



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

DAVI CRUZ MARTINS DE MORAIS

**PESPECTIVA TEÓRICA DO TELHADO VERDE: COMO FORMA ECOLÓGICA
DE REDUZIR A TEMPERATURA E AUMENTAR A UMIDADE DO AMBIENTE**

PAU DOS FERROS – RN

2022

DAVI CRUZ MARTINS DE MORAIS

**PESPECTIVA TEÓRICA DO TELHADO VERDE: COMO FORMA ECOLÓGICA
DE REDUZIR A TEMPERATURA E AUMENTAR A UMIDADE DO AMBIENTE**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal Rural
do Semi-Árido – UFERSA, Centro
Multidisciplinar de Pau dos Ferros –
CMPF, como requisito para a obtenção
do título de Bacharel Interdisciplinar em
Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Sharon Dantas da
Cunha

PAU DOS FERROS – RN

2022

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

M832 Morais , Davi.
 PESPECTIVA TEÓRICA DO TELHADO VERDE: COMO
 FORMA ECOLÓGICA DE REDUZIR A TEMPERATURA E
 AUMENTAR A UMIDADE DO AMBIENTE / Davi Morais . -
 2022.
 46 f. : il.

 Orientador: Sharon Dantas da Cunha.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
 Tecnologia, 2022.

 1. Telhado ecológico. 2. Isolamento Térmico. 3.
 Qualidade do ar. I. Dantas da Cunha, Sharon ,
 orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com

AACR2 e os dados fornecidos pelo autor(a). Biblioteca Campus Pau dos Ferros

Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva CRB: 1115

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

**PESPECTIVA TEÓRICA DO TELHADO VERDE: COMO FORMA ECOLÓGICA
DE REDUZIR A TEMPERATURA E AUMENTAR A UMIDADE DO AMBIENTE**

DAVI CRUZ MARTINS DE MORAIS

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal Rural
do Semi-Árido – UFERSA, Centro
Multidisciplinar de Pau dos Ferros –
CMPF, como requisito para a obtenção
do título de Bacharel Interdisciplinar em
Ciência e Tecnologia.

APROVADO EM: 13/06/2022

BANCA EXAMINADORA:

SHARON DANTAS DA CUNHA:01085089436
Assinado de forma digital por SHARON
DANTAS DA CUNHA:01085089436
Dados: 2022.06.17 20:51:33 -03'00'

Prof. Dr. Sharon Dantas da Cunha (UFERSA)
Presidente

WESLEY DE OLIVEIRA SANTOS:01354154380
Assinado de forma digital por WESLEY
DE OLIVEIRA SANTOS:01354154380
Dados: 2022.06.17 21:17:52 -03'00'

Prof. Dr. Wesley de Oliveira Santos – UFERSA
Examinador

KYTERIA SABINA LOPES DE FIGUEREDO:04965705440
Assinado de forma digital por KYTERIA
SABINA LOPES DE
FIGUEREDO:04965705440
Dados: 2022.06.17 19:11:00 -03'00'

Prof.^a. Dr.^a Kytéria Sabina Lopes de Figueredo (UFERSA)
Examinadora

PAU DOS FERROS – RN

2022

DEDICATÓRIA

A Deus, pois toda honra e toda
gloria seja dada a ele.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

A minha mãe, Maria Venceslau de Moraes Martins

Ao professor e orientador Sharon Dantas da Cunha, por me auxiliar.

A todos os amigos e familiares.

RESUMO

O telhado ecológico é um tema bastante relevante se considerar as inúmeras vantagens de tê-lo nas edificações urbanas. Este trabalho tem como objetivo, analisar seu comportamento como forma de requalificação ambiental em regiões com alta taxa de urbanização, e verificar a capacidade de isolamento térmico e acústico do telhado verde. A metodologia utilizada consiste em uma perspectiva teórica deste telhado onde foi feita uma pesquisa no Google Scholar dos trabalhos mais relevantes deste tema. A pesquisa considerou trabalhos que analisaram o comportamento do telhado verde em comparação com o convencional quando submetidos aos mesmos níveis de radiação. Quando comparamos o comportamento dos telhados em temperaturas mais elevadas, observa-se uma diferença em torno de 4°C mais frio para o telhado verde, porém em temperaturas menores o comportamento é basicamente o mesmo nos dois. A vegetação implementada na parte superior da estrutura, seria uma forma de reduzir os impactos ambientais, causados por novas construção, devido ao desmatamento, ou seja, a área verde desmatada seria restabelecida na cobertura da edificação.

Palavra-Chave: Telhado ecológico, Isolamento Térmico, Qualidade do ar

ABSTRACT

The Eco Roof is a very relevant topic if you consider the numerous advantages of having it in urban buildings. This work aims to analyze its behavior as a form of environmental requalification in regions with a high rate of urbanization, and to verify the thermal and acoustic insulation capacity of the green roof. The methodology used consists of a theoretical perspective of this roof where a Google Scholar search was carried out on the most relevant works on this topic. The research considered works that analyzed the behavior of the green roof in comparison with the conventional one when subjected to the same levels of radiation. When comparing the behavior of the roofs at higher temperatures, there is a difference around 4°C cooler for the green roof, but at lower temperatures the behavior is basically the same in both. The vegetation implemented in the upper part of the structure would be a way to reduce the environmental impacts caused by new construction, due to deforestation, that is, the deforested green area would be reestablished on the roof of the building.

Keywords: Eco Roof, Thermal Insulation, Air Quality

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Telhado verde Singapura	16
Figura 2: Telhado suspenso da Babilônia.....	17
Figura 3: Telhado moderno	17
Figura 4: Radiação solar em telhado verde	18
Figura 5: Radiação solar em telhado convencional.....	19
Figura 6: Aproveitamento territorial.....	21
Figura 7: Mudança no aspecto visual, fornecendo um ambiente mais agradável	22
Figura 8: Composição do telhado verde numa estrutura	24
Figura 9: Camada de manta asfáltica.....	24
Figura 10: Aplicação da manta asfáltica.....	25
Figura 11: Camada drenante de argila expandida	26
Figura 12: Manta geotêxtil	27
Figura 13: Camada de substrato	27
Figura 14: Camada de vegetação.....	28
Figura 15: Tipos de telhado verde	29
Figura 16: Telhado verde extensivo	30
Figura 17: Telhado verde semi intensivo	30
Figura 18: Telhado verde intensivo	31
Figura 19: Protótipos com telhado verde e convencional.....	32
Figura 20: Localização dos edifícios utilizados no segundo estudo.....	33
Figura 21: Edifício Conde Matarazzo	33
Figura 22: Edifício Mercantil/Finasa.....	34
Figura 23: Vegetação presente no Conde	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Incentivos para implementar o telhado verde 23

Tabela 2: Tipos de telhados verdes e suas diferenças 29

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1:Dados das temperaturas máximas obtidas no mês de março pelos sensores	35
Gráfico 2:Dados das umidades mínimas obtidas no mês de março pelos sensores	35
Gráfico 3:Dados das temperaturas mínimas obtidas no mês de março pelos sensores .	36
Gráfico 4:Dados das umidades máximas obtidas no mês de março pelos sensores	36
Gráfico 5:Dados das temperaturas máximas obtidas no mês de abril pelos sensores	37
Gráfico 6:Dados das umidades mínimas obtidas no mês de abril pelos sensores	37
Gráfico 7:Dados das temperaturas máximas obtidas no mês de outubro pelos sensores	38
Gráfico 8:Dados das umidades máximas obtidas no mês de outubro pelos sensores	38
Gráfico 9:Dados das temperaturas mínimas obtidas no mês de outubro pelos sensores	38
Gráfico 10: Temperaturas máximas obtidas com os três sensores no período estudado por Catuzzo	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	12
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 TELHADO VERDE	16
3.2 CONTEXTO HISTÓRICO	16
3.3 BENEFÍCIOS	18
3.3.1 Isolamento Térmico.....	18
3.3.2 Isolamento Acústico.....	19
3.3.3 Qualidade do Ar	20
3.3.4 Redução das Ilhas de Calor	20
3.3.5 Estética e Aproveitamento	21
3.3.6 Incentivos Governamentais	22
3.4 ESTRUTURA DE COMPOSIÇÃO DO TELHADO VERDE	23
3.4.1 Camada Impermeável.....	24
3.4.2 Camada de Proteção.....	25
3.4.3 Camada Drenante	26
3.4.4 Camada Permeável.....	26
3.4.5 Substrato	27
3.4.6 Vegetação.....	28
3.5 TIPOS DE TELHADOS	28
3.5.1 Telhado Extensivo	30
3.5.2 Telhado Semi Intensivo	30
3.5.3 Telhado Intensivo	31
4 METODOLOGIA.....	32
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
6 CONSIDERAÇÕES	43
REFERENCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

O efeito estufa foi observado na agricultura a partir do cultivo das plantas, pois grande parte dos raios solares que atingiam a estufa penetravam a superfície que era feita por vidro, e quando refletidos grande parte era retida pelo material. Assim, o interior da estufa ficava cada vez mais quente, e na atmosfera, gases como CO_2 e CH_4 atuam sendo o vidro da estufa, facilitando a entrada dos raios e dificultando quando refletidos novamente para a atmosfera (LABOURIAU, 1994).

No início do século XIX Joseph Fourier, um grande matemático francês, notou que nosso planeta funciona basicamente como uma grande estufa, onde a atmosfera que é uma fina camada formada por gases, tendo como principais componentes: Oxigênio, Hidrogênio e Carbono. Essa camada atua como a superfície da estufa onde parte da energia dos raios solares que atingem essa camada é dissipada, e a outra parte é absorvida. Em 1896, Svante Arrhenius usou o conceito aplicado por Fourier e percebeu que a quantidade de energia solar absorvida seria diretamente proporcional a quantidade de Dióxido de Carbono (CO_2) presente na atmosfera, ou seja, quanto maior a emissão mais quente seria o planeta (ARRHENIUS, 1896; TYNDALL, 1873).

