



**FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**LUIS EDUARDO DA SILVA
SARA BEATRIZ REIS**

**TELHADO VERDE: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DE
CUSTOS E VANTAGENS EM RELAÇÃO AO TELHADO
CONVENCIONAL**

PUBLICAÇÃO Nº: 03

**GOIANÉSIA / GO
2018**



**LUIS EDUARDO DA SILVA
SARA BEATRIZ REIS**

**TELHADO VERDE: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DE
CUSTOS E VANTAGENS EM RELAÇÃO AO TELHADO
CONVENCIONAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA FACEG.**

ORIENTADOR: PROF. MSC. IGOR CÉZAR SILVA BRAGA

GOIANÉSIA / GO: 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, LUIS EDUARDO DA SILVA; SILVA, SARA BEATRIZ REIS

Telhado verde: Uma análise comparativa de custos e vantagens em relação ao telhado convencional.

48P, 297mm (FACEG, Bacharel, Engenharia Civil, 2018).

TCC – FACEG – FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

Curso de Engenharia Civil.

- | | |
|---------------------|-------------------|
| 1. Sustentabilidade | 2. Bioconstruções |
| 3. Cobertura Verde | 4. Permacultura |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, L. E.; SILVA, S. B. R. Telhado verde: Uma análise comparativa de custos e vantagens em relação ao telhado convencional., Publicação ENC. 03, Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, GO, 48p. 2018.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Luis Eduardo da Silva; Sara Beatriz Reis Silva

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

Telhado verde: Uma análise comparativa de custos e vantagens em relação ao telhado convencional.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2018

É concedida à Faculdade Evangélica de Goianésia a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Luis Eduardo da Silva
Sara Beatriz Reis Silva
Endereço Permanente
76380000 – Goianésia/GO – Brasil

**LUIS EDUARDO DA SILVA
SARA BEATRIZ REIS**

**TELHADO VERDE: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DE
CUSTOS E VANTAGENS EM RELAÇÃO AO TELHADO
CONVENCIONAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA FACEG COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.**

APROVADO POR:

**PROF. MSC. IGOR CÉZAR SILVA BRAGA
(ORIENTADOR)**

**PROF. ESP. ROBSON DE OLIVEIRA FÉLIX
(EXAMINADOR INTERNO)**

**PROF. MSC. WELINTON ROSA DA SILVA
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: GOIANÉSIA/GO, 20 de JUNHO de 2018.

AGRADECIMENTOS

À minha família que me apoiou em todos os momentos e aos professores da Faculdade Evangélica de Goianésia por ter nos enriquecido de conhecimento e contribuído para nossa formação, agradeço em especial nosso professor orientador MSc. Igor César Silva Braga por ter colaborado para o desenvolvimento deste trabalho.

Luis Eduardo da Silva

Agradeço ao meus pais, em especial a minha mãe, Simone, pelo apoio, por me motivar, acreditar e estar sempre comigo e por não medir esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida. Nada seria possível sem você.

Aos meus tios Maria do Carmo e Valdison, por ter me ajudado no primeiro desafio da minha graduação e por confiarem na minha capacidade.

Ao meu tio Marcos pelo apoio incondicional e por dividir comigo o amor pela Engenharia Civil e por ser o meu maior admirador.

Agradeço os meus familiares que de alguma forma ajudaram nesta trajetória. Agradeço ao Prof. MSc. Igor César Silva Braga, orientador deste trabalho pela contribuição e disponibilidade para enriquecimento deste trabalho.

Agradeço ao Prof. Daniel Caixeta, coordenador da disciplina por suas correções e auxílio em todas as etapas do trabalho.

Ao colégio Lycée français François Mitterrand e ao Engenheiro Ronnan Noletto, pela disponibilidade e gentileza que me receberam. Suas contribuições foram de extrema importância para realização deste trabalho.

Por fim agradeço aos amigos que conheci durante essa jornada, em especial ao Luís Eduardo meu parceiro neste trabalho, a todos vocês, muito obrigada.

Sara Beatriz Reis Silva

RESUMO

Tendo em vista o crescimento da população, e com aumento acelerado da construção civil ao longo do tempo, é evidente a ocorrência de grandes impactos ambientais, causados pela substituição de áreas verdes por áreas impermeáveis. Como solução para essa problemática, os pesquisadores têm buscado novas medidas que produzem o menor impacto possível na natureza. Uma dessas medidas que vem ganhando espaço no momento é a cobertura verde que contribuem para redução de consumo de energia, retardo e diminuição do escoamento superficial entre outras vantagens. Esse trabalho faz uma análise de custos e vantagens do telhado verde em comparação com os telhados convencionais que utilizam telhas de concreto e fibrocimento. Por meio de pesquisas bibliográficas estabelecemos pontos para a definição de materiais e custos, prazos para execução, mão de obra. Inicialmente utilizamos um projeto padrão de residência unifamiliar que atende os três tipos de cobertura: telha fibrocimento, telha de concreto e cobertura verde extensiva, afim de evitar impasses que prejudicasse a comparação de custos. Em seguida foi determinado os três tipos de cobertura com seus métodos construtivos, com levantamento dos dados foram estabelecidos os custos através de empresa privada e tabelas SINAP

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade. Bioconstruções. Cobertura Verde. Permacultura.

ABSTRACT

In view of the population growth, and with an accelerated increase in construction over time, it is evident that there are major environmental impacts caused by the replacement of green areas with impermeable areas. As a solution to this problem, researchers have sought new measures that produce the least possible impact on nature. One of these measures that are gaining space at the moment is the green coverage that contributes to reduction of energy consumption, delay and reduction of surface runoff among other advantages. This work does an analysis of the costs and benefits of green roof compared to conventional roofs that use concrete tiles and fiber cement. Through bibliographical research we establish points for the definition of materials and costs, deadlines for execution, labor. Initially we used a standard single-family residence project that meets the three types of coverage: asbestos cement tile, concrete tile and extensive green cover, in order to avoid deadlocks that would harm cost comparison. Then the three types of coverage were determined with their construction methods, with data collection established the costs through private company and SINAP tables

KEY WORDS: Sustainability. Bioconstructions. Green Coverage. Permaculture

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Telha de fibrocimento	16
Figura 2.2: Telha de concreto	18
Figura 2.3: Imagem artística dos jardins suspensos da Babilônia.	19
Figura 2.4: Telhado verde na escola Liceu Francês (Brasília-DF).....	20
Figura 2.5: Sistema de drenagem utilizada no telhado verde.....	23
Figura 2.6: Vegetações utilizada no telhado verde.....	24
Figura 2.7: Sistema de irrigação automatizado (studio cidade jardim).	25
Figura 2.8: Temperaturas medidas ao longo do dia em diferentes tipos de cobertura em um dia ensolarado.....	28
Figura 2.9: Cobertura verde - comparativo contendo os valores Externo do ar; temperatura superficial do forro e temperatura interna do ambiente.....	29
Figura 2.10: Temperatura superficial interna de 5 protótipos de telhado.....	29
Figura 2.11: Diferença de temperatura - temperatura do ar (azul), temperatura da superfície (preto).	30
Figura 2.12: Alagamento da enxurrada ocorrida no interior do município de são Lourenço...	31

LISTA DE TABELA

Tabela 4.1: Madeiramento para cobertura com telha de fibrocimento.....	36
Tabela 4.2: Cobertura com telha de fibrocimento 10% de inclinação.....	37
Tabela 4.3: Cumeeira para telha ondulada de fibrocimento.....	37
Tabela 4.4: Calha Metálica.....	37
Tabela 4.5: Rufo Metálico.....	38
Tabela 4.6: Resultado calculados para custos e prazos de execução da cobertura de fibrocimento.....	38
Tabela 4.7: Estrutura de madeira para telhado de concreto.....	39
Tabela 4.8: Cobertura com telha de concreto inclinação 30%.....	39
Tabela 4.9: Cumeeira para telha de concreto.....	40
Tabela 4.10: Calha metálica.....	40
Tabela 4.11: Rufo metálico.....	40
Tabela 4.12: Resultados calculados para custos e prazos de execução do telhado de concreto.....	41
Tabela 4.13: Descrição de materiais necessários na cobertura verde em uma área de 120m ²	41
Tabela 4.14: Impermeabilização.....	41
Tabela 4.15: Resultados calculados para custo e prazos de execução da cobertura verde.....	42
Tabela 4.16 – Comparação do custo e prazo de execução de cada cobertura.....	42

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 4.17: Porcentagem de custo final e prazo de execução dos telhados	42
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo Geral	14
1.1.2 Objetivos Específicos	14
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 SUSTENTABILIDADE	15
2.2 TELHADOS CONVENCIONAIS E VERDES	15
2.2.1 Telhados Convencionais.....	15
2.2.1.1 Telhado de fibrocimento.....	16
2.2.1.2 Telhado de concreto.....	17
2.2.2 Telhados verdes	19
2.2.2.1 História do telhado verde.....	19
2.2.2.2 Composição do telhado verde.....	20
2.3 BENEFÍCIOS NA UTILIZAÇÃO DO TELHADO VERDE	26
2.3.1 Redução das ilhas de calor.....	26
2.3.2 Redução da variação de temperatura durante o dia e noite.	27
2.3.3 Isolamento térmico e conservação de energia	28
2.3.4 Protegem as edificações dos raios solares	30
2.3.5 Sistema de drenagem mais eficazes.	30
2.3.6 Aumento da qualidade de água filtrada	31
2.3.7 Produção de Oxigênio, Absorção de CO2 e filtragem do ar.	32
2.3.8 Melhor desempenho acústico da edificação	32
2.3.9 Geração de renda	32
2.3.10 Políticas públicas de incentivo	33

3. METODOLOGIA.....	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36
4.1 CUSTOS E PRAZOS DE EXECUÇÃO	36
4.1.1 Telhado de fibrocimento.....	36
4.1.2 Telhados de concreto	38
4.1.3 Telhado verde	41
4.2 ANÁLISES DOS RESULTADOS	42
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
ANEXO I – PLANTA RESIDENCIAL.....	48

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional nos últimos anos reduziu as áreas permeáveis nas cidades, contribuindo para o aumento dos alagamentos. Para Kreutzfeld (2012), a incidência dos raios solares projetados nas construções leva ao aumento da temperatura. Esse fenômeno gera “Ilhas de calor” e agrava o aquecimento global.

Em consequência dos diversos agravantes da urbanização, surge a necessidade de adaptar as edificações. Uma medida alternativa que pode contribuir com a redução destes impactos é a cobertura verde, também chamada de telhado verde, que consiste em uma extensão do telhado existente. A cobertura verde é composta de uma manta impermeável anti-raiz de alta qualidade, sistema de drenagem, tecido filtrante, meio de cultivo leve e plantas (FERREIRA, 2007).

