O telhado verde semi-intensivo é composto por uma camada de substrato (Figura 16) mais profunda em relação ao telhado extensivo, dessa forma é possível promover o plantio de uma maior diversidade de espécies, como herbáceas, arbustos ou até mesmo plantas lenhosas, que possuem crescimento médio (HENEINE, 2008). Segundo IGRA (2015), esse sistema

possui altura do substrato variando entre 12 a 25 centímetros e peso exercido sobre a cobertura entre 120 a 200 kg/m². Este sistema de telhado demanda manutenções periódicas, aproximando os custos ao telhado verde intensivo, e também pode ser classificado como acessível (Figuras 17 e 18).

Figura 16 - Estrutura telhado verde semi-intensivo



Fonte: Greendridroofs, 2012.

Figura 17 - Sistema de telhado verde semi-intensivo - Indianópolis, USA



Fonte: Greendridroofs, 2012.

Figura 18 - Sistema de telhado verde semi-intensivo - Boston, USA



Fonte: Greendridroofs, 2012.

A Tabela 1, a seguir, mostra a diferença entre os três tipos de telhados verdes em relação às características específicas de cada cobertura segundo o IGRA (2015).

Tabela 1 - Diferenças entre os tipos de telhado verde

ITENS	TELHADO VERDE EXTENSIVO	TELHADO VERDE SEMI-INTENSIVO	TELHADO VERDE INTENSIVO
MANUTENÇÃO	Baixo	Periodicamente	Alto
IRRIGAÇÃO	Não	Periodicamente	Regularmente
PLANTAS	Sedum, ervas e gramíneas	Gramas, ervas e arbustos	Gramado, arbustos e árvores
ALTURA DO SISTEMA	60 – 200 mm	120 – 250 mm	150 – 400 mm
PESO	60 – 150 Kg/m ²	120 – 200 Kg/m ²	180 – 500 Kg/m ²
CUSTOS	Baixo	Médio	Alto
USOS	Camada de proteção ecológica	Projeto para ser um telhado verde	Parque igual a um jardim

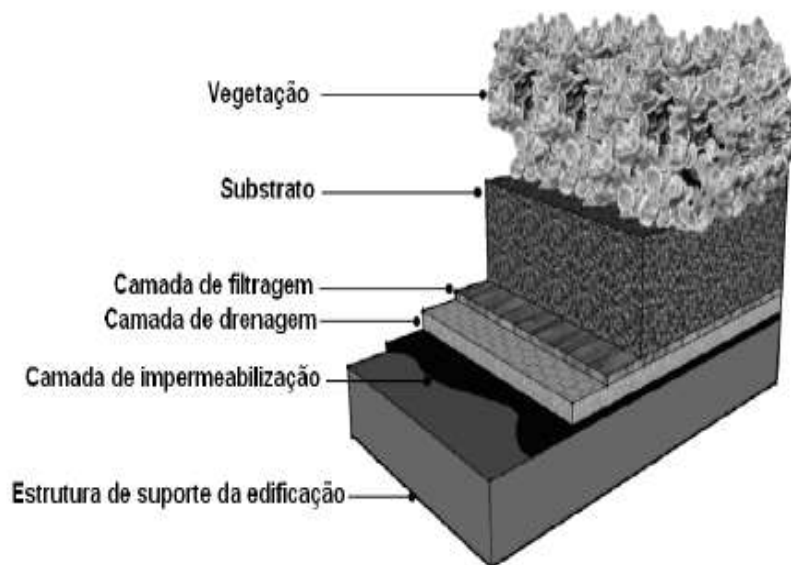
Fonte: Igra, 2015.

Por fim, é importante mencionar outros sistemas de telhados verdes que vêm sendo implantados no Brasil. Empregando tecnologias e inovações próprias, estes sistemas podem ser considerados mais uma alternativa, já que adotando módulos em suas implantações ou telhas hidropônicas, possuem semelhanças com o sistema extensivo e intensivo (INSTITUTO CIDADE JARDIM, 2020).

2.5 Composição construtiva

A composição construtiva de um telhado verde (Figura 19) é comumente dividida em: Vegetação, Substrato, Camada de Filtragem, Camada de Drenagem, Camada de Impermeabilização e Estrutura de Suporte da Edificação, além de poderem ser adicionadas manta anti-raiz e camada de substrato rígido.

Figura 19 - Camadas de um telhado verde básico



Fonte: Adaptado de Martin (2008).

2.5.1 Estrutura de suporte

A camada de suporte é calculada a partir de todas as outras camadas serem calculadas, já que a mesma deve ser capaz de sustentar todo o sistema, inclusive do peso da água que será acumulada para fim de manter as vegetações na época de estiagem. A carga dessa camada serve de base para o cálculo da fundação e da estrutura da edificação, que deve ser capaz de resistir à soma da carga da estrutura mais a carga da cobertura.

A estruturação do telhado pode possuir diferentes acabamentos como laje de concreto, tabuado de madeira, chapas de compensado estruturado, placas cimentícia, telha metálica, Steel Deck (estrutura metálica em composição com camada de concreto), estrutura de madeira e bambu, estrutura do telhado existente, entre outros materiais que tenham resistência compatível ao sistema do telhado verde saturado.

Para implementação do sistema extensivo com substrato de 5 a 15 cm de espessura, pode-se estimar uma sobrecarga sobre o telhado de 70 a 170 kg/m² aproximadamente. Para

implementação do sistema intensivo, com espessura de solo maior do que 15 cm, o valor de sobrecarga pode variar entre 290 e 970 kg/m² (HENEINE, 2008).

2.5.2 Vegetação

A vegetação é a camada mais superficial, ou seja, visível do sistema de telhado verde, e, conseqüentemente, sua escolha está diretamente ligada a estética da edificação. As plantas, assim como toda a estrutura componente do sistema, têm o intuito de diminuir as variações térmicas das construções, gerando um menor custo aplicado em energia elétrica de resfriadores artificiais, além de promover a filtragem do ar, atuar como controlador do escoamento superficial e diminuir a propagação de ruídos (PEREIRA, 2007).

A escolha da vegetação a ser implantada depende diretamente das características da região, como a incidência de radiação solar, os índices de chuva, as variações de temperatura, a intensidade dos ventos, inclinação do telhado aplicado substrato e periodicidade de manutenção (ARAUJO, 2007; IDHEA, 2010).

2.5.3 Substrato

O substrato tem como objetivo funcionar como um meio para ocorrência da fixação e desenvolvimento da vegetação, sendo provedor de água e nutrientes essenciais ao crescimento das plantas implantadas. É essencial que possua satisfatória capacidade de retenção da água pluvial, drenagem eficiente, boa composição mineral de nutrientes, não sendo aconselhado utilizar solo argiloso, já que esse tipo de solo absorve maior quantidade de água (ARAUJO 2007), o que pode implicar numa deficiência do sistema de drenagem. Se permanecer úmido por um longo período de tempo pode ser prejudicial ao crescimento das plantas e ao seu enraizamento, deixando-as em condições anaeróbias (LOHMANN, 2008).

A diferença entre os substratos utilizados nos telhados verdes e no solo é a não compactação devido a carga exercida pelo sistema, sendo assim, não há comprometimento da permeabilidade e leveza. Segundo Nascimento (2008), para os sistemas extensivos podem ser empregados substratos orgânicos e inorgânicos. Os orgânicos são feitos a partir da matéria vegetal, sendo estes resíduos vegetais e agrícolas como casca de pinheiros, fibras de coco, cascas de arroz e resíduos de poda (Figura 20). Já os inorgânicos que são aconselhados a serem aplicados nas coberturas verdes são os agregados de argila expandida de xisto ou ardósia; e material vulcânico, como pedra-pomes e perlita (BALDESSAR, 2012).

O substrato, por se tratar de estrutura orgânica, necessita possuir uma elevada durabilidade e fertilidade, o que proporcionará o fácil enraizamento e desenvolvimento das plantas. Existem características que podem ser mudadas devido sua espessura, tais como o peso seco e o peso saturado, a retenção de água e a capacidade de drenagem do sistema. É essa camada que proporciona o suporte da vegetação, sendo importante para acumular água durante as chuvas ou regas, sendo basicamente composto por camadas de solo, que é necessário para que os nutrientes e água sejam distribuídos por todo sistema.

Figura 20 - Tipos de Substratos



Fonte: Pimentas, 2012

2.5.4 Filtragem

O sistema de filtragem, como o próprio nome sugere, funciona como um filtro por onde a água passa. Além disso, essa camada divide as camadas de substrato e drenagem, o que impede que as partículas de substrato se desloquem para o sistema de drenagem, podendo obstruí-lo. É comum utilizar uma manta fina e leve, chamada de geotêxtil, composta de poliéster ou polipropileno, sendo este material capaz de resistir a degradação química e biológica, além de ter como características altas permeabilidade, resistência e durabilidade (MACCAFERRI, 2010).

2.5.5 Drenagem

A camada de drenagem possui espessura variando entre 7 a 10 cm e atua na drenagem da água para que não ocorra acúmulo excessivo no sistema, ou seja, a água que está sendo armazenada é revertida para utilização das plantas nos períodos com menores intensidades pluviométricas. Segundo Minke (2004) sua composição pode ser de materiais granulares, como a argila expandida ou vermiculita, tecidos porosos, módulos de plástico ou poliestireno como bandejas, ou caixas vazadas permitindo que o líquido circule até os drenos.

Devido ao investimento das empresas no melhoramento das técnicas construtivas dos telhados verdes, estão sendo empregados os sistemas modulares (Figura 21), com função principal de reter água para diminuir significativamente a manutenção das coberturas. A aplicação dos módulos, feitos de material reciclado, em uma cobertura, está exposta nas Figuras 22 e 23.

Figura 21 - Sistemas modulares de telhados verdes e corte representativo



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2012.

Figura 22 - Sistemas de módulos recém-plantados



Fonte: Flickr, 2012.

Figura 23 - Sistemas de módulos em desenvolvimento



Fonte: Flickr, 2012.

2.5.6 Impermeabilização

A camada de impermeabilização é uma das mais importantes no sistema de telhado verde, pois ela está diretamente ligada a durabilidade da cobertura (LOHMANN, 2008), sendo fundamental realizar uma análise aprofundada de toda estrutura que virá por cima dessa, para ser feita a escolha ideal do tipo de material componente adequado.