A partir da primeira Revolução Industrial os processos que eram feitos por trabalhadores passaram a ser executados por máquinas, que tinham como fonte principal de energia o carvão mineral. Esta mudança e o aumento da produção industrial elevou os níveis de emissão de CO_2 , batendo recordes de emissão a cada ano.

Segundo o relatório especial do IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), o planeta está à $1,5^\circ\text{C}$ acima dos níveis pré-industriais. Segundo o SEEG (Sistema de Estimativa de Emissão de Gases), o Brasil emitiu em 2018 cerca de 1,98 bilhões de toneladas do dióxido de carbono, e em 2019 em torno de 2,17 bilhões toneladas. Com esse aumento descontrolado na emissão de CO_2 , eleva-se de forma proporcional as temperaturas, com isso a cada ano o planeta se torna mais quente.

Além da necessidade de encontrar formas de reduzir as emissões de gases do efeito estufa e proporcionalmente reduzir os níveis de temperatura, também é essencial minimizar os impactos momentâneos causados por as mudanças climáticas, os sintomas provenientes do calor intenso pode incluir a transpiração, fraqueza, tonturas, náuseas, dor de cabeça, câibras musculares e diarreia (MONTEIRO, 1976).

Uma alternativa para os grandes centros é a utilização do telhado verde, também conhecido como telhado vegetal, que implementa uma proposta ecológica de reduzir a temperatura ambiente e aumentar a umidade relativa do ar. Além disso, o telhado tem um forte apelo ambiental e contribui para um dos assuntos mais discutidos da atualidade, que é o cuidado com o meio ambiente. Segundo Minke (2004), a vegetação absorve as substâncias tóxicas presentes no ar e libera oxigênio na atmosfera, tornando o ar mais puro e assim evitando alguns futuros problemas respiratórios que seriam provenientes dessas substâncias tóxicas.

Este trabalho analisa do ponto de vista teórico o telhado verde aplicado em grandes centros e em regiões de alta temperatura. Ainda não há estudos eficientes que consigam controlar o aumento da temperatura proveniente do efeito estufa, com isso o telhado verde se torna uma solução mesmo que momentânea para combater os impactos causados a população. A redução encontrada em algumas épocas do ano na temperatura ambiente é em média 4°C, consequentemente reduzindo também o consumo de energia. O telhado verde tem a capacidade de inserir novas áreas verdes em regiões com altas taxas de urbanização, dessa forma proporcionando maior qualidade do ar e melhor qualidade de vida.

2 OBJETIVOS

2.1. Geral

- Realizar uma análise teórica sobre o telhado verde e suas aplicações nos grandes centros e regiões de alta temperatura.

2.2. Específicos

- Analisar a redução da temperatura e o aumento da umidade relativa do ar;
- Analisar quais cargas são exigidas da estrutura após a implementação do telhado verde;
- Verificar os níveis de isolamento acústico;

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 TELHADO VERDE

O telhado verde ou cobertura vegetal é formada por seis camadas sobre a cobertura para viabilizar a implantação de solo e vegetação. O tipo de planta escolhida defini a forma na qual o projeto será executado, e do tipo do telhado, que se classifica como intensivo e extensivo. A figura 1 mostra um telhado verde implantando na cidade de Singapura.

Figura 1: Telhado verde Singapura



FONTE: <https://www.vivadecora.com.br/revista/telhado-verde/>

3.2 CONTEXTO HISTÓRICO

Diferentemente do que muitos pensam a implementação do telhado verde não é um conceito atual. O primeiro relato é por volta do século VI a.C na antiga Babilônia, quando o rei Nabucodonosor II percebeu que sua esposa Princesa Amitis da Média estava triste, em decorrência da mudança do reino da Média para Babilônia, pois se encontrava distante das lindas montanhas e de belas plantas. O rei exigiu a construção do magnífico jardim suspenso que tinha como finalidade trazer vegetações do reino da Média, e implantar no telhado do edifício, com isso promover recordações das montanhas e das plantas para sua esposa (BUENO, 2010). Na figura 2 é ilustrado como seria o telhado verde na Babilônia.

Figura 2: Telhado suspenso da Babilônia



Fonte: (DELACERDA,2009). Acessado em: <https://ecobriefing.wordpress.com/2009/06/14/telhado-verde-das-babilnias-aos-dias-atuais/>

Com o passar do tempo, o telhado verde sofreu algumas modificações até chegar a configuração atual, conhecido como uma forma sustentável de minimizar os impactos gerados por novas construções. Em 1920, os arquitetos Charles Edouard Jeannet Gris e Frank Lloyd Wright tiveram grande influência sobre a implementação do telhado verde como um conceito arquitetônico (CANERO E REDONDO, 2010). A figura 3 mostra um telhado verde implantando em um centro urbano.

Figura 3: Telhado verde moderno



Fonte: Gladyston Rodrigues/EM/D.A. Acessado em: <https://jmonline.com.br/novo/?noticias.1.GERAL.193459>

3.3 BENEFÍCIOS

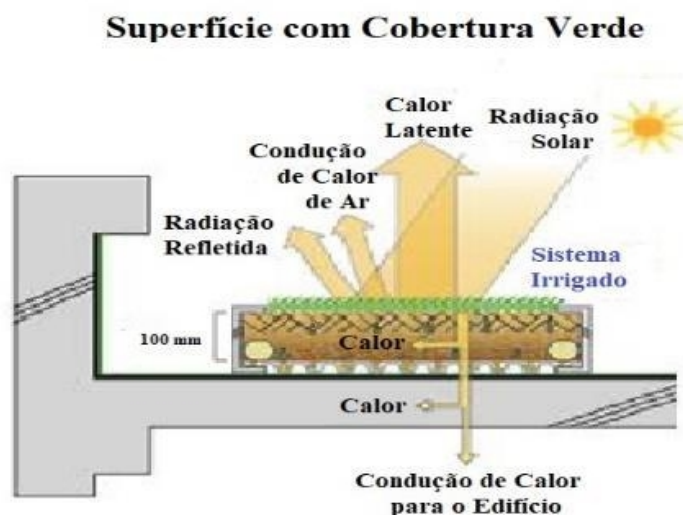
O telhado verde atua de acordo com as necessidades do bioma a qual se encontra, tendo em vista a diversidade de contribuições não só com a estrutura na qual foi implantado, mas também para o microclima da região. Nas próximas subseções será apresentado alguns benefícios do telhado verde.

3.3.1 Isolamento Térmico

A vegetação é a camada mais importante para a atuação do telhado verde como isolante térmico, tendo em vista sua característica de absorver cerca de 30% da radiação, que serão utilizadas no processo de fotossínteses pelas plantas e uma pequena parte dos raios solares são refletidos de volta para atmosfera. O tipo de vegetação que será aplicada no projeto deve atender a resistência suficiente para a periodização do clima da região, resistindo a variação de temperatura e umidade ao decorrer do ano (NASCIMENTO, 2008).

O telhado verde atua de forma que dificulta a dissipação de calor, mantendo o local com temperaturas mais constantes, ou seja, a temperatura externa não terá tanta influência para variações de temperatura na parte interna da estrutura (NASCIMENTO, 2008). A figura 4 mostra um esquema de uma superfície com cobertura verde:

Figura 4: Radiação solar em telhados verde



Fonte: Rios (2016)

Diferentemente do telhado verde, os telhados convencionais absorvem grande parte da radiação na qual está exposta, com isso transferindo em forma de calor para parte interna da estrutura, elevando a sensação térmica no interior do ambiente. Nesses telhados a variação externa apresenta grande influência sobre a temperatura interna da estrutura, pois ocorre um aumento no fluxo de calor, como apresentado na figura 5.

Figura 5: Radiação solar em telhado convencional



Fonte: Rios (2016)

3.3.2 Isolamento Acústico

O isolamento acústico é outro aspecto positivo presente no telhado verde, e pode ser aplicado em construções próximas a aeroportos devido ao barulho excessivo em grande parte do dia. Também se aplica em construções perto de rodovias, proporcionando maior conforto e qualidade de vida.

Segundo Smyrnova (2010), a absorção dos ruídos ocorre tanto nas plantas como no substrato. De acordo com Conelly, o substrato com maior coeficiente de absorção é o que tem maior porcentagem de material orgânico, e pode variar também de acordo com o tipo de vegetação utilizada (CONELLY, 2011).

Para Alberto (2012), um telhado verde com uma camada de 12 cm de substrato pode reduzir a transmissão de sons em até 40db. Na Alemanha foi realizado uma pesquisa de absorção e reflexão dos sons em coberturas, o telhado verde apresentou uma redução de 2db a 3db para frequências baixas, e em frequências altas apresentou resultados ainda mais significantes (MIKE, 2004).

3.3.3 Qualidade do Ar

Nos períodos mais quentes do ano, as ondas térmicas produzidas pelo aquecimento das coberturas facilitam a movimentação de poeiras e partículas através do ar, e que antes estavam presentes no solo. Assim, pode gerar problemas respiratórios devido a inalação do ar impuro (MARTINS, 2010). De acordo com a publicação do Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente (2012), em casos mais extremos, essa poluição presente no ar pode auxiliar na formação do câncer de faringe e laringe.

A vegetação e o substrato presentes na estrutura do telhado verde devido a sua aderência têm a característica de absorver impurezas proveniente da poluição, com isso proporcionando um ar mais puro e evitando futuros problemas respiratórios. Assim, a presença do telhado contribui na redução do efeito estufa, pois absorve gás carbônico, e libera o gás mais abundante presente no planeta terra, o oxigênio que é benéfico para o ser humano, por ser responsável pela fabricação de energia (respiração celular) (BALDESSAR, 2012).