Há semelhanças entre o telhado convencional e o telhado verde, porém cada instalação é única. Assim, todos os detalhes de desempenho técnico variam de acordo com a região, clima, construção, design e tipo de cobertura verde. Ceotto (2006) destaca que a construção civil pode gerar mais de 400 kg de resíduos por habitante/ano. O telhado verde é uma solução eficiente para minimizar esses efeitos e compensar os impactos ao meio ambiente, e está sendo adotado em muitas partes do mundo como um meio de minimizar os impactos causados pela impermeabilização das grandes cidades (Ceotto 2006).

Os telhados verdes oferecem muitos benefícios, como o armazenamento da água pelas plantas, e esta é devolvida à atmosfera pela transpiração e evaporação. No verão, os telhados verdes podem reter cerca de 70 a 90% da precipitação que cai sobre eles, já no inverno, podem reter entre 25 a 40% da precipitação. Além de reduzirem a quantidade de escoamento de águas pluviais, também retardam o tempo em que o escoamento ocorre, resultando em diminuição do estresse nos sistemas de esgoto nos períodos de pico de fluxo (*International Green Roof Association – IGRA, 2017*).

Shahmohamadi *et al.* (2010) afirmam que essa tecnologia modera o efeito da ilha de calor. A implementação da cobertura verde pode reduzir a temperatura interna das edificações em até 10 °C, além de diminuir a quantidade de CO₂ e outros poluentes que são liberados no ar. Essa tecnologia também gera enriquecimento da biodiversidade, servindo de abrigo para várias espécies de aves e invertebrados.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo apresentar e fornecer alternativas de escolha dos telhados verdes para a cobertura na construção civil em comparação com os telhados convencionais com telha de fibrocimento e concreto.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Abordar as vantagens da utilização do telhado verde em relação aos telhados convencionais;
- Fazer a caracterização dos componentes e respectivos custos de telhado para uma habitação unifamiliar coberta com telhado verde, telha de fibrocimento e telha de concreto;
- Analisar as diferenças de custo de construções com telhados verdes e telhados convencionais.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Capítulo 1 é abordada de forma sucinta a introdução sobre os conceitos do telhado verde, e os objetivos do trabalho.

Capítulo 2 é feita a caracterização e comparação dos métodos construtivos utilizados em cada telhado, com telha de concreto, telha de fibrocimento e telhado verde.

Capítulo 3 expõe o estudo de caso com as suas características relacionadas à execução de cada telhado, caracterizando-se o custo benefício, apresentações das vantagens na utilização do telhado verde e metodologia adotada na pesquisa.

Capítulo 4 são feitos os custos e prazos de execução para cada telhado.

Capítulo 5 são feitas as considerações finais, conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SUSTENTABILIDADE

O relatório Brundtland, Organização das Nações Unidas (1987) trata o desenvolvimento sustentável como “O desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades.”

É o desenvolvimento que não esgota os bens renováveis e não renováveis para o futuro, reconhecendo que esses recursos naturais são finitos. Esse conceito levou o mundo a buscar uma nova forma de desenvolvimento econômico, que leva em conta o meio ambiente.

A busca por um desenvolvimento econômico sustentável, levou a construção civil a buscar medidas de construção sustentáveis, respeitando as pessoas e o meio ambiente. Segundo a Fundação DOM CABRAL 2013 (entidade que atua no desenvolvimento e consultoria de empresas e negócios sustentáveis), a construção civil consome 75% de todos os recursos naturais e 44% da energia produzida e gasta na construção civil, o setor responde também por 40% de todos os resíduos produzidos pelas atividades humanas e pela emissão de um terço dos gases do efeito estufa devido ao largo uso de insumos como aço e cimento, além do diesel que e gasto nos transportes dos materiais até o canteiro de obra.

O conceito de Construção Sustentável está sendo baseado no desenvolvimento de modelos que permitam à construção civil enfrentar e propor soluções aos principais problemas ambientais de nossa época, sem renunciar à moderna tecnologia e a criação de edificações que atendam às necessidades de seus usuários. (ARAÚJO, 2007).

2.2 TELHADOS CONVENCIONAIS E VERDES

2.2.1 Telhados Convencionais

Os telhados convencionais são conhecidos como telhados de água devido as inclinações por onde escorre a água da chuva, e pode apresentar múltiplas águas inclinadas. É um dos principais detalhes do projeto de uma casa, pois seu desenho influência diretamente no conceito arquitetônico da edificação. Os telhados se diferenciam pela sua estética, poder ser formados por diversos tipos de telha como concreto, cerâmica, metálicas e etc. Será comparado os métodos, prazo e custo dos telhados convencionais em relação ao telhado verde extensivo.

A escolha das telhas fibrocimento e concreto para essa análise foi devido à grande utilização na região e o baixo custo na implantação. (TEMAX, 2017).

2.2.1.1 Telhado de fibrocimento

O telhado de fibrocimento é bastante atrativo na utilização de cobertura em edificações, por possuir um baixo custo e fácil instalação. São bastante utilizados em edificações comerciais, residenciais e industriais. Sua execução acompanha a NBR 7196/1983 – Folha de Telha Ondulada de Fibrocimento, a norma aborda temas de como proceder na execução do telhado, fechamento lateral, fixação, inclinação do telhado e outros. A Figura 2.1 traz um exemplo de telha de fibrocimento.

Figura 2.1: Telha de fibrocimento



Fonte: Builddailys (2017)

Conforme a NBR 7196 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1983, p.5), deve-se atender algumas condições especificar, como:

- a) As telhas devem estar no mesmo plano para serem apoiadas;
- b) Se o ângulo entre as faces da cobertura for superior a 6° devem ser adotadas providencias específicas de vedação nos recobrimentos das telhas;
- c) Se a cobertura apresentar um desenvolvimento poliedro, devem ser usadas apenas telhas com espessura 6 mm ou 8 mm;
- d) A direção da geratriz das ondas de uma telha deve coincidir com a direção da maior declividade da superfície onde foi aplicada.

De acordo com a NBR 7196 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS,1983, p.8), deve-se levar algumas considerações na execução de cobertura:

- a) As telhas devem ser montadas no sentido do beiral para a cumeeira por faixas;
- b) A sequência de faixas deve ser no sentido contrário ao dos ventos predominantes da região;
- c) Para permitir uma montagem ideal da cumeeira, deve-se manter alinhadas as ondas das telhas nas duas águas da cobertura;
- d) Nos cruzamentos para recobrimento longitudinal e recobrimento lateral, devem-se cortar dois cantos das quatro telhas envolvidas, para evitar a sobreposição de quatro espessuras, necessitando este procedimento ser estendido também as peças complementares.

Conforme a NBR 7196 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS,1983, p.16), para os fechamentos laterais, devem ser seguidas as exigências e recomendações estabelecidas para cobertura conforme descrito acima, atendendo-se ainda as observações indicadas a seguir:

Os valores mínimos de recobrimento longitudinal e lateral devem ser os seguintes:

- a) Longitudinal 140mm;
- b) Lateral 1/4 de onda;
- c) Apenas nos casos de fechamentos laterais a 90°, admite-se o recobrimento longitudinal de 100 mm;
- d) A distribuição dos elementos de fixação deve obedecer ao estabelecido nos subitens, considerando-se a ordenação crescente das cristas e cavas das telhas no mesmo sentido da montagem;
- e) Em cada telha da periferia do fechamento lateral, ou seja, fiada superior, fiada inferior e faixas laterais, deve-se aplicar dois parafusos ou ganchos de rosca por apoio, nas 2ª e 5ª ou 2ª e 6ª crista, além de um gancho chato, na 3ª ou 4ª cava.

2.2.1.2 Telhado de concreto

A telha de concreto é produzida basicamente de areia e cimento, e possuem um tamanho bem superior as telhas tradicionais de barro. As telhas de concreto são elementos de cobertura com diferentes acabamentos, cujos perfis permitem encaixes perfeitos. Na Figura 2.2 há um exemplo de telha de concreto.

Figura 2.2: Telha de concreto



Fonte: Acervo dos autores, 2017

Conforme a NBR 13858-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997, p.5), deve-se atender alguns requisitos específicos, como:

- a) Deve ajustar-se à telha de concreto, de tal forma que seja garantida a estanqueidade do telhado;
- b) A cumeeira deve ser executada, de preferência, com peças de concreto especialmente projetadas para este fim;
- c) O recobrimento entre as cumeeiras e a telha deve ser no mínimo de 80 mm, e entre as cumeeiras deve ser no mínimo de 70 mm;
- d) Em beirais desprotegidos, do lado esquerdo, recomendasse a aplicação da telha terminal esquerda, fixada pelo furo de amarração à estrutura de apoio ou aplicação da capa lateral em todo o beiral, fixada com argamassa.

Quanto a colocação das telhas e componentes a NBR 13858-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997, p.4) indica que:

- a) A colocação das telhas deve ser feita por fiadas, da direita para a esquerda, iniciando-se pelo beiral ou pela parte mais baixa do telhado, e prosseguindo-se em direção à cumeeira;
- b) As telhas devem apoiar-se sobre elementos coplanares, isto é, nas faces superiores das ripas;

- c) Para garantir a segurança na colocação das telhas ou manutenção do telhado, os montadores não devem pisar diretamente sobre as telhas, devendo utilizar tábuas que distribuam os esforços;
- d) Caso haja necessidade de fixar a telha, o pré-furo define a posição para a furação.

2.2.2 Telhado verde

2.2.2.1 História do telhado verde

O Primeiro telhado verde foi construído na Babilônia a 600 anos A.C, nessa época era utilizado vegetação suspensa na cobertura apenas como um objeto de beleza, a civilização não tinha conhecimento dos benefícios proporcionados pelo mesmo. Ferreira *et al*, (2008)

Com passar do tempo as civilizações foram descobrindo suas vantagens, e adaptando da melhor forma em cada região. Na Escandinávia, o telhado verde era utilizado como isolamento térmico, era feito uma mistura de grama e terra e colocado sobre a cobertura proporcionando uma melhor temperatura dentro do ambiente. E para sustentar essa cobertura utilizava vigas de madeira interpoladas com casca de arvore que servia também como impermeabilizante (RODRIGUEZ, 2006).