Para compor a estrutura dessa camada, podem ser utilizadas mantas ou membranas (asfálticas, termoplásticas, elastoméricas, betume polímeros) ou até mesmo resinas ou bases,

sendo importante que tais materiais impeçam o contato da água e da umidade com a estrutura base do telhado verde, impedindo então que as infiltrações apareçam, sendo essa a principal função dessa camada, já que impedindo as infiltrações e o desenvolvimento de raízes, conseqüentemente impede-se a degradação da estrutura (MORGADO, 2010).

2.5.7 Manta anti-raiz

A camada anti-raiz tem função de evitar a propagação de raízes, que podem comprometer principalmente o sistema impermeabilizante. Por isso deve impedir que a raiz penetre pelas fibras, podendo ser utilizadas lonas de polietileno (PEAD), as mesmas usadas em caminhões.

Pode ser adicionado abaixo dessa membrana de proteção das raízes, feltro ou areia, caso a base dessa camada esteja desuniforme ou rugosa, alinhando a manta e evitando rasgos (MINKE, 2004). Algumas empresas ainda dizem que pode ser feita a adição de uma manta de retenção de nutrientes sobre a camada de drenagem para suprir as necessidades nutricionais das plantas.

2.5.8 Isolamento térmico e controle de vapor

A camada de isolamento térmico é utilizada com finalidade de reduzir a passagem do calor até a estrutura e, posteriormente, ao ambiente. Essa camada depende do clima local. Camadas sobrepostas evitam a passagem do calor, gerando um eficiente conforto térmico.

A estrutura completa, implantando todas as camadas apresentadas, está apresentada na Figura 24.

Figura 24 - Estruturação completa contendo todas as camadas de uma cobertura verde



Fonte: Adaptado de Vijayaraghavan, 2016.

2.6 Construções e técnicas atuais

Na literatura é possível encontrar diversas técnicas construtivas e composições de telhados verdes. Aqui serão abordadas as tecnologias e técnicas disponibilizadas pelo Instituto Cidade Jardim dos sistemas Modular, Flat e Kaatop.

2.6.1 Sistema modular

O sistema modular (Figura 25) é uma tecnologia exclusiva do Instituto Cidade Jardim, que permite montar e desmontar o sistema mesmo após o desenvolvimento das plantas, o que facilita a abertura da área para eventuais reparos na impermeabilização. Ele é constituído por bandejas (Figura 26) de cultivo Inter traváveis onde contêm, em uma única peça, todas as camadas necessárias para um telhado verde, sendo sua instalação facilitada, feita da forma peça a peça.

Neste sistema, o substrato deve possuir uma profundidade máxima igual a 5 cm, e pode receber diversas espécies vegetais, dos mais variados tipos de forrações, de ornamentais às hortaliças. É ideal para telhados verdes extensivos, porém também pode ser usado para cultivos de manutenção intensiva, já que é capaz de suportar pisoteio sobre a estrutura das bandejas.

Figura 25 - Sistema modular para telhado verde



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

Figura 26 - Bandeja utilizada no sistema modular para telhado verde



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

Para que seja efetuada a montagem com eficiência, primeiramente deve-se verificar se a estrutura suporta a carga de 80 kg/m^2 , referente à camada de 5 cm de substrato, tipo composto orgânico padrão e materiais saturados de água. O local que receberá as bandejas deve: a) possuir impermeabilização segundo teste de estanqueidade (NBR 15353, NBR 9952 ou norma vigente); b) a drenagem deve estar dimensionada em função da área de captação e condições climáticas (NBR 10844 ou norma vigente); c) estar limpo e livre de interferências; d) possuir ponto de

água com pressão de 10 MCA no nível do telhado; e f) possuir ponto de eletricidade para automação.

A montagem é feita através da colocação das bandejas, com medidas de 0,5 x 0,5 x 0,075 m (comprimento, largura e altura) e peso 0,5 kg (vazias). Para cada m² são distribuídas 4 bandejas, sendo que cada peça possui dois lados com linguetas (Figura 27) que servem para encaixar umas às outras.

Figura 27 - Linguetas utilizadas no encaixe



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

Aconselha-se que, na montagem, primeiramente seja feita a distribuição das bandejas em toda área em que o sistema será instalado, fazendo o encaixe das linguetas (Figura 28), e, posteriormente, que seja distribuído o substrato preenchendo todos os módulos (Figura 29). É importante que os ralos fiquem abertos, sem a cobertura de tela filtro ou substrato (Figura 30), sendo preenchidos seus arredores com seixos de alta granulometria (Figura 31).

As bandejas se adaptam a qualquer sistema de irrigação e a escolha deve atender a demanda da vegetação empregada. Para os sistemas de gotejo (Figura 32), deve-se usar o espaçamento de 50 cm entre cada linha, fazendo com que as linhas passem no meio dos módulos. Já para os sistemas de aspersão (Figura 33), toda área deve estar sendo irrigada. O sistema de irrigação deve ser testado antes do plantio.

Figura 28 - Distribuição das bandejas



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

Figura 29 - Preenchimento com substrato



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

Figura 30 - Ralos abertos



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

Figura 31 - Preenchimento dos compartimentos do ralo com seixos de alta granulometria



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

Figura 32 - Sistema de gotejamento



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

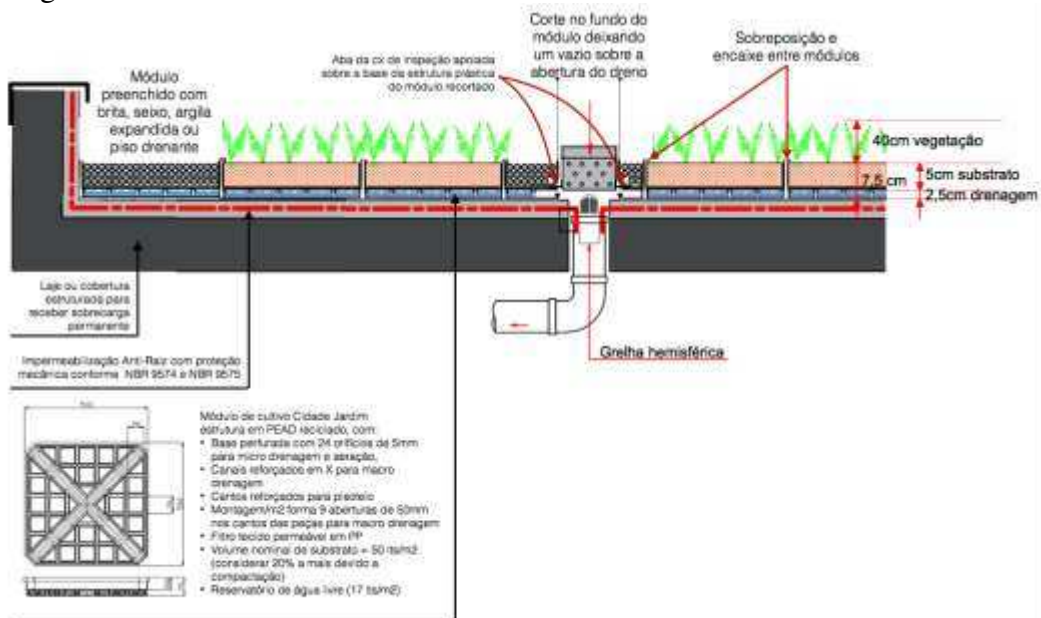
Figura 33 - Sistema de aspersão sobre telhado verde



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

A Figura 34, mostra, em corte, o detalhamento do telhado verde com sistema modular e as Figuras 35 a 37, outros exemplos de implantação de telhado verde.

Figura 34 - Detalhamento do telhado verde com sistema modular



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

Figura 35 - Metrô Jardim Oceânico – Rio de Janeiro



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

Figura 36 - Estação Central Park – São José do Rio Preto



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

Figura 37 - Schlumberger – Rio de Janeiro



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

2.6.2 Sistema Flat

O sistema Flat (Figura 38), que é uma tecnologia exclusiva do Instituto Cidade Jardim, possui bandejas de drenagem intertraváveis para montagem em camadas (Figura 39). Ele tem sido um sistema clássico para telhados verdes, simulando as condições de um jardim convencional sobre o solo, possibilitando a circulação e permanência de pessoas, equipamentos e utilitários. Ideal para o cultivo de gramados e jardins intensivos com uma ampla gama de espécies.

Figura 38 - Sistema flat de telhado verde



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

Figura 39 - Bandeja de drenagem do sistema flat para telhado verde



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

Os requisitos preparatórios para implantação são os mesmos do sistema modular. A montagem se diferencia apenas na bandeja a ser colocada, no caso do sistema flat são utilizadas as bandejas de drenagem, com medidas 0,5 x 0,5 x 0,025 m (comprimento, largura e altura), peso 0,5 kg (vazias) e dois lados com linguetas, para encaixar umas às outras.

Após a distribuição das bandejas de drenagem (Figura 40), é aplicado o rolo de tela filtro (Figura 41) sobre toda a superfície, e na interface entre um pano e outro, deve-se fazer uma sobreposição de 20 cm. Nas bordas, ralos e interferências deve-se deixar uma dobra na tela

que deverá ficar cerca de 10 cm acima do nível previsto do substrato. Aplica-se então o substrato em toda superfície a ser cultivada, lembrando-se de deixar os ralos abertos (Figura 42), sem cobertura de tela filtro ou substrato, fazendo uma moldura em torno para funcionar como barreira para o substrato (Figura 43). Preencher então com seixo de alta granulometria.

Neste telhado verde pode-se empregar qualquer sistema de irrigação, ficando a critério atender a demanda da vegetação empregada. Para os sistemas de gotejo (Figura 44), deve-se usar o espaçamento de 50 cm entre cada linha, fazendo com que as linhas passem no meio dos módulos. Já para os sistemas de aspersão, toda área deve estar sendo irrigada. O sistema de irrigação deve ser testado antes do plantio.