3.3.4 Redução das Ilhas de Calor

O termo “Construção Civil Sustentável” está bastante presente com o passar dos anos e vem ganhando destaque no Brasil pela necessidade de implementar formas que consigam reduzir os impactos a natureza proveniente das construções de novos edifícios. Um dos problemas resultantes da expansão urbana é efeito denominado como ilhas de calor que ocorre devido ao desmatamento de áreas verdes para implementar construções estruturais. Com a predominância do concreto em grande parte da extensão de área, surge um problema ambiental e social, o aumento de temperatura (MONTEIRO, 1976).

Segundo Oliveira (2009), o telhado verde é uma forma eficaz de lidar com o problema das ilhas de calor, tendo em vista sua característica de isolamento térmico, protegendo de altas temperaturas, reduzindo também a elevação da temperatura superficial no aspecto vertical da estrutura, pois a camada de vegetação presente no telhado verde não permite o aquecimento de forma elevada como nas áreas de concreto e asfalto.

3.3.5 Estética, Aproveitamento

“Os telhados verdes têm a capacidade de inserir novas áreas verdes onde antes eram impossíveis, melhorando a vida de toda a população urbana” (SKYGRADEN, 2015, p1.). Os telhados verdes implantam uma ideia de maior aproveitamento territorial, com o passar do tempo cada vez mais essa vegetação vem perdendo espaço, devido ao desmatamento de áreas verdes para novas construções, implementar o telhado verde como forma de restaurar áreas verdes em grandes centros comerciais é de extrema importância, pois proporciona qualidade de vida e aproveitamento territorial. A figura 6 mostra a presença de telhados verdes nas cidades, e como pode ser observado, muda a visão da região.

Figura 6: Aproveitamento territorial



Fonte: TELHAS (2021). Acessado em: <https://blog.regionaltelhas.com.br/telhado-verde-o-que-e-como-funciona-e-quais-suas-vantagens/>

Para Furlan (2004), o telhado vegetal deveria fazer parte de um processo de requalificação ambiental para grandes centros comerciais, pois contribui para biodiversidade de local, absorve as impurezas presentes no ar e auxilia na drenagem de águas pluviais reduzindo as possibilidades de haver alagamentos, além de proporcionar um aspecto visual agradável.

O telhado verde proporciona uma solução paisagística para as coberturas que antes eram sem vida, aumento as áreas de lazer presente na estrutura, gerando ainda mais valor à construção, por ser considerada sustentável. De acordo com SATTLER (2002), a cobertura vegetal age de forma a proporciona um relaxamento mental para as pessoas que observam, como pode ser visto na figura 7.

Figura 7: Mudança no aspecto visual, fornecendo um ambiente mais agradável.



Fonte: MADEIRA (2021). Acessado em: <https://amensagem.pt/2021/05/13/jardins-hortas-coberturas-telhados-verdes-lisboa-propostas-orcamento-participativo/>

3.3.6 Incentivos Governamentais

O telhado verde requer um certo investimento, e poucas cidades do mundo incentivam a sua presença, como pode ser visto na tabela 1. O Brasil deveria implementar leis/incentivos que buscassem viabilizar a implantação do telhado verde, levando em consideração toda sua contribuição para sociedade. A única lei para o telhado verde vigente no Brasil, é na cidade de Recife, onde se torna obrigatório a utilização do telhado verde para edificações que sejam maiores que 400 metros quadrados e seja de uso multifamiliar, porém diferentemente de outros países que tem a utilização do telhado verde mais desenvolvido, não há nenhum incentivo, como liberação de crédito e redução de impostos prediais.

Tabela 1: Incentivos para implementar o telhado verde em algumas cidades do mundo

Cidade/País	Leis e/ou Incentivos
Nova Iorque (EUA)	State Law : Crédito de até \$ 100 mil, ou \$ 4,50/m ² para telhados verdes que ocupem pelo menos 50% do espaço disponível de área coberta. The Green Roof Tax Abatement Program : O departamento de construção de Nova Iorque aprova um abatimento de \$5,23/m ² de telhado verde, podendo chegar até \$200 mil por projeto.
Tóquio (Japão)	Tokyo Plan 2000 : É requerido que prédios com mais de 1000 m ² tenham pelo menos 20% do espaço de área coberta com telhado verde.
Singapura	Green Roof Incentive Scheme : Prevê a concessão de crédito para pagar até 50% do custo de instalação de telhados verdes.
Copenhague (Dinamarca)	É obrigatório na cidade que todos os novos edifícios que possuam cobertura plana ou com inclinação menor que 30°, público ou privado, sejam vegetados. Caso edifícios já existentes necessitem de um retrofit, o proprietário do edifício pode receber um financiamento público para ajudar com os custos da instalação.
Alemanha	Edifícios que possuem taxa de impermeabilidade de 100% recebem o dobro de imposto. 13 cidades alemãs autorizam a redução de 50 a 80% do imposto predial pela instalação de telhados verdes 29 cidades provêm subsídio monetário direto para telhados verdes, variando entre \$0,51 e \$6,20/m ²
Munique (Alemanha)	Green Roofs For Healthy Cities : Programa que prevê um subsídio de \$33,70/m ² , pagando até 50% do custo de instalação de telhados verdes.
Zurique, Basel, Luzern (Suíça)	Building Code : Todos os edifícios novos que possuírem cobertura plana devem ter telhado verde.
Bronx, Borough (EUA)	Bronx Environmental Revolving Loan Fund : Foi designado para aumentar a implementação de medidas de melhoria da qualidade do ar do bairro. Somente empresas de iniciativa privada estão sujeitas aos empréstimos que variam entre \$10 mil e \$500 mil.
Annapolis (EUA)	O conselho oferecerá até \$10 mil de crédito para proprietários que tentarem reduzir a poluição das águas pluviais. A instalação de telhado verde está inclusa no contexto.
Chicago (EUA)	The Green Roof Grant Program 2006 For Residential And Small Commercial Buildings : incentivo de \$5 mil para suporte de pequenos projetos comerciais e residenciais com menos de 10 mil ft ² . Green Roof Improvement Fund Tax Increment Financing : Programa piloto para a aplicação de telhado verde nos edifícios do centro da cidade, com fundos de até \$100 mil.
Portland (EUA)	Grey to Green Effort : o Programa de crédito disponibiliza \$800 mil/ano para a aplicação em projetos que possuem telhado verde. O valor por m ² de telhado verde recebido é de \$5,00.
District of Columbia (EUA)	Provê rebatimento de \$5,00 por m ² de telhado verde em edifícios residenciais, comerciais e instituições.
Recife (Brasil)	Lei 18.112/2015 obriga projetos de edificações habitacionais multifamiliares com mais de quatro pavimentos e não habitacionais com mais de 400 m ² de área coberta deverão prever a implantação de telhado verde.

Fonte: RIOS (2016).

3.4 ESTRUTURA DE COMPOSIÇÃO DO TELHADO VERDE

O telhado verde pode ser encontrado em placas pré-fabricadas, denominado como telhado verde modular, ou construídos nas estruturas, que são os telhados verdes estudados nesse trabalho. O telhado verde aplicado diretamente na estrutura é o mais comum e consiste em seis camadas acima da cobertura, como mostrado na figura 8.

Figura 8: Composição do telhado verde numa estrutura.



Fonte: <https://construtoraks.com.br/blog/curiosidades-sobre-o-teto-verde/>

Nas próximas subseções serão comentadas sobre as camadas presentes em um telhado verde.

3.4.1 Camada Impermeável

Essa camada tem contato direto com a laje que é parte estrutural do edifício, tem como finalidade impedir que a água entre em contato com a estrutura. Essa proteção acontece através de uma manta asfáltica, e é uma das etapas mais importantes do telhado verde, pois preveni diversos problemas quando aplicado de forma correta. A figura 9 mostra a aplicação de uma manta asfáltica na implantação do telhado verde.

Figura 9: Camada de manta asfáltica.



Fonte: Figura extraída de: <https://casaconstrucao.org/materiais/manta-asfaltica/>

A aplicação da camada de impermeabilização deve ser feita por uma empresa especializada e que cumpra os passos descritos da (NBR 9574 e NBR 9575) ABNT, que são as normas responsáveis por definir a forma correta de impermeabilizar uma

determinada área, para a implantação da manta com a finalidade do telhado verde. O passo inicial para impermeabilização é a limpeza da superfície na qual será aplicada. Em seguida é aplicado o prime, que é uma tinta responsável por proporcionar aderência. Na sequência, a manta é aplicada com o auxílio de um maçarico para que ele cole na estrutura, como apresentado na figura 10. Geralmente, o rolo da manta costuma ter as dimensões de 1 m x 10 m, e quando finalizar o rolo é necessário fazer a ligação de forma segura usando os últimos 10cm. Após o término da aplicação é feito um teste de estanqueidade de 72 horas. (BALTAZAR, 2021).

Figura 10: Aplicação da manta asfáltica



Fonte: Figura extraída de: <https://impermeabilizacao.komercialize.com.br>

3.4.2 Camada de Proteção

A barreira contra raízes, também conhecida como camada de proteção, tem a finalidade de controlar o crescimento das raízes, e dessa forma impedir o contato direto da vegetação com a parte estrutural da edificação. Em projetos com plantas rasteiras se utiliza uma camada de impermeabilização específica que também atua também como camada de proteção. Quando o projeto do telhado verde é de uma vegetação de médio porte, costuma-se utilizar uma membrana específica para proteção de raízes que na maioria das vezes é de PVC (FERRAZ, 2012).

3.4.3 Camada Drenante

Outra camada importante é a camada drenante que tem como finalidade drenar a água que não foi absorvida pelo substrato e vegetação, evitando que as raízes fiquem submersas a água. Existe uma diversidade de materiais que possam ser utilizados para a realização desta camada, podendo variar de acordo com a região e necessidade do projeto. Brita, seixos e argila expandida são alguns dos materiais que podem atuar como camada drenante variando e sua altura varia entre 7cm e 10cm (HENEINE, 2008). Na figura 11 amostra uma camada drenante formada por argila expandida.