Naquela época o telhado verde era mais aproveitado visando uma melhor eficiência no isolamento térmico, trabalhando em conjunto com solo e vegetação, impedindo que nos dias frio retese o calor dentro do ambiente, e em dias mais quentes impedisse sua penetração (PECK, et al. 1999). A Figura 2.3 mostra uma ilustração dos jardins suspensos da Babilônia.

Figura 2.3: Imagem artística dos jardins suspensos da Babilônia.



Fonte: Seuhistory (2017)

Nos anos 70, as universidades e organizações privadas da Alemanha, começaram estudos envolvendo cobertura verde e suas utilidades, visando um desenvolvimento ecológico para aplicações em centros urbanos, sistema de drenagem, balanço energético, e etc.

As pesquisas desenvolvidas relacionadas ao telhado verde, tem finalidade de quantificar a atuação na redução do escoamento superficial da água da chuva, e o combate as ilhas de calor nos centros urbanos (EPA).

A EPA (*Environmental Protection Agency*) afirma que a principal função da cobertura verde é absorver o grande volume de água da chuva, e liberá-la em um ritmo reduzido e controlado evitando acúmulo da mesma. A EPA considera também a cobertura verde como um desenvolvimento sustentável nos centros urbanos, ajudando na qualidade do ar, e na redução de equipamento de refrigeração nas edificações.

O telhado verde ainda é pouco utilizado e explorado no Brasil, as cidades de Florianópolis, Campinas Grande, Rio de Janeiro e Brasília possuem telhados verdes em suas edificações e estão sendo explorados para uma avaliação referente aos aspectos climáticos (Köhler et al, 2001). A Figura 2.4 traz o telhado verde da escola Lycée Français, em Brasília.

Figura 2.4: Telhado verde na escola Lycée Français (Brasília-DF).



Fonte: Acervo dos autores, 2017

2.2.2.2 Composição do telhado verde

O Telhado verde é definido como cultivo de vegetação de diversos tipos sobre uma superfície, cobertura ou fachadas. Essa técnica foi passada dos ancestrais, que utilizada grama ou jardim sobre lajes ou telhado (FERREIRA, 2007).

Segundo Costa *et. al* (2012), os telhados verdes são classificados em três tipos: intensivo, semiextensivo e extensivo. O sistema intensivo possui uma cobertura mínima de 20 cm e um substrato mais grosso, pode suportar uma vegetação mais densa e requer manutenção e irrigação com frequência.

Os sistemas extensivos é o mais barato e simples, possuem um substrato mais fino, de 2,5 a 15 centímetros de espessura, é cultivado vegetação baixa, e pode ser sustentado por uma estrutura mais leve. Esse sistema requer pouca manutenção e é apropriado para regiões urbanas pois suporta somente o peso de trânsito para alguma manutenção. (GETTER; ROWE, 2006 apud COSTA, 2012).

O Sistema semiextensivo está entre os dois primeiros, possui uma espessura entre 12 e 25 centímetros, é necessário manutenção e irrigação constante, E é adequado para plantação de arbustos e cultivo (IGRA, 2017).

- a) **Laje:** elemento estrutural onde devem ser consideradas as cargas permanentes e as cargas acidentais, também pode ser utilizado um outro suporte estrutural. O peso médio da maioria dos telhados preenchidos por vegetação é em torno de 80 kg/m². A laje de concreto deve possuir uma inclinação entre 5 e 35% para escoar bem a água da chuva por um ralo, pois inclinações acima de 35% devem utilizar sistemas de travamento especialmente desenhados para evitar o deslizamento do sistema de cultivo.

- b) **Camada Impermeabilizante:** a camada de impermeabilização é indispensável, pois, havendo infiltração de água na estrutura da edificação, diminui sua vida útil além de causar transtornos para quem ocupa o local. No mercado existem vários impermeabilizantes para lajes, portanto deve-se escolher aquele que mais se adequa com o projeto.

A *National Roofing Contractors Association* – NRCA recomenda uma membrana isolante para telhado verde, composta por uma camada com 5,4mm de espessura mínima com tecido entelado reforçado, uma camada de asfalto quente e uma camada de manta asfáltica.

- c) **Sistema Modular:** o sistema é composto por um módulo de estrutura confeccionada em plástico 100% reciclado (PEAD), além das peças possuírem uma proteção UV e

podem ter durabilidade por tempo ilimitado se mantidas sob cobertura de terra/substrato, camada de matéria orgânica seca (*mulch*) ou vegetação.

O design do módulo tem como finalidade a drenagem controlada, retendo a água da chuva em nichos para as raízes da vegetação (reserva de água sob as raízes), e evitando assim o contato direto da vegetação com a laje. O módulo possui dimensões de 0,50 m x 0,50 m com altura 0,075m e pesa cerca de 0,7 kg a peça vazia, o sistema já saturado de água possui carga de 50 a 80 kg.m². (Cidade jardim, 2008).

A peça modular possui um filtro de tecido filtrante que é utilizado para separar a base de drenagem e armazenamento de água do substrato/terra que é um material desenvolvido para aplicação agrícola ao invés dos geotêxtis comumente utilizados. Como o próprio nome diz, os geotêxtis foram desenvolvidos para utilização sobre áreas com o mínimo de permeabilidade, ou seja, solos compactados, pavimentação urbana, calçamento urbano, etc. (Cidade jardim, 2008).

Para cultivos de jardins sobre áreas 100% impermeabilizadas, recomendado fortemente a utilização de materiais que promovam um maior afastamento da camada de cultivo em relação à laje ou telhado. Assim é possível garantir a médio e longo prazo uma drenagem e aeração eficiente sem compactação do meio de cultivo.

Além do módulo possuir um design com nichos de armazenamento de água debaixo dos módulos permite a retenção de uma lâmina d'água bem distribuída nas peças mesmo em situações de inclinações da laje ou telhados. Dessa forma a água não fica acumulada em um canto do módulo, proporcionando melhor distribuição e, conseqüentemente, formação homogênea das raízes. Os revestimentos vivos Cidade Jardim Modular possuem um volume de 17 litros de armazenamento esta água é coletada apenas nas peças plásticas. (Cidade jardim, 2008).

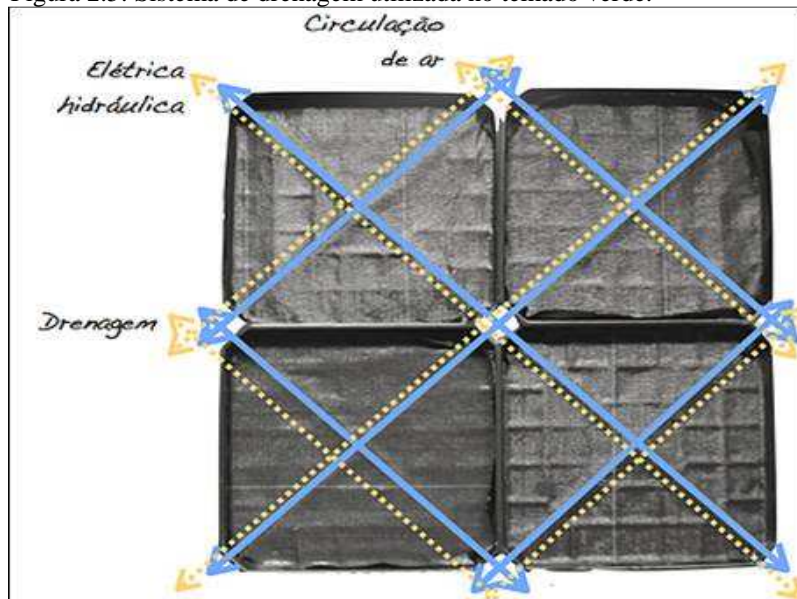
d) Sistema de drenagem: o sistema modular possui um exclusivo design em 'X' na base dos módulos, criado para favorecer a drenagem e facilitar a saída do excesso de água da chuva em telhados verdes. Além dos canais de drenagem distribuídos em baixo das peças (entre os reservatórios de armazenamento de água), os dois cortes diagonais formando o 'X' permitem:

- Maior eficiência nos fluxos de água;
- Melhor circulação de ar (aeração) para ótimo desempenho das raízes;

- Fácil passagem e integração com tubulações de hidráulica/irrigação e conduítes para elétrica.

Esse conjunto de diferenciais confere um desempenho superior ao jardim além de facilitar a manutenção e a integração de outros dispositivos comumente encontrados em lajes e telhados (tubulações, aquecimento solar, etc.). A Figura 2.5 traz o sistema de drenagem. (Cidade jardim, 2008).

Figura 2.5: Sistema de drenagem utilizada no telhado verde.



Fonte: Jardim (2017)

- e) **Substrato:** o substrato orgânico utilizado no cultivo de telhados verdes é fabricado a partir de materiais disponíveis na região como bagaço de cana, borra de cervejaria, resíduos de produção agropecuária e indústria de alimentos.





Esse substrato é superleve e apresenta densidade (saturada de água) próxima a $1,0\text{Kg/m}^3$ ou seja leve, mas denso o bastante para não boiar e ser erodido. Quando totalmente embebido de água, 1m^3 deste substrato pesará 1.000kg . Pode-se utilizar também terra comum de barranco (vermelha, argilosa) mas seu peso deve ser bem avaliado pois saturada de água pode pesar mais de 2.500kg/m^3 . Portanto, uma camada de 5 cm de cultivo irá pesar 125kg/m^2 enquanto que a mesma camada de 5cm de substrato leve pesará 50kg/m^2 . (Cidade jardim, 2008).

- f) **Vegetação:** lajes e telhados apresentam condições climáticas muito parecidas com as de regiões desérticas: são espaços áridos, com alta exposição à radiação e luz solar,

ventos constantes, grande variação de temperatura ao longo do dia e, principalmente, expostos a grandes volumes de água durante eventos de chuva, mas com baixíssima capacidade de retenção desta água.

Ainda assim é possível cultivar telhados verdes com baixo custo de irrigação: o segredo é escolher as plantas certas e utilizar sistemas de cultivo com uma boa relação de armazenamento de água / drenagem. Além disso, com um breve estudo das condições climáticas do local, através do mapa da seca no Brasil – CPTEC / Inpe, é possível se estimar as necessidades de irrigação na região de implementação da cobertura verde. A Figura 2.6 mostra as possíveis vegetações a serem utilizadas na cobertura do telhado verde.