Figura 40 - Distribuição das bandejas de drenagem no sistema flat para telhado verde



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

Figura 41 - Distribuição da tela sobre as bandejas no sistema flat para telhado verde



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

Figura 42 - Ralos abertos no sistema flat para telhado verde



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020

Figura 43 - Preenchimento com substrato no sistema flat para telhado verde



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

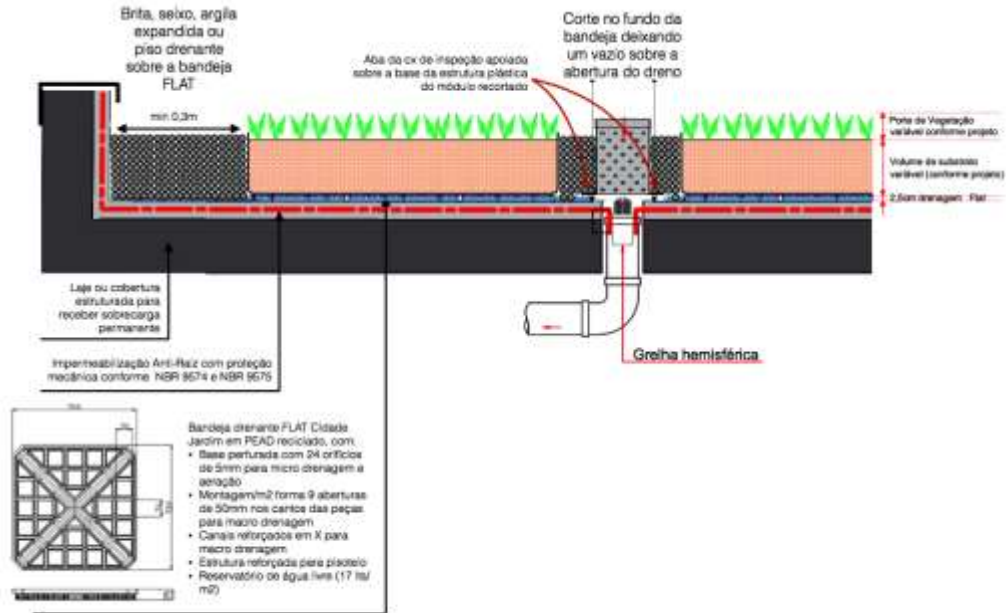
Figura 44 - Gotejadores em sistema flat para telhado verde.



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

A Figura 45, mostra, em corte, o detalhamento da montagem do sistema modular flat para telhado verde e as Figuras 46, 47 e 48, outros exemplos da mesma montagem.

Figura 45 - Detalhamento sistema flat para telhado verde



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

Figura 46 - Condomínio Ilhapura – Rio de Janeiro



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

Figura 47 - Casa cor – São Paulo



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

Figura 48 - Hospital da Restinga – Porto Alegre



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

Uma comparação técnica entre os sistemas modular e flat pode ser encontrada na Tabela 2, onde se apresenta a ficha técnica de cada um.

Tabela 2 - Comparativos entre os sistemas modular e flat

Especificações Técnicas	Sistema MODULAR	Sistema FLAT
Material de fabricação	PEAD 100% reciclado	
Dimensões da bandeja	0,5 x 0,5 x 0,075 m	0,5 x 0,5 x 0,025 m
Massa superficial	2800 g/m ²	2000 g/m ²
Nº de bandejas / m²	4	4
Filtro de partículas sólidas	Incluído na bandeja	Não incluído na bandeja. Deve ser aplicado sobre toda a cobertura, com 20 cm de sobreposição entre panos e 10 cm acima da borda
	Laminetes de polipropileno com entrelaçamento em ângulo reto	
	Abertura aparente de filtração = 0,9 mm. Fluxo de água = 10 l/s/m ²	
Drenagem	9 aberturas de 50mm/m ² para macrodrenagem + 96 aberturas de 5mm/m ² para microdrenagem	
Reservatório de água nas bandejas	Armazenamento de água livre tipo lâmina descontínua (em alvéolos) 17l/m ² na bandeja + água no substrato (variável conforme o sistema e o tipo de material de cultivo)	
Inclinações admitidas	Mín. 2% e Máx. 50% com travamento estrutural	Mín. 2% e Máx. 10%
As especificações abaixo são referentes à montagem utilizando substrato composto orgânico Classe A		
Volume de substrato	50 litros/m ² (profundidade máx. 5 cm)	Variável conforme profundidade de cultivo
Peso máx. saturado	80 kg/m ² com camada mínima de substrato	100 kg/m ² para gramados com camada mínima de

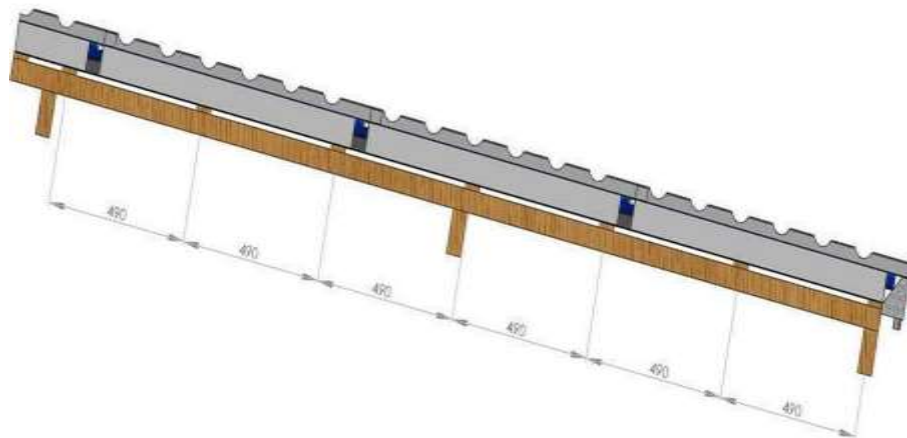
	recomendada = 5 cm e vegetação forração até 40 cm de altura	substrato recomendada = 5 cm
Armazenamento de água total	52 litros/m ²	60 litros/m ²
Contribuição para pontuação LEED V4	Pode contribuir significativamente para o desenvolvimento de 7 créditos da certificação, que juntos podem somar até 28 pontos.	

Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

2.6.3 Sistema Kaatop

O sistema Kaatop é o único para cultivo de telhados verdes que não precisa de uma laje ou cobertura impermeabilizada. Nesse sistema pode-se substituir as telhas convencionais, aproveitando a estrutura do madeiramento conforme o espaçamento recomendado (Figura 49 e 50). Para referência de cálculo, cada unidade cobre 1,25 m² e 4 telhas cobrem 4,38 m², devido a sobreposições (Figura 51). As Figuras 52 a 53 mostram aplicações do uso de telhado verde com sistema Kaatop.

Figura 49 - Sistema Kaatop, em corte



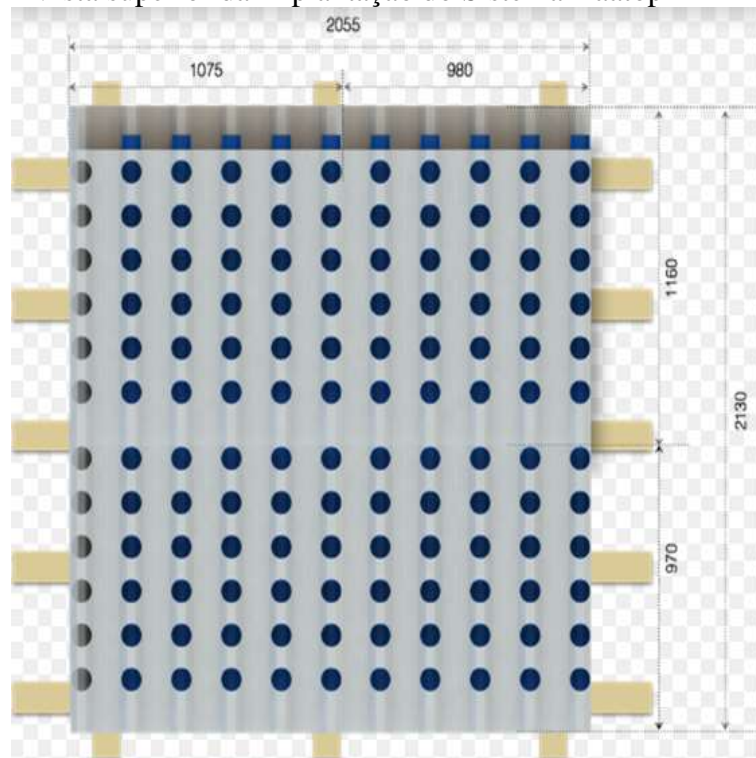
Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

Figura 50 - Sistema Kaatop, visto por baixo



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

Figura 51 - Vista superior da implantação do Sistema Kaatop



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

Figura 52 - Plantio no sistema Kaatop



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

Figura 53 - Vegetação no sistema Kaatop



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

Figura 54. Sistema Kaatop para cobertura de garagem



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2020.

A estrutura de sustentação deve ser dimensionada para suportar a sobrecarga de 55 kg/m², que inclui o substrato lã de rocha saturado de água e mudas de amendoim, fornecidas em saquinhos com terra.

Para instalação, deve-se montar como uma telha sanduíche convencional, conforme manual que acompanha o produto e NR35 para trabalhos em altura. Os painéis podem ser montados sobre madeiramento ou estrutura metálica com 3 apoios por telha. A fixação das telhas nas terças deve ser feita com parafusos auto-brocantes de 5/16" x 4", enquanto na fixação entre telhas, deve-se utilizar parafusos auto-brocantes de 1/4" x 1/2".

Não é necessário promover a impermeabilização, pois o próprio produto funciona como elemento de vedação, e nem substrato, já que se utiliza o da própria muda. Para a irrigação, é recomendável aplicar sistema de gotejamento, com bicos autocompensantes. O sistema Kaatop também pode ser utilizado na vertical, para cultivo de paredes verdes e jardins verticais, ou individualmente como painéis de cultivo.

2.7 Vantagens dos telhados verdes

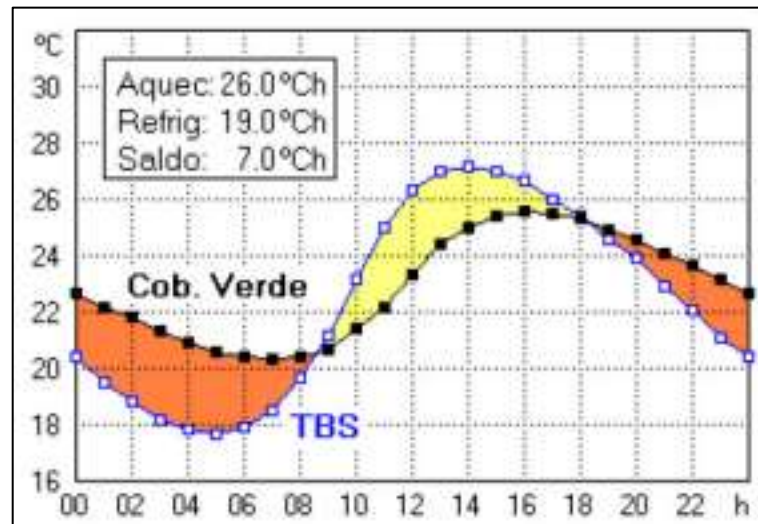
Aos telhados verdes são atribuídos diversos benefícios relacionados à sustentabilidade, os quais são apresentados na sequência.