Figura 11: Camada drenante de argila expandida.



Fonte: Figura extraída de: <https://www.m2arquiteturaeinteriores.com/post/2018/06/04/sobre-o-tal-telhado-verde>

3.4.4 Camada Permeável

Esta camada tem a função de reter as partículas que seriam levadas pela água, evitando o acúmulo de sujeira nas partes mais próximas da estrutura, e consequentemente evitando o entupimento dos drenos (ALBERTO, 2012). A figura 12 mostra a manta geotêxtil que forma uma camada permeável

Figura 12: Manta geotêxtil



Fonte: Figura extraída de: <https://www.diprotecgeo.com.br/produtos/geotextil-nao-tecido>

3.4.5 Substrato

O substrato é uma camada essencial para as plantas e pode variar no tipo e na espessura da camada de acordo com a vegetação escolhida para o projeto. As características principais que devem ser levadas em consideração na escolha do substrato são: granulação, porcentagem de matéria orgânica, resistência a erosão pelo vento, estabilidade estrutural, capacidade máxima de retenção de água, permeabilidade, quantidade de nutrientes e os níveis de PH. A figura 13 mostra a implantação de uma camada de substrato no telhado verde.

Figura 13: camada de substrato



Fonte: Figura extraída de: <https://luizaburkinski.com.br/blog/veja-como-construir-um-telhado-verde/>

3.4.6 Vegetação

A vegetação é a camada mais superficial do projeto, sendo responsável por proporcionar um aspecto visual agradável, além de contribuir para a redução do efeito estufa, pois absorve CO_2 e emite O_2 . Assim, a vegetação proporciona uma maior qualidade ao ar, e a escolha do tipo de vegetação deve considerar o clima e a localização geográfica do local, tendo em vista sua resistência ao ambiente no qual será exposta. Na figura 14 mostra a implantação de grama no telhado verde.

Figura 14: Camada de vegetação

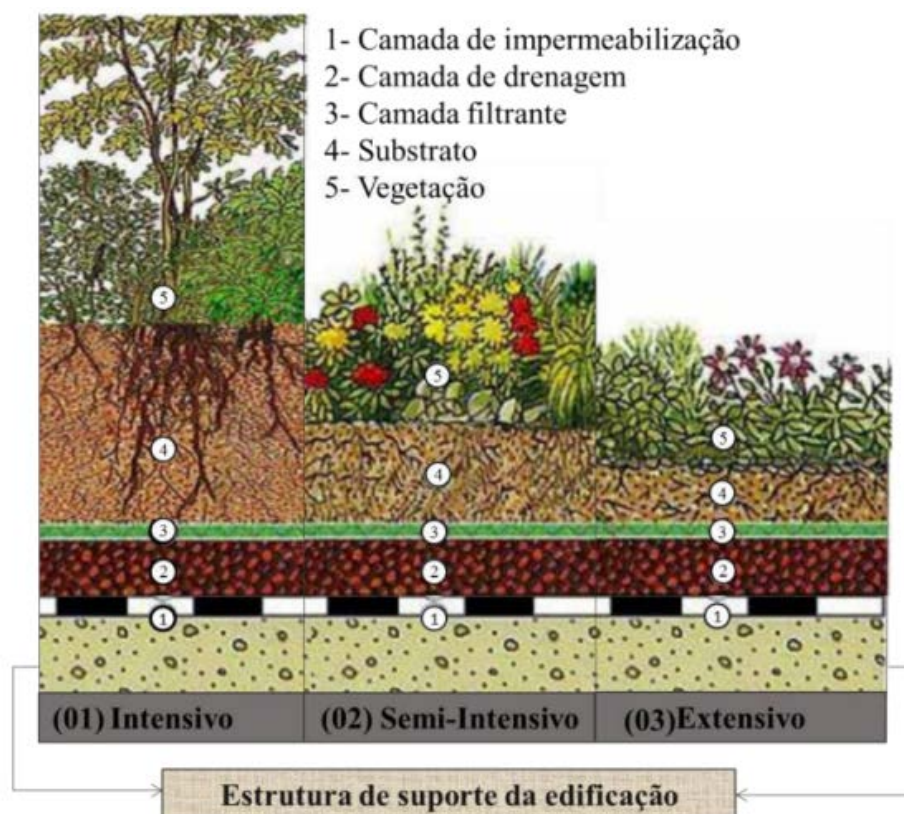


Fonte: Figura extraída de: <https://www.ecrasustentabilidadeurbana.com.br/nossas-solucoes/laje-verde-ou-telhado-verde>

3.5 TIPOS DE TELHADOS

Os tipos de coberturas verdes são classificados de acordo com o tamanho da vegetação que será aplicada no projeto, e são do tipo: extensivo, semi-intensivo e intensivo. A escolha de qual tipo aplicar deve ser levado em consideração o custo inicial, manutenção, aspecto visual, parte estrutural e benefícios ecológicos. A quantidade de substrato e a parte estrutural são as únicas etapas construtivas que serão alteradas de acordo com o tipo de telhado que será aplicado na construção. A altura da camada de substrato varia de acordo com as plantas escolhidas, tendo em vista que as raízes precisam chegar a uma certa profundidade para absorver nutrientes, e a parte estrutural é responsável por sustentar todas as cargas aplicadas. A figura 15 mostra as diferentes profundidades para diferentes os três tipos de telhado verde.

Figura 15: tipos de telhado verde



Fonte: (MCINTYRE; SNODGRASS, 2010).

A tabela 2 apresenta as principais diferenças entre os três tipos de telhados verdes, de acordo com o tipo de vegetação que será aplicada no projeto.

Tabela 2: Tipos de telhados verdes e suas diferenças

Item	Telhado Verde Extensivo	Telhado Verde Semi-Extensivo	Telhado Verde Intensivo
1. Manutenção	Baixo	Periodicamente	Alto
2. Irrigação	Não	Periodicamente	Regularmente
3. Plantas	Sedum, ervas e gramíneas	Gramas, ervas e arbustos	Gramado, arbustos e árvores
4. Altura do Sistema	60 - 200 mm	120 - 250 mm	150 - 400 mm
5. Peso	60 -150 Kg/m ²	120 - 200 Kg/m ²	180 - 500 Kg/m ²
6. Custos	Baixo	Meio	Alto
7. Uso	Camada de Proteção ecológica	Projetado para ser um Telhado Verde	Parque igual a um jardim

Fonte: Adaptado por CARRARO (2017) de International Green Roof Association (2011).

3.5.1 Telhado Verde Extensivo

Para vegetações rasteiras, como gramas e forrações, que não exigem um nível de manutenção alto, o tipo de telhado verde é extensivo e a camada de substrato varia entre 6 e 20 cm. Pode ser aplicado com uma inclinação de até 45° desde que haja uma malha estrutural (FERRAZ, 2012). A figura 16 mostra um telhado verde extensivo.

Figura 16: Telhado verde extensivo



Fonte: Figura extraída de: <https://projetos.habitissimo.com.br/projeto/tipos-de-telhados-verdes>

3.5.2 Telhado Verde Semi Intensivo

É uma cobertura de vegetação intermediária que engloba espécies como arbustos médios, e sua camada de substrato varia entre 12 e 25 cm. Dependendo da altura dessa camada são reduzidas as possibilidades de maior inclinação para o telhado. Plantas de médio porte deve haver uma manutenção de forma periódica (FERRAZ, 2012). A figura 17 mostra um telhado semi-intensivo, no qual se observa a diferença de tamanho da vegetação quando comparado ao telhado extensivo mostrado na figura 16.

Figura 17: Telhado verde semi-intensivo



Fonte: Imagem extraída do vídeo Pura Arquitetura. Acessado em: www.youtube.com/watch?v=n3ywDNmKYOc

3.5.3 Telhado Verde Intensivo

Este telhado se caracteriza por uma cobertura verde de vegetação de grande porte, como árvores e arbustos. Porém este telhado requer maior frequência de manutenções, com apresentado na tabela 1, e as raízes são mais profundas. A camada de substrato varia entre 10 e 120 cm. Devido à altura da camada de substrato ser inversamente proporcional ao nível de inclinação, deve ser o mais próximo de 0° possível, devido à alta camada de substrato, com isso evitando possíveis deslocamentos com o passar dos anos (FERRAZ,2012). Na figura 18 mostra um telhado verde intensivo num edifício da cidade de São Paulo – SP.

Figura 18: telhado verde intensivo



Fonte: Capelas Junior (2014), acessado em: noticias.ambientebrasil.com.br/redacao/2019/06/19/152571-telhados-verdes.html

4 METODOLOGIA

Esse estudo realizou uma perspectiva teórica sobre telhados verdes e suas aplicações ecológicas, abordando as características como diminuição de temperatura e aumento da umidade do ambiente. Para isso realizou-se uma busca por publicações que comparasse o comportamento do telhado verde e telhado convencional, em diferentes níveis de temperatura, para entender a influência da vegetação na redução da temperatura, a base de dados foi o Google Acadêmico (<https://scholar.google.com.br>). Foram escolhidos dois estudos que são bastante citados: um relatório técnico com o tema “A Medição do Desempenho Térmico do Ecotelhado” (BEYER, 2006), e o segundo, o de maior relevância no Brasil, “Telhado verde: impacto positivo na temperatura e umidade do ar. O caso da cidade de São Paulo” (Catuzzo, 2013).

O primeiro estudo apresenta protótipos para simular uma casa, com o intuito de analisar a variação térmica de um telhado com cobertura verde em comparação ao de cobertura tradicional, ele utilizou duas caixas ambas com o mesmo telhado de amianto, porém uma tinha a cobertura vegetal. A partir da obtenção da incidência solar, temperatura externa e interna das caixas, notou-se que o telhado vegetal mesmo em dias de alta variação entre temperaturas máximas e mínimas teve pouca oscilação, mantendo o ambiente com uma temperatura mais constante, isso ocorre devido a sua capacidade de reduzir a troca de calor entre áreas externas e internas. A figura 19 mostra os protótipos utilizados no relatório técnico.