Figura 2.6: Vegetações utilizada no telhado verde

Ilustração	Nome	Veloc. de Crescimento	Altura	Hábito	Irrigação	Poda
	Callisia repens	Altíssima	25cm	Forração densa - invasora	1xsemana	Não necessita
	Portulaca olearacea	Altíssima	40cm	Forração densa	1xsemana	Não necessita
	Aptenia cordifolia	Alta	20cm	Forração densa alastraste - pendente nas bordas	1xsemana	Poda para colheita/co mestível
	Grama-amendoim	Altíssima	20 cm a 40 cm	Forração densa	3xsemana	Necessita
	Grama-esmeralda	Lento	menos de 15cm	Forração densa	1xsemana	Minimo:1/3 meses, Ideal: 1/30 dias
	Axonopus compressus (Grama são carlos)	Alta	menos de 15cm	Forração densa	1xsemana	necessita

Fonte: Adaptado de Jardim (2017)

g) Irrigação: há vários anos, o manejo de aplicação de água dos sistemas de irrigação, sempre tem sido alertado como sendo a maior deficiência dentro das práticas culturais, independentemente do plantio. Apesar da ciência disto, apenas em poucas locais se utilizam as práticas de manejo de irrigação. O resultado, na grande maioria das vezes, é o desperdício de água e a produção afetada devido a outros fatores decorrentes do mau uso da água nas plantas (GIACOIA NETO, 2004).

Os telhados verdes simples e extensos com espécies de plantas resistentes à seca devem ser irrigados apenas durante a plantação e manutenção da instalação durante o primeiro ano. Após o estabelecimento, a precipitação anual é suficiente para sustentar a vegetação. Em contraste, os requisitos são mais complexos para telhados verdes intensivos com gramado, arbustos ou árvores. Um número adequado de mangueiras precisamente dimensionadas com unidades de irrigação automática faz a manutenção da planta durante períodos de seca mais gerenciáveis. O abastecimento de água para os jardins do telhado sem inclinação pode ser aumentado através de irrigação de barragem adicional. Para reduzir o consumo de água potável, os jardins do telhado também podem ser irrigados com água armazenada em cisterna de água servida. (NGAN, 2004). A Figura 2.7 mostra o sistema de irrigação eletrônico.

Figura 2.7: Sistema de irrigação automatizado (Studio cidade jardim).



Fonte: Acervo dos autores, 2017

Segundo Guimarães (2011), os sistemas eletrônicos e autônomos facilitam a aplicação de projetos de melhoria para o sistema agrícola. A introdução destes elementos reduz, não só problemas de caráter humano de má operação, como também o consumo de insumos e o custo de produção.

A necessidade da busca da otimização dos recursos produtivos, da competitividade no mercado e da necessidade do aumento de produtividade e redução de custos, leva a uma tendência de adoção de tecnologias capazes de tornar a exploração cada vez mais competitiva e rentável. A automação se faz necessária não somente pela possibilidade de diminuição dos custos com mão de obra, mas principalmente por necessidades operacionais, tais como irrigação de grandes áreas no período noturno (SUZUKI 2013).

Testezlaf (2001) apresenta como vantagens da irrigação automatizada a economia de recursos hídricos, devido ao monitoramento dos volumes aplicados mais precisamente, economia de energia, por meio da otimização do sistema de bombeamento e economia de mão-de-obra. Porém ressalta que existem as desvantagens de custo inicial elevado, necessidade de mão-de-obra especializada e treinada e, principalmente, confiança excessiva no sistema de controle tornando os agricultores relapsos com tratos culturais, com a manutenção preventiva do sistema e verificando se o manejo adotado pelo sistema de irrigação satisfaz as necessidades da sua cultura.

2.3 BENEFÍCIOS NA UTILIZAÇÃO DO TELHADO VERDE

Minke (2005), afirma que a implantação do telhado verde melhoraria muito o clima nas cidades, como a redução de pó, purificação do ar e na temperatura nos centros urbanos, afirma ainda que a aplicação de 10% a 20% de cobertura verde na edificação já ajudaria a ter um clima urbano mais saudável.

Utilizando como referência os bairros centrais das grandes cidades, 1/3 da superfície está construída com edificações, 1/3 com pavimentação, calçadas e praças e sobra apenas 1/3 de área verde livre de construções.(MINKE, 2005).

A espessura e densidade do telhado verde são cruciais para obter os benefícios da cobertura como: filtragem de ar, Isolamento térmico etc.

Dentre inúmeros benefícios destacasse alguns como:

2.3.1 Redução das ilhas de calor

De acordo com a pesquisa realizada pelo arquiteto Jorg Spangenberg, poderia ser reduzido de 1°C a 2°C da temperatura nas cidades se fossem utilizados cobertura com telhado

verde. Outros fatores que ajudariam a definir essa variação na temperatura seriam a intensidade e direção dos ventos (D' ELIA, 2017).

Essas mudanças na temperatura e muito importante para reduzir as ilhas de calor que ocorre nos centros urbanos. Devida a radiação solar sobre as coberturas, principalmente às de cor mais escuras faz com que absorva grande quantidade de energia e a libere lentamente a noite, conseqüentemente proporcionando temperaturas mais elevadas, sendo necessário a utilização de aparelhos de climatização para amenizar o mesmo. Essa redução de temperatura pode ser feita por meio do teto verde, pelo processo de transpiração que umidifica o ar seco (BALDESSAR, 2012).

D'Elia (2017), afirma que a redução da temperatura na laje após a instalação do telhado verde e aproximadamente 15°C, o que ajuda na sensação de conforto térmico e também na economia de energia elétrica dependendo do tipo do telhado utilizado, da capacidade de área e da vegetação utilizada, 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.

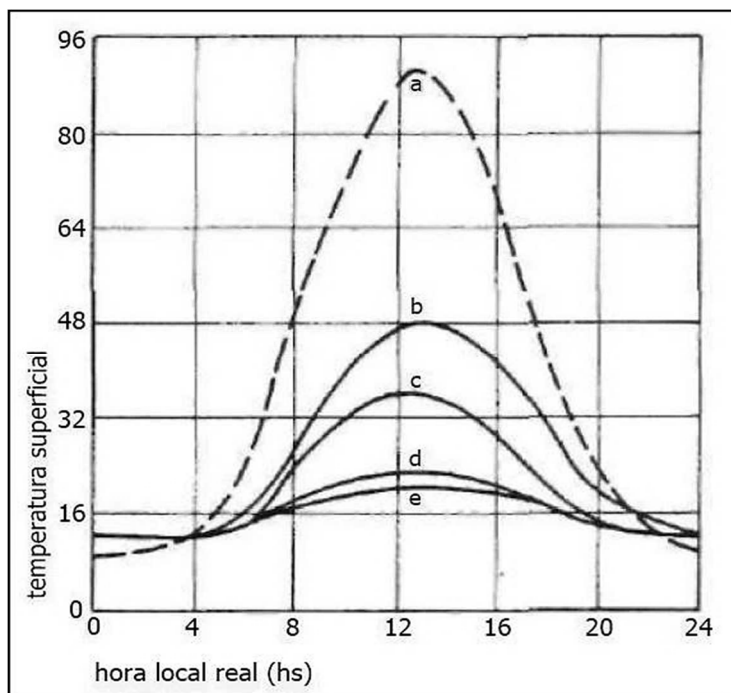
2.3.2 Redução da variação de temperatura durante o dia e noite.

A durabilidade de todo sistema de cobertura convencionais e limitado, sejam estes de laje impermeabilizada, telha ondulada, cerâmica, concreto e outros. Sofrem influência do clima sobre eles. Como chuva, calor frio, raios ultravioletas e gases derivados das indústrias etc.

Segundo Minke (2005), na Europa uma cobertura com sistema de laje impermeabilizada sofre uma variação de temperatura de 100°C variando de (-20°C até 80°C) no decorrer do tempo. Essa mesma laje se possuísse uma cobertura verde teria uma variação de aproximadamente 30°C, o que seria uma redução de temperatura significativa.

O estudo realizado por GERTIS *et al.* (1997, *apud* MINKE, 2005) demonstra que uma cobertura de laje com impermeabilizante de cor preta pode chegar até 90°C durante o dia, e a noite estaria próximo a 10°C. Se a cobertura fosse vegetada não ultrapassaria 25°C durante o dia e a noite teria uma temperatura de aproximadamente 15°C. Dessa forma a laje impermeabilizada tem uma variação de temperatura superficial de 80°C, enquanto o telhado teve uma variação de apenas 10°C. Essa temperatura superficial mais baixa proporciona um clima mais agradável além de contribuir na redução da ilha de calor. A Figura 2.8 representa as temperaturas ao longo do dia.

Figura 2.8: Temperaturas medidas ao longo do dia em diferentes tipos de cobertura em um dia ensolarado.



- a. Laje impermeável;
- b. Telhados cerâmico;
- c. Tinta clara refletiva;
- d. Molhado, planta artificial;
- e. Vegetado.

Fonte: GERTIS *et al.* (1997, *Apud* MINKE, 2005).

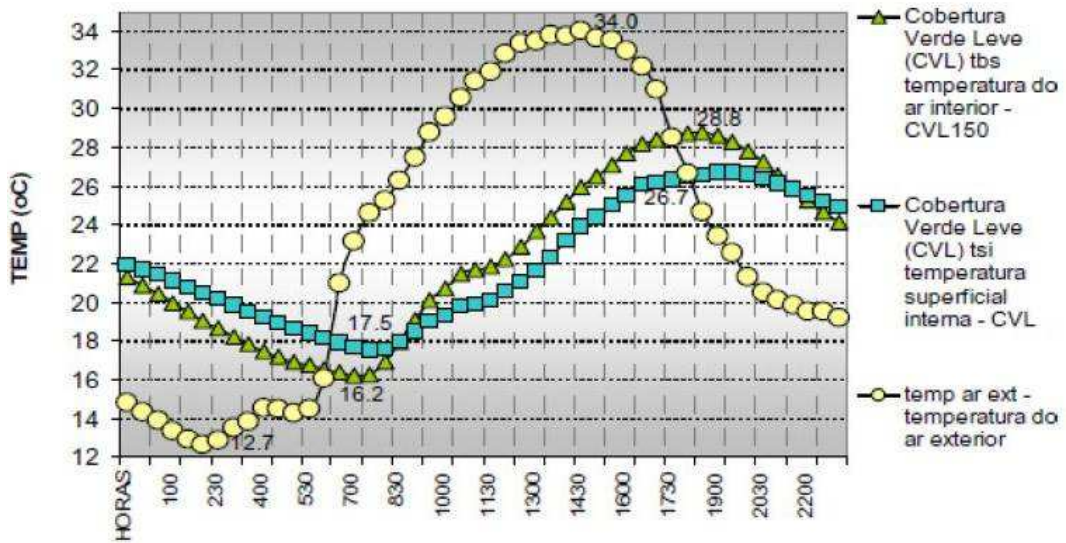
2.3.3 Isolamento térmico e conservação de energia

Em implicação de toda camada utilizada na fabricação do telhado verde, como manta impermeabilizante, material de vegetação e etc. Toda esta espessura acaba agindo como um isolante, e dão um grau de resistência em transmissão de energia reduzindo a necessidade de ar condicionado no verão e de aquecimento no inverno (BALDESSAR, 2012).