2.7.1 Blindagem das edificações aos raios solares

Machado et al. (2004) afirma que os telhados verdes são capazes de formar uma camada protetora da radiação solar, principalmente pelas folhas, que refletem a radiação e também não permitem a sua penetração através da cobertura. Ao blindar a cobertura, um dos pontos mais vulneráveis da construção, é possível então melhorar o desempenho térmico da edificação.

Segundo Morais et al. (2004), os telhados verdes podem acumular até 40% da incidência da radiação solar, contribuindo para que, nos horários mais quentes do dia, possibilite o conforto térmico do ambiente, já que conforme pode-se observar no Gráfico 1, a temperatura superficial do telhado verde permanece menor que a temperatura do ar das 9 às 18 horas (MORAIS et al. 2004).

Gráfico 1 - Diferenças entre a temperatura do telhado verde (preto) e temperaturas do ar (azul)



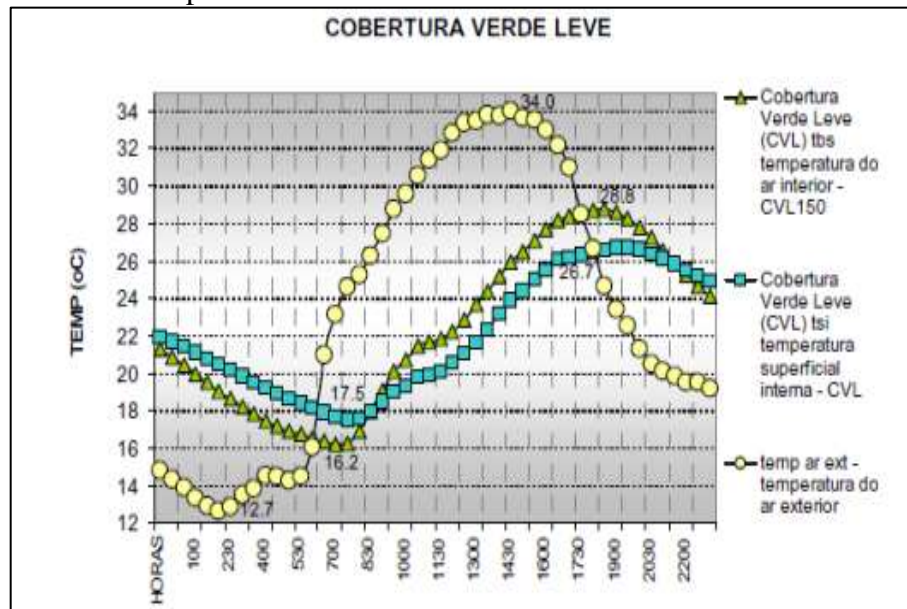
Fonte: MORAIS et al. (2004).

2.7.2 Isolamento térmico

As diversas camadas que são necessárias para a montagem de um telhado verde, como as membranas de impermeabilização, substrato e vegetação, atuam como isolantes, que são capazes de aumentar a resistência à transmissão de energia calorífica, o que diminui os requisitos de ar condicionado no verão e reduzem a necessidade de aquecimento no inverno (BALDESSAR, 2012)

O autor Vecchia (2005) desenvolveu um estudo construindo protótipos de cobertura, sendo um de telhado verde leve, e outros de sistemas tradicionais de coberturas utilizados com maior frequência no Brasil. O trabalho comparou a eficiência energética das diferentes coberturas. No Gráfico 2 está apresentada a comparação da variação térmica externa e a variação térmica no telhado verde e dentro do ambiente. A variação chegou a ser de 10° C na hora mais quente do dia, permitindo constatar o poder isolante do telhado verde. Também foi possível observar que o processo de troca de calor possibilitou um retardado térmico que pode chegar a 4 horas, ou seja, o tempo de demora para que uma variação externa tenha reflexo no ambiente interno.

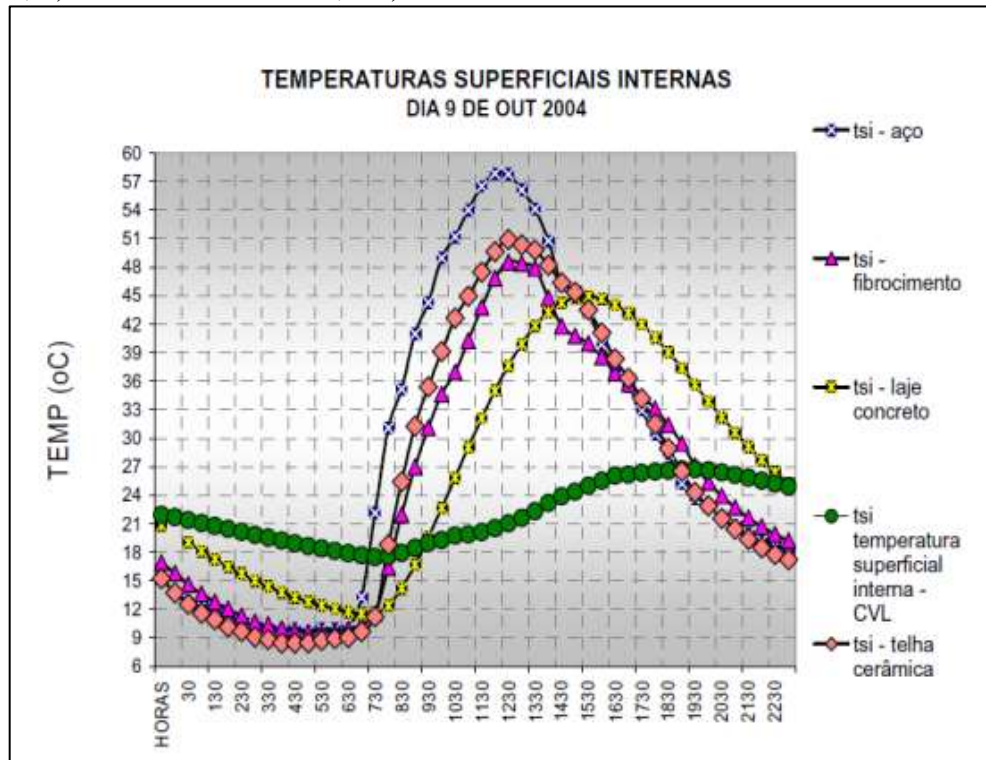
Gráfico 2 - Comparação da temperatura interna do ar (1 m acima do piso), temperatura superficial do forro e temperatura externa do ar



Fonte: Vecchia, 2005.

O Gráfico 3 compara a eficiência energética, com base na temperatura superficial interna, de várias coberturas: telhas de aço galvanizado, telha de fibrocimento ondulada, laje pré-moldada, impermeabilizada e pintada de branco, coberturas verdes e cobertura de telhas cerâmicas. Os resultados mostram o importante amortecimento térmico proporcionado pela cobertura verde ao longo do dia, possibilitando uma maior estabilidade da temperatura interna.

Gráfico 3 - Comparação entre temperaturas das superfícies internas das coberturas: 1) aço galvanizado; 2) fibrocimento ondulada; 3) laje pré-moldada, impermeabilizada e pintada de branco; 4) cobertura verde leve; e 5) telha cerâmica



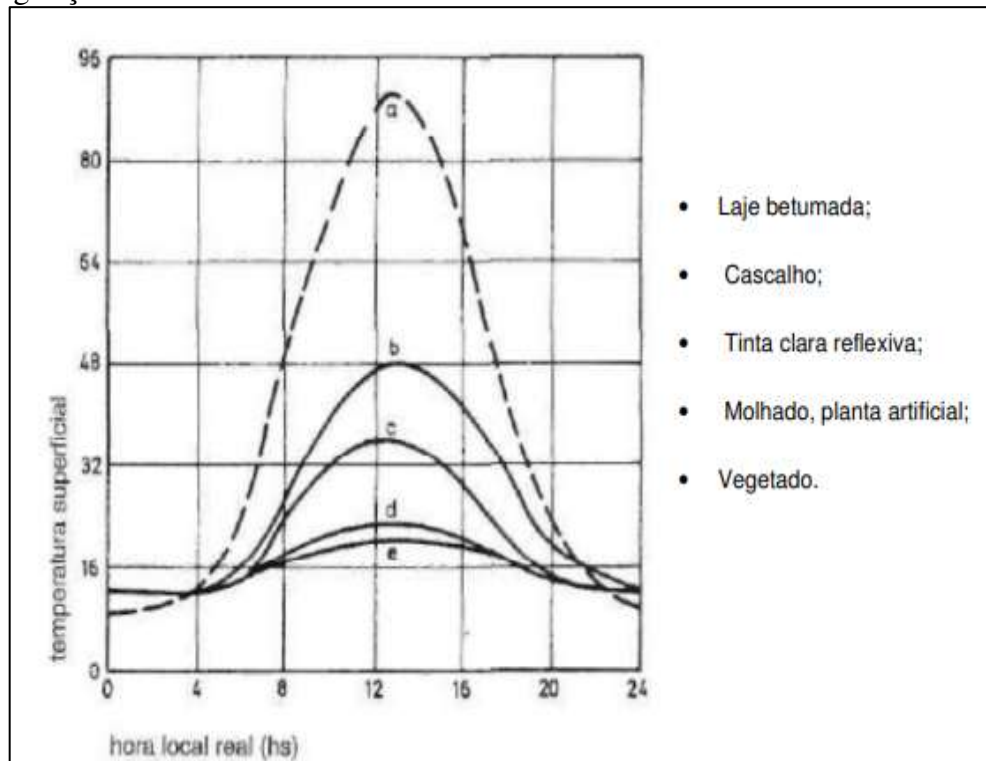
Fonte: Vecchia, 2005.

2.7.3 Redução na variação de temperatura externa diária

Segundo Romero (2000), a vegetação contribui de forma eficiente para a geração de microclimas. A fotossíntese auxilia na umidificação do ar, provocando o resfriamento evaporativo e como consequência provoca a queda temperatura do ar segundo Akbari (2002 apud ARAÚJO 2007).