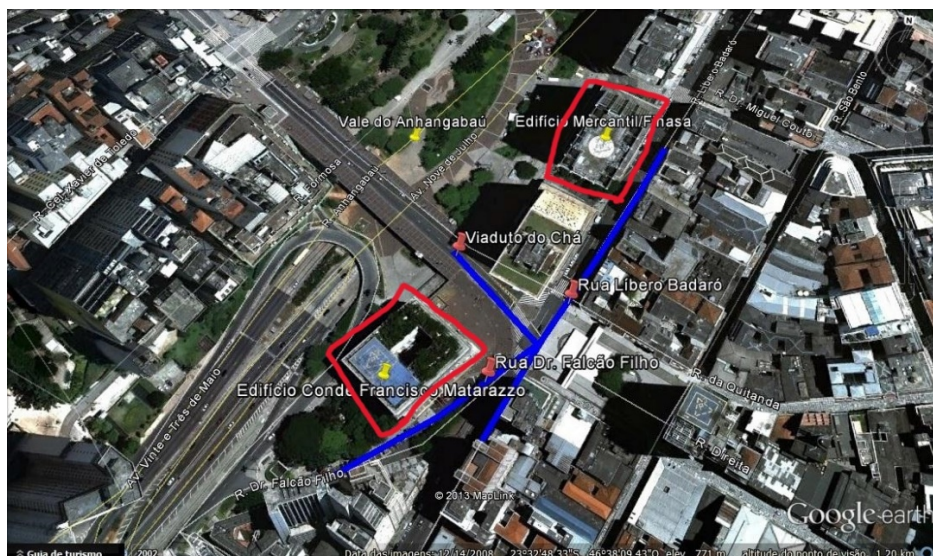
Figura 19: Protótipos com telhados verde e convencional.



Fonte: BEYER, 2006. p.1.

O segundo trabalho foi uma tese de doutorado da Universidade de São Paulo onde foi utilizado a metodologia analítica comparativa, com o intuito de verificar a variação de temperatura entre o telhado verde e o telhado convencional de dois edifícios com localizações próximas, como pode ser visto na figura 20.

Figura 20: Localização dos edifícios utilizados no segundo estudo



Fonte: GOOGLE EARTH, 2008. Adaptado por Autor (2022)

Foram instalados sensores de temperatura no Conde Matarazzo, figura 21, edifício sede da prefeitura de São Paulo que possui na sua cobertura um telhado verde, e no edifício Mercantil/Finasa, figura 22, que tem como cobertura laje tradicional.

Figura 21: Edifício Conde Matarazzo



Fonte: CATUZZO (2013), p.90.

Figura 22: Edifício Mercantil/Finasa



Fonte: CATUZZO (2013). p.97.

5 RESULTADO E DISCUSSÕES

No primeiro estudo foi observado que o protótipo com cobertura com vegetação, a temperatura interna variou entre 34°C a 39°C. Outros fatores podem fazer a temperatura diminuir 1°C a menos que a temperatura externa, como espessuras das camadas e a altura da estrutura. Na parte da noite, caracterizada por temperaturas externas menores, o telhado verde obteve temperaturas maior no interior do ambiente, mostrando a influência da cobertura vegetal em relação ao conforto térmico. Já o telhado convencional apresentou uma variação entre 43° a 47°C, quase 10°C maior em comparação a temperatura externa. Isso ocorre devido ao telhado convencional absorver mais calor e transferir para a parte interna da estrutura. No período da noite ficou mais nítido essa característica, pois apresentou temperaturas internas menores em relação a caixa com cobertura verde. Em projetos reais, o telhado verde pode reduzir o consumo de energia, em períodos quentes e frios, por minimizar a utilização de ar-condicionado e aquecedores em relação a telhados convencionais (BEYER, 2006).

O isolamento térmico obtido no experimento das caixas, também se aplica em projetos de maior escala, com resultados ainda mais significantes. Em 2012 se iniciou um projeto com o intuito de comparar as variações de temperaturas de uma cobertura vegetal e outra cobertura de laje tradicional, em edifícios próximos, como apresentado na figura 20, para não ter influência em relação ao posicionamento. As temperaturas foram medidas através de três sensores instalados: dois sensores no edifício Conde Francisco Matarazzo, e um sensor no Edifício Mercantil/Finasa. Os sensores mediam a temperatura a cada dez minutos, com ênfase nos períodos de máxima e mínima. Os sensores funcionavam da mesma forma nas duas estruturas, e a escolha de dois sensores no edifício que contém o telhado verde foi devido à presença das vegetações de grande porte, como mostra a figura 23, e que modifica a incidência de raios solares (CATUZZO, 2013).

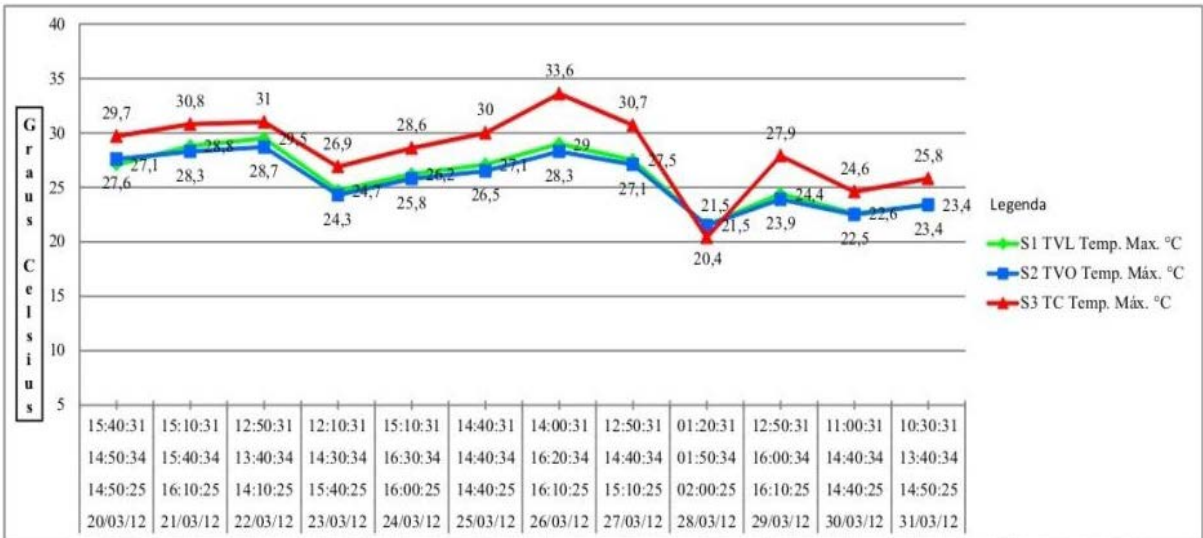
Figura 23: Vegetação presente no Conde Matarazzo



Fonte: CATUZZO (2013)

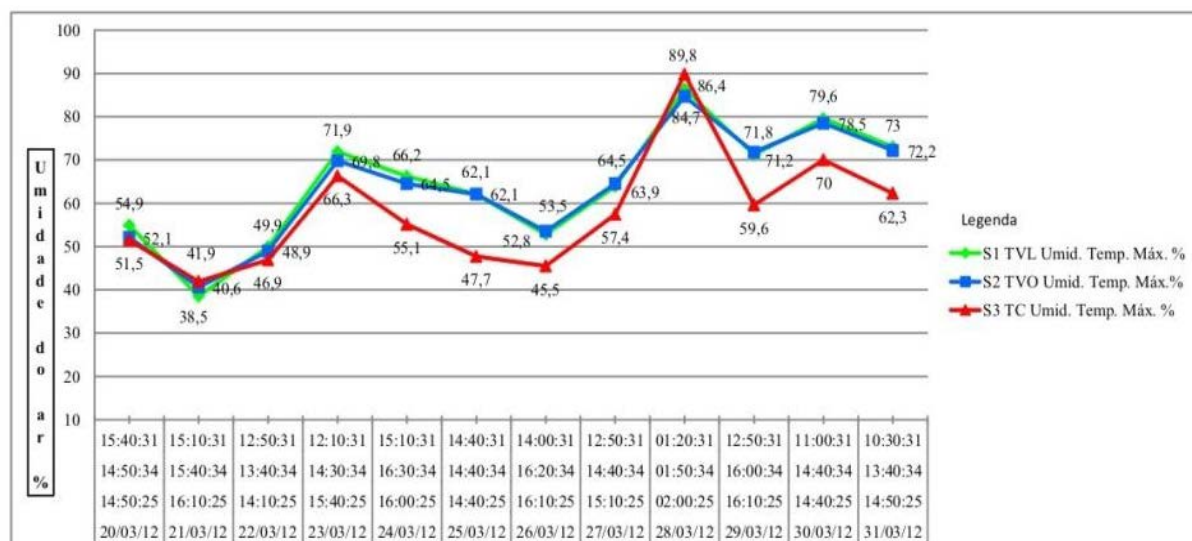
O trabalho de Catuzzo (2012) analisou o efeito da temperatura durante o período de 1 ano e onze dias. O estudo iniciou no dia 20 de março de 2012, e o gráfico 1 mostra a evolução da temperatura máxima, e no gráfico 2, a umidade relativa mínima obtida por Catuzzo (2012) no período de 20 à 31 de março:

Gráfico 1: Dados das temperaturas máximas obtidas no mês de março pelos sensores 1,2 e 3



Fonte: CATUZZO (2013)

Gráfico 2: Dados das umidades mínimas obtidas no mês de março pelos sensores 1,2 e 3