Estudo realizado por Vecchia (2005), construíram protótipos de telhado verde e telhados convencionais utilizados com frequência no Brasil, com intuito de comparar a eficiência energética entre eles. No gráfico 2 é possível comparar variações de temperatura térmica no ambiente externo, variação térmica na cobertura verde e dentro do ambiente. Chegando com uma variação de temperatura de 10°C na hora mais quente do dia que foi registrada as 14:30 horas, a troca de calor é retardada pois a cobertura verde age com um isolante.

Vecchia (2005), destaca ainda que a ação do sombreamento provocado pela grama e arbustos provocou um atraso térmico de 4 horas conforme mostrado na Figura 2.9, isto é, o tempo que o calor externo demora para penetrar no ambiente interno.

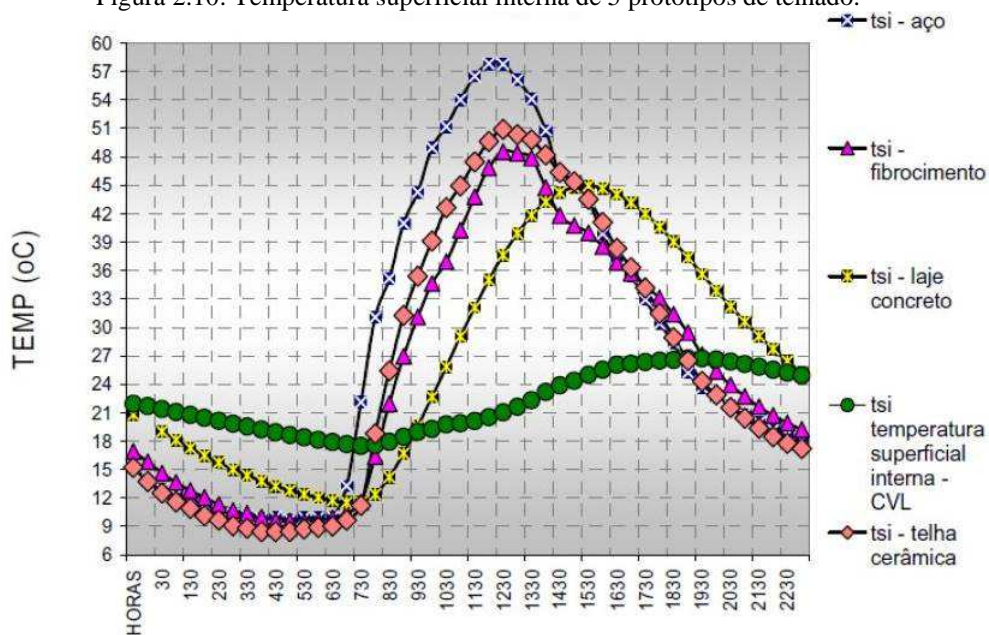
Figura 2.9: Cobertura verde - comparativo contendo os valores Externo do ar; temperatura superficial do forro e temperatura interna do ambiente.



Fonte: VECCHIA (2005).

Na Figura 2.10 é possível comparar a eficiência energética das coberturas deixando, claro o quão eficiente é a utilização do telhado verde, todas as outras coberturas analisadas tiveram uma eficiência muito inferior em relação ao telhado verde.

Figura 2.10: Temperatura superficial interna de 5 protótipos de telhado.



Fonte: VECCHIA (2005).

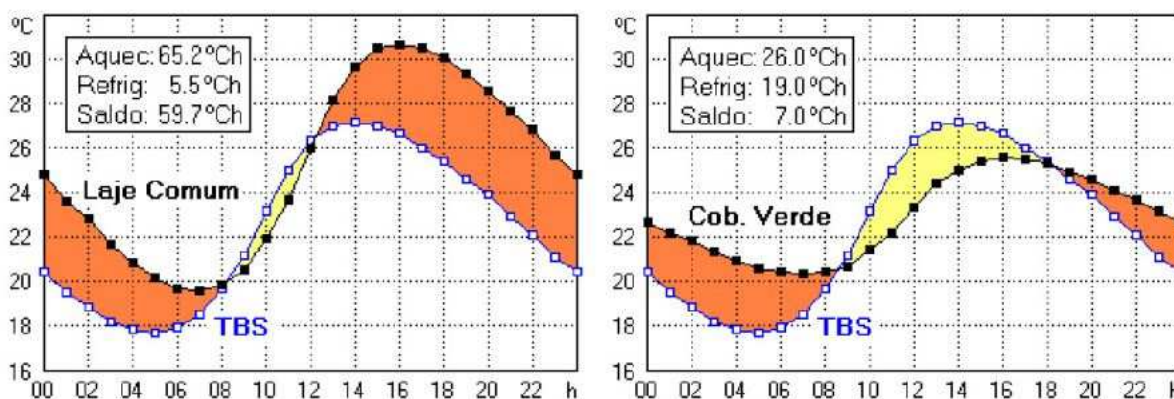
O telhado verde proporciona temperatura mais estável durante o dia e a noite comparado com os demais sistemas, isto é, consequência da sua dissipação de calor realizada de forma lenta.

2.3.4 Protegem as edificações dos raios solares

As coberturas de edificações ficam expostas a variações de temperaturas intensas, e durante o dia recebe uma grande temperatura de radiação sobre ela, e a noite a edificação esfria rapidamente perdendo o calor. A cobertura verde protege a edificação da radiação solar através das suas folhas refletindo a radiação, não permitindo que entre na superfície da mesma.

Em dias quentes a temperatura pode chegar até 65,2° Horas de Calor, acima da temperatura do ar. MORAIS *et al.* (2004) afirmam que o telhado verde é capaz de absorver até 40% desse valor, e que em horas mais quentes do dia o telhado contribui para uma melhor refrigeração conforme mostra a Figura 2.11, a temperatura do telhado verde foi menor que a temperatura do ar no horário das 09 às 18 horas.

Figura 2.11: Diferença de temperatura - temperatura do ar (azul), temperatura da superfície (preto).



Fonte: MORAIS et al. (2004).

2.3.5 Sistema de drenagem mais eficazes.

Os centros urbanos sofrem com a falta de planejamento e o crescimento desorganizado, ocasionando crescimento das zonas urbanas e diminuindo a área permeável de grande parte do solo. Com isso o principal afetado são as periferias, o sistema de drenagem é precário e recebe uma sobrecarga não esperada que acarretam em enchentes. A Figura 2.12 mostra exemplo de alargamento ocorrido devido à chuva.

Figura 2.12: Alagamento da enxurrada ocorrida no interior do município de São Lourenço.



Fonte: Schellin (2017).

Os telhados verdes são de grande importância na prevenção de enchentes e alargamentos nos centros urbanos. Dependendo do tipo de telhado, vegetação cultivada e profundidade, a água da chuva pode ser absorvida pelo mesmo reduzindo o escoamento em 50-90%. E boa parte dessa água é devolvida para a natureza através do ciclo natural de evapotranspiração do telhado verde. O excesso de água da chuva é filtrado e drenado com atraso temporal. Portanto, o fluxo máximo de um evento de chuva que causa ao esgoto transbordamento e poluição, bem como inundações, é reduzido com o uso do telhado verde. Com volumes reduzidos de águas pluviais e fluxos máximos, a carga em que a infraestrutura do sistema de esgoto terá que suportar é menor, o que pode resultar em economia de custos. A água que drena de um telhado verde pode ser infiltrada no local usando por exemplo cisternas de armazenamento ou retenção de sistemas de buracos de imersão. Ngan (2004)

2.3.6 Aumento da qualidade de água filtrada

A chuva tem a função de limpa o ar da atmosfera, retirando todas as partículas tóxicas de pó. Com isso a água da chuva que cai no solo tornasse poluída. O telhado verde garante a qualidade da água superficial, reduzindo a poluição causada pelo escoamento da água da chuva misturada com água do esgoto transbordada superficialmente (KÖHLER *et al.* 2002).

O telhado verde e suas camadas agem como um filtro para captação de água que pode ser utilizada para fins não potáveis, em diversas cidades do Brasil possuem lei para utilização de água da chuva. Em Curitiba o Decreto 293/2006 regulamenta a lei do PURAE (Programa de conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – Lei nº. 10785/2003), incentivando o

uso e aproveitamento de água da chuva em novas edificações, não sendo necessário a implantação de um filtro artificial para captação dessa água.

2.3.7 Produção de Oxigênio, Absorção de CO₂ e filtragem do ar.

Roaf (2006), afirma que o principal gás causador do efeito estufa é o CO₂ e o responsável por aproximadamente 50% dessas emissões e as edificações.

Conforme o relatório apresentado pela comissão no reino unido sobre poluição ambiental, será necessário a redução de 60% de CO₂ para estabilizar as mudanças climáticas, e umas das formas mais eficaz apresentada para diminuir a quantidade de CO₂ e a redução de energia nas residências (ROAF, 2006).

Desta forma é necessário procurar sistemas alternativos para ajudar no controle de temperatura, sistemas que cause menos impacto ambiental, a cobertura verde torna-se um ótimo aliado na redução de energia nas residências.

2.3.8 Melhor desempenho acústico da edificação

Os ruídos nas grandes metrópoles causados pelo fluxo de tráfego e outras fontes causam danos a população seja física ou psicológica.

Os telhados verdes absorvem o som e ondas eletromagnéticas das estações transmissoras através da vegetação e do substrato bem como ruído externo e interno. Isso é útil para que morra perto de aeroportos, casas de show e parques industriais (Machado *et al.*, 2003).

2.3.9 Geração de renda

No que diz respeito à lucratividade, os telhados verdes têm apresentado um potencial econômico interessante, podendo cultivar nas coberturas tanto plantas medicinais de pequeno porte, quanto temperos domésticos e plantas ornamentais. Para o bom desempenho desta produção, é necessária uma manutenção adequada a cada modelo produtivo, contudo, a venda pode sustentar os gastos com a manutenção do telhado a respeito da irrigação e da jardinagem (CORREA e GONZALEZ, 2002).

