

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**MARINA KFFURI FACCI**

**ANÁLISE DE IMPLANTAÇÃO DE COBERTURAS VERDES NA REGIÃO  
CENTRAL DA CIDADE DE PATO BRANCO-PR**

**PATO BRANCO**

**2024**

**MARINA KFFURI FACCI**

**ANÁLISE DE IMPLANTAÇÃO DE COBERTURAS VERDES NA REGIÃO  
CENTRAL DA CIDADE DE PATO BRANCO-PR**

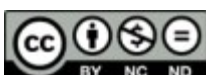
**Analysis of Green Roof implementation in the Central Area of Pato Branco - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Fabiano Ostapiv

**PATO BRANCO**

**2024**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**MARINA KFFURI FACCI**

**ANÁLISE DE IMPLANTAÇÃO DE COBERTURAS VERDES NA REGIÃO  
CENTRAL DA CIDADE DE PATO BRANCO-PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 13 setembro de 2024

---

**Fabiano Ostapiv**  
**Doutorado em Engenharia Mecânica - UNESP**  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR**

---

**Paola Regina Dalcanal**  
**Doutorado em Engenharia Civil – Estruturas – PUC-RIO**  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR**

---

**Cleovir José Milani**  
**Doutorado em Infraestrutura e Meio Ambiente - UPF**  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR**

**PATO BRANCO**

**2024**

## RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso investiga a viabilidade e os benefícios da implantação de coberturas verdes na região central de Pato Branco, Paraná, como uma solução sustentável para mitigar os efeitos ambientais negativos, como ilhas de calor, resultantes da urbanização no município de Pato Branco, Paraná. O estudo, de caráter teórico, se baseia em estudos acadêmicos e políticas públicas adotadas em outras cidades brasileiras, como em Recife, Pernambuco. A análise considera aspectos técnicos, ambientais e econômicos, sugerindo a adoção de coberturas verdes por meio de incentivos fiscais e campanhas educativas para sensibilizar a população e as autoridades locais. Os resultados indicam que a adoção de coberturas verdes pode não apenas trazer benefícios ambientais e econômicos significativos para a cidade, como contribuir para uma cidade mais sustentável e resiliente.

Palavras-chave: Urbanização, Coberturas Verdes, Sustentabilidade, Pato Branco, Ilhas de Calor.

## **ABSTRACT**

This thesis investigates the feasibility and benefits of implementing green roofs in the central region of Pato Branco, Paraná, as a sustainable solution to mitigate the negative environmental effects, such as heat islands, resulting from urbanization in the municipality of Pato Branco, Paraná. The theoretical study is based on academic research and public policies adopted in other Brazilian cities, such as Recife, Pernambuco. The analysis considers technical, environmental, and economic aspects, suggesting the adoption of green roofs through tax incentives and educational campaigns to raise awareness among the population and local authorities. The results indicate that the adoption of green roofs can not only bring significant environmental and economic benefits to the city but also contribute to a more sustainable and resilient urban environment.

Keywords: urbanization; green roofs; sustainability; Pato Branco; heat islands.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação efeito estufa .....	14
Figura 2 - Temperaturas superficiais no centro de Manhattan medidas por imagens hiperespectais de ondas longas.....	15
Figura 3 - Componentes do telhado verde.....	16
Figura 4 - Exemplo de telhado vivo – Local: Fecomércio-RS/Sesc/Senac no Rio Grande do Sul.....	17
Figura 5 - Exemplo de paisagem sobre estrutura .....	18
Figura 6 - Representação da classificação de TV's.....	19
Figura 7 - Relação de elementos biofílicos e grau de investimento .....	20
Figura 8 - Aplicação de impermeabilizante na cobertura .....	23
Figura 9 - Exemplo de aplicação de painéis drenantes na camada acima da geotêxtil.....	25
Figura 10 - Horta em cobertura verde em Paris.....	27
Figura 11 - Espécies testadas em cada classe climática presente no Brasil.....	28
Figura 12 - Localização da cidade de Pato Branco .....	34
Figura 13 - Região central da cidade de Pato Branco.....	37
Figura 14 - Mapa de comparação entre as temperaturas superficiais no ano de 1986 e 2020 .....	38
Figura 15 - Mapas de Uso da terra e das Temperaturas da área urbana de Pato Branco.....	39
Figura 16 - Quantificação em área / temperatura de superfície das classes de uso da terra da área urbana de Pato Branco.....	40
Figura 17 - Relação da urbanização com a vegetação no ano de 2011.....	41
Figura 18 - Relação da urbanização com a vegetação no ano de 2016.....	42
Figura 19 - Protótipo executado por Molinete localizado na UTFPR .....	44
Figura 20 - Camadas do protótipo de telhado verde construído .....	44
Figura 21 - Protótipo executado por Basso .....	45
Figura 22 - Fluxograma da metodologia aplicada na pesquisa.....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação de telhado verde.....	18
Tabela 2 - Índice de desenvolvimento humano (IDH) - 2010.....	35
Tabela 3 - Crescimento da população e urbanização no Brasil, Paraná e Pato Branco.....	35

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b> .....	<b>11</b>
1.1.1	Objetivo geral .....	11
1.1.2	Objetivos Específicos .....	11
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1</b>	<b>Do Verde ao Cinza: Urbanização e seus Efeitos</b> .....	<b>12</b>
2.1.1	Efeito estufa e as ilhas de calor .....	14
<b>2.2</b>	<b>Coberturas Verdes</b> .....	<b>15</b>
2.2.1	Pavimento da cobertura, isolamento e impermeabilização .....	20
2.2.2	Isolamento térmico .....	21
2.2.3	Impermeabilização .....	22
2.2.4	Camada de drenagem.....	24
2.2.5	Camada anti-raiz e filtro permeável.....	25
2.2.6	Substrato .....	26
2.2.7	Vegetação .....	26
2.2.8	Manutenção e durabilidade .....	28
2.2.9	Benefícios.....	29
2.2.10	Normas, leis e incentivos.....	30
<u>2.2.10.1</u>	<u>Normas de Obrigatoriedade</u> .....	<u>31</u>
<u>2.2.10.2</u>	<u>Normas de Incentivo</u> .....	<u>32</u>
<u>2.2.10.3</u>	<u>Normas de Compensação Ambiental</u> .....	<u>33</u>
<u>2.2.10.4</u>	<u>Normas que Promovem Certificações</u> .....	<u>33</u>
<b>2.3</b>	<b>Pato Branco</b> .....	<b>34</b>
2.3.1	Protótipos de Telhado Verde em Pato Branco .....	44
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>47</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>50</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>53</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>56</b>
	<b>ANEXO A – LEI Nº 18.112, DE 12 DE JANEIRO DE 2015</b> .....	<b>64</b>



## 1 INTRODUÇÃO

As cidades e grandes centros urbanos atualmente experienciam a alta densidade demográfica e de construções, e pouco ou nenhum espaço livre para novos parques, praças ou áreas de lazer. Segundo dados das Nações Unidas, se o Brasil seguir a tendência dos últimos anos do aumento da taxa de urbanização, seremos em 2050 o país com a maior porcentagem de pessoas vivendo em cidades e grandes centros urbanos (ONU, 2018).

O crescimento de cidades nas últimas décadas tem sido complexo e caracterizado por grandes e rápidas mudanças, impondo profunda transformação no ambiente local. A desenfreada criação de áreas impermeabilizadas por construções e vias asfaltadas, a emissão de gases do efeito estufa e o cânion de prédios estruturados resultaram em ilhas de calor (JIANG, YOUNG e HARDEE, 2008).

O efeito não é recente e vem sendo acompanhado desde o século 18 quando Luke Howard detectou um “excesso de calor artificial” na cidade (Londres) em comparação com o campo e outros estudos seguintes confirmaram essa condição (Gartland, 2010). Essa diferença de temperatura está causando desconfortos e aumento de problemas respiratórios para a população desde então. Do mesmo modo, o aumento da temperatura urbana induz o uso de ar-condicionado nos ambientes fechados e nos meios de transporte, intensificando ainda mais todo o sistema do efeito estufa (OJIMA; MARANDOLA JR SANTOS, 2013).

A carência de áreas verdes e espaços livres obriga as autoridades a recorrer a soluções inovadoras. Alguns governos mundiais estão agindo em prol do meio ambiente e da qualidade de vida dos cidadãos com emprego de incentivos e normas para a implantação de coberturas verdes nas edificações. Sabe-se que essa tecnologia construtiva traz muitos benefícios, incluindo o controle na taxa de escoamento superficial de águas pluviais, redução dos poluentes no ar e diminuição das temperaturas nas superfícies.

Situada na região sudoeste do estado do Paraná, a cidade de Pato Branco atualmente enfrenta complicações ambientais e urbanísticas. A redução significativa de áreas verdes vinculadas com o aumento da urbanização está resultando em um acréscimo de temperatura na média anual de 3,1°C desde os anos 90 (PONTES; TONIAL, 2023).

Acompanhando o cenário nacional, Pato Branco teve seu pico de desenvolvimento entre os anos de 1970 e 1980, alcançando uma taxa de crescimento de 51% e grau de urbanização de 68%. Mesmo sendo um município com características de produções agrícolas bem fortes e presentes, (MONDARDO, 2007), superou em 2020 os 90% de urbanização (IPARDES, 2024).

O presente trabalho surgiu da hipótese de que as coberturas verdes poderiam ser uma solução sustentável para a problemática dos efeitos ambientais negativos instaurados na cidade de Pato Branco. Considerando que são ferramentas estratégicas que podem desempenhar um papel significativo na criação de cidades sustentáveis e resilientes, além de contribuírem para restaurar a vegetação no ambiente urbano (CRISTIANO; DEIDDA; VIOLA, 2021).

Diante do exposto, a diretriz desta pesquisa qualitativa teve início na busca de instruções, em guias e livros, sobre a técnica construtiva de coberturas verdes, sua prática e classificação. Esta seleção embasou-se em três manuais de teor técnico específicos: FLL (2018), uma diretriz alemã para a implementação e cuidados das coberturas verdes (CV's); o manual americano "Green Roof System" (2009) e "Techos Verdes" de Gernot Minke (2004).

A partir disto, seguiu para busca de pesquisas e estudos sobre o histórico das taxas de crescimento e urbanização da cidade de Pato Branco, o acompanhamento da quantidade de área verde mantida ao longo desses anos e as ações empregadas pelas autoridades em favorecimento ao meio ambiente urbano. E para contribuir no fundamento deste trabalho buscou-se definir os temas relativos à urbanização e seus efeitos, efeito estufa e ilhas de calor.

Após o embasamento teórico, foi realizado um estudo de caso da utilização de coberturas verdes no Brasil. Os trabalhos de Primo (2020), Guimarães (2024) e Silva (2020) foram selecionados para embasamento, pois são trabalhos recentes e interligam os temas: telhado verde, Brasil e legislação.

A Lei Municipal n.º 18.112/2015 da cidade Pernambucana de Recife foi destaque nos três trabalhos citados e dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação do "telhado verde" e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais visando a melhoria da qualidade ambiental das edificações. Por este motivo, foi realizado um estudo de caso sobre os resultados da aplicação da lei na cidade de Recife.

Para tanto, esse trabalho está dividido em Introdução (1), Referencial teórico (2), Metodologia (3), Resultados e discussões (4) e Considerações finais (5).

## **1.1 Objetivos**

### 1.1.1 Objetivo geral

Apresentar uma proposta para mitigar o aumento da temperatura superficial em edifícios através da utilização de coberturas verdes no bairro central de Pato Branco (PR).

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Discutir em como as coberturas verdes podem colaborar na questão microclimática mediante problemas como ilhas de calor, umidade do ar e parâmetros sociais em centros urbanos;
- Apresentar um estudo de caso nacional da utilização das coberturas vegetais na mitigação de impactos ambientais;
- Apresentar os principais impactos ambientais negativos causados pelo desenvolvimento da cidade de Pato Branco em termos de urbanização;
- Realizar um conjunto de propostas ao poder legislativo municipal de Pato Branco para implantação da tecnologia de telhado verde na cidade de Pato Branco.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Do Verde ao Cinza: Urbanização e seus Efeitos

Há na biografia inúmeras discussões sobre urbanização e a gama de relações ambientais vinculadas com seu desenvolvimento. As nações unidas definem a urbanização como um complexo processo sócio-econômico, onde antigos espaços rurais são convertidos em assentamentos urbanos, criando uma nova distribuição populacional entre os dois ambientes, onde a relação população x área torna-se maior nas novas cidades (ONU, 2018).

A estrutura demográfica e social é alterada com mudanças da cultura, comportamento, estilo de vida de ambas as áreas. As cidades começam a concentrar novas atividades econômicas, inovações e atuam como centro para o transporte, comércio e fluxo de informações. A distribuição de serviços públicos e privados inclina-se para ter maior qualidade e facilidade do que nas áreas rurais, assim como serviços básicos para a população como saúde e educação (ENCARNAÇÃO, 1989).