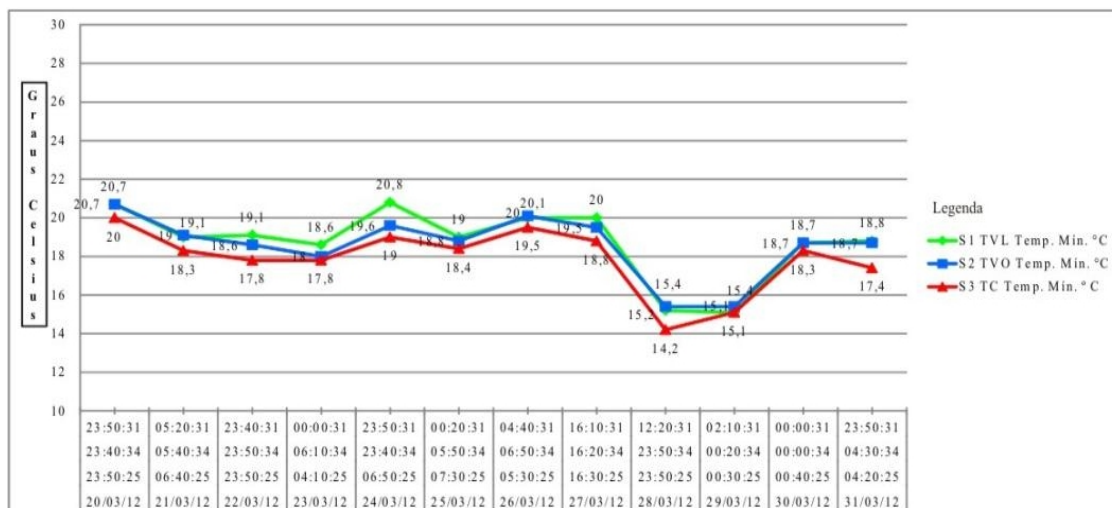


Fonte: CATUZZO (2013)

Os sensores 1 e 2 correspondem ao edifício do telhado verde, localizados na face leste e oeste, respectivamente. Já o sensor 3 se localizou no edifício sem o telhado verde. Analisando alguns períodos dos gráficos 1 e 2 foram observados que no dia 28 de março foi a menor temperatura no período da tarde, e consequentemente a maior umidade. No edifício Conde Matarazzo registrou 21,5°C, enquanto o edifício Mercantil/Finasa registrou 20,4°C, com isso o telhado de concreto ficou 1,1°C mais frio comparado ao telhado verde e cerca de 3,5% a 5,1% mais úmido. Em períodos de temperaturas menores, em torno de 20°C a variação entre os telhados é menos significativa no aspecto de isolamento térmico, a cobertura vegetal tem melhor performance em temperaturas mais elevadas. No dia 26 de março foi obtida a maior temperatura no período da tarde, indicando uma maior incidência de radiação solar, e o edifício com cobertura de concreto apresentou maior absorção de radiação chegando a 33,6°C, enquanto os sensores do prédio com o telhado verde capitaram temperaturas entre 29°C e 28,3°C, ficando 4,6°C a 5,3°C mais frio quando comparado a cobertura tradicional, e a diferença entre a umidade dos prédios chegaram a 8%. Para temperaturas em torno de 30°C o telhado verde apresenta resultado ainda mais significantes quando comparado com a cobertura de concreto.

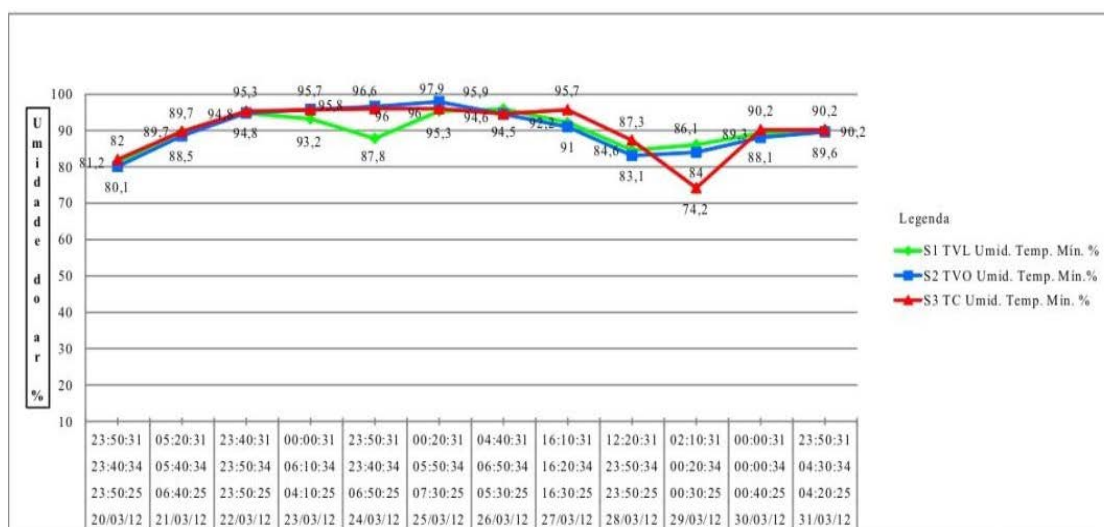
Os gráficos 3 e 4 mostram, respectivamente, a temperatura mínima e a umidade máxima obtida no mês de março de 2012.

Gráfico 3: Dados das temperaturas mínimas obtidas no mês de março pelos sensores 1,2 e 3



Fonte: CATUZZO (2013)

Gráfico 4: Valores máximo da umidade obtidas no mês de março pelos sensores 1,2 e 3.



Fonte: CATUZZO (2013).

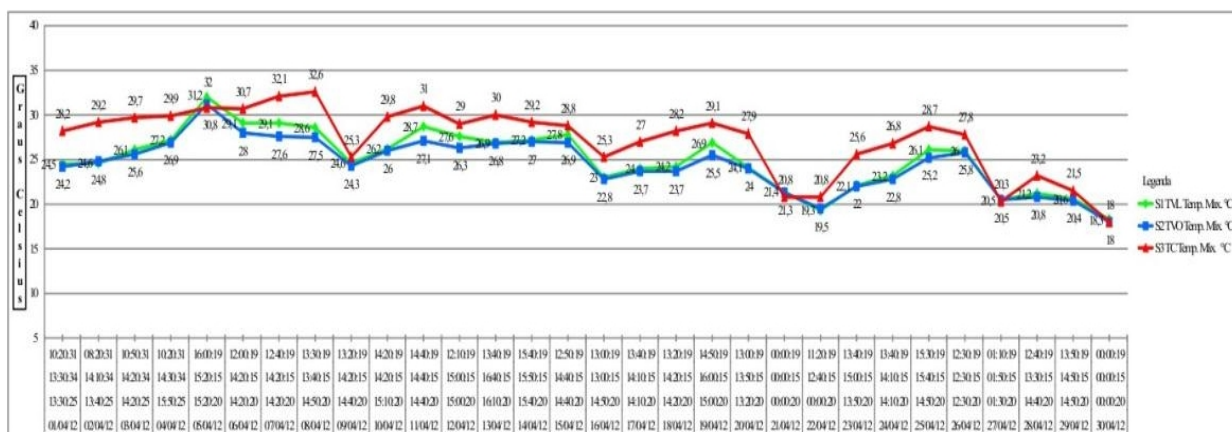
A menor temperatura do mês de março também foi no dia 26, no qual o sensor 3 marcou 14,2°C, enquanto os sensores 1 e 2 presentes no telhado verde marcaram 15,2°C e 15,4°C, respectivamente, com uma variação entre as faces do telhado verde de 0,2°C, e quando comparado entre as coberturas a variação chegou a 1,2°C e 4,2% mais úmido para a cobertura de concreto. No dia 24 de março foi maior temperatura e mínima umidade mês, ou seja, a maior temperatura entre os períodos mais frios, o sensor 3 marcou 19 °C, enquanto os sensores 1 e 2 marcaram 20,8°C e 19,6°C. A variação máxima da umidade entre os telhados foi de 8,2%.

De uma forma geral os gráficos 1, 2, 3 e 4 mostram que quanto maior a incidência da radiação solar, maior as temperaturas e consequentemente menor a porcentagem de

umidade no ar, ou seja, em dias com nebulosidade onde os níveis de radiação são reduzidos ocorre uma diminuição na temperatura e elevação na umidade.

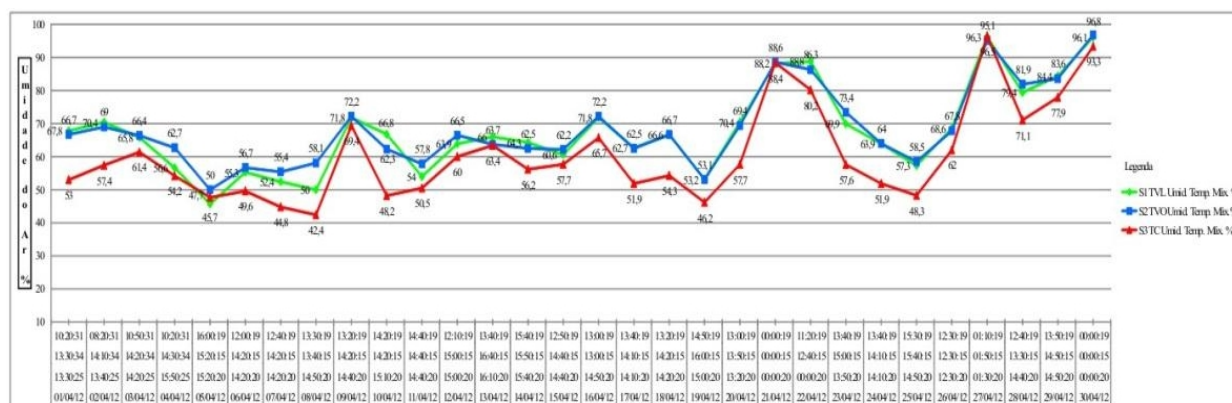
No segundo mês analisado, abril de 2012, os dados foram adquiridos em todos os dias deste mês. Os gráficos 5 e 6 mostram, respectivamente, a temperatura máxima e a umidade mínima obtida no mês de abril de 2012.