Em algumas regiões da Europa as lajes impermeabilizadas ao longo do ano podem sofrer uma variação de temperatura de 100°C (-20° até 80°C). Segundo Minke (2004), esse mesmo tipo de cobertura, se recoberta de vegetação teria uma variação de aproximadamente 30°C. O Estudo realizado por Gertis et al. (1997 apud MINKE 2004) mostra que uma laje com aplicação de impermeabilizante na coloração preta, alcança uma temperatura superficial que pode ultrapassar os 90°C, em contraste da sua temperatura durante a noite que estaria próxima aos 10°C. Já uma cobertura plantada, não ultrapassaria os 25°C durante o mesmo dia e teria no período noturno temperatura por volta dos 15°C. Ou seja, a variação de temperatura superficial nas lajes betumadas chega a ser em torno de 80°C, enquanto nos telhados verdes em torno de 10°C. Essa temperatura superficial menor garante um microclima no invólucro da edificação mais agradável (Gráfico 4).

Gráfico 4 - Valores de temperatura ao longo do dia, em diferentes superfícies externas de coberturas de laje: betumada, com cascalho, com tinta clara reflexiva, com planta artificial e com vegetação



Fonte: GERTIS et al. (1977, apud MINKE, 2004).

2.7.4 Redução das ilhas de calor

De acordo com pesquisa do arquiteto alemão Jörg Spangenberg, a temperatura média das cidades poderia diminuir em até 2°C com o emprego de telhados verdes. Vale ressaltar que outro fator importante é a intensidade e direção dos ventos, que auxiliariam a definir essa variação (D'ELIA, 2012). De acordo com o autor, essa alteração de temperatura é expressiva para redução das ilhas de calor, sendo esse fenômeno muito intenso nos grandes centros urbanos.

De acordo com Baldessar (2012), a incidência de radiação solar sobre as coberturas, com maior grau nas de coloração escura, fazem com que se absorva essa energia e a libere bem lentamente no período noturno. Assim, as temperaturas se tornam muito elevadas em torno das edificações, sendo necessário o uso de aparelhos de condicionamento artificial, para um melhor conforto térmico. Mais uma vez, a redução de temperaturas poderia ser alcançada através da evapotranspiração das plantas nas coberturas verdes, aumentando a eficiência dos telhados. Vale destacar, segundo Spangenberg (2009 apud D'ELIA 2012):

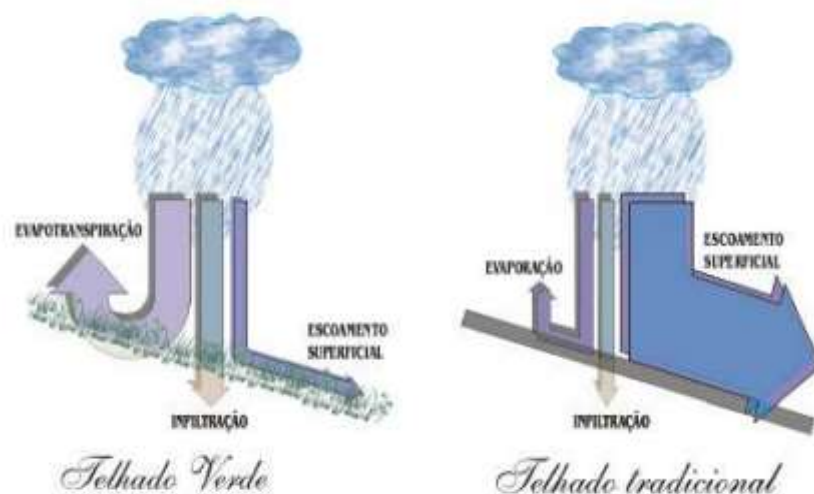
a redução da temperatura da superfície das lajes após a instalação das coberturas diminui cerca de 15°C, o que influencia na sensação de conforto térmico dos

ambientes. A diferença também é sentida no consumo de energia elétrica. Dependendo do tipo de telhado, capacidade de área, vegetação utilizada e do sombreamento, estima-se que, no andar de cobertura, a redução da carga térmica para o condicionador de ar seja de aproximadamente 240 kWh/m², proporcionado pela evapotranspiração.

2.7.5 Alívio dos sistemas de drenagem

O desenvolvimento desordenado de qualquer localidade interfere diretamente no ciclo hidrológico, o que resulta em aumento significativo do escoamento superficial das águas da chuva (TUCCI, 2003). Neste sentido, os telhados verdes podem ajudar a desafogar os sistemas de drenagem, uma vez que no decorrer das chuvas a vegetação, o substrato e a camada de drenagem de um telhado verde podem absorver quantidades significativas de água, liberando-a com o passar do tempo para o ambiente aéreo e para o sistema de drenagem (CANTOR, 2008). A Figura 55 a seguir ilustra, quantitativamente, o fenômeno relatado no momento da chuva.

Figura 55 - Comparação escoamento superficial entre um telhado verde e uma cobertura convencional



Fonte: Laar, 2002.

Baldessar (2012), publicou a Tabela 3 a seguir comparando a água escoada em três sistemas de cobertura, entre elas laje impermeabilizada, telha cerâmica e telhado verde (uso extensivo com apenas 5 cm de substrato). Na Tabela 3 pode-se verificar que, durante os meses considerados, ocorreu uma redução de até 70% da água escoada para as galerias pluviais.

Tabela 3 - Comparação da água escoada em 3 sistemas de cobertura, laje impermeabilizada, telha cerâmica e telhado verde, durante o mês considerado

TOTALIZAÇÃO DA ÁGUA ESCOADA - EXPERIMENTO					
	Água escoada mm	Água escoada mm	Água escoada mm	Água escoada mm	
Período	Laje impermeável medido	Telhado de barro medido	Telhado verde medido	Telhado verde simulação software	TOTAIS
Novembro 2011	8,2	3,7	0,3	5,2	Total mensal (em mm)
Dezembro 2011	109,8	85,1	29,1	36,2	Total mensal (em mm)
Janeiro 2012	78,7	61,2	21,3	12,1	Total mensal (em mm)
Fevereiro 2012	128,3	101,2	49,0	55,0	Total mensal (em mm)
	325,0	251,2	99,6	108,5	TOTAL GERAL (em mm)
	100,0	77,3	30,7	33,4	TOTAL GERAL (em %)

Fonte: Baldessar, 2012.

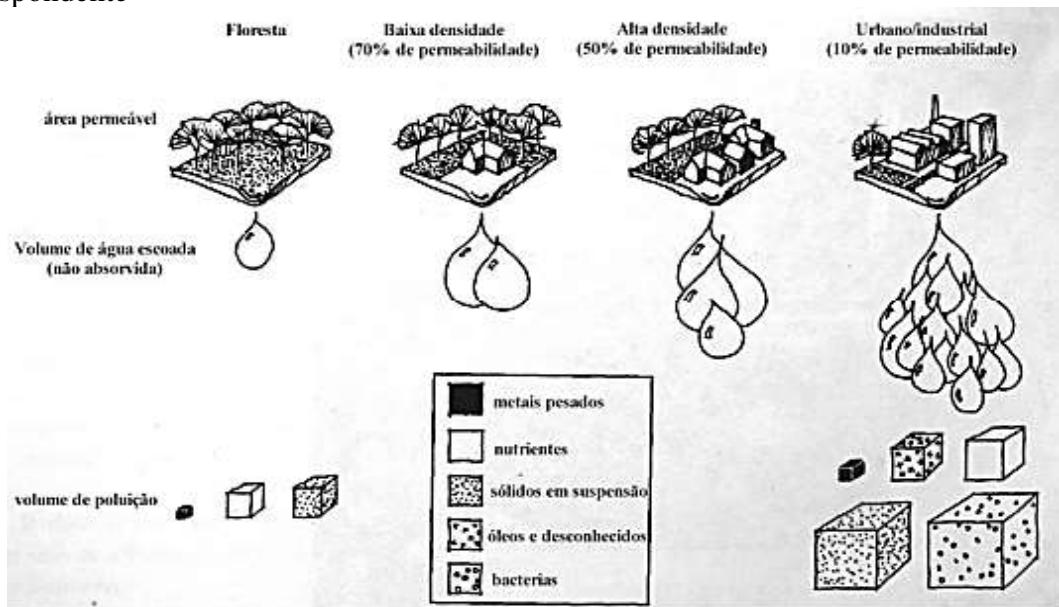
2.7.6 Melhoria da qualidade da água drenada

As partículas de sujeira componentes do ar são precipitadas juntamente com as chuvas, tornando a poluída. Os telhados verdes contribuem para a melhoria da qualidade das águas superficiais, já que age como redutor da poluição das águas pluviais, além de contribuir para a não saturação do sistema de esgoto (KÖHLER et al. 2002). No telhado verde, as plantas em conjunto com as outras camadas do telhado atuam como um filtro para a água advinda desses locais, que pode ser aproveitada para fins não potáveis.

No Brasil, a NBR 15527, de 2007, da Associação Brasileira de Normas Técnicas, regulamenta o uso da água de chuva para fins não potáveis. Em Curitiba, o Decreto 293/2006, que regulamenta a lei do PURAE (Programa de conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – Lei nº. 10785/2003), regulamenta a obrigatoriedade da coleta e reuso da água da chuva nas novas edificações. A coleta de água de chuva através dos telhados verdes dispensa a necessidade de uso de filtros artificiais, para que a água seja utilizada para fins não potáveis.

De acordo com Thompson e Sorvig (2008), a Figura 56 a seguir ilustra o volume de água escoada e o grau de poluição correspondente aos vários tipos de área permeável.

Figura 56 - Tipos de área permeável, volume de água escoada e grau de poluição correspondente



Fonte: Thompson e Sorvig (2008)

2.7.8 Produção de O_2 , absorção de CO_2 e filtragem do ar

Os processos de produção dos materiais de construção geram enormes emissões de CO_2 , devido, em grande parte, à queima de combustíveis nos processos industriais (MARCOS, 2009). O gás CO_2 é o principal gás do efeito estufa, e um dos grandes responsáveis pela sua emissão são as edificações, sendo essa aproximadamente 50% (ROAF, 2006). A exemplo dessa emissão tão significativa, a Tabela 4 apresenta, de acordo com Freitas (2011), valores obtidos através do cálculo do CO_2 gerado por alguns exemplos de cimento Portland.