Segundo Araújo (2007), a implementação de técnicas como as do telhado verde em comunidades carentes, cujo modelo de ocupação é feito sem nenhum prévio planejamento, pode se tornar uma alternativa interessante no processo de cidadania e comprometimento com o meio ambiente, por parte da sua população ser mais carente em educação ambiental e saneamento,

podendo apresentar uma melhoria na infraestrutura das comunidades, além da formação de profissionais em jardinagem, podendo sustentar-se da geração de renda dos produtos cultivados no telhado.

2.3.10 Políticas públicas de incentivo

Segundo o *International Green Roof Association* (2017) a qualidade do ar, as mudanças climáticas, o abastecimento de água, a proteção do solo, a biodiversidade e o cenário natural estão sujeitos à proteção pública. Esses recursos naturais são insubstituíveis em termos de melhoria da qualidade de vida e a arquitetura urbana comum nem sempre aborda essas questões de forma adequada. As autoridades locais e os conselhos municipais perceberam o dilema e, portanto, promovem projetos de telhado verde em compensação pela crescente exploração dos recursos naturais.

Os incentivos financeiros diretos, as taxas reduzidas de águas pluviais, o alívio da densidade e as medidas regulatórias são algumas das muitas políticas que podem ser usadas para incentivar os telhados verdes e promover a sua rápida expansão no mercado. Em particular, a Alemanha fez um grande trabalho pioneiro no apoio à ecologização do telhado com várias inovações nos últimos 20 anos. Ngan (2004).

Muitas cidades da Alemanha introduziram impostos especiais sobre as águas pluviais. A divisão de impostos sobre águas pluviais e esgoto, de fato, promove a gestão natural da água da chuva. Por exemplo, grandes superfícies seladas, como parques de estacionamento de grandes centros comerciais ou áreas industriais, muitas vezes enfatizam os sistemas locais de esgoto com escoamento muito alto da água da chuva; e com base no princípio da causalidade, os impostos sobre as águas pluviais fazem com que as partes responsáveis participem dos custos de disposição. Por outro lado, as áreas do Telhado verde com alta capacidade de retenção de água são recompensadas com reduções de até 50%. No caso em que nenhuma água de chuva é drenada da propriedade para o sistema de esgotos, o bônus pode atingir até 100%. Ngan (2004).

As coberturas verdes podem mitigar danos à natureza e à paisagem causados por áreas de desenvolvimento seladas. Esta mitigação é paralela à Lei Federal de Proteção da Natureza, que exige, que o desenvolvimento deve evitar qualquer dano desnecessário à natureza e que qualquer dano inevitável deve ser compensado, preferencialmente, no local. Não há dúvida sobre os efeitos compensatórios do Telhado verde por danos no equilíbrio natural de água, solo, ar, clima, flora e fauna. Oliveira e Costa (2007).

Na Europa algumas autoridades locais tornam obrigatórios os telhados verdes em novas áreas de desenvolvimento. Os efeitos positivos, tanto para a comunidade como para os habitantes das propriedades modernas, são impressionantes. Além da ampla gama de benefícios públicos e privados, o sistema de esgotos e reservatórios de água dentro da área de desenvolvimento pode ser projetado em menor escala devido à evaporação e alta capacidade de retenção de água dos telhados verdes. Isso leva a menores gastos públicos para a construção e manutenção do sistema de esgoto e, conseqüentemente, menores impostos sobre as águas pluviais para o público em geral (Cidade jardim, 2008).

O objetivo das políticas de incentivo é maximizar os benefícios coletivos visto que construção de telhados verdes está sendo realizada de forma voluntária, instigada por tendência de mercado, ou desejo pessoal, sempre voltado por interesse de iniciativa privada.

No entanto, já há uma mobilização de diversas cidades brasileiras em utilizar os telhados verdes em escala buscando benefícios públicos. (Cidade jardim, 2008)

No Brasil, o Recife aprovou uma lei, no ano de 2018, que obriga qualquer prédio novo com mais de quatro pavimentos a instalar telhado verde. Diversos outros municípios começam a implantar os programas de IPTU verde, que preveem descontos para edifícios com sistemas de aquecimento solar, energia fotovoltaica ou telhado verde. (FERREIRA, 2015)

Em Brasília a Comissão de Desenvolvimento Urbano da Câmara dos Deputados aprovou incentivo fiscal a prédios que instalarem "telhado verde" em pelo menos 65% de suas coberturas, A iniciativa está prevista no Projeto de Lei 1703/11. (GUIMARÃES, 2011)

Para Guimarães (2011), o telhado verde é uma forma de resgatar o uso agrícola e ornamental do solo ocupado por edifícios. Ele ressaltou que a lei beneficiará não apenas quem está fazendo um telhado verde e os moradores do prédio, mas também a população em redor. Vai ter menos enchentes na rua, mais oxigênio gerado pelas plantas, mais captação de gás carbônico pelas plantas, ou seja, menos poluição.

3. METODOLOGIA

O processo de desenvolvimento e execução do presente trabalho foi realizado utilizando-se pesquisa em referências bibliográficas de grandes pesquisadores sobre o tema, pertinentes aos tipos e benefícios de telhados verdes.

Empresas do ramo de materiais de construção foram contatadas para prospectar sobre os métodos de construção de telhados verdes, e os respectivos orçamentos de instalação dos mesmos.

Os dados da cobertura convencional foram coletados utilizando a tabela SINAPI 01/2018. Para a cobertura verde, o orçamento foi obtido por meio das empresas Ecotelhado (RS-Brasil) e Studio cidade jardim (SP-Brasil). E todo o projeto foi baseado em uma planta arquitetônica residencial de 120 m², disponibilizada no Anexo I – Planta residencial.

Foram analisados três tipos de telhado, sendo dois convencionais telhado de fibrocimento e concreto e um telhado com cobertura verde. Os benefícios oferecidos por cada um deles foi comparado por meio de uma revisão de literatura utilizando parâmetros como a redução das ilhas de calor e da amplitude térmica diária, isolamento térmico, sistema de drenagem e desempenho acústico.

Realizou-se o cálculo de custo e prazo de execução de cada telhado, apresentado os respectivos serviços de cada cobertura, valor dos insumos, prazo de execução e considerações finais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CUSTOS E PRAZOS DE EXECUÇÃO

4.1.1 Telhado de fibrocimento

Para entendermos a tabela, os componentes são a mão de obra ou material utilizado, temos a unidade de cada material ou serviço na segunda coluna. O consumo e um coeficiente referente a quantidade de material ou serviço realizado por m² disponibilizado na tabela da SINAP. Multiplicando o preço unitário disponibilizado na SINAP pelo consumo, teremos o valor total de um determinado serviço ou material por m².

Primeiramente foi analisado a estrutura de madeira ancorada em laje, a cobertura com telha de fibrocimento, cumeeira, calha e rufo, os valores de insumos foram calculados utilizando a tabela SINAPI 01/2018 da caixa econômica federal, as tabelas a seguir apresentam valores de custos necessários calculados por metro quadrado. A Tabela 4.1 traz

Tabela 4.1: Madeiramento para cobertura com telha de fibrocimento

Componentes	Unid.	Consumos	Preço unit. (R\$)	Preço Total (R\$)
Ajudante de carpinteiro	h	0,065	15,64	1,02
Carpinteiro	h	0,118	19,50	2,30
Prego 18x27 com cabeça	kg	0,030	9,22	0,28
Trama de madeira para telha de fibrocimento	m ³	0,630	10,80	6,80
Estrutura pontaletada de madeira	m ³	0,770	16,37	12,60
			Total (R\$)	23,00

Fonte: Acervo dos autores, 2018

Descrição dos componentes contidos na Tabela 4.1.

- a) Mão de obra para a fixação de vigas, caibros e tesouras e pontalletes;
- b) Prego de aço polido com cabeça 18x27 (21/2x10)
- c) Madeiramento transversal utilizado na estrutura:
 - Viga de madeira não aparelhada 6x12 cm, maçaranduba, angelim ou equivalente da região.
 - Caibro de madeira não aparelhada 5x6 cm, maçaranduba, angelim ou equivalente da região.
 - Fabricação e instalação de estrutura pontaletada de madeira não aparelhada para telhado com até 2 águas e para telha ondulada de fibrocimento.

Para a colocação das telhas utilizou a (TABELA SINAP, 01/2018), a Tabela 4.2 fornece a composição necessária para realizar o serviço por m².

Tabela 4.2: Cobertura com telha de fibrocimento 10% de inclinação

Componentes	Unid.	Consumos	Preço unit. (R\$)	Preço Total (R\$)
Ajudante de telhadista	h	0,141	13,53	1,91
Telhadista	h	0,128	17,39	2,23
Parafuso com rosca soberba galvanizado	unid.	1,260	2,08	2,62
Telha de fibrocimento – tipo ondulada 6 mm	m ²	1,357	18,84	25,57
Conjunto de vedação	unid.	1,260	0,13	0,16
			Total (R\$)	32,48

Fonte: Acervo dos autores, 2018

Descrição da Tabela 4.2 de custo quanto aos componentes utilizados:

- a) Considerou-se mão de obra para colocação e fixação da telha.
- b) Não foi incluso o serviço de transporte para o material.

Telha ondulada de fibrocimento E=6mm, calculado com a inclinação de 10%. Com até 2 águas, incluso içamento.

A cumeeira foi calculada utilizando a (TABELA SINAP, 01/2018), a Tabela 4.3 fornece a composição necessária para realizar o serviço por metro linear.

Tabela 4.3: Cumeeira para telha ondulada de fibrocimento

Componentes	Unid.	Consumos	Preço unit. (R\$)	Preço Total (R\$)
Ajudante de telhadista	h	0,101	13,53	1,37
Telhadista	h	0,095	17,39	1,65
Parafuso com rosca soberba galvanizado	unid.	4,200	2,08	8,74
Cumeeira para telha de fibrocimento	m	1,029	26,77	27,55
Conjunto de vedação elástica	unid.	4,200	0,13	0,55
			Total (R\$)	39,85

Fonte: Acervo dos autores, 2018

Para a colocação de calha metálica (TABELA SINAP, 01/2018), a Tabela 4.4 fornece a composição necessária para realizar o serviço por metro linear.

Tabela 4.4: Calha Metálica

Componentes	Unid.	Consumos	Preço unit. (R\$)	Preço Total (R\$)
Ajudante de telhadista	h	0,282	13,53	3,82
Telhadista	h	0,188	17,39	3,27
Calha de aço	m	1,050	19,15	20,11
Selante Elástico	ml	0,053	32,04	1,70
Prego 18x27 com cabeça	kg	0,008	9,00	0,07
			Total (R\$)	28,96

Fonte: Acervo dos autores, 2018

Para a colocação do rufo metálico (TABELA SINAP, 01/2018), a Tabela 4.5 fornece a composição necessária para realizar o serviço por metro linear.