Gráfico 5: Dados das temperaturas máximas obtidas no mês de abril pelos sensores 1, 2 e 3



Fonte: CATUZZO (2013)

Gráfico 6: Dados das umidades mínimas obtidas no mês de abril pelos sensores 1, 2 e 3



Fonte: CATUZZO (2013)

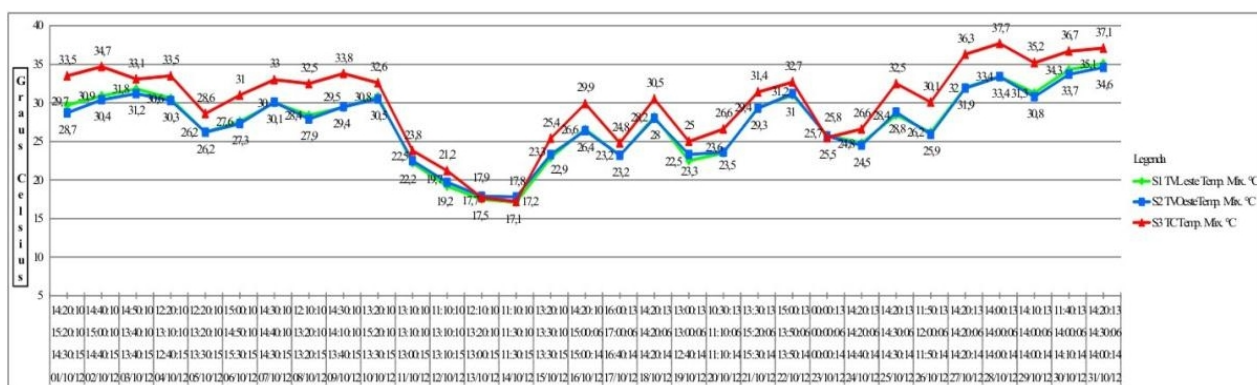
No dia 08 de abril foi obtida a maior temperatura do mês, entre 13 e 15 horas, e o sensor 3 mediu uma temperatura de 32,6° C, e o sensores 1, na face leste obteve 28,6°C e o sensor 2, na face oeste, mediu 27,5° C. A variação de temperatura entre os sensores 1 e 2 foi de 1,1° C, e isso se deu por conta de a densidade de vegetação ser diferente entre as faces, isto é, quanto maior a concentração de vegetação, maior a capacidade de isolamento térmico. Já a variação de temperatura máxima e de umidade máxima entre os prédios foi de 5,1°C e 15,7% respectivamente.

De uma forma geral, os resultados foram obtidos no mês de abril foram parecidos comparado com o do mês de março, ou seja, períodos mais quentes o concreto tinha uma

maior absorção da radiação solar, com isso aquecendo mais e reduzindo a porcentagem de umidade, e em períodos mais frios, o edifício com a cobertura de concreto tinha uma menor temperatura, e maior umidade.

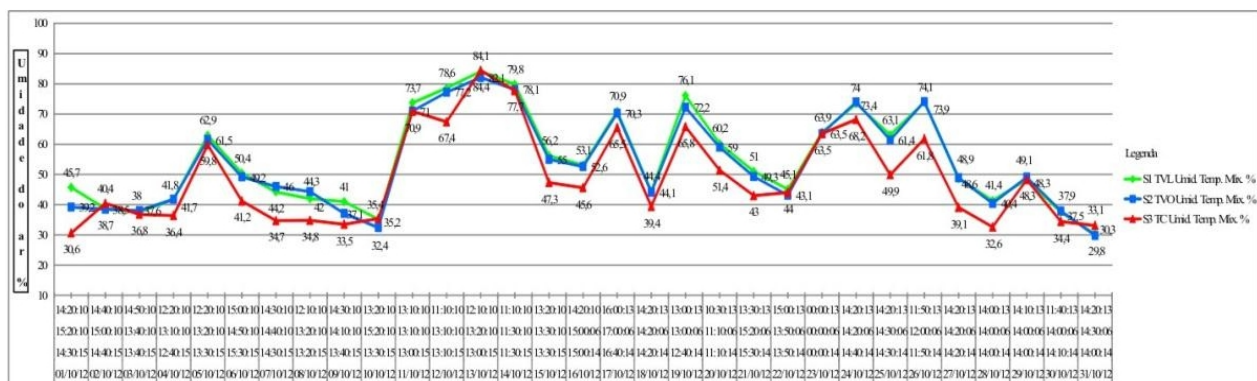
Outro mês que merece destaque no trabalho de Catuzzo é o mês de outubro, por se tratar de um período de maior nível de radiação, e foi um dos meses mais quentes durante o período analisado. O gráfico 7 mostra a temperatura máxima obtida durante esse mês, e no gráfico 8, a umidade mínima.

Gráfico 7: Dados das temperaturas máximas obtidas no mês de outubro pelos sensores 1, 2 e 3



Fonte: CATUZZO (2013)

Gráfico 8: Dados das umidades mínimas obtidas no mês de outubro pelos sensores 1, 2 e 3

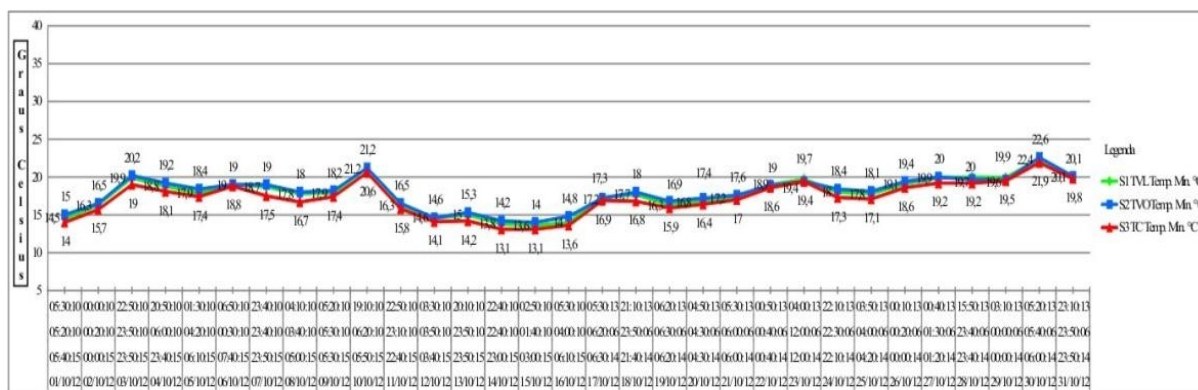


Fonte: CATUZZO (2013)

Alguns períodos merecem destaque nos gráficos 7 e 8. O primeiro foi o dia 28 de outubro onde foi medido a máxima temperatura no sensor 3, 37,7° C às 14:00 horas. No mesmo horário, a máxima no edifício com telhado verde foi obtida 33,4° C, e a variação de temperatura dos dois edifícios foi de 4,3° C, e 8,8% mais úmido para a cobertura com vegetação. Outro período de destaque foi no dia 25 onde foi obtida a maior variação da umidade relativa, 13%, ou seja, o edifício com telhado verde foi mais úmido.

Para as mínimas temperaturas do mês de outubro, gráfico 9, observa-se a semelhança do comportamento entre os telhados (verde/concreto. Um período que merece destaque foram os dias 14 e 15 que tiveram as menores temperaturas do mês. Os sensores 1 e 2 registraram 13,8° C e 14,2°C no dia 14, e 13,6° C e 14° C no dia 15. No sensor 3 foi obtido 13,1° C nos dois dias, ficando a variação de temperatura entre 0,5° C à 1,1° C mais frio.

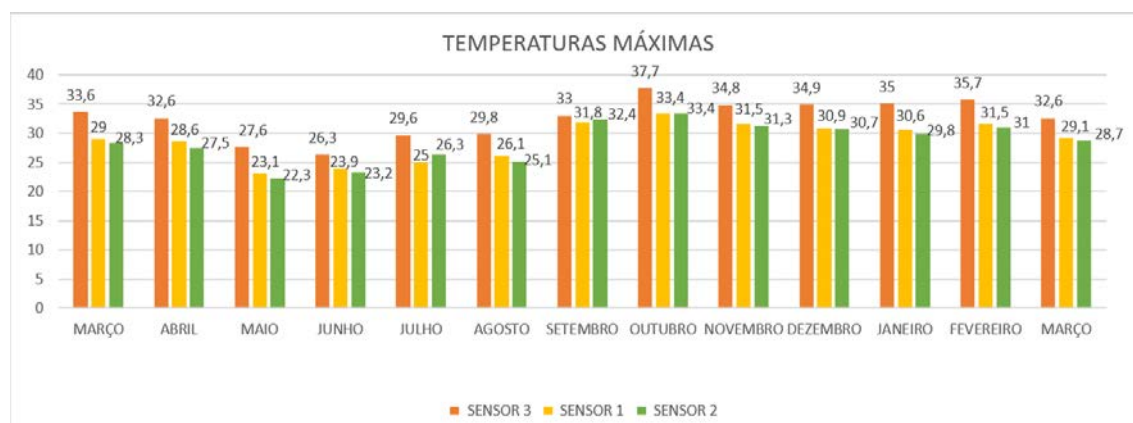
Gráfico 9: Dados das temperaturas mínimas obtidas no mês de outubro pelos sensores 1,2 e 3



Fonte: CATUZZO (2013)

Os períodos de maior temperatura produzem, maior variação de temperatura quando se compara os telhados verde e de concreto. No período de menor temperatura, a variação de temperatura é muito pequena. O gráfico 10 mostra a temperatura máxima no período de estudo do trabalho de Catuzzo (2013).