Tabela 4 - CO_2 gerado por tonelada de cimento Portland

Tipo	Adição	kg CO_2 /tonelada
CP II E	40% Escória + Filercarbonático	580
CP II Z	24% Pozolana + Filercarbonático	700
CP III	75% Escória	290
CP IV	40% Pozolana	530
CP V	5% Filercarbonático	860

Fonte. Freitas, 2011

Um estudo apresentado pela Comissão sobre Poluição Ambiental no Reino Unido afirma que para estabilizar as alterações climáticas, será necessário reduzir cerca de 60% das emissões de CO_2 , sendo as formas mais eficientes de reduzir as emissões é exatamente diminuir o uso de energia nas residências (ROAF, 2006).

Além disso, os telhados verdes também agem como um filtro das partículas de poeira e fuligem do ar, reduzindo a deposição atmosférica e com isso, retardando a degradação do material do telhado, já que com volume reduzido de produto, reduz-se as cargas poluentes.

As plantas implantadas nos telhados verdes, através do sistema de fotossíntese, prendem o carbono filtrando o ar e liberando o oxigênio. Elas atuam juntamente com os fluxos de ar, dando sentido aos ventos, sendo que o fluxo dos ventos pode sofrer variação conforme a densidade do vegetal e o distanciamento entre às edificações vizinhas (ADAM, 2001).

2.7.9 Melhoria acústica da edificação

A vegetação e o substrato dos telhados verdes são capazes de absorver as ondas sonoras advindas de diversas fontes, como por exemplo, o excesso de ruído propagado pelo tráfego, o que provoca incomodo nas pessoas. Em contrapartida, as coberturas convencionais são capazes de expandir essas ondas sonoras (MACHADO ET al., 2004).

2.8 Telhados verdes em instalações rurais

Há uma dificuldade na ocupação de instalações agrícolas devido principalmente a inadequação térmica decorrente da ação dos elementos meteorológicos, dissipação de energia pelos maquinários, equipamentos, animais e pessoas que desenvolvem atividades nas edificações que associadas às elevadas temperaturas e umidade relativa e à baixa velocidade do ar, reduz a capacidade de transferência de energia e aumenta o estresse térmico dos animais. (TORRES JÚNIOR ET al., 2008).

A adequação do conforto térmico e da qualidade do ar nas instalações agrícolas estão associadas à eficiência dos sistemas de controle ambiental, principalmente os que visam à saúde e o bem-estar dos animais. (MOURA ET al., 2010). As condições térmicas acima da zona de conforto podem comprometer o desempenho dos animais de produção e contribuir para o desenvolvimento de problemas de saúde nos trabalhadores, já que os mesmos demandam atenção e agilidade na execução de tarefas que podem ser prejudicadas pela falta de concentração e fadiga em decorrência do calor (CARVALHO ET al., 2011).

Dessa forma, observa-se que o uso de abrigos com materiais adequados de cobertura pode promover a redução de até 30% da carga térmica radiante quando comparado com situações de exposição à radiação solar direta, o que pode então elevar o estado de conforto térmico principalmente dos animais. (BAETA E SOUZA, 2010).

Assim, uma alternativa passível de ser implementada para adequação dos elementos meteorológicos no interior das instalações agrícolas é a utilização dos sistemas de telhados verdes. Este tipo de cobertura pode auxiliar na diminuição da temperatura no interior da instalação, já que reduz a amplitude térmica, promovendo então um melhor conforto térmico e também acústico do ambiente interno (PARIZOTTO & LAMBERTS, 2011).

Além disso, as coberturas verdes podem contribuir na redução do escoamento superficial (STOVIN ET al., 2012), da poluição do ar (GARTLAND, 2010) e dos ruídos (RENTERGHEM & BOTTELDOOREN, 2009).

2.9 Custos

Os custos de implementação de um sistema de telhados verdes têm alto grau de variação, principalmente devido aos diferentes modelos existentes. Segundo Minke (2004), a variação do custo, analisando os diferentes tipos, pode chegar a cerca de 80%. Contudo, vale ressaltar que, quando o projeto da edificação já contempla a utilização dos telhados verdes, o custo do mesmo fica próximo daquele que custaria um telhado convencional. Valores mais elevados para a implantação do sistema ocorrem principalmente quando se trata de reformas de edificações já prontas, principalmente devido ao reforço da estrutura para suportar a sobrecarga do novo telhado (HEWAGE, 2011).

Hewage (2011) ressalta que é muito importante analisar os custos dos diferentes tipos de telhado verde, já que os sistemas extensivos têm uma variação de custo em dólar de \$130,00/m² a \$165,00/m², enquanto os sistemas intensivos possuem custo aproximadamente quatro vezes maior, a partir de \$540,00/m².

Em um contexto mais amplo, Minke (2004) afirma que o custo dos telhados está ligado ao ciclo de vida dos materiais utilizados. Por exemplo, ele cita que as lajes impermeabilizadas sem proteção alguma terão uma vida útil significativamente menor do que uma laje vegetada.

Segundo Philippi (2006), para optar por um telhado verde não pode ser levado em conta apenas os custos de implantação. Por exemplo, se há maior necessidade de retenção de água, é recomendável o sistema intensivo e, quando avaliado seu custo no ciclo de vida, esse valor inicial superior é mesclado aos benefícios. Neste sentido, Mann (2002 apud CLAUS et al. 2010) afirma que um sistema de cobertura tradicional tem aproximadamente uma vida útil de 25 anos, enquanto um telhado verde chega a durar o dobro do tempo.

Segundo informações do Instituto Cidade Jardim (2020), dados obtidos segundo Hewage (2011) e pesquisa no habitidissimo (2020), os valores de implantação em dólares dos

diversos sistemas de telhado verde por m², e o valor de implantação de um telhado convencional, são apresentados na Tabela 5 a seguir.

Tabela 5 - Valores médios dos custos de implantação sistemas de telhados verdes

Tipo de telhado verde	Custo (\$/m²)	Fonte
Sistema Extensivo*	130,00 – 165,00	Hewage, 2011
Sistema Intensivo*	540,00	Hewage, 2011
Cobertura Convencional*	28,00	Habitissimo, 2020
Sistema Modular**	21,00	Instituto Cidade Jardim, 2020
Sistema Flat + Tela Filtro**	16,50	Instituto Cidade Jardim, 2020
Sistema Kaatop**	48,00	Instituto Cidade Jardim, 2020

* Inclusos materiais, estrutura e mão de obra

** Inclusos apenas o material utilizado (Bandeja ou Telha Hidropônica)

Fonte: Autora.

Os sistemas intensivos têm custos mais elevados devido à sobrecarga gerada na estrutura, necessitando reforço de sustentação, já que o mesmo é uma cobertura acessível e com possibilidade de implantação de vegetação robusta e diversificada. Diferente dos sistemas extensivos que têm custos praticamente 4 vezes menores quando comparados ao intensivos, já que são inacessíveis e por impor menor sobrecarga na estrutura, normalmente tem o peso equiparado ao das telhas de concreto e podem ser adaptados a grandes áreas com declive de até 20°.

Observa-se que quando comparados os custos de implementação da cobertura convencional com os sistemas propostos pelo Instituto Cidade Jardim, ambos estão bem mais próximos. Porém, vale destacar que nos custos apresentados pelos sistemas Modular, Flat e Kaatop estão inclusos apenas as bandejas ou telhas hidropônicas. O Modular é ideal para telhados verdes extensivos, porém também pode ser usado para cultivos de manutenção intensiva, já que é capaz de suportar pisoteio sobre a estrutura das bandejas. Neste caso, a estrutura deve suportar a carga de 80 kg/m². O Flat funciona como um jardim convencional sobre o solo, possibilitando a circulação e permanência de pessoas, equipamentos e utilitários, sendo ideal para o cultivo de gramados e jardins intensivos com uma ampla gama de espécies. Já, o Kaatop é o único telhado verde que não precisa de uma laje ou cobertura

impermeabilizada, uma vez que o sistema substitui as telhas convencionais, sobre uma estrutura de telhado convencional.

Em resumo, depreende-se que os sistemas modular, flat e kaatop, são os que têm valores mais próximos da cobertura convencional, já que os materiais utilizados para implantação exercem uma menor sobrecarga sobre a estrutura, necessitando de um menor reforço, podendo, no caso do kaatop, dispensar uma laje ou cobertura impermeabilizada.

Ainda segundo a Ciclo Vivo (2013), reforçando a diferença entre custo inicial e decisão mais econômica, tem-se o exemplo da fábrica de caminhões da Ford, em Michigan, fundada no começo do século, com cerca de 150.000 m². A fábrica implantou um sistema de cobertura utilizando o telhado verde de 42.000 m². Além de solucionar o problema das enchestes, reduziu a emissão de dióxido de carbono produzido pela fábrica, diminuiu os gastos com energia elétrica em 7% e eliminou a necessidade de gastar 15 milhões de dólares na compra de um equipamento novo para o sistema de gestão de águas. A Figura 57 a seguir mostra a implantação do complexo industrial com telhados verdes.

Figura 57 - Telhado verde fábrica Ford – Michigan



Fonte: Ciclo Vivo, 2013.

2.10 Publicações internacionais

A utilização dos telhados verdes vem se tornando um movimento global afim de melhorar o condicionamento térmico das edificações e diminuir os custos com resfriamento e aquecimento artificiais. As cidades mais influentes do mundo, como Berlim, Nova Iorque,

Paris, Londres, Tóquio, Cingapura, Milão e Barcelona, já estão promovendo os telhados verdes através de programas de incentivo fiscais e subsídios financeiros diretos.

Em publicação pelo The New York Times em 2019 (Figura 58), observa-se que existe clara preferência por construções com telhados verdes, principalmente aqueles acessíveis, à medida que aumentam as preocupações com as mudanças climáticas e a redução dos recursos naturais.

Figura 58 - Publicação do The New York Times sobre a implementação dos telhados verdes



Fonte: The New York Times, 2019.