As cidades e a urbanização têm uma longa história no desenvolvimento da humanidade, sendo difícil pensar em algum momento sem sua existência. O último período da urbanização ocorreu entre os anos 1960 e 1980, onde a população mundial viveu junta um impacto de crescimento urbano, com ampliação da massa assalariada e a criação de programas nacionais (ENCARNAÇÃO, 1989).

O rápido crescimento populacional, estimulado desde a revolução industrial, teve suas consequências diretas como o adensamento habitacional (ENCARNAÇÃO, 1989) e crescimento desordenado (LODER, 1977), requerendo uma intervenção estatal, criando-se os planejamentos urbanos (DEÁK e SCHIFFER, 1999).

É necessária a diferenciação de dois conceitos para O seguimento desse trabalho:

- O planejamento urbano é uma atividade que remete ao futuro, tentando prever a evolução de um fenômeno ou processo, e se referindo a problemas e dificuldades, tendo em vista médios e longos prazos;
- A gestão é uma atividade que remete ao presente, é a administração de algo ou situação com os recursos disponíveis no presente e considerando as necessidades imediatas, referindo-se as implementações de rotinas e condução de atividades diversas, tendo por horizonte temporal o curto prazo.

Porém os dois, do ponto de vista técnico-científico, são um campo interdisciplinar. (SOUZA; RODRIGUES, 2004)

Em quase todo o mundo há uma similaridade no desenvolvimento das áreas urbanas. O seu crescimento acontece e requer uma variedade de recursos do ambiente para suportar seu imenso metabolismo ecossistêmico: água, combustíveis fósseis, alimentos, eletricidade, metais, madeiras, plásticos, tecido, asfalto, vidro e uma infinidade de itens que acarretam em um tipo de pressão sobre os estoques do capital natural, reconhecendo que parte dessa pressão vai além das necessidades básicas para a sobrevivência (DIAS, 2015).

Apesar dos municípios prezarem pelo devido Planejamento Urbano, através dos seus Planos Diretores e Zoneamentos Ecológico Econômicos, uma série de contrariedades surgiram graças ao processo de expansão de cidades, como: a impermeabilização do solo, formação de ilhas de calor e poluição atmosférica; com isso, a preocupação com a sustentabilidade no meio urbano se tornou uma necessidade. (Santos e Ferreira, 2020, p.107).

O caminho da política ambiental federal brasileira se inicia a partir do ano de 1930 com as primeiras legislações voltadas para a gestão de recursos naturais. A partir de então, a temática se desenvolveu com a criação de Institutos, Ministérios, Códigos, Órgãos estaduais que permanecem operantes até hoje (MOURA, 2016).

Em 1972, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) foi fundado, após a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, e marca a primeira reunião internacional cuja pauta principal era o meio ambiente, dando início a um diálogo entre os países sobre a ligação entre o crescimento econômico, a poluição do ar, da água e dos oceanos e o bem-estar de pessoas ao redor do mundo (ONU, 1972).

Trinta e dois anos após a primeira reunião internacional, o PNUMA (2004) em seu relatório anual, o *Unep Annual Report*, destacou seis principais problemas de escala mundial, partes integrantes da crise ambiental:

- a) efeito estufa;
- b) chuva ácida;
- c) a extinção de ambientes naturais;
- d) a destruição da camada de ozônio;
- e) a erosão;

f) a perda de fontes de água doce.

### 2.1.1 Efeito estufa e as ilhas de calor



Fonte: Apolo11 (2006)

Para ampliar a problematização sobre o aumento da temperatura global são necessárias algumas definições. O efeito estufa é um processo natural (KWEKU, et al, 2018) que ocorre pela interação do Sol, com a atmosfera terrestre e a superfície terrestre, representado na Figura 1. A atmosfera e a superfície terrestre interagem entre si, refletindo e absorvendo parte da energia solar (em forma de radiação infravermelha), até haver um equilíbrio entre as partes, e emitindo o restante da energia para o espaço (ROYAL SOCIETY, 2010). Esse processo mantém a atmosfera e a Terra numa temperatura que possibilita a vida humana (MMA, 2007).

A mudança climática acontece em escala global quando algo modifica a quantidade de energia emitida ou absorvida. Se esse desbalanço for positivo, causa aquecimento, se for negativo, um resfriamento (ROYAL SOCIETY, 2010). A maior concentração dos gases presentes na atmosfera está aumentando essa capacidade em reter e absorver energia (MMA,2007) em conjunto com a utilização de materiais

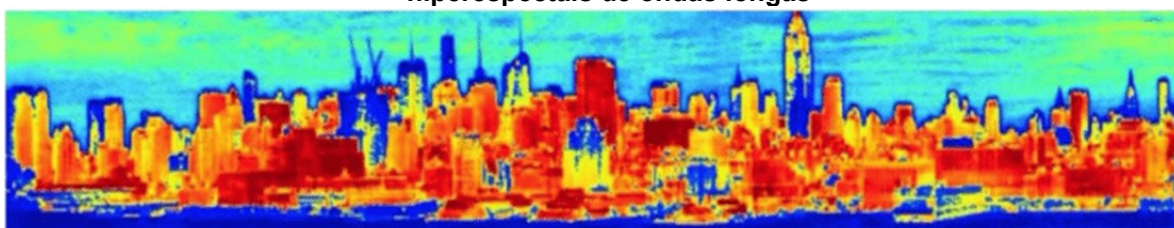
construtivos comumente usados no mundo, como concreto e rochas (GARTLAND, 2010).

A crescente taxa de emissões dos gases do efeito estufa (dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e gases fluorados), devido a fontes antropogênicas, resultam em um desbalanço positivo nessa interação. A queima de combustíveis, processos industriais (incluindo processos como cimentícios e metálicos) e impermeabilização de superfícies estão associadas a crescente desse efeito (OKE, 1978).

Muitos materiais de construção comum absorvem e retem mais calor do Sol do que materiais naturais, intensificados também, pela sua matéria de cor escura e a característica de impermeabilidade dos materiais de construção fazendo com que não haja umidade para dissipar o calor (Gartland, 2010) como apresentado na Figura 2 onde observa-se que as construções aparecem em escala de cores quentes (vermelho, laranja e amarelo), representando maior temperatura que o seu entorno, em cores frias (azul, ciano e verde).

O tamanho da cidade, os padrões de cobertura do solo (aumento da área coberta por edifícios, estradas e outras superfícies impermeáveis à água e redução da área coberta por vegetação e água) e as capacidades de retenção de calor semelhantes a cânions de arranha-céus contribuem para a formação de efeitos de ilha de calor (JIANG, HARDEE, YOUNG, 2008).

**Figura 2 - Temperaturas superficiais no centro de Manhattan medidas por imagens hiperespectrais de ondas longas**



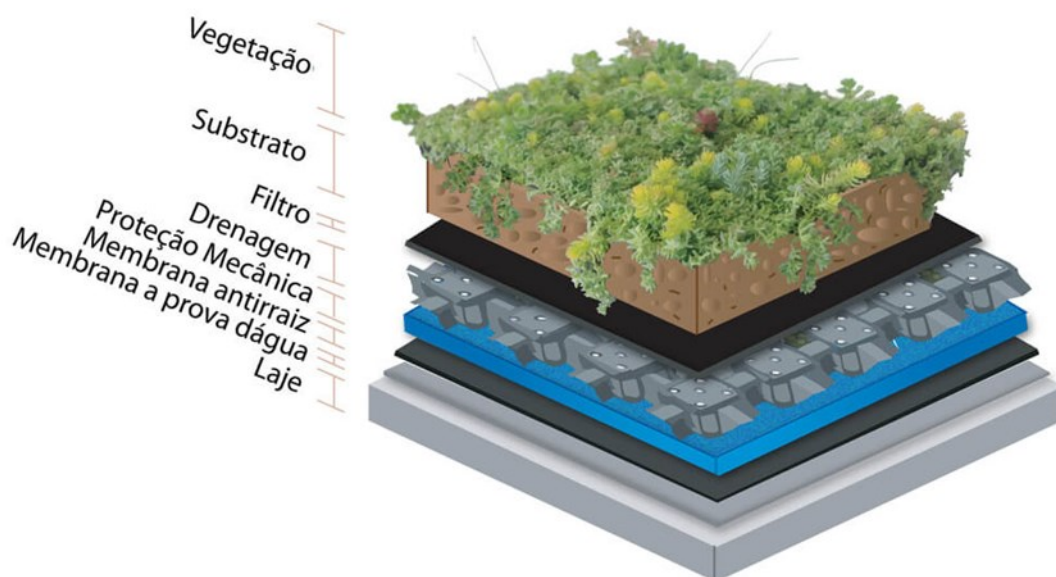
Fonte: Caplin et al. (2019).

## 2.2 Coberturas Verdes

Nesse item será tratado do tema Coberturas verdes (CV), suas camadas como apresentado na Figura 3, exemplos de uso, seus requisitos e processo de construção, diretrizes para implementação e benefícios que eles trazem.

Figura 3 - Componentes do telhado verde

## Componentes do telhado verde



Fonte: ConstruindoDecor (s.d.)

Muitas bibliografias mostram coberturas verdes sendo definidas genericamente com o termo “telhados verdes”, porém neste trabalho será tratado com uma diferenciação primária e mais abrangente. Baseado no manual americano Green Roof Systems de Susan K. Weiler e Katrin Scholz-Barth (2009), pode-se definir:

- a) Cobertura verde (green roof system): “termo mais abrangente para um uso ambientalmente, culturalmente e economicamente mais sustentável de um telhado em qualquer elevação”;
- b) Telhado vivo (Living green roof), Figura 4: telhado com cobertura vegetal fina, com mais ou menos 20cm de profundidade e seu papel principal é suprir os requisitos a gestão de águas pluviais,
- c) Paisagem sobre estrutura (Landscape over structure), Figura 5: sendo o sistema mais complexo de construção sobre coberturas, com espessura total da parte orgânica em mais de 20cm, pode ser projetada para acomodar seu uso como espaço aberto e acessível e requer muitas vezes sistemas de apoio para seu perfeito funcionamento.

A sede da Fecomércio em Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul, tem uma das maiores coberturas verdes da América Latina. Com 10mil m<sup>2</sup> o



empreendimento busca pelo melhor aproveitamento de água e energia. A cobertura verde hidropônica foi projetada para aumentar o isolamento térmico e captar água da chuva em cisternas, que posteriormente irriga a vegetação do telhado (A LAVOURA, 2022).

**Figura 4 - Exemplo de telhado vivo – Local: Fecomércio-RS/Sesc/Senac no Rio Grande do Sul**



**Fonte: A Lavoura (2022)**

A cobertura de uma residência unifamiliar em São Paulo, é um exemplo de paisagem sobre estrutura, mostrada na Figura 5. Segundo a empresa, que geriu o serviço de instalação da CV, a estrutura paisagística demandava uma extensa variedade de espécies vegetativas, como Capim Verde, Capim dos Pampas, Grama Esmeralda, Grama Amendoim, entre outras. Foi utilizado um sistema baixo e leve, adequado para drenagem e armazenamento de água, e sobrecarga de utilização (ZINCOBRASIL, 2024).

**Figura 5 - Exemplo de paisagem sobre estrutura**



Fonte: ZincoBrasil (2024)

Telhados verdes (TV's) podem ser classificados conforme a espessura da camada do solo. As estruturas extensivas são caracterizadas por uma profundidade do solo comumente de 10 cm ou menos e soluções com uma camada mais espessa são chamadas intensivas (SKJELDRUM; KVANDE, 2017). A classificação e suas principais características estão mostradas na Tabela 1 e sua representação ilustrativa na Figura 6:

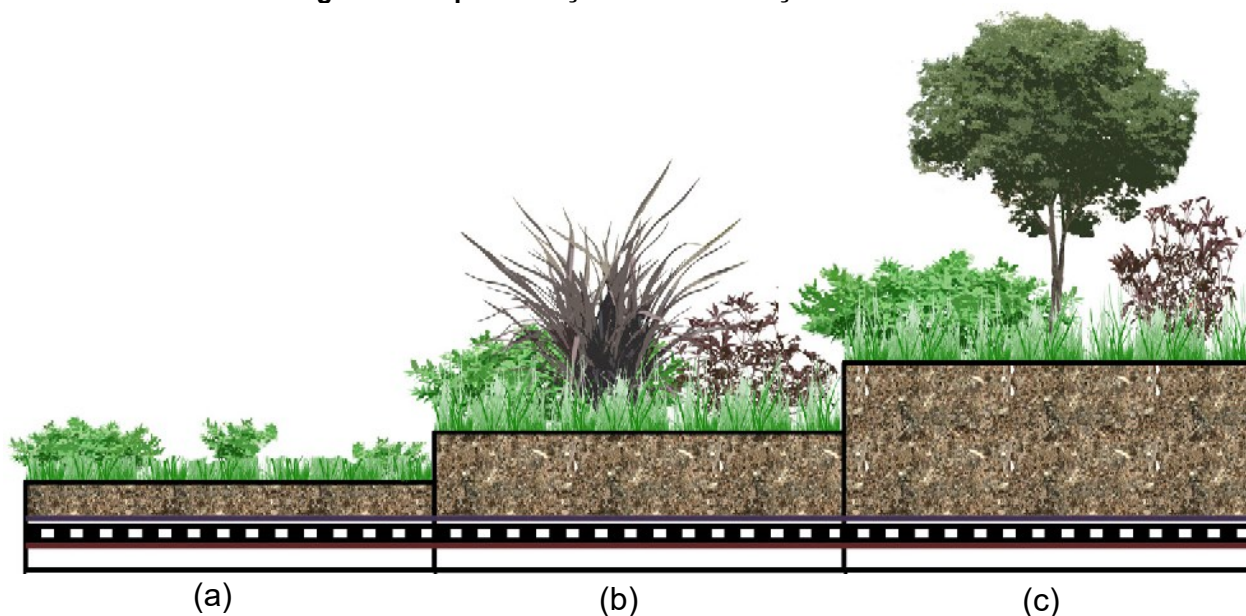
**Tabela 1 - Classificação de telhado verde**