Tabela 4.5: Rufo Metálico

Componentes	Unid.	Consumos	Preço unit. (R\$)	Preço Total (R\$)
Ajudante de telhadista	h	0,207	13,53	2,80
Telhadista	h	0,112	17,39	1,95
Rufo de aço	m	1,050	17,19	18,05
Selante Elástico	ml	0,040	32,04	1,28
Prego 18x27 com cabeça	kg	0,006	9,00	0,05
			Total (R\$)	24,13

Fonte: Acervo dos autores, 2018

Para entendermos o custo total de cada serviço realizado, a parte de estrutura e cobertura multiplicamos o custo unitário por 120 m² por ser a área do telhado, e obtivemos o valor para estrutura de R\$ 2.760,37 e para a cobertura o valor de R\$ 3.898,10. A cumeeira multiplicamos o custo unitário por 10,27 m lineares e obtivemos o valor de R\$ 409,23. A calha de aço multiplicamos por 29,83 m lineares e obtivemos o valor de R\$ 863,95. E Rufo metálico multiplicamos por 38,01 m lineares e obtivemos o valor de R\$ 917,31.

Após analisado os serviços necessários e custo para execução do telhado ondulado de fibrocimento para uma cobertura de 120 m². Obtivemos um valor de R\$ 8.848,96 (Oito mil oitocentos e quarenta e oito reais e noventa e seis centavos). E um prazo total de execução de 48,40 horas, conforme o destelhamento realizado na Tabela 4.6.

Tabela 4.6: Resultado calculados para custos e prazos de execução da cobertura de fibrocimento

Serviços	Unid.	Custo unit. (R\$)	Prazo unit. (h)	Custo total (R\$)	Prazo total (h)
Estrutura	m ²	23,003	0,12	2.760,37	14,16
Cobertura	m ²	32,484	0,14	3.898,10	16,92
Cumeeira	m	39,847	0,10	409,23	1,04
Calha de aço	m	28,962	0,28	863,95	8,41
Rufo de aço	ml	24,133	0,21	917,31	7,87
			Total (R\$)	8.848,96	48,40

Fonte: Acervo dos autores, 2018

4.1.2 Telhados de concreto

Para realização do estudo de custo e prazo de execução da cobertura com telha de concreto, utilizou-se a mesma bibliográfica e forma de dimensionamento do telhado ondulado de fibrocimento.

No cálculo de dimensionamento do madeiramento da cobertura utilizamos dados da (TABELA SINAP, 01/2018), a Tabela 4.7 fornece a composição necessária para realizar o serviço por m².

Tabela 4.7: Estrutura de madeira para telhado de concreto.

Componentes	Unid.	Consumos	Preço unit. (R\$)	Preço Total (R\$)
Ajudante de carpinteiro	h	0,394	15,64	6,16
Carpinteiro	h	0,367	19,50	7,16
Prego 18x27 com cabeça	kg	0,030	9,00	0,27
Viga 6x12	m ³	0,631	10,80	6,81
Caibro 5x6	kg	1,874	5,57	10,44
Ripa 1x5	m ³	3,153	1,23	3,88
			Total (R\$)	34,72

Fonte: Acervo dos autores, 2018

Para a colocação das telhas (TABELA SINAP, 01/2018), a Tabela 4.8 fornece a composição necessária para realizar o serviço por m².

Tabela 4.8: Cobertura com telha de concreto inclinação 30%

Componentes	Unid.	Consumos	Preço unit. (R\$)	Preço Total (R\$)
Ajudante de telhadista	h	0,153	13,53	2,07
Telhadista	h	0,042	17,39	0,73
Telha de concreto	m ²	11,484	1,87	21,48
			Total (R\$)	24,28

Fonte: Acervo dos autores, 2018

Descrição da Tabela 4.8 de custo quanto aos componentes utilizados na cobertura com telha de concreto:

- a) Considerou-se mão de obra para colocação das telhas.
- b) Não foi incluso e serviço de transporte para o material.
- c) Telha de concreto, calculado com a inclinação de 30%. Com até 2 águas, incluso içamento.

A cumeeira foi calculada utilizando a (TABELA SINAP, 01/2018), a tabela 4.9 fornece a composição necessária para realizar o serviço por metro linear.

Tabela 4.9: Cumeeira para telha de concreto

Componentes	Unid.	Consumos	Preço unit. (R\$)	Preço Total (R\$)
Telhadista	h	0,164	17,39	2,85
Servente	h	0,209	13,53	2,83
Argamassa (Cimento, Cal e Areia media)	m ³	0,012	336,25	3,93
Cumeeira para telha de fibrocimento	m	3,000	8,87	26,61
			Total (R\$)	36,22

Fonte: Acervo dos autores, 2018

Para a colocação de calha metálica (TABELA SINAP, 01/2018), a tabela 4.10 fornece a composição necessária para realizar o serviço por metro linear.

Tabela 4.10: Calha metálica

Componentes	Unid.	Consumos	Preço unit. (R\$)	Preço Total (R\$)
Ajudante de telhadista	h	0,282	13,53	3,82
Telhadista	h	0,188	17,39	3,27
Calha de aço	m	1,050	19,15	20,11
Selante Elástico	ml	0,053	32,04	1,70
Prego 18x27 com cabeça	kg	0,008	9,00	0,07
			Total (R\$)	28,96

Fonte: Acervo dos autores, 2018

Para a colocação do rufo metálico (TABELA SINAP, 01/2018), a tabela 4.11 fornece a composição necessária para realizar o serviço por metro linear.

Tabela 4.11: Rufo metálico

Componentes	Unid.	Consumos	Preço unit. (R\$)	Preço Total (R\$)
Ajudante de telhadista	h	0,207	13,53	2,80
Telhadista	h	0,112	17,39	1,95
Rufo de aço	m	1,050	17,19	18,05
Selante Elástico	ml	0,040	32,04	1,28
Prego 18x27 com cabeça	kg	0,006	9,00	0,05
			Total (R\$)	24,13

Fonte: Acervo dos autores, 2018

Analisado todos os serviços, calculou se os custos e prazos para execução do telhado de concreto com a mesma área e especificações do telhado de fibrocimento de 120 m² e cumeeira de 10,27 m. O custo total foi de R\$ 9.232,73 (nove mil duzentos reais e trinta e dois reais e setenta e três centavos), e o prazo de execução de 84,07 horas. Conforme o detalhamento realizado na tabela 4.12.

Tabela 4.12: Resultados calculados para custos e prazos de execução do telhado de concreto

Serviços	Unid.	Custo unit. (R\$)	Prazo unit. (h)	Custo total (R\$)	Prazo total (h)
Estrutura	m ²	34,720	0,394	4.166,38	47,28
Cobertura	m ²	24,276	0,153	2.913,07	18,36
Cumeeira	m	36,224	0,209	372,02	2,15
Calha de aço	m	28,962	0,282	863,95	8,41
Rufo de aço	ml	24,133	0,207	917,31	7,87
Total (R\$)				9.232,73	84,07

Fonte: Acervo dos autores, 2018

4.1.3 Telhado verde

Para realização do estudo de custo e prazo de execução da cobertura verde foi obtido o orçamento através de empresas que oferece a instalação desse tipo de sistema, a Tabela 4.13 fornece a composição necessária para realizar o serviço por m².

Tabela 4.13: Descrição de materiais necessários na cobertura verde em uma área de 120m²

Componentes	Unid.	Consumos	Preço unit. (R\$)	Preço Total (R\$)
Revestimento vivo modular 17L	pçs	500	27,00	13.500,00
Substrato especial superleve	sc45	120	35,50	4.260,00
Gramma amendoim (<i>Arachis repens</i>)	mds	4800	1,00	4.800,00
Conjunto para irrigação	cjt	1	3.965,58	3.965,58
Total (R\$)			26.525,58	

Fonte: Acervo dos autores, 2018

Tabela 4.14: Impermeabilização

Descrição	Unid.	Quantidade	Preço unit. (R\$)	Preço Total (R\$)
Manta líquida de base asfáltica	kg	1,02	10,07	10,27
Pedreiro	h	0,45	19,62	8,83
Servente	h	0,40	13,53	5,41
Total (R\$)			24,51	

Fonte: Acervo dos autores, 2018

O valor da mão de obra e componentes utilizados na instalação do telhado verde foi fornecido por uma empresa terceirizada, para realização desse serviço, o custo ficou no total de 29.467,07 (vinte nove mil, quatrocentos e sessenta e sete reais e sete centavos), e o prazo de execução de 54 horas. Conforme o detalhamento realizado na tabela 4.15.

Tabela 4.15: Resultados calculados para custo e prazos de execução da cobertura verde

Descrição	Unid.	Custo unit. (R\$)	Prazo unit. (h)	Custo total (R\$)	Prazo total (h)
componentes	m ²	-	-	26.525,58	-
Impermeabilização	m ²	Total (R\$)	0,45	2.941,49	54,00
			Total (R\$)	29.467,07	54,00

Fonte: Acervo dos autores, 2018

4.2 ANÁLISES DOS RESULTADOS

Após calculado o custo e prazo de execução de cada telhado os dados finais foram apresentados na Tabela 4.16 e percentual em gráfico para cada cobertura.

Tabela 4.16: Comparação do custo e prazo de execução de cada cobertura

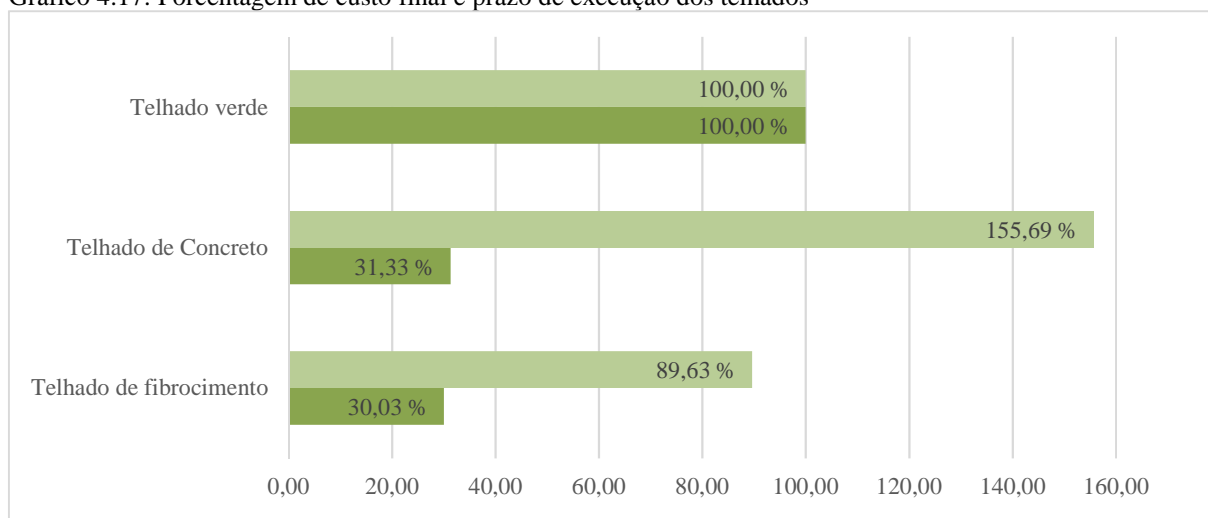
Coberturas	Custo total (R\$)	Percentual %	Prazo de execução (h)	Percentual %
Telhado de fibrocimento	8.848,96	30,03	48,40	89,63
Telhado de Concreto	9.232,73	31,33	84,07	155,69
Telhado verde	29.467,07	100,00	54,00	100,00

Fonte: Acervo dos autores, 2018

O Telhado verde teve um valor final mais elevado em relação aos demais telhados, mas o prazo de execução do telhado de concreto foi o mais elevado, sendo 1,55 vezes mais demorado em comparação com telhado verde.

Em relação aos custos o telhado de fibrocimento apresenta o menor custo para execução, sendo o telhado verde 233 % mais elevado seu custo. O telhado verde apresentou um custo de 219 % maior em relação ao telhado de concreto, o Gráfico 4.17 apresenta esses valores.

Gráfico 4.17: Porcentagem de custo final e prazo de execução dos telhados



Fonte: Acervo dos autores, 2018

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Construções sustentáveis estão sendo cada vez mais estudadas e divulgadas, uma vez que a construção civil é uma das atividades que mais impactam o meio ambiente.

De posse dos orçamentos, verificou-se que o maior custo era o do telhado verde R\$ 29.467,07 (vinte nove mil, quatrocentos e sessenta e sete reais e sete centavos), cerca de 219% mais caro que os telhados que utilizam telhas de concreto que apresentou um custo de R\$ 9.232,73 (nove mil duzentos reais e trinta e dois reais e setenta e três centavos), já telhado verde teve um custo 233% mais caro que o telhado de fibrocimento que teve um custo de R\$ 8.848,96 (Oito mil oitocentos e quarenta e oito reais e noventa e seis centavos) .

O telhado verde estudado apresenta inúmeras vantagens em relação aos telhados convencionais, mas o custo elevado e a falta de esclarecimento sobre a técnica, é um dos principais empecilhos para sua implementação. Outro ponto negativo é a logística, visto que o número de empresas especializadas na implementação da técnica é relativamente pequeno, e essas empresas concentram-se nas regiões Sudeste e Sul do Brasil.

Mas o que deve ser levado em consideração ao escolher a cobertura de um telhado deve ser o custo x benefício. Considerando a contrapartida ambiental desse tipo de projeto, incentivos do governo como a redução da carga tributária poderiam desonerar os custos de implementação desse sistema. O aumento da escala de produção de coberturas vivas também pode auxiliar na diminuição dos custos de execução.

Os impactos ambientais causados pelo crescimento vertiginoso dos grandes centros urbanos contribuem para o aquecimento global, enchentes, ilhas de calor, etc. A adesão à cobertura verde pode ajudar na redução desses impactos, aproveitando águas de chuva, prevenindo enchentes, além dos benefícios psicológicos e sociais entre outros que justificam o seu investimento inicial.

Para trabalhos futuros sugere-se a realização de um estudo a longo prazo de economia de energia que esse sistema propicia, bem como o isolamento termo acústico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – **Associação Brasileira de Normas Técnicas** (1983). NBR 7196. Telhas de fibrocimento - Execução de coberturas e fechamentos laterais.

ABNT – **Associação Brasileira de Normas Técnicas** (1997). NBR 13858-1. Telhas de concreto – Parte 1: Projeto e execução de telhados.

ARAÚJO, S. R. de. **As funções dos telhados verdes no meio urbano, na gestão e no planejamento de recursos hídricos**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, ago. 2007. Disponível em: Acesso em: 09 set. 2017.

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

BRUNDTLAND, Gro Harlem. **Our common future: The World Commission on Environment and Development**. Oxford: Oxford University 1987.

Ceotto FGV, 2006. **Perfil da Cadeia Produtiva da Construção Civil e da Indústria de Materiais**. São Paulo, FGV Projetos.

CORREA, C.B.; GONZALEZ, F.J.N. O uso de coberturas ecológicas na restauração de coberturas planas. In: **Núcleo de Pesquisa em Tecnologia de Arquitetura e Urbanismo – NUTAU**. Anais...São Paulo: Pró-reitoria de Pesquisa, Universidade de São Paulo, 2002.

COSTA, J.; COSTA, A; POLETO, C. Telhado verde: redução e retardo do escoamento superficial. **REA - Revista de estudos ambientais**, v. 14, n. 2 esp, p. 50-56, 2012.

D'ELIA, Renata. **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/engenhariacivil/148/artigo144157-3.asp>> Acesso em 25 de outubro de 2017.

FERREIRA, CESAR ARGENTIERI; MORUZZI, RODRIGO BRAGA. 2008. **Considerações Sobre a Aplicação do Telhado Verde Para Captação de Água de Chuva em Sistemas de Aproveitamento Para Fins não Potáveis**. Acesso em 22 de outubro de 2017.

FERREIRA, Luiz Henrique. **Cota verde e telhados**. 2015. Disponível em: <<https://economia.estadao.com.br>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

FERREIRA, F. M. **“O uso de coberturas vegetais em edificações.”**2007. Guideline for the planning execution and upkeep of green-roof sites, Bonn, Germany, 2002.

FUNDAÇÃO DOM CABRAL. **Gestão da Sustentabilidade na Construção Civil**. Minas Gerais: Fdc, 2013.

Guimarães (2011). **Câmara Notícias**. Câmara dos Deputados (Org.). **Comissão aprova incentivo fiscal para prédio que instalar telhado verde**. 2015. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br>>. Acesso em: 26 out. 2017.

GIACOIA NETO, José. **Formas Práticas de Manejo da Irrigação**. In: II SIGRA - SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS - **"MANEJO DE GRAMAS NA PRODUÇÃO E EM GRAMADOS FORMADOS"**, 2., 2004, Botucatu. **Anais....** Botucatu: Ii Sigra - Simpósio Sobre Gramados - "manejo de Gramas na Produção e em Gramados Formados", 2004. v. 1, p. 1 - 17. Disponível em: <<https://www.rainbird.com.br>>. Acesso em: 25 out. 2017.

INTERNATIONAL GREEN ROOF ASSOCIATION - **IGRA**. Disponível em: <<http://www.igra-world.com>>. Acesso em 09 set. 2017.

INTERNATIONAL GREEN ROOF ASSOCIATION. **International Green Roof Association: Global Networking for Green Roofs**. 2017. Disponível em: <<http://www.igra-world.com/>>. Acesso em: 21 out. 2017.

JARDIM, Instituto Cidade. **Telhado verde modular 17 L. 2008**. Acessado em: 11 set. 2017.

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 2017, Florianópolis. Proceedings. 2001.

KREUTZFELD, Jonathan. **Problemas Ambientais Urbanos**. <http://www.geografia-ensinareaprender.com/2012/07/problemas-ambientais-urbanos.html>. Acessado em 21.ago.2017.

MACHADO, María V. BRITTO, Celina, NEILA Javier. 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: 25 ago. 2017.

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

MORAIS, Caroline S. de, RORIZ, Maurício. **Comparação entre os desempenhos térmicos de cobertura ajardinada e laje comum em guaritas**. ENCAC –COTEDI. Curitiba. Nov, 2004

NGAN, Goya. **Green Roof Policies: Tools for Encouraging Sustainable Design**. Ottawa: Landscape Architecture Canada Foundation, 2004. 52 p. Disponível em: <www.gnla.ca>. Acesso em: 24 nov. 2017.

(EUA), National Ruffing Contractors Association; (EUA), National Ruffing Contractors Association. **NRCA Green Roof Systems Manual**. 2007. Disponível em: <<http://www.nrca.net/>>. Acesso em: 14 set. 20

PECK, SW.; CALLAGHAN C.; KUHN M.E.; **Greenbacks form green Roofs: Forging a new industry in Canada**. March 1999. Canada Mortgage and Housing Corporation, Canada. Disponível em: <<http://www.greenroofs.org/pdf/Greenbacks.pdf>>. Acesso em 21 ago. 2017.

OLIVEIRA, Aracy Siqueira de; COSTA, Cecília Amélia Miranda. **AValiação DE IMPACTO SOCIAL E AMBIENTAL**. 7. ed. Palmas: Seplan, 2007.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (Nova York) (Org.). **RELATÓRIO BRUNDTLAND: “NOSSO FUTURO COMUM”**. Nova York: Onu, 1987.

RODRIGUEZ, R. **The History of Green Roof Technology**. 2006. Disponível em: <http://www.ifenergy.com/50226711/the_history_of_green_roof_technology.php>. Acesso em: 18 ago. 2017.

ROAF, Sue; FUENTES, Manuel; THOMAS, Stephanie. **Ecohouse: A Casa Ambientalmente Sustentável**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

SHAHMOHAMADI, P., et al. 210. **Reducing urban heat island. Effects: A systematic review to achieve energy consumption balance**. 2010. Pp. 626-636.

SUZUKI, Marcelo Akira. **Automação de Sistemas de Irrigação**. Ilha Solteira: Unesp, 2013. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br/curso2.htm>>. Acesso em: 08 nov. 2017.

TESTEZLAF, R. PORTO. A. V. **Perfil técnico-econômico das empresas fabricantes de equipamentos de irrigação no Brasil In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**, 2001, Fortaleza, CE. 4p.

TEMAX. **Águas do Telhado, o que são?** 2017. Disponível em: <<http://www.telhastemax.com.br/noticia/aguas-do-telhado-o-que-sao>>. Acesso em: 08 dez. 2017.

VECCHIA, Francisco. **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 16nov. 2017.

WHITE, Louis. **Arquitetura Sustentável**. Publicado em 06.mar.2008. Disponível em: <<http://pt.shvoong.com/writers/louiswhite>>. Acesso em: 21.ago.2017.

ANEXO I – PLANTA RESIDENCIAL