Gráfico 10: Temperatura máxima obtidas com os três sensores no período estudado por Catuzzo.



Fonte: Autor (2022)

Ao analisar o gráfico 10 é possível perceber a variações de temperatura máxima, e em alguns meses do ano, e uma pequena variação nos sensores 1, da face leste, e 2, na face oeste. Essa mudança ocorre devido a diferença de densidade de vegetação entre as duas faces analisadas no telhado verde.

Após comparar as temperaturas máxima e mínima, e umidades mínima e máxima, no período estudado é possível perceber a influência da vegetação no topo do edifício, onde a máxima variação de temperatura foi de 4,7°C, e 15,7% mais úmido. Nascimento (2008) e Beyer (2008) afirmou que a vegetação e o substrato dificultam a dissipação de calor, e fica nítida no gráfico 10 a eficiência do telhado verde no aspecto de isolamento térmico quando comparado com telhado convencional. A cobertura vegetal é uma forma de agregar espaços verdes em regiões de grandes centros comerciais, tendo em vista o aproveitamento territorial e toda sua contribuição com o meio ambiente e o microclima local (SKYGRANDEN, 2015). Além disso, o telhado verde é uma forma de requalificar os espaços urbanos devido a alta taxa de desmatamento por conta de novas construções (FURLAN, 2004).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os grandes centros urbanos sofrem com a baixa qualidade do ar devido a poluição, e a presença de ilhas de calor. Isso acontece devido à ausência de espaços verdes e o telhado verde é uma alternativa para suprir essa ausência, e compensar o meio ambiente, devido à alta taxa de desmatamento em regiões de grandes centros comerciais.

Este trabalho estudou o telhado verde, sua composição, formas, incentivos e o comportamento do telhado verde em comparação ao telhado tradicional, através de dados de temperatura e umidade dos trabalhos mais relevantes através de pesquisas do Google Scholar.

A partir da análise foi possível verificar que o telhado verde tem mais relevância quando comparado com o telhado convencional em temperaturas mais elevadas, tendo em vista que para temperaturas menores em torno de 18°C o comportamento dos telhados se torna parecidos. Como grande parte do Brasil tem níveis de radiação extremamente alto, principalmente nas cidades próximas a linha do equador, o telhado verde se torna viável, pois a variação de temperatura é de aproximadamente 4° C, proporcionando maior conforto térmico e consequentemente reduzir o consumo de energia.

A presença de telhado verde deveria ser mais utilizada nos grandes centros, sendo indiscutíveis as suas vantagens. No Brasil deveria implementar leis/incentivos, como liberação de crédito e redução de impostos prediais, que buscassem viabilizar a implantação do telhado verde, pois a única cidade lei que existe é na cidade de Recife, diferente de outros países que tem a utilização do telhado verde mais desenvolvido.

REFERÊNCIAS

- ALBERTO, Eduardo Zarzur et al. **ESTUDO DO TELHADO VERDE NAS CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS**. 2012. Disponível em: [http://copec.eu/congress/shewc 2012/proc/works//037.pdf](http://copec.eu/congress/shewc%202012/proc/works//037.pdf) Acesso em: 08 jan. 2022.
- ARRHENIUS, S. A. **On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground**. Philosophical Magazine and Journal of Science, v. 4, n. 251, p. 237–27, 1896. Disponível em: https://www.rsc.org/images/Arrhenius1896_tcm18-173546.pdf. Acesso em 09 set. 2021
- BALDESSAR, Silva Maria Nogueira. **Telhado Verde e sua contribuição na redução da Vazão da Água Pluvial Escuada**. Disponível em: <http://www.prppg.ufpr.br/ppgcc/sites/www.prppg.ufpr.br/ppgcc/files/dissertacoes/d0168.pdf>. Acesso: em 20 nov. 2021.
- BEYER, P. O. **Medição do Desempenho Térmico de Ecotelhas**. Rio Grande do Sul: UFRGS-RS, 2006. p. 1-4. Relatório técnico.
- BUENO, Rafael. **Telhado verde: os Jardins da Babilônia continuam funcionais**. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_telhado_verde.pdf. Acesso em: 20 de set. 2021
- CATUZZO, Humberto. **Telhado verde: impacto positivo na temperatura e umidade do ar. O caso da cidade de São Paulo**. 2013. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- CONELLY, M. R. **Acoustical Characteristics of vegetated roofs: contributions to the ecological performance of buildings and the urban soundscape**. 2011. 218f. Thesis (Doctor of Philosophy) – The University of British Columbia. Acesso em 04 outubro. 2021
- Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente 2012. **IMPACTOS AMBIENTAIS**. 2012. Disponível em: <https://siambiental.ucs.br/congresso/anais/trabalhosTecnicos?ano=2012>. Acesso em: 08 jan. 2022.
- CHICAGO Climate Action Plan. **Strategy 1. Energy Efficient Buildings**. Chicago. p. 21 22. Disponível em: <http://www.chicagoclimateaction.org/filebin/pdf/finalreport/EnergyEfficientBuildings.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2021.

CARRARO, Keity Mariana Maronez Marina Estela. **Análise do telhado verde em relação ao telhado convencional quanto ao conforto térmico e retenção de água pluvial**. 2017. 63 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnólogo em Gestão Ambiental, A Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2017. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/13507/1/an%C3%A1lise%20telhadoconfor%C3%A7o.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2022

DELACERDA, A. **Telhado Verde – da Babilônia aos dias atuais**. Disponível em: <https://ecobriefing.wordpress.com/2009/06/14/telhado-verde-das-babilnias-aos-diasatuais/>. Acesso em: 18 nov 2021.

FERRAZ, I. L. **O desempenho térmico de um sistema de cobertura verde em comparação ao sistema tradicional de cobertura com telha cerâmica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. 2012.

FURLAN, S.A. **Paisagens Sustentáveis: São Paulo e sua cobertura vegetal**. CARLOS, A.; OLIVEIRA, A.U(Orgs). Geografia de São Paulo: A metrópole do século XXI. Disponível em: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=pt-BR&user=X-v4NfQAAAAJ&citation_for_view=X-v4NfQAAAAJ:2osOgNQ5qMEC. Acesso: 15 set 2021

HEINEINE, Maria Cristina A. de Souza. **Cobertura Verde**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 2008. Disponível em: <https://docplayer.com.br/5312025-Monografia-cobertura-verde-autor-maria-cristina-almeida%20-de-souza-heneine-orientadores-professor-firmino-siqueira-professor-dalmo-mendes-figueiredo.html>. Acesso em 05 fev. 2021

INTERNATIONAL GREEN ROOF ASSOCIATION. **Global Networking for Green. Roofs**. Disponível em: <http://www.igra-world.com/>. Acesso em: 18 fev. 2022

IPCC (Intergovernmental Panel On Climate Change), **Aquecimento Global de 1,5°C**. 2018. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/07/SPM-Portuguese-version.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2022.

Labouriau, M. L. S. **História Ecológica da Terra**. 1ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1994. Cap. 7.

MARTINS, Filipe Daniel Painço. **Coberturas Verdes: Seu contributo para a eficiência energética e sustentabilidade**. 2010. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2010.

MINKE, G. **Techos verdes: planificación, ejecución, consejos prácticos**. Editorial Fin de Siglo, Montevideo, Uruguai, 2004 Disponível: http://ecocosas.com/wpcontent/uploads/Biblioteca/Arquitetura/TechosVerdes_Pantalla.pdf. Acesso em: 13 set 2021

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: Série teses e monografias. 1976. Disponível em: <https://www.worldcat.org/search?qt=hotseries&q=se%3A%22teses+e+monografias%2C+25.%22>. Acessado em: 08 jan. 2022

NASCIMENTO, W. C.; FREITAS, M. C. D.; SCHMID, A. **Coberturas verdes: A renovação de uma ideia**. Universidade Federal do Paraná, Paraná, out. 2008.

OLIVEIRA NETTO, E. W. **Telhados verdes para habitações de interesse social: retenção das águas pluviais e conforto térmico**. 2009. 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

RIOS, M. **Telhado Verde: Uma Estratégia Para as Cidades Sustentáveis**. II Encontro Nacional dos GTMA's, Fortaleza/CE, 2016. 43.

SATTLER, M. A. **Edificações e Comunidades Sustentáveis**. ENTAC. Foz do guaçú, 2002. Disponível em: <http://www.habitare.org.br/pdf/publicacoes/arquivos/189.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2018

SEEG - **Sistema de Estimativa de Emissão de Gases do Efeito Estufa**. Tabela Geral de Emissões. 2019. Disponível em: <http://seeg.eco.br/tabela-geral-de-emissoes/>. Acesso em: 10 set. 2021;

SMYRNOVA, Y. et al. **Laboratory Test of Sound Absorption of Vegetation**. CONGRESS ON SOUND AND VIBRATION, 262. 2010, Ljubljana. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Laboratory-Test-of-Sound-Absorption-of-Vegetation-SMYRNOVAa-Kanga/53d412a8b861dc3cb98b8098effefe99652084ec>. Acesso em 28 set. 2021

SNODGRASS, E. C.; McINTYRE, L. **The green roof manual: a professional guide to design, installation, and maintenance**. 2010.

SKY GARDEN. **Benefícios dos telhados verdes**. Disponível em: <http://www.skygarden.com.br/br/index.php/telhados-verdes/beneficios-dostelhados-verdes>. Acesso em: 22 out. 2021

VIERA, F. G. BALTAZAR, ET AL. **Acompanhamento da Execução de Serviços de Impermeabilização: Estudo de Caso**. Disponível em: https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/3087/1/TCC_FILIPPE_MATHEUS%20%282%29.pdf