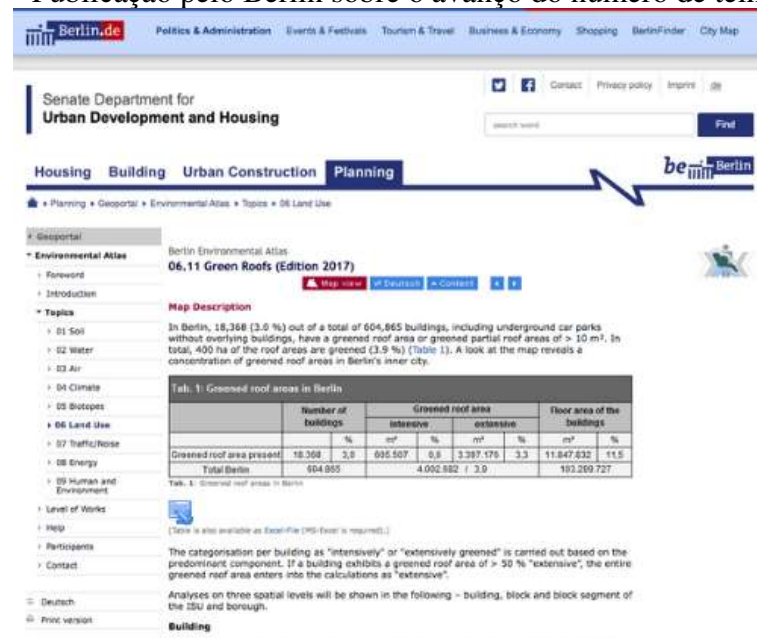
A publicação ainda destaca que embora seja difícil calcular a economia, já que os custos dos serviços públicos variam de cidade para cidade, o Conselho Nacional de Pesquisa do Canadá estima que um telhado verde pode reduzir o uso de ar-condicionado em um edifício em até 75%, sendo que com aumento da compreensão a respeito dos benefícios, mais cidades ao redor do mundo vão aprovar legislações sobre os mesmos.

Segundo a publicação, em 2010, Copenhague começou a exigir telhados verdes em todos os novos edifícios comerciais com uma inclinação de telhado de menos de 30 graus. Em 2016, a cidade de Córdoba, na Argentina, emitiu um estatuto que determinava que todos os

telhados - novos ou existentes - de mais de 1.300 pés quadrados fossem transformados em telhados verdes. No mesmo ano, San Francisco começou a exigir que 15 a 30 % do espaço do telhado em novos edifícios incorporassem painéis solares, telhados verdes ou ambos. Mais recentemente, o Conselho da Cidade de Nova York aprovou um conjunto de medidas para reduzir os gases do efeito estufa, incluindo a exigência de telhados verdes, painéis solares ou uma combinação de ambos em edifícios recém-construídos.

O boletim informativo Berlin, 2017, do Departamento de Desenvolvimento Urbano e Habitação do senado (Figura 59), ressalta que um "programa de esverdeamento de pátios" foi iniciado em 1983 com objetivo de reduzir os déficits de espaço verde nas áreas centrais da cidade. O programa ofereceu financiamento para medidas de esverdeamento de pátios, fachadas e telhados extensivamente verdes. Ao longo desse programa, em 1995, 1.643 projetos foram aprovados e 740.000 m² de superfícies de pátios e fachadas e 65.000 m² de áreas de telhado verdes foram construídos (Reichmann 2009).

Figura 59 - Publicação pelo Berlin sobre o avanço do número de telhados verdes



Fonte: Berlin.de, 2017.

O Jornal Barcelona de Ecologia, Urbanismo e Mobilidade, em uma última publicação de 2015 (Figura 60), relatou que a Câmara Municipal promoveu ações para que as coberturas convencionais em edifícios existentes e novos, a fim de se obter o máximo desempenho social, ambiental e energético, fossem transformados em telhados verdes.

O Jornal destacou ainda que em Barcelona, sendo uma cidade densa e de clima mediterrâneo, era oportuno considerar as coberturas convencionais de edificações, como um recurso não explorado. Para o Jornal, o uso e a reabilitação dos telhados proporcionavam

inúmeros benefícios como: aumentar o verde e a biodiversidade, facilitar a redução da demanda de energia e promover sistemas de produção de energia e uso de recursos naturais. Estas ações contribuiriam para a adaptação de edifícios e cidades às mudanças climáticas e, portanto, aumentariam a resiliência da cidade.

Figura 60 - Publicação pelo Barcelona sobre os telhados verdes na cidade



Fonte: Barcelona, 2015.

2.11 Normas e leis que incluem o uso de telhados verdes

2.11.1 Leis de compensação ambiental

2.11.1.1 Porto Alegre/RS: Lei Complementar 434/1999

A Lei Complementar afirma que terraços e coberturas vegetados - área descoberta, em estrutura permanente e fixa, totalmente vegetada, com uma camada de substrato -, constituem medidas alternativas para a área livre.

2.11.1.2 Canoas/RS: Lei 5840/2004

Essa Lei, dispõe sobre a criação de telhados verdes, sendo admitida a instalação de sistemas de telhados verdes para compensar de forma parcial, a área livre obrigatória exigida e que não puder ser executada no local.

2.11.1.3 São Paulo/SP: Decreto 53.889/2013 (alterado pelo Decreto 55.994/2015)

Regulamenta o Termo de Compensação Ambiental (TCA) no Município de São Paulo. Segundo o TCA, jardins verticais e telhados verdes podem ser utilizados como compensação ambiental.

2.11.2 Normas de incentivos fiscais

2.11.2.1 Goiânia: Lei Complementar 235/2012

Descontos de até 20% do IPTU a quem instalar telhados verdes, sistemas de aquecimento hidráulico solar, sistema de aquecimento elétrico solar, construções de calçadas ecológicas, arborização no calçamento, permeabilidade do solo com cobertura vegetal, participação da coleta seletiva de resíduos sólidos, construção com material sustentável e sistema de utilização de energia eólica.

2.11.2.2 Guarulhos: Lei 6793/2010

Descontos do IPTU que vão de 3% a 5% por tecnologias, que podem ser os telhados verdes, sistema de captação de água da chuva, sistema de reuso da água, sistema de aquecimento hidráulico solar, sistema de aquecimento elétrico solar, construção com material sustentável, utilização de energia passiva, sistema de utilização de energia eólica e separação de resíduos sólidos com destinação para reciclagem e aproveitamento.

2.11.2.3 Santos: Lei Complementar 913/2015

Essa Lei Complementar dispõe sobre o incentivo dado as obras que façam a implantação do sistema de telhado verde nos condomínios verticais do Município de Santos.

2.11.3 Leis que promovem a obrigatoriedade do uso

2.11.3.1 Recife/PE: Lei 18.112/2015

Obriga prédios residenciais com mais de quatro pavimentos a introduzir um telhado verde na edificação. Esta é uma das medidas mais relevantes hoje no Brasil. Além disso, a lei prevê a construção de reservatórios para captação de água da chuva em novos imóveis, tanto residenciais quanto comerciais acima de 500m² e que tenham 25% do solo impermeabilizado.

2.11.3.2 Guarulhos/SP: Lei 7031/2012

Essa Lei dispõe a obrigatoriedade de instalação dos telhados verdes, sendo que em projetos de construções edificadas, residenciais ou não, com mais de 03 (três) unidades agrupadas verticalmente, protocolizados na Prefeitura para aprovação a partir da data de promulgação, deverão prever a construção desses sistemas.

2.11.3.3 João Pessoa/PB: Lei 10.047/2013

Essa Lei dispõe que os projetos de condomínios edificadas, residenciais ou não, com mais de 3 (três) unidades agrupadas verticalmente, protocolizados nas Prefeituras dos Municípios Paraibanos para aprovação a partir da data de promulgação da presente Lei, deverão prever a construção de telhados verdes.

2.11.4 Normas que promovem o uso por meio de certificações de sustentabilidade

2.11.4.1 Rio de Janeiro/RJ: Decreto 35.745/2012

Criou a qualificação QUALIVERDE, certificação concedida pela Prefeitura com o objetivo de incentivar empreendimentos que contemplem ações e práticas sustentáveis destinadas a redução dos impactos ambientais, como a implantação de telhado verde no teto do último pavimento da edificação, sendo permitidas áreas destinadas à circulação ou locação de painéis de captação de energia solar.

2.11.4.2 Salvador: Decreto 25899/2015 (substituída pelo Decreto 29.100, de 2017)

Cria certificação sustentável denominado IPTU VERDE, afim de incentivar os empreendimentos que contemplem ações e práticas sustentáveis destinadas a redução do consumo de recursos naturais e dos impactos ambientais. A certificação será obtida pelo

empreendimento que implementarem telhados de coberturas verdes em no mínimo 25% do teto do último pavimento da edificação.

2.11.5 Norma brasileira para telhado verde

Até o presente momento não se tem conhecimento de normas técnicas (NBR) para a construção de telhados verdes. Uma norma deste tipo poderia trazer uma orientação adequada aos profissionais, prever a acessibilidade segura e estabelecer critérios de manutenção, entre outros, além de garantir a defesa do consumidor.

3 CONCLUSÃO

O referencial histórico e técnico sobre telhados verdes é extremamente amplo. Como pôde ser visto, existem vários tipos e custos de implantação.

Os telhados verdes, como destacado ao longo desse levantamento, têm como função atuar na redução dos impactos das novas construções e das construções já existentes, podendo ser uma ferramenta a ser usada nos centros já consolidados.

Muitos autores citam o telhado verde como um sistema com custo superior aos telhados convencionais, justificando essa informação pelos custos dos materiais aplicados na cobertura verde e pela sobrecarga aplicada na estrutura.

Comparando-se os custos de implantação de telhados verdes, pode-se concluir que, com novas tecnologias disponíveis no mercado, é possível ter sistemas de coberturas verdes com peso e custo aproximados aos sistemas tradicionais de cobertura.

O custo inicial superior dos telhados verdes normalmente é amenizado quando se considera o efeito do mesmo ao longo do tempo ou pelo ciclo de vida da cobertura. O telhado verde auxilia a reduzir impactos ambientais e proporcionam ainda redução dos gastos energéticos das edificações.

Os sistemas de telhados verdes modular, flat e kaatop, com estrutura composta de bandejas ou telhas hidropônicas, são mais simples e apresentam os custos mais próximos às coberturas convencionais, mostrando serem alternativas viáveis para aplicação em novas ou antigas edificações. Eles exercem uma menor sobrecarga sobre a estrutura, necessitando de um menor reforço, podendo, no caso do kaatop, dispensar uma laje ou cobertura impermeabilizada. Esses sistemas mostram-se, portanto, bastante promissores para que sejam incentivados os seus usos no Brasil.