<b>Características</b>	<b>a) Extensivo</b>	<b>b) Semi-intensivo</b>	<b>c) Intensivo</b>
Espessura do substrato	100mm ou menos	Entre 100 e 200mm	Acima de 200 mm
Acessibilidade	Minhas vezes inacessível	Pode ser parcialmente acessível	Normalmente acessível
Peso total saturado	Baixo (70-170 kg/m <sup>2</sup> )	Variável (170-290 kg/m <sup>2</sup> )	Elevado (290-970 kg/m <sup>2</sup> )
Comunidades de plantas	Herbáceo extensivo	Arbustivo	Arbóreo
Manutenção	Baixa (anual)	Média – baixa	Elevada

Irrigação	Baixa	Periódica	Regular
Custo	Baixo	Médio	Elevado

Fonte: Nakamura (2018)

Figura 6 - Representação da classificação de TV's



Fonte: Adaptado de Fernández Cañero, Rafael et al. (2010)

O custo total da instalação de uma cobertura verde é um somatório de vários fatores relativos ao processo de construção, porém algumas categorias apresentam menor valor, como as coberturas do tipo extensivas. (MINKE, 2004).

Telhados verdes extensivos são geralmente preferidos, pois tendem a ser mais simples, mais fáceis de instalar e apresentam um substrato de solo mais leve, e, conseqüentemente, mais baratos (SKJELDRUM; KVANDE, 2017).

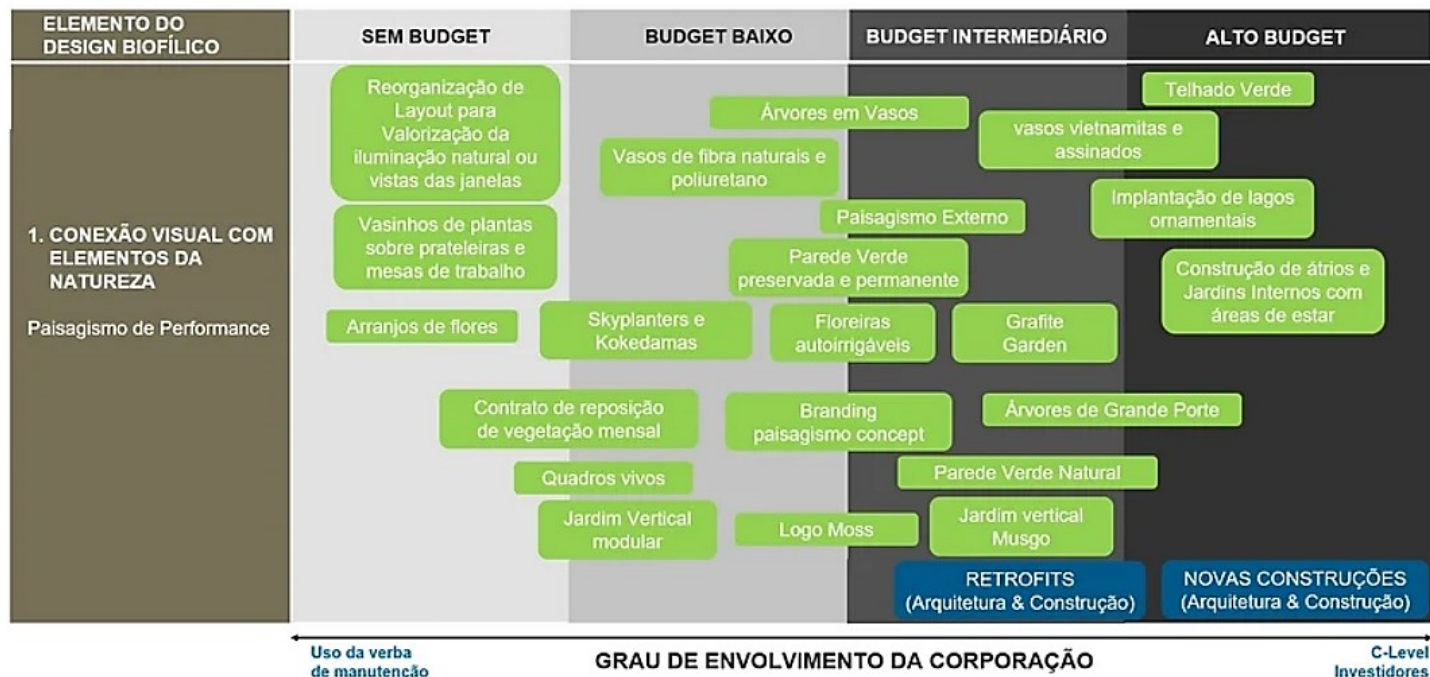
O valor médio estipulado pelas empresas do Brasil, em 2019, para a instalação do telhado verde do tipo extensivo, é de R\$ 187,67/m<sup>2</sup>. Já o intensivo, confirmando as referências apresentadas, tem um valor médio de R\$ 212,50/m<sup>2</sup> (LUZ; SILVA, 2020).

A falta de empresas especializadas em gerir todo o processo de implantação de coberturas verdes afeta diretamente no seu custo (SILVA, 2020), porém, também deve ser calculado levando em consideração o período de vida útil geralmente maior que um telhado convencional com telhas em fibrocimento (FLL, 2018).

A Figura 7 mostra uma análise relacionando elementos do design biofílicos e seu grau de investimento.



**Figura 7 - Relação de elementos biofílicos e grau de investimento**



Fonte: Design [...] (s.d.)

A sequência dessa subseção irá percorrer as camadas de um telhado verde no sentido de baixo para cima, conforme mostrado na Figura 3. Iniciando pela estrutura do telhado e a camada impermeabilizante essencial, em seguida, aborda a camada de drenagem da água, e culmina com a última camada, formada pelo substrato e vegetação. (WEILER; SCHOLZ-BARTH, 2009)

### 2.2.1 Pavimento da cobertura, isolamento e impermeabilização

O pavimento da cobertura verde é a base do sistema, considerada por Rola (2008) toda estrutura que suportará o peso da cobertura verde escolhida. A seleção de materiais para a construção da estrutura é variada, embora alguns sejam menos adequados. O metal, por exemplo, devido à sua eficiente condução térmica, transfere facilmente a variação de temperatura, que resulta em estresse na membrana de impermeabilização localizada sob o pavimento da cobertura. O pavimento mais adequado é o concreto armado devido a sua capacidade de suportar carga para o peso adicionado acima (WEILER; SCHOLZ-BARTH, 2009).

MINKE (2004) destaca a importância de considerar a carga permanente total do telhado incluindo no peso total o substrato saturado e a carga das plantas em seu

maior desenvolvimento. Cargas acidentais e de utilização são contempladas nas especificações de cada projeto, segundo a Associação Internacional Telhado Verde - IGRA (2014), a carga prevista pode variar entre 60 a 500 kg/m<sup>2</sup>. Esse valor dependerá de um complexo cálculo sobre o projeto que será implementado, levando em consideração parâmetros como área, tamanho das camadas e vegetação utilizada.

A determinação da inclinação torna-se um fator decisivo na seleção das camadas superiores da cobertura verde. Para coberturas do tipo extensivas ou um modelo simples de intensiva, 2% de declividade mínima deve ser planejada. Caso a inclinação mínima não seja atendida pode ocorrer um acúmulo de água em áreas inteiras ou parciais, se tornando um problema para a área verde (FLL, 2018). As gramíneas, por exemplo, têm sua respiração prejudicada pelas raízes em condição de estagnação, sem drenagem eficiente. Em espaços planos a inclinação mínima recomendada é de 5%, eliminando a necessidade de uma drenagem especial e reduzindo os custos associados na cobertura (MINKE, 2004).

Para manter a economicidade em coberturas com inclinação reduzida, a camada de substrato pode ser dividida em duas, de maneira que a parte inferior seja destinada a drenagem, tendo maior porcentagem de material inorgânico (argila, ardósia ou lava expandidas ou similares), e a parte superior com maior porcentagem de solo orgânico (MINKE, 2004).

Para espaços com inclinação superior a 45% (22°), são requeridas precauções especiais para evitar o deslizamento do substrato, sendo desaconselhável a arborização devido a problemas técnicos, estruturais e vegetativos associados (FLL, 2018).

### 2.2.2 Isolamento térmico

A cobertura, sendo a parte da estrutura com maior amplitude térmica, atinge seu valor máximo durante o dia devido à exposição direta aos raios solares, enquanto à noite, é a que mais perde calor por meio de radiação (BRITO, MACHADO e NEILA, 2008).

As diversas camadas do telhado verde desempenham um papel significativo no isolamento térmico, embora não substituam completamente os sistemas isolantes tradicionais. As propriedades isolantes das camadas do telhado verde variam de acordo com os materiais utilizados e a profundidade das camadas. Essas camadas

contribuem para a retenção de calor e estabilidade térmica, complementando sistemas mais convencionais de isolamento térmico (WEILER; SCHOLZ-BARTH, 2009).

Três fenômenos principais caracterizam a dinâmica térmica de um telhado verde (BERARDI; GHAFARIANHOSEINI; GHAFARIANHOSEINI, 2014):

- a) O solo e a vegetação reduzem a temperatura ambiente através dos processos de evapotranspiração;
- b) A vegetação absorve energia térmica para a fotossíntese e atua como um dispositivo de sombra, protegendo o solo da radiação solar;
- c) A camada de solo apresenta alta capacidade térmica de calor e baixa transmitância térmica dinâmica, além de criar um bom isolamento térmico para a edificação.

Vários estudos mostraram como as coberturas verdes contribuem para o isolamento da edificação (POLO-LABARRIOS et al., 2020), mantendo a temperatura constante e, conseqüentemente, permitindo a economia de energia dos sistemas de aquecimento e resfriamento (CASTLETON et al., 2010; JAFFAL; OULDBOUKHITINE; BELARBI, 2012; LAZZARIN; CASTELLOTTI; BUSATO, 2005; TANG; ZHENG, 2019).

Silva et al. (2016) investigou através de análises experimentais e de modelagem a eficácia térmica de coberturas verdes e em comparação com telhados tradicionais de fibrocimento. As coberturas verdes permitem uma economia de energia elétrica de até 20% para métodos extensivos e até 70% para intensivos. Estudos também confirmam que uma camada de solo mais espessa reduz o consumo de energia para aquecimento e resfriamento. No verão pode ser algo vantajoso, porém no inverno pode determinar a alta demanda de energia para o aquecimento do ambiente interno da edificação (Zhou et al., 2018).

### 2.2.3 Impermeabilização

A função primordial desta camada consiste em preservar a integridade da camada de suporte, protegendo-a contra a penetração de umidade proveniente do meio externo, com o propósito de assegurar a estanqueidade do sistema (ROLA, 2008).

**Figura 8 - Aplicação de impermeabilizante na cobertura**



**Fonte: Ciclo Vivo (2020)**

A escolha cuidadosa do tipo de membrana destinada a impermeabilizar a base de suporte, na qual o sistema de cobertura verde será aplicado, demanda uma análise detalhada. Em termos físicos, a membrana deve exibir resistência substancial à perfuração, prevenindo a possível passagem de raízes que tenham penetrado o geotêxtil. Quanto às características químicas, é imprescindível que a membrana contenha um componente anti-raiz. Atualmente, no mercado, destacam-se dois principais tipos de impermeabilizantes: PVC e Manta Asfáltica (exemplificado na Figura 8) (ROLA, 2008).

A preparação do piso para receber a camada de impermeabilização é feita com uma camada de regulamentação, garantindo uma superfície homogênea, lisa e sem saliências que possam danificar a membrana. O processo pode inclusive fornecer a inclinação definida em projeto e arredondar cantos para melhor fixação da membrana (NASCIMENTO, 2008).

A impermeabilização e instalação de manta asfáltica em lajes estão consideradas na NBR 9574 - Normas para Execução de impermeabilização (ABNT,

1986) e a NBR 9952 - Manta asfáltica com armadura para impermeabilização (ABNT, 1998).

#### 2.2.4 Camada de drenagem

Para gerenciar o excesso de água em toda a cobertura verde, os pontos de drenagem devem ser implementados conforme o design da área. As situações podem ser diferenciadas em:

- a) Pontos de drenagem dentro e fora da área verde
- b) Pontos de drenagem nas calhas situadas nas bordas da cobertura (abertas ou fechadas)
- c) Pontos de nível mais baixo do telhado. (FLL, 2018)

A camada drenante pode ter a funcionalidade tanto para escoar a água, quanto para armazenamento. Podendo ser formada por materiais porosos e leves, como argila expandida, sempre arredondados para preservar a camada de impermeabilidade. (MINKE, 2004).

Atualmente há disponível no mercado painéis drenantes modulados que facilitam a aplicação da camada na cobertura, como mostrados na Figura 9.



**Figura 9 - Exemplo de aplicação de painéis drenantes na camada acima da geotêxtil**



**Fonte: ZINCOBRASIL (2024)**

### 2.2.5 Camada anti-raiz e filtro permeável

Um bom funcionamento da camada impermeável requer uma camada de proteção contra danos que podem ser causados pelas raízes e rizomas das plantas, sendo o polietileno o material mais básico e efetivo para isso. (WEILER; SCHOLZ-BARTH, 2009). Em telhados com a presença de juntas de expansão, especificamente, será necessário um tratamento especial contra raízes (FLL, 2018).

A membrana filtrante normalmente utilizada é a manta geotêxtil, e é instalada separadamente da camada de drenagem. Ela evita que partes mais finas do solo e da poluição atmosférica escoreguem da vegetação para a camada de drenagem, prejudicando a qualidade da água e o entupimento do sistema (KLEIN, 2017; (WEILER; SCHOLZ-BARTH, 2009).

A estabilidade química dos tecidos das camadas adotadas deve ser avaliada para evitar a lavagem de poluentes ou danos às plantas. As barreiras de raízes não

devem conter substâncias prejudiciais ao crescimento das plantas, como cobre ou arsênio (WEILER; SCHOLZ-BARTH, 2009).

#### 2.2.6 Substrato

Minke (2004) especifica o substrato como a camada de suporte da vegetação onde ocorre a atividade das raízes, funcionando como fonte de nutrientes e reserva de água. O substrato e a vegetação devem estar em harmonia, sendo necessário as vezes utilizar materiais para empobrecer o solo, aumentar sua porosidade e equilibrar com porcentagens de argila, húmus e limo.

No geral as plantas crescem bem em seu solo nativo, não existindo uma receita exata para uma mistura adequada. Sua variação depende do tamanho da cobertura verde, materiais locais disponíveis, necessidade das plantas e as circunstâncias do projeto (WEILER; SCHOLZ-BARTH, 2009).

O solo poderá ser composto por materiais orgânicos, fibras minerais, e materiais inorgânicos (areia, perlita, vermiculita ou argila expandida) (JOHNSTON, NEWTON, 2004). A camada de substrato deve ser estável, armazenar água e ar suficiente para a vegetação e liberar o volume excedente, mesmo em sua capacidade máxima de saturação (FLL, 2018).

#### 2.2.7 Vegetação

Um telhado verde não traz apenas benefícios estéticos, mas, acima de tudo, efeitos físico-construtivos (como isolamento térmico e acústico), efeitos ecológicos (retenção de água da chuva e purificação do ar), bem como efeitos construtivos (proteção do telhado contra radiação UV e variações extremas de temperatura). Portanto, deve-se optar por um tapete vegetal o mais denso possível e aproximadamente de altura igual ao substrato. Isso é rapidamente alcançado de maneira fácil e econômica com gramíneas (MINKE, 2004).

Sobre a relação da vegetação e as camadas inferiores do sistema tem-se como pontos importantes: espessura do substrato e sua efetividade em armazenar água, inclinação do sistema, exposição ao vento (influencia na evaporação), orientação em relação ao sol e sombras e quantidade de precipitação esperada. (MINKE, 2004).

Segundo ROLA (2008) as espécies adotadas vão das crassuláceas à família das agaváceas, bromeliáceas e cactáceas, entre outras, vulgarmente conhecidas por “suculentas”. A cobertura verde feita com gramíneas, em alguns exemplos, não se mostrou sustentável por demandarem uma enorme quantidade de água para a sua subsistência. As espécies suculentas, principalmente as da família das crassuláceas, são exemplos de plantas xerófitas, as quais são as mais adequadas para modelos extensivos de CV, pela capacidade de armazenar água em suas células.

Plantas nativas geralmente resistem e se adaptam melhor que as não nativas (ANDENÆSet al., 2021), exigindo um gasto menor com adubação, manutenção e irrigação. (LEITE; ANTUNES, 2022). A Figura 11 representa tipos de vegetação estudadas em cada classe climática presentes no Brasil, para possível utilização em CVs.

Estudado também por Whittinghill et al. (2013), a horta aplicada as coberturas verdes já é uma realidade ao redor do mundo. Com o manejo adequado, que inclui a irrigação, pouco uso de fertilizantes, a agricultura urbana se mostra possível e produtiva (WHITTINGHILL, 2013). Na Figura 10 pode se observar a horta da escola *Le Cordon Bleu* em Paris, construída em 2016, com jardim de um tamanho de 800 m<sup>2</sup>, que além da horta também acomoda quatro colmeias e um hotel de insetos (Zincobrasil, s.d.).

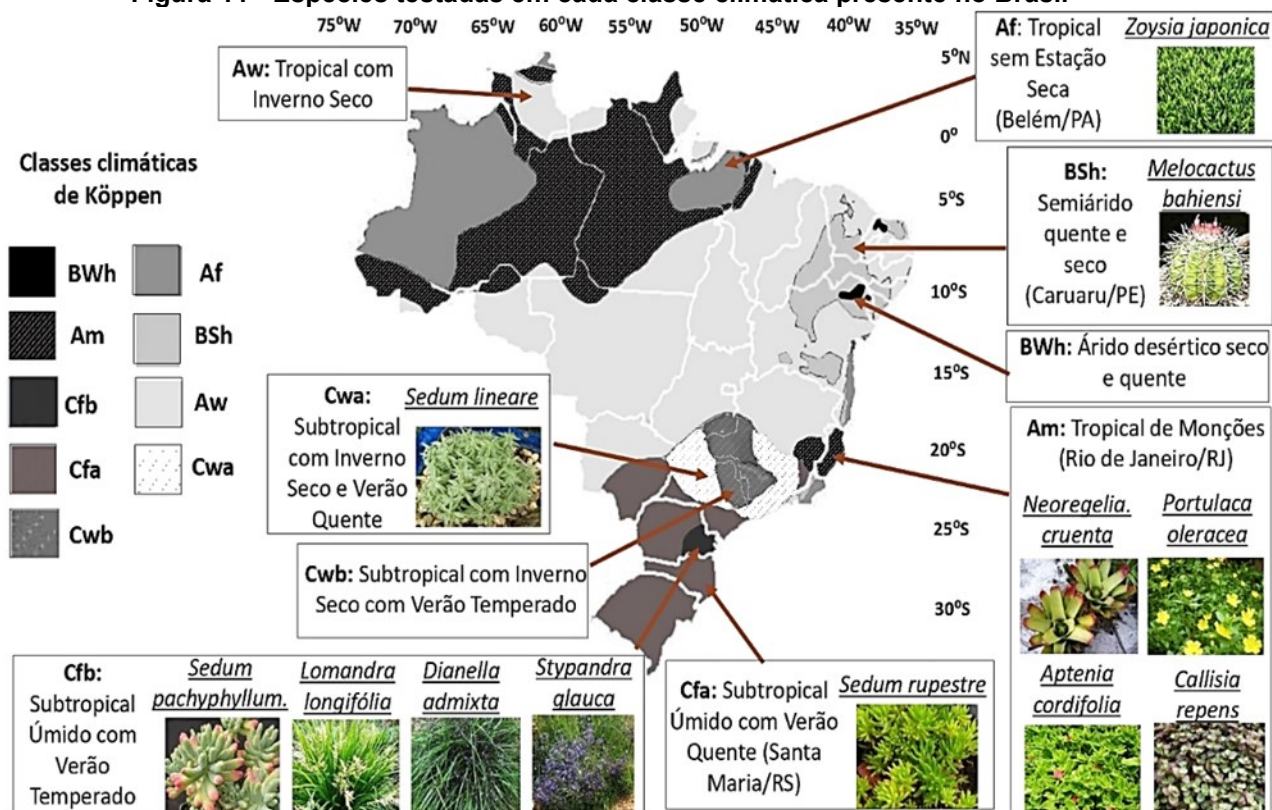
**Figura 10 - Horta em cobertura verde em Paris**



Fonte: ZINCO BRASIL (s.d.)



Figura 11 - Espécies testadas em cada classe climática presente no Brasil



Fonte: Leite e Antunes (2022)

## 2.2.8 Manutenção e durabilidade

Como explicado nos itens anteriores, a escolha dos componentes das coberturas verdes depende dos critérios de projeto, seus fins para uso e o local a serem instalados. A manutenção dependerá do conjunto formado por esses componentes. Um simples exemplo são as diferenças de coberturas para fins estéticos e coberturas verdes de otimização ecológica.

Nos termos do contrato e no manual de utilização do usuário deverá conter informação de tempo mínimo de manutenção e quais deverão ser realizadas distinguindo as áreas da cobertura, como manutenção especial da área de vegetação, bordas da cobertura, mantas e membranas impermeabilizantes (FLL, 2018).

A vida útil de todas as coberturas, independente do seu revestimento superior, é reduzida pelo efeito das intempéries. Danos mecânicos e decomposição química e biológica podem acontecer por variação de temperatura e raios UV (MINKE, 2004).

Claus e Rousseau (2012) trouxeram indicativos de que uma cobertura verde tem o dobro de vida útil em comparação com telhados convencionais, e também, uma durabilidade maior que uma laje desprotegida (MINKE, 2004).

### 2.2.9 Benefícios

Em seu trabalho, Machado, Britto e Neila (2003) citam alguns benefícios que os telhados verdes trazem, tanto nos aspectos arquitetônico e construtivo como estético e ambiental:

- a) Impacto positivo no clima da cidade e da região pela retenção de poeira e substâncias contaminantes: as plantas podem filtrar até mesmo partículas do ar, produzindo oxigênio livre de impurezas e limpando as substâncias nocivas da atmosfera; conseqüentemente a temperatura aumentada pelos gases de combustão, pela falta de circulação natural de ar e pela poluição diminuiria, resultando na melhoria do clima na região;
- b) Aumento do espaço verde: uma superfície ajardinada é inegavelmente agradável. Com a instalação de um telhado verde, a área verde das cidades, que é um dos problemas urbanos a serem considerados, poderia ser aumentada, de alguma forma, compensando a área verde ocupada pela construção do edifício;
- c) Influência sobre o ambiente interior: o telhado verde oferece uma proteção significativa contra a radiação solar. As folhas, por meio da reflexão constante das radiações, não permitem a penetração na superfície do telhado, influenciadas também pela textura, densidade e altura das plantas. Ao proteger o ponto mais vulnerável do edifício, que é o telhado, minimizam-se os fluxos energéticos entre o ambiente externo e interno, contribuindo para melhorar as condições de conforto.
- d) Resfriamento dos espaços sob o telhado, no verão, causado pela evaporação: existem dois tipos de evaporação a serem considerados. Primeiro, a evaporação causada pela umidade retida pelo substrato em contato com a radiação solar; e, segundo a evaporação através das

plantas em sua função biológica. A evaporação consome energia térmica, que é dissipada antes de ser transmitida para o telhado.

- e) Redução das perdas de calor, no inverno, resultando em economia de energia para calefação; ao manter mais estável a condição de conforto interno, obtida por ganhos passivos ou por sistemas de condicionamento, são necessários consumos mais reduzidos para atingir os níveis de conforto estipulados.
- f) Aumento do isolamento térmico: a diferença de temperatura que os materiais que compõem um telhado sofrem é minimizada com o uso de um fechamento vegetal. Contribuem para isso: a camada protetora que é a vegetação, o poder isolante do solo ou substrato orgânico, geralmente de baixa condutividade térmica, o ar existente entre as folhas das plantas e a camada superior do substrato, que funcionam como uma camada isolante que reduz a troca térmica entre o telhado e o exterior.
- g) Absorção do ruído: as cidades estão sob a influência de todo tipo de ruídos. No telhado tradicional os materiais têm um poder de reflexão que expande a onda sonora, no entanto, tanto as plantas quanto o substrato absorvem parte dessa onda.
- h) Prolongamento da vida útil do telhado: ao proteger a membrana impermeabilizante da radiação solar e das mudanças bruscas de temperatura.
- i) Melhoria do grau de umidade: ao reter parte da água da chuva no telhado.
- j) Os telhados verdes tradicionais contribuem para a mitigação de inundações pluviais, armazenando parte da água da chuva no substrato do solo e retardando o pico de geração do escoamento (CIPOLLA; MAGLIONICO; STOJKOV, 2016).

#### 2.2.10 Normas, leis e incentivos

A busca por um equilíbrio com o meio ambiente tem gerado acordos internacionais nas últimas décadas para a realização de esforços mundiais. Diante disso, diversos países começaram a enxergar a cobertura verde como uma das

possibilidades sustentáveis e elaboram leis e incentivos para difusão da mesma (PRIMO, 2020).

Ainda é inexistente uma norma regulamentada para coberturas verdes no Brasil. Então para construção dessas zonas bioclimáticas, ainda é utilizada a NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho (ABNT, 2013), direcionada para o desempenho das construções. Mesmo que careça de políticas públicas que incentivem a adoção da tecnologia de coberturas verdes, algumas cidades já criaram leis de incentivos ao uso dessa nova tecnologia verde.

Dentre os estados brasileiros, as regulamentações promovem incentivos, certificações e selos de sustentabilidade para que edificações acrescentem as coberturas ecológicas. Como é o exemplo de Recife/PE, um caso de sucesso dentro dos projetos aprovados e publicados, permanecendo ativo até os dias de hoje.

Pela Lei Municipal n.º 18.112/2015 de Recife, apresentada no Anexo A desse trabalho, que “Dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do "telhado verde", e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem e dá outras providências”, a cidade de Recife, até o ano de 2020, acrescentou 88.393m<sup>2</sup> de área verde em coberturas. A cidade tem exemplos de 19 projetos que não fazem parte dos critérios de obrigatoriedades, que juntos contribuíram também para o impacto na diminuição do escoamento superficial da cidade em períodos de chuva (SILVA, 2020)

Em 2020, por meio da revisão da Lei de Uso e Ocupação do Solo de Recife, os telhados verdes passaram a ser um item de parâmetro da taxa de contribuição ambiental (SILVA, 2020).

Algumas leis que foram implementadas, algumas atualmente vigentes e outras não, são mostradas a seguir podendo ser utilizadas como exemplos para a criação de novas normativas nacionais, pontuando ser indispensável a consulta de profissionais e especialistas também nesse processo. (GUIMARÃES, 2024).

#### 2.2.10.1 Normas de Obrigatoriedade

- Lei Municipal n.º 18.112/2015, de Recife/PE: Esta lei estabelece a obrigatoriedade de instalação de sistemas de captação de águas pluviais e o uso de telhados verdes em novos projetos arquitetônicos

na cidade de Recife, como uma medida para melhorar a sustentabilidade urbana e reduzir o impacto ambiental.

- Lei Estadual 10.047/2013, da Paraíba: Estabelece normas obrigatórias para a proteção ambiental, incluindo a preservação de áreas verdes e a exigência de práticas sustentáveis em construções públicas e privadas no estado da Paraíba.

#### 2.2.10.2 Normas de Incentivo

- Porto Alegre/RS, Lei Complementar n.º 974/2023: Introduce incentivos fiscais para empresas e indivíduos que adotem práticas sustentáveis, como a instalação de telhados verdes e sistemas de energia solar em Porto Alegre.
- Farroupilha/RS, Lei Municipal n.º 4.531/2019: Oferece incentivos fiscais e financeiros para a adoção de tecnologias verdes, como telhados verdes, com o objetivo de melhorar a eficiência energética e promover a sustentabilidade na cidade.
- Pomerode/SC, Lei Complementar n.º 478/2022: Estabelece incentivos para construções sustentáveis, incluindo a instalação de telhados verdes, com foco na preservação do meio ambiente e na redução de emissões de carbono.
- Goiânia/GO, Lei Complementar n.º 235/2012: Concede incentivos fiscais, como descontos no IPTU, para edificações que incorporem práticas sustentáveis, como telhados verdes e sistemas de captação de água da chuva.
- Guarulhos/SP, Lei Municipal n.º 6.793/2010: Oferece incentivos financeiros e fiscais para a adoção de práticas ambientais sustentáveis, incluindo a implementação de telhados verdes em novas construções na cidade de Guarulhos.
- Salvador/BA, Decreto 36.288/2022: Introduce incentivos financeiros e descontos em impostos para projetos que adotem práticas ambientais sustentáveis, como telhados verdes, com o objetivo de mitigar os efeitos das mudanças climáticas.



- Santos/SP, Lei Complementar 913/2015: Estabelece incentivos para construções que incorporem tecnologias verdes, como telhados verdes e sistemas de reutilização de água, em projetos na cidade de Santos.
- Cuiabá/MT, Lei Municipal n.º 515/2022: Oferece incentivos fiscais e financeiros para edifícios que adotem práticas sustentáveis, como telhados verdes, visando a redução do impacto ambiental e a melhoria da qualidade de vida na cidade.

#### 2.2.10.3 Normas de Compensação Ambiental

- Porto Alegre/RS, Lei Complementar 434/1999: Introduce a obrigatoriedade de compensação ambiental para empreendimentos que causam impacto ambiental, exigindo a implementação de medidas compensatórias, como a criação de áreas verdes ou a instalação de telhados verdes.
- Canoas/RS, Lei 5840/2014: Estabelece a compensação ambiental como condição para aprovações de novos projetos, incentivando práticas como a instalação de telhados verdes para mitigar os impactos ambientais causados por construções na cidade.
- São Paulo/SP, Decreto 53.889/2013 (alterado pelo Decreto 55.994/2015): Define a compensação ambiental para projetos de construção em São Paulo, exigindo a implementação de práticas sustentáveis, como telhados verdes e áreas permeáveis, para compensar os impactos ao meio ambiente.

#### 2.2.10.4 Normas que Promovem Certificações

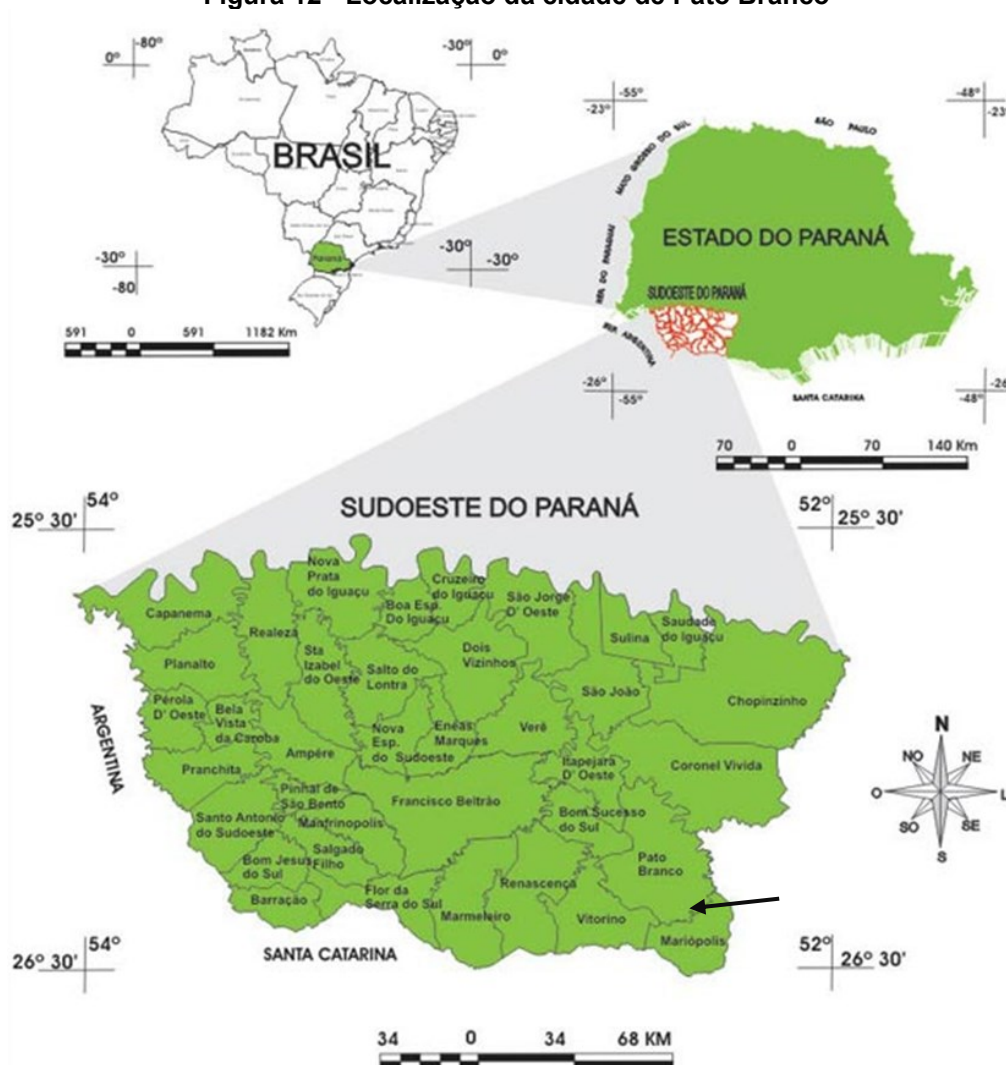
- Porto Alegre/RS, Decreto 21.789/2022 (Programa de Premiação e Certificação em Sustentabilidade Ambiental de Porto Alegre): Estabelece um programa de certificação e premiação para edificações que adotam práticas de sustentabilidade, como a implementação de telhados verdes, em Porto Alegre. O objetivo é reconhecer e incentivar projetos que contribuem para a sustentabilidade urbana.
- Rio de Janeiro/RJ, Decreto 35.745/2012 (Selo "Qualiverde"): Cria o selo "Qualiverde", uma certificação para edificações que adotam práticas sustentáveis, como telhados verdes, no município do Rio de

Janeiro. O selo visa reconhecer o compromisso com a sustentabilidade e incentivar o uso de tecnologias verdes.

### 2.3 Pato Branco

Cidade localizada no sudoeste do estado do Paraná, indicado na Figura 12, Pato Branco conta com uma população de 91.836 habitantes, conquistando o 21º lugar de cidade com maior densidade demográfica do estado, conforme dados do Censo 2022 (IBGE, 2022).

Figura 12 - Localização da cidade de Pato Branco



Fonte: Mondardo, 2007, com identificação da autora

Com IDHM - Índice de desenvolvimento humano municipal de 0,782 (PNUD, 2012), conquistando valor acima que o IDHM do próprio estado do Paraná, de 0,749.

Valores igualmente classificados como alto (faixa entre 0,700 e 0,799) (IBGE, 2022).), Como mostrado na Tabela 2, o IDHM é calculado com base em três principais critérios, da mesma maneira que o IDH.

**Tabela 2 - Índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM) - 2010**

INFORMAÇÃO	ÍNDICE (1)	UNIDADE
Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM)	0,782	
IDHM - Longevidade	0,845	
Esperança de vida ao nascer	75,72	anos
IDHM - Educação	0,728	
Escolaridade da população adulta	0,62	
Fluxo escolar da população jovem (Frequência escolar)	0,78	
IDHM - Renda	0,778	
Renda per capita	1.013,22	R\$ 1,00
Classificação na unidade da federação	4	
Classificação nacional	113	

FONTE: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil - PNUD, IPEA, FJP

NOTA: Os dados utilizados foram extraídos dos Censos Demográficos do IBGE.

(1) O índice varia de 0 (zero) a 1 (um) e apresenta as seguintes faixas de desenvolvimento humano municipal: 0,000 a 0,499 - muito baixo; 0,500 a 0,599 - baixo; 0,600 a 0,699 - médio; 0,700 a 0,799 - alto e 0,800 e mais - muito alto.

Fonte: IPARDES (2024)

Pato Branco conta com uma área total de 539,087km<sup>2</sup> (IBGE, 2022), sendo dessa, 31,59km<sup>2</sup> urbanizada, ou seja, 5,86% da área total (IBGE, 2022). A tabela organizada por Kunen, 2018, mostra o panorama resumido sobre as mudanças no nível de urbanização ao longo do período de 1940 a 2010, comparando valores no país, estado e cidade e destacando o ano em que o índice a porcentagem da população urbana ultrapassou a população rural.

**Tabela 3 - Crescimento da população e urbanização no Brasil, Paraná e Pato Branco**

Ano	Índice de Urbanização no Brasil, Paraná e município de Pato Branco					
	Brasil		Paraná		Pato Branco	
	Urbano (%)	Rural (%)	Urbano (%)	Rural (%)	Urbano (%)	Rural (%)
1940	31,23	68,77	24,45	75,55	-	-
1950	36,16	63,84	24,83	75,17	-	-
1960	44,09	55,91	30,91	69,09	20,03	79,97
<b>1970</b>	<b>55,11</b>	<b>44,89</b>	36,40	63,60	46,16	53,84
<b>1980</b>	66,39	33,61	<b>58,93</b>	<b>41,07</b>	<b>68,51</b>	<b>31,49</b>
1991	75,54	24,46	73,35	26,65	77,96	22,04
2000	81,23	18,77	81,41	18,59	91,28	8,72
2010	84,36	15,64	85,33	14,67	94,09	5,91

Fonte: Kunen, 2018

Na década de 1980, indicado como período de alta urbanização nacional, está representada, também, a crescente tendência que ocorreu no sudoeste paranaense. Com o desenvolvimento da rede de centros e o aumento de serviços e empregos, a população urbana em Pato Branco superou pela primeira vez a população rural, com um grau de urbanização em 68% e com crescimento urbano de 1970 a 1980 de 51%.

Seu crescimento urbano de 1980 a 1991 é de 27%. Deste modo, percebe-se que, mesmo sendo um município com características de produções agrícolas bem fortes e presentes, este já demonstrava uma população muito presente, habitando na zona urbana de maneira bem expressiva, considerando o contexto regional em análise (Mondardo, 2007).

Em contrapartida, nessa mesma década, o número de habitantes na região do Sudoeste do Paraná decaiu, cerca de 50 mil habitantes, devido à falta de oportunidades oferecidas. Os jovens buscavam nos grandes centros uma maior qualidade de ensino, estimulando as lideranças da região a iniciarem um processo de mudança. Nessa época surgiram instituições como a Faculdade de Administração e Ciências Contábeis (FACICON), incorporada ao Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (CEFET) posteriormente e o próprio CEFET em 1993, Faculdade Mater Dei em 1999, a FADEP em 2000 e a Universidade Aberta do Brasil (UAB) (BACHENDORF, 2018).

Desde os anos 2000 o grau de urbanização em Pato Branco supera os 90%. Taxa maior do que a média do estado do Paraná, que em 2010 atingiu 85,33% e também da região, com 76,22% (IBGE, 2022).

**Figura 13 - Região central da cidade de Pato Branco**



**Fonte: Pato Branco (s.d.)**

Sendo destaque como centro tecnológico regional (IPARDES, 2004), principalmente desde a criação da Lei 15634/2007, de Incentivo Tecnológico, a cidade é base de grandes entidades de desenvolvimento na área de *software* (BACHENDORF, 2018). Também, como já citado por Mondardo (2007), a maior porção solo da cidade é destinado para práticas agropecuárias, favorecidas pelo clima e relevo, além do posicionamento estratégico no Mercosul (PONTES E TONIAL, 2023).

Seu clima, segundo a classificação de Köppen, engloba parte do clima subtropical úmido (Cfa) e clima oceânico temperado (Cfb), predominante na região (ITCG, 2008). Características que fazem não haver uma estação de seca definida e a presença de verões quentes e frescos (TREWARTA, 1980), com índice de insolação de 2000 a 2600 horas ao ano (TABALIPA e FIORI, 2008). As maiores temperaturas estão presentes entre os meses de dezembro e fevereiro, e os mais frios de junho a julho, Pato Branco tem sua temperatura média anual de 21,4 °C e umidade relativa de 85%. (HENDGES, ANDRES e MARION, 2018).

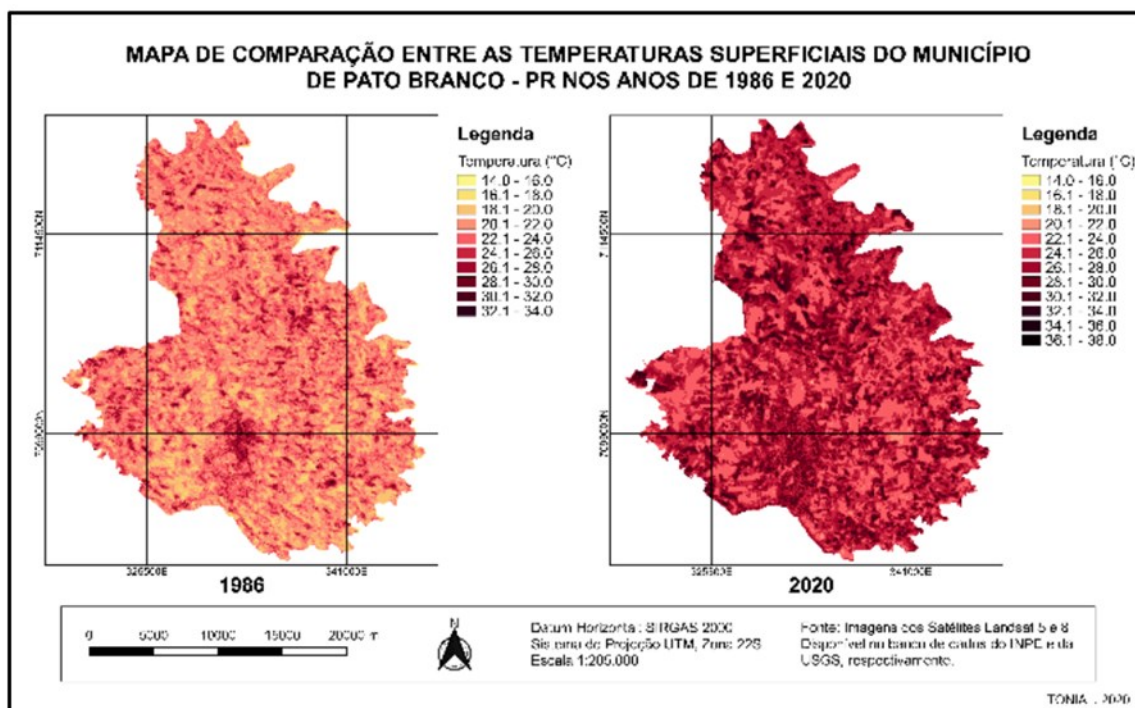
A temperatura e a umidade são fatores determinantes na espacialização dos remanescentes nativos da vegetação característicos dos domínios fitogeográficos de Floresta Ombrófila Mista (mata de Araucária nas regiões mais elevadas) e Floresta Estacional Semidecidual, compostas por espécies



subtropicais localizadas em áreas de menor altitude (HENDGES, ANDRES e MARION, 2018).

Ao longo dos anos o planeta Terra vem sofrendo um aumento das temperaturas, Pontes e Tonial (2023), utilizando o software QGIS 2.8 e 3.10, apresentaram resultados locais com base nesse parâmetro (Figura 14).

**Figura 14 - Mapa de comparação entre as temperaturas superficiais no ano de 1986 e 2020**



**Fonte: Pontes e Tonial, 2023**

Por meio de análise a partir de imagens orbitais das bandas termiais georreferenciadas, entre os anos de 1986 e 2020, constatou um aumento de 3,1°C entre os anos conforme as temperaturas máximas de cada ano registrada. Em 1986, 85% do território do município de Pato Branco está concentrado em temperaturas superficiais menores, entre 18 e 22°C, enquanto menos de 1% apresenta temperatura superior a 30°C. Já em 2020 35,56% equivale a área total com o principal intervalo de 24,1-26°C. Mais de 90% está concentrado entre as temperaturas de 22 a 30°C e aproximadamente 7% está compreendida entre o intervalo de 30 e 38 °C.

Considerando que o aumento da urbanização e o desmatamento podem estar relacionados com o aumento de temperatura, Hendges, Andres e Marion (2018) analisaram o uso de cobertura da terra em Pato Branco e a temperatura na superfície no limite urbano (definido pelos mapas de zoneamento urbano e oficializados nos

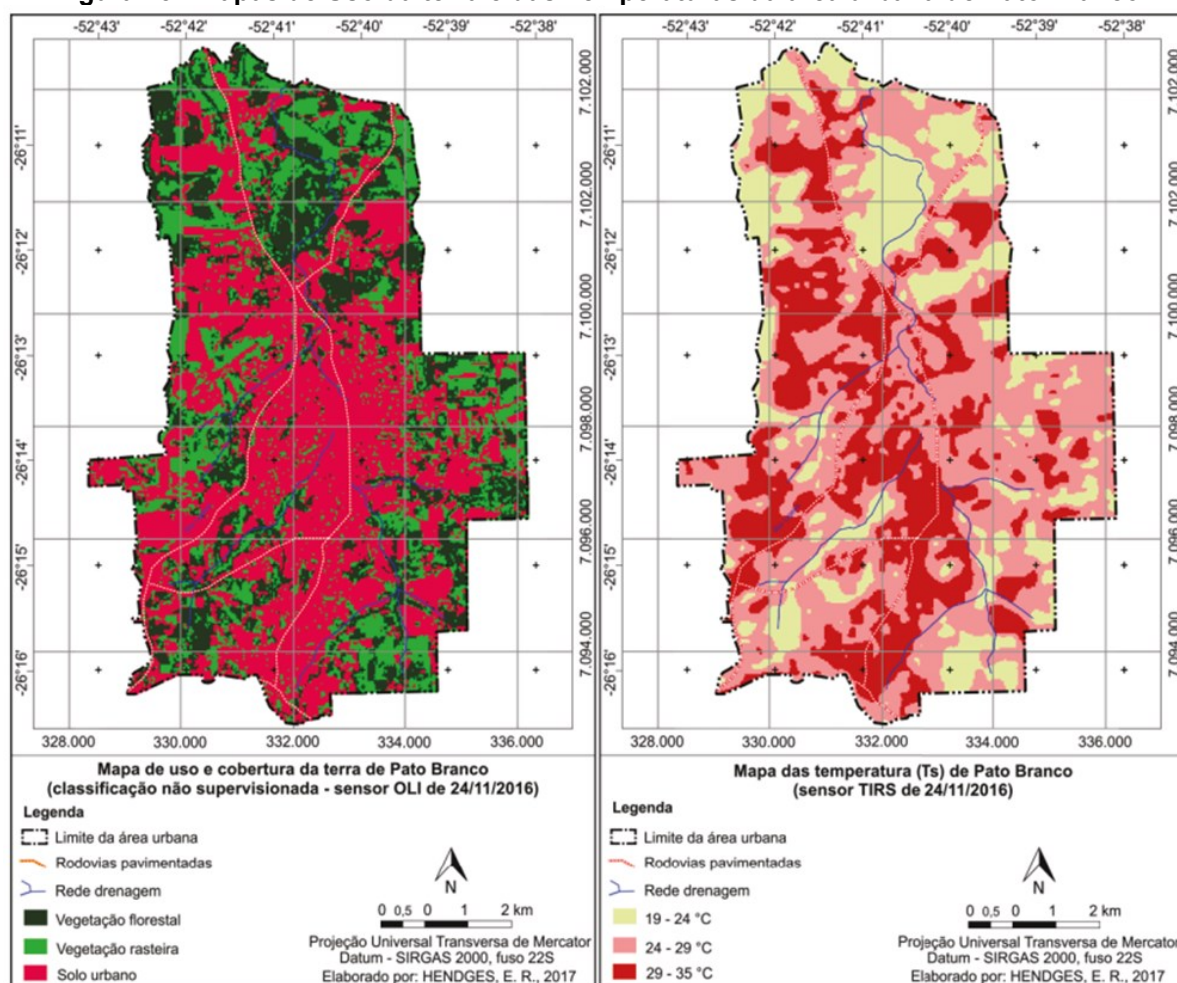
Planos Diretores do município, e Lei Complementar n° 48/2012 de Pato Branco) apresentando 6.203,87 ha, com limites destinados à expansão urbana, com presença tanto de vegetação florestal e rasteira, e solos expostos por novos loteamentos, como mostrado na Figura 15.

Para diminuir a confusão da matriz de classificação das imagens, foi definido três classes de uso da terra que serão indispensáveis para entender o resultado da pesquisa:

- a. Vegetação Florestal (cobertura arbórea),
- b. Vegetação Rasteira (lavouras e campo)
- c. Solo Urbano (áreas urbanizadas e solo exposto)

Para as classes de uso, Pato Branco somou: 3.166,11 ha para solo urbano; 1.467,36 ha para vegetação florestal; e 1.570,4 ha para vegetação rasteira.

**Figura 15 - Mapas de Uso da terra e das Temperaturas da área urbana de Pato Branco**



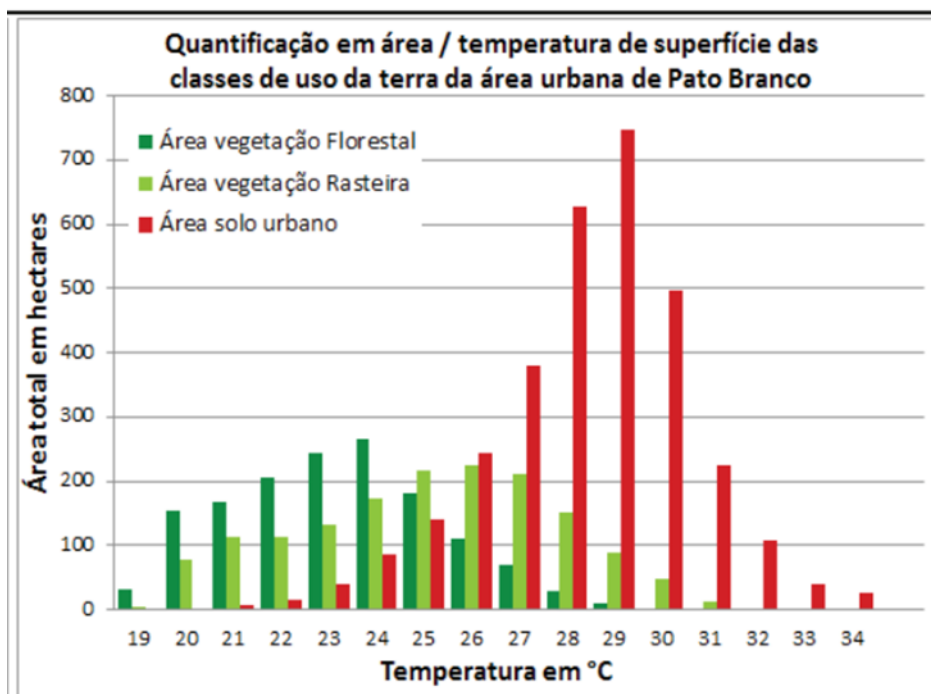
Fonte: Hendges, Andres e Marion, 2018

Nota-se a concordância de áreas onde as temperaturas são menores há presença de vegetação, inclusive em áreas centrais.

A correlação encontrada concorda com Weng, Lu e Schubring (2004, p. 480), que afirmam que a vegetação em suas diferentes formas influencia decisivamente no controle da qualidade ambiental. Assim, em espaços urbanos a presença da cobertura vegetal tem um efeito amenizador do aquecimento térmico gerado pelas edificações e superfícies pavimentadas (HENDGES, ANDRES, MARION, 2018, p. 171)

Na figura 15 pode-se ver a importância da vegetação como moderador da temperatura, principalmente a vegetação florestal que apresenta menor temperatura entre a categoria, inferiores a 29°C, e a que apresenta mais áreas com baixas temperaturas. A vegetação rasteira também apresenta uma máxima no mesmo nível, chegando a 31°C. Já o solo urbano começa a apresentar áreas significativas a partir de 24°C, agrupando enormes áreas com as maiores temperaturas, mostrando que a região central de Pato Branco já apresenta influências de elementos urbanos na sensação de conforto térmico, provavelmente derivados da alta taxa de urbanização.

**Figura 16 - Quantificação em área / temperatura de superfície das classes de uso da terra da área urbana de Pato Branco**



Fonte: Hendges, Andres e Marion, 2018

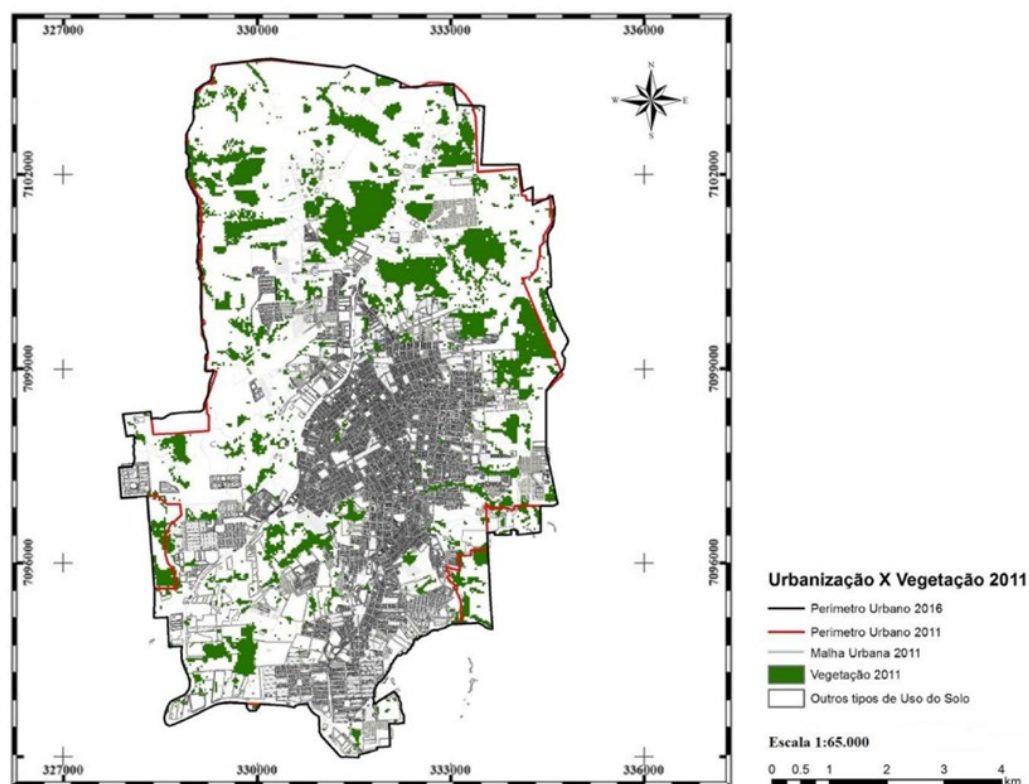
Outro estudo que compõe o escopo deste trabalho é de Kunen et al., que se utiliza da tecnologia de sensoriamento remoto para trazer a ocupação da área urbana



de Pato Branco em cima de áreas antes verdes. No ano de 2016, em comparação com 2011, revela áreas ocupadas que poderiam ter sido planejadas para áreas de lazer para a população, evidenciando um direcionamento para o desenvolvimento econômico e crescimento exacerbado do que para a preservação do meio ambiente. Caminhando de 16,63% para apenas 13,87% da área vegetada no perímetro municipal, observado nas Figuras 17 e 18 (Kunen, Tabalipa, Sabbi e Mello, 2019).

Essa degradação ambiental é resultado de um planejamento urbano inadequado, com ocupações desordenadas e sem considerar as características geológico-geotécnicas (TABALIPA, 2008).

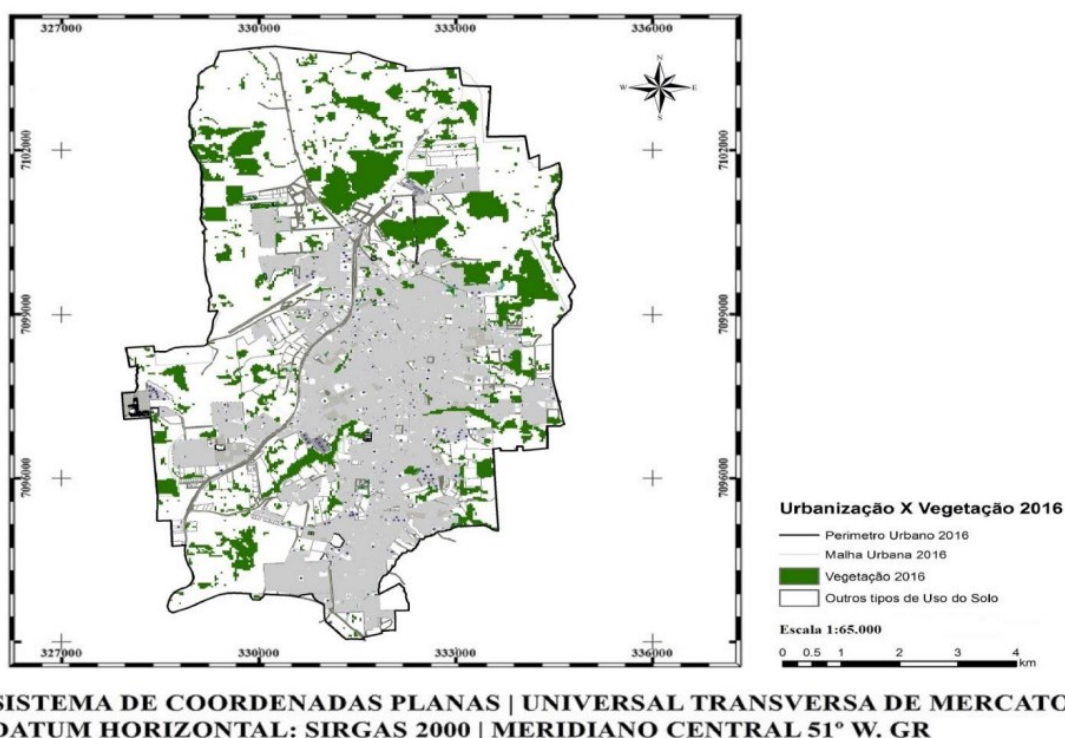
**Figura 17 - Relação da urbanização com a vegetação no ano de 2011**



**SISTEMA DE COORDENADAS PLANAS | UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR  
DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000 | MERIDIANO CENTRAL 51° W. GR**

**Fonte: Kunen et al., 2019**

**Figura 18 - Relação da urbanização com a vegetação no ano de 2016**



**Fonte: Kunen et al., 2019**

A partir de 1990 inicia-se a criação da Lei Orgânica e do Plano Diretor, já as leis considerando o Uso, Ocupação e Parcelamento do Solo (LUPA) acontecem desde 1954 (CMPB, 2024).

Em 1997, com a Lei n. 1.592, já se havia começado a pensar em conservação e proteção do meio ambiente (...) Trata-se de uma lei mais efetiva, onde se cria a política de meio ambiente e dá atribuições ao Poder Público Municipal no sentido de direcionar ações para garantir um ambiente equilibrado. Ainda em 1997, com a Lei n. 1.620, criou-se o Fundo Municipal de Desenvolvimento e Conservação Florestal (FUNDEFLO), destinado a financiar os programas, projetos e atividades executadas no município, visando o Desenvolvimento Florestal, Educação Ambiental, Prevenção e o Combate aos Incêndios Florestais. (KUNEN, IRRIGARAY, e MARINI, 2022).

Alguns outros acontecimentos ocorreram em relação ao administrativo: em 2005 foi criado o Conselho Municipal de Meio Ambiente, em 2006 a Lei n. 2.679 incentiva o reflorestamento, em 2008 houve uma revisão do Plano Diretor da cidade. Outras mudanças condizentes ao perímetro urbano, mapa de zoneamento, uso e ocupação do solo vem ocorrendo desde então, servindo a interesses individuais de investidores e trazendo pouco benefício à população ou ao município (KUNEN, IRRIGARAY, e MARINI, 2022).

Pato Branco atualmente passa por uma revisão do plano diretor, pedido feito no ano 2023. Em 2021 houve a contratação de uma empresa técnica especializada em engenharia, planejamento e consultorias para a elaboração do novo plano, além

de reuniões comunitárias para a participação popular na tomada de decisões, audiências públicas e reuniões técnicas (PATO BRANCO (PR), 2023).

Elaborado detalhadamente, na Mensagem Nº 48/2023 de Pato Branco, o processo de revisão originou 12 projetos de lei, que além de novas mudanças sobre uso e ocupação do solo, perímetros urbanos, no código de obras, inclui também a PL de reuso de águas e cisternas (Projeto de Lei Ordinária nº 201 de 2023). E ainda relembra todos os projetos de lei incorporam as premissas da Agenda 21 brasileira como:

- a) crescer sem destruir;
- b) indissociabilidade no tratamento da problemática ambiental e social;
- c) diálogo entre as estratégias da Agenda 21 e os aspectos e opções conjunturais de desenvolvimento urbano;
- d) aplicação de agenda com o estabelecimento de princípios de controle efetivo da poluição e da qualidade ambiental;
- e) incentivo às soluções inovadoras e disseminação de “boas práticas” sociais e ambientais;
- f) fortalecimento da democracia e da gestão integrada e participativa;
- g) reflexões no sentido global, mas foco nas ações locais
- h) mudança de enfoque das políticas de desenvolvimento e de preservação para um comportamento mais equilibrado e sustentável.

O Projeto de Lei Ordinário 201/2023 (PATO BRANCO (PR), 2023) dispõe sobre o Programa de Captação de Águas Pluviais, Conservação e Uso Racional de Águas nas Edificações do Município de Pato Branco, e ainda está em status de audiência pública. O projeto propõe que “os projetos de edificações futuras e as reformas/ampliações de algumas das edificações já existentes no Município deverão prever a instalação de sistemas de captação das águas pluviais, com reservatórios de retardo e/ou de acumulação, possibilitando à utilização da água não potável em serviços regamento de plantas, lavagem de automóveis e calçadas e outros usos que não sejam de consumo humano”

Com 15 artigos, estipulando áreas de projetos em que serão necessárias a instalação para aprovação perante a prefeitura, a premissa de conforto, segurança dos usuários e sustentabilidade dos recursos hídricos, a utilização de aparelhos e

dispositivos economizadores de água, diretrizes de captação, direcionamento, armazenamento e uso ou descarte de águas pluviais.

### 2.3.1 Protótipos de Telhado Verde em Pato Branco

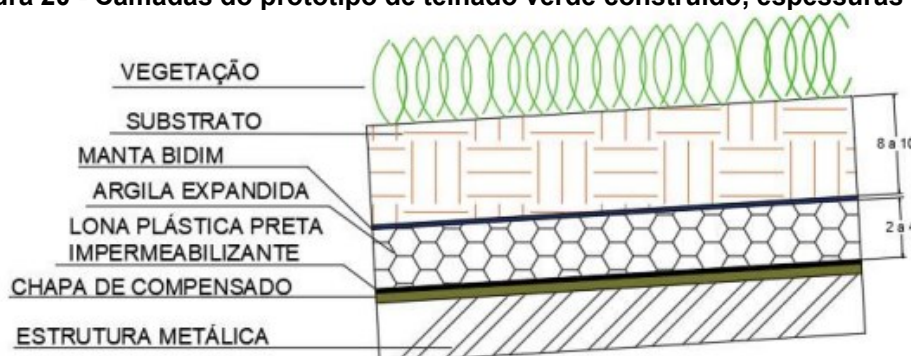
Molinete (2021) avaliou a influência de um telhado verde, do tipo extensivo, no parâmetro de conforto térmico determinado pelo uso de um protótipo, mostrado na Figura 19, com as camadas utilizadas indicadas na Figura 20 e pelo menos 5,2% de inclinação.

**Figura 19 - Protótipo executado por Molinete localizado na UTFPR**



Fonte: MOLINETE (2021)

**Figura 20 - Camadas do protótipo de telhado verde construído, espessuras em cm**



Fonte: MOLINETE (2021)

Os seguintes resultados foram obtidos:

- Redução da amplitude térmica nos dias típicos de verão e de inverno, sendo 4,5°C e 5,4°C, respectivamente;
- Em horário das temperaturas mais baixas do inverno, o telhado possibilitou a retenção do calor, evitando mudanças bruscas de temperatura;
- O atraso térmico medido no telhado foi de 0,35 e 0,85 hora para o verão e inverno, respectivamente (a NBR 15220-3 (ABNT, 2005) indica que este atraso deve ser menor que 3,3 horas, considera-se tais valores satisfatórios);
- A temperatura radiante média abaixo do telhado foi reduzida em 7,4°C, sendo um dos fatores que também beneficia o conforto térmico do ambiente, mesmo o protótipo construído não possuindo elementos de vedação vertical e por isso, o valor poderia ser ainda menor.

“Conclui-se que o telhado verde, como componente construtivo, apresenta um bom desempenho em relação ao isolamento térmico” Molinete (2021).

Basso (2013) também realizou uma análise em torno de um protótipo de cobertura verde, mostrado na Figura 21, com área total de 2,42 m<sup>2</sup> e inclinação de 15%.

**Figura 21 - Protótipo executado por Basso**



**Fonte: Basso (2013)**



Após a impermeabilização da estrutura, as camadas seguintes foram, em ordem: geomanta, 3 cm de brita 0, lavadas e secas, e em 20cm na largura final do telhado foi utilizado argila expandida, 2,5cm de espessura de substrato e a última camada de grama esmeralda.

Entre tantos resultados obtidos e analisados, como análise de coliformes e aspecto da água pós passagem pelo telhado em comparação com um protótipo de filtro feito em laboratório, temperatura interna e umidade do protótipo com cobertura verde, pode-se concluir:

- A água filtrada e escoada pela cobertura verde pode ser reutilizada para fins não potáveis;
- A cobertura verde contribuiu para o conforto térmico nos ambientes;
- Aumento da umidade do ar no entorno da implantação;
- Temperatura interna do protótipo com cobertura verde apresentou resultados menores que uma edificação com telha de fibrocimento.

### 3 METODOLOGIA

Segundo Fonseca (2002), a pesquisa “processa-se através de aproximações sucessivas da realidade, fornecendo-nos subsídios para uma intervenção no real (...). A pesquisa científica é realizada com o com o objetivo de resolver um problema, recorrendo a procedimentos científicos”.

A pesquisa pode se classificar em algumas classes, dessas: quanto à abordagem, aos objetivos e aos procedimentos (SILVEIRA; CÓRDOVA, 2009).

Neste trabalho faz-se presente a abordagem qualitativa, ou seja, que se preocupa com o aprofundamento da compreensão de algum assunto, utilizando dados não-numéricos, coletados sem instrumentos formais e analisando as informações de uma forma organizada e intuitiva (SILVEIRA; CÓRDOVA, 2009).

Os objetivos desta pesquisa buscam descrever os fatos e fenômenos de determinada realidade, construir uma hipótese e explorá-la, classificando-se como uma pesquisa descritiva-exploratória (GIL, 2002).

Quando ao procedimento da coleta de dados, se deu a partir de pesquisas bibliográficas por meio de livros, artigos científicos e *websites*, e pesquisas documentais, utilizando matérias de revistas e documentos oficiais. Juntamente se fez um estudo de caso pragmático, visando conhecer uma determinada situação que se supõe ser única em muitos aspectos (FONSECA, 2002), analisando o caso da Lei Municipal n.º 18.112/2015 de Recife/PE.

Os dados foram localizados na base online Google Acadêmico e na Biblioteca virtual da Universidade Tecnológica Federal do Paraná a partir de um mecanismo de metabusca (GIL, 2002), utilizando os seguintes descritores: Telhado verde; Ilhas de calor; Urbanização brasileira; Urbanização do Sudoeste do Paraná; *Nature based solution*; Coberturas verdes.

A motivação de utilizar essas vias de pesquisa foi a possibilidade de encontrar citações mais utilizadas mundialmente, pesquisas executadas dentro da própria universidade de ensino, respectivamente, na mesma temática que este trabalho.

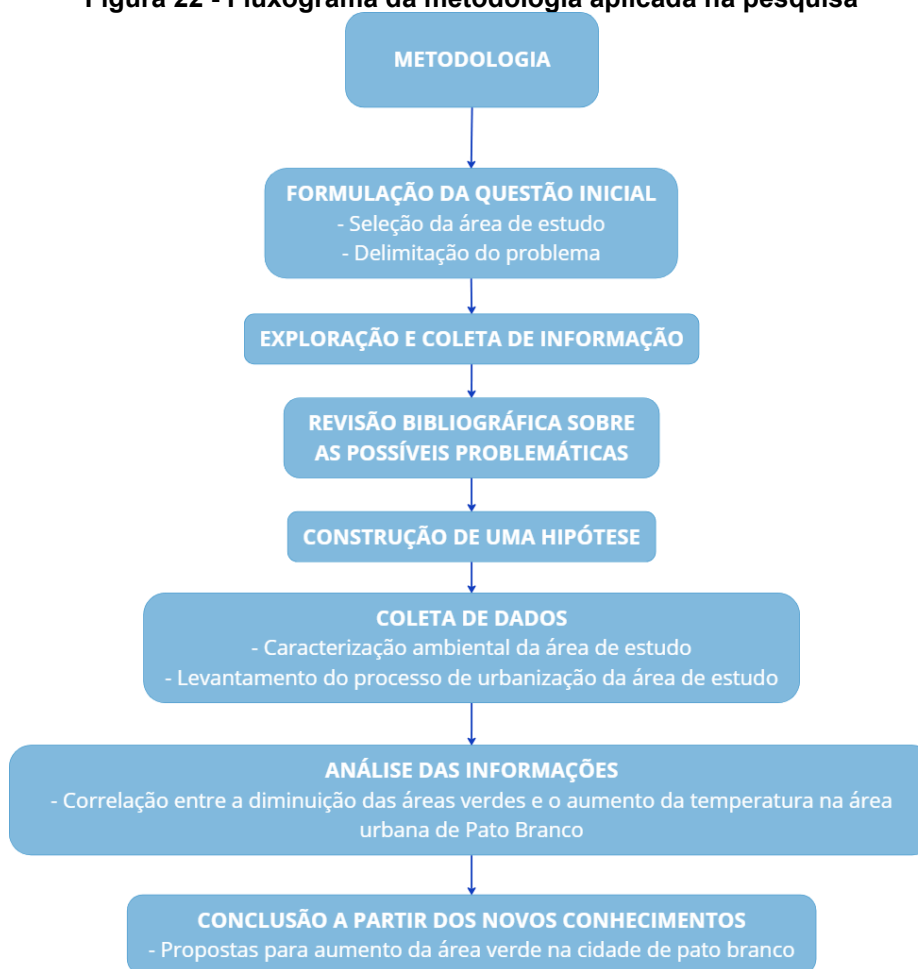
Com uma leitura do tipo exploratória, não foi efetuada nenhuma filtragem por ano, aproveitando todos que atenderam ao recorte temático, proposto na pesquisa, analisados por conteúdo. Foram analisados os trinta primeiros artigos. Entre esses trinta: artigos completos, na íntegra, de língua inglesa e portuguesa foram

selecionados, excluindo-se textos em outras linguagens, não condizentes com o tema e incompletos.

Este trabalho visa a utilização de CV's no bairro central de PB para mitigar o aumento de temperatura superficial em edifícios, para tanto, este trabalho utilizou do método hipotético-dedutivo (Quivy & Campenhoudt, 1995), gerando a partir de um trabalho lógico, a hipótese, para a qual será necessário buscar correspondentes o real.

A representação da metodologia descrita encontra-se no fluxograma, Figura 22:

**Figura 22 - Fluxograma da metodologia aplicada na pesquisa**



**Fonte: Autoria própria (2024)**

Observa-se que os objetivos específicos formam o caminho desse trabalho, primeiramente visou discutir em como as coberturas verdes podem colaborar na questão microclimática mediante problemas como ilhas de calor, umidade do ar e parâmetros sociais em centros urbanos. Posteriormente à explicação do conceito de ilhas de calor.



A partir disto, foi apresentado um estudo de caso nacional da utilização das coberturas vegetais na mitigação de impactos ambientais, concluindo o segundo objetivo específico.

O terceiro objetivo está relacionado com a área de estudo e visava apresentar os principais impactos ambientais negativos causados pelo desenvolvimento da cidade de Pato Branco em termos de urbanização, sendo mostrado no item 2.3 deste trabalho.

Por fim, o quarto objetivo foi realizar um conjunto de propostas para o poder legislativo municipal de Pato Branco para implantação da tecnologia de telhado verde na cidade de Pato Branco.

Quanto à escolha da área de estudo, partiu-se do fundamento do biólogo e ambientalista Patrick Geddes “Pense globalmente, aja localmente”, objetivando deixar uma contribuição à cidade em que se localiza à universidade contribuidora desde curso.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tomando base os exemplos de leis elencados por GUIMARÃES (2024) e a caracterização climática e ambiental da cidade de Pato Branco, cria-se uma proposta político-estratégica para viabilização da implantação das coberturas verdes no município para combate às consequências negativas da urbanização na cidade, como formação de ilha de calor, pouca taxa de áreas verdes e áreas de lazer para a população.

Para ações de gestão a curto prazo, que viabilizarão a implantação das coberturas verdes, está a divulgação do método construtivo do telhado verde a ser desenvolvido futuramente, por meio de canais de mídia por parte da prefeitura de Pato Branco e a inclusão do tema nos Projetos Político Pedagógicos das escolas municipais focando nos seus benefícios perante o meio ambiente e a sociedade. Para assim, como outros métodos de campanha midiática, fazer os habitantes da cidade conscientes de inovações para o melhoramento de vida urbana, ampliando também o senso de coletividade e o direcionamento para atitudes tão necessárias em prol da sustentabilidade.

Para ações de planejamento sugere-se ampliar a ação nas escolas, vinculando o tema com a criação prática de uma cobertura verde, podendo se conciliar com leis como Projeto de Lei Ordinária nº 119 de 2024 que incentivam empresas privadas a promoverem benefícios diretos em retorno de incentivos municipais. Sabe-se que a dificuldade de disseminação das coberturas verdes também inclui a mudança de hábitos culturais, então essa ação se faz importante no sucesso da implantação da proposta.

Também se inclui nas ações de longo prazo a criação de um projeto de lei detalhado que estimule a população a adotar as coberturas verdes em edificações de uso variado. Aqui entra em uma discussão comportamental sobre a obrigatoriedade não ser ideal para soluções e aproximação da população (GUIMARÃES, 2024). Partindo desse ponto, então, será necessário um incentivo ou compensação para os empreendimentos que adotem a tecnologia.

Em pesquisa, notou-se uma grande quantidade de normativas que foram impossibilitadas de execução pois geravam conflitos entre poderes, e também entre as leis constitucionais brasileiras. Pontua-se aqui a importância de considerar essas limitações, principalmente de incentivos fiscais e isenção de taxas e impostos.

O novo projeto de lei de cobertura verde também poderá entrar como um artigo adicional no Projeto de Lei Ordinário 201/2023 de Pato Branco, assim como feito na cidade de Recife, unindo as duas temáticas. Pela estrutura da cobertura verde necessitar de um sistema de escoamento, é coerente e natural o direcionamento para um sistema de coleta ou atraso no escoamento, ampliando a gama de benefícios que a cobertura verde possa trazer para a cidade e sabendo que na área central há alagamentos recorrentes em função das intensas chuvas e baixo nível em relação aos arredores.

Para melhor chance de aprovação e sucesso de aprovação da lei e das construções, a contratação de uma empresa especializada é necessária. Coberturas verdes são estruturas complexas e requerem etapas construtivas definidas e bem executadas, seus materiais são específicos e processos necessitam de conhecimento, a segurança da estrutura e dos usuários deve ser prezada em primeiro lugar.

O município, em conjunto com organizações profissionalizantes, deve formar cursos de especialização em coberturas verdes. A adoção do tipo de