Permanece, contudo, a necessidade de mais informações sobre o benefício destes telhados verdes, com características bastante próprias, sobre o ambiente térmico interno das edificações localizadas em condições climáticas brasileiras.

Dessa forma, sugere-se a abordagem futura do tema influência dos telhados verdes tipo modular, flat e kaatop, no conforto térmico interno das edificações comparados aos sistemas tradicionais de coberturas utilizadas no Brasil, sendo essa eficiência medida através das construções de protótipos, atendendo os critérios estabelecidos na NBR 15575 para medições de temperatura em protótipos.

4 REFERÊNCIAS

ADAM, R. S. **Princípios do Ecoedifício**: interação entre ecologia, consciência e edifício. Editora Aquariana, 2001.

AGENDA 21: ações prioritárias/ Comissão de políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. 2 ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.

ALVES, J. E. D. **Urbanização e Cidades Ecológicas**. Ecodebate. Disponível em: <<http://www.ecodebate.com.br/2012/02/08/urbanizacao-e-cidadesecologicas-artigo-de-jose-eustaquio-diniz-alves/>>. Acesso em: 15 de outubro de 2020.

ARAÚJO, S. R. **As Funções dos Telhados Verdes no Meio Urbano, na Gestão e no Planejamento de Recursos Hídricos**. Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, ao Instituto de Florestas da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

BACOVIS, T. M. **Comparação entre o Desempenho Hidrológico de um Protótipo de Telhado Verde Extensivo e um Protótipo de Telhado Convencional**. 2010. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de graduação em Engenharia Ambiental do Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia – CCET da Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR. Curitiba, 2010. Disponível em: <http://pessoal.utfpr.edu.br/nagalli/arquivos/TCC_Tiago.pdf>. Acesso em: 05 de novembro de 2020.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais**: Conforto animal. 2.ed. Viçosa: UFV, 2010. 269p.

BALDESSAR, S. M. N. **Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada**. Dissertação de mestrado. Curitiba: UFPR PPGCC, 2012.

CANTOR, S. L. **Green Roofs in Sustainable Landscape Design**. W.W. Norton & Company, New York – London, 2008.

CARVALHO, C. C. S.; SOUZA, C. F.; TINÔCO, I. de F. F.; VIEIRA, M. F. A.; MINETTE, L. J. **Segurança, saúde e ergonomia de trabalhadores em galpões de frangos de corte equipados com diferentes sistemas de abastecimento de ração**. Engenharia Agrícola, v.31, p.438-447, 2011.

CLAUS, K.; ROUSSEAU, S. **Public versus Private Incentives to Invest in Green Roofs: A Cost Benefit Analysis for Flanders**. Bélgica. 30/2010.

COSTA, E. C. **Arquitetura Ecológica**: Condicionamento térmico Natural. São Paulo. Edgard Blücher, 1982.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em busca de uma Arquitetura Sustentável para os trópicos**: Conforto Ambiental. Rio de Janeiro: Editora Revan, 2003.

D'ELIA, R. **Telhado Verde**. Coberturas verdes projetadas no Brasil oferecem sistemas diferenciados para proporcionar conforto térmico colaborando com o meio ambiente. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/148/artigo144157-3.asp>>. Acesso em: 15 de outubro de 2020.

FREITAS J. A. J.; PILOTTO, G. A.; VALLE, T. R. **Comparativo de custos de sistemas construtivos, alvenaria estrutural e estrutura em concreto armado no caso do Empreendimento Piazza Maggiore**. Paraná, 2011.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor**: Como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de Textos. 2010. 243p.

Habitissimo. Disponível em: <<https://www.habitissimo.com.br/>>. Acesso em: 10 de novembro de 2020.

HENEINE, M. C. A. S. **Cobertura Verde**. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 2008. Disponível em: <<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Monografia%20Maria%20Cristina%20Almeida.pdf>>. Acesso em: 15 de outubro de 2020.

HEWAGE, K.; BIANCHINI, F. **How “green” are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials**. Building and Environment, Canadá, V. 48 Pag. 57 a 65. Ago, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/03691323>> Acesso em: 15 de outubro de 2020.

IDHEA, “Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica”. **Telhado Verde IDHEA**. São Paulo – SP. 2010. Disponível em: <<http://www.idhea.com.br/>>. Acesso em: 20 de outubro de 2020.

Instituto Cidade Jardim. Disponível em: <<https://institutocidadejardim.com.br/>> Acesso em 10 de outubro de 2020.

IGRA, “International Green Roofs Association”. Disponível em: <http://www.igra-world.com/types_of_green_roofs/indez.php>. Acesso em: 28 de outubro de 2020.

WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. **JARDINS SUSPENSOS DA BABILÓNIA**. Flórida: Wikimedia Foundation, 2020. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Jardins_Suspensos_da_Babil%C3%B3nia&oldid=58902269>. Acesso em: 01 de outubro de 2020.

KÖHLER, M.; SCHMIDT, M.; GRIMME, F. W.; LAAR, M.; ASSUNÇÃO PAIVA, V. L.; TAVARES, S. **Green roofs in temperate climates and in the hot-humid tropics**. In: International Conference on Passive and Low Energy Architecture, PLEA, 18., 7-9 de nov. de 2001, Florianópolis. Proceedings. 2001.

LA PASTINA FILHO, José. **Manual de Conservação de telhados**. 1ª Edição. IPHAN, 2005.

LOHMANN A. **“Desempenho Higrotérmico de Cobertura Vegetal Inclinada em Dois Protótipos Construídos na Região de Florianópolis”**. Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, 2008.

LOWEL, F. C. **A brief history of roof gardens**. Disponível em: <<http://www.heathershimmin.com/a-brief-history-of-roof-gardens>> Acesso em 20 de outubro de 2020.

MACCAFERRI. “Grupo Maccaferri”. **Serviços de Engenharia**. 2010. Disponível em: <<http://www.maccaferri.com.br>>. Acesso em: 01 de novembro de 2020.

MACHADO, M.; V. BRITTO, C.; NEILA, J. **El cálculo de la conductividad térmica equivalente en la cubierta ecológica**. Revista on-line de ANTAC, v.3, n.3, jul./set. 2003. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3495/1896>>. Acesso em: 22 de outubro de 2020.

MARCOS, M. H. C. **Análise da emissão de CO2 na fase pré-operacional da construção de habitações de interesse social através da utilização de uma ferramenta CAD-BIM**. Paraná, 2009.

MINKE, G. **Techos verdes** - Planificación, ejecución, consejos prácticos. Uruguay: Editora Fin de Siglo, 2005.

MORAIS, C. S.; RORIZ, M. **Comparação entre os desempenhos térmicos de cobertura ajardinada e laje comum em guaritas**. ENCAC –COTEDI. Curitiba. Novembro, 2003.
MORGADO, J. M. **Coberturas Verdes: Expectativas e Experiências Brasileiras**. São Paulo, 2010.

MOURA, D. J.; BUENO, L. G. F.; LIMA, K. A. O.; CARVALHO, T. M. R.; MAIA, A. P. A. **Strategies and facilities in order to improve animal welfare**, Revista Brasileira de Zootecnia, v.39, p.311-316, 2010.

NASCIMENTO, W. C. **Coberturas verdes no contexto da região metropolitana de Curitiba – Barreiras e potencialidades**. Dissertação de mestrado. Curitiba: UFPR, PPGCC, 2008.

STOVIN, V.; VESUVIANO, G.; KASMIN, H. **The hydrologic performance of a green roof test bed under UK climatic conditions**. *Journal of Hydrology*, p.414-415, 2012.

OSMUNDSON, T. **Roof Gardens – History, Design and Construction**. W.W. Norton & Company, Inc., New York, NY. 1999.

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

PEREIRA, M. F. **Teto verde: o uso de coberturas vegetais em edificações**. Rio de Janeiro. 2007, p1 a 11. Disponível em: <http://www.pucio.br/pibic/relatorio_resumo2007/relatorio/art/art_Manoela_de_freitas_ferreira.pdf>. Acesso em: 18 de outubro de 2020.

PHILIPPI, P. M. **How to get cost reduction in green roof construction**. Conference Proceedings, 2006.

QUINTELLA, M. T. **A origem dos Telhados Verdes**. Disponível em: <<http://telhadoscriativos.blogspot.com.br/2012/03/origem-dos-telhados-verdes.html>>. Acesso em: 10 outubro de 2020.

RENTERGHEN, T. V.; BOTTELDOOREN, D. **Reducing the acoustical façade from road traffic with green roofs**. Building and Environment, v.44, p.1081-1087, 2009.

ROAF, S.; FUENTES, M.; THOMAS, S.E. **A Casa Ambientalmente Sustentável**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

RODRIGUES, R. **The Histpry of Green Roof Technology**. 2006. Disponível em: <http://www.ifenergy.com/50226711/the_histpry_of_green_roof_technology.php>. Acesso em 18 de outubro de 2020.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo. ProEditores, p.31-32, 2000.

TAVARES, S.; LAAR, M.; SOUZA, C.; ASSUNÇÃO PAIVA, V. L.; AUGUSTA DE AMIGO, N.; GUSMÃO, F. et al. **Estudo de aplicação de plantas em telhados vivos em cidades de clima tropical**. In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído - ENCAC, São Pedro, 6., 11-14 de novembro de 2001.

THOMPSON, J. W.; SORVIG, K. **Sustainable Landscape Construction. A Guide to Green Building Outdoors**. Island Press, Washington, Covelo, London, 2008.

TORRES JÚNIOR, J. R. S.; PIRES, M. F. A. et al. **Effect of maternal heatstress on follicular growth and oocyte competence in Bos indicus cattle**. Theriogenology, v.69, p.155-166, 2008.

TUCCI, C. E. M.; ARAUJO, P. C.; GOLDENFUM, J. A. **Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, 2000.

TUCCI, C. E. M. **Estudos Hidrologicos-Hidrodinamicos do rio Iguazu na Região Metropolitana de Curitiba**. Prosan-Suceam Curitiba 2 volumes, 1996.

U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA 2008. **Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies**. Disponível em: <<http://www.epa.gov/heatisland>>. Acesso em: 10 outubro de 2020.

VECCHIA, F. **Cobertura Verde Leve (CVL): Ensaio Experimental**. Encac, Enlacac. Maceio, out. 2005. Disponível em: <http://www.eesc.usp.br/shs/attachments/121_COBERTURA_VERDE_LEVE_ENSAIO_EXPERIMENTAL.pdf>. Acesso em: 18 de outubro de 2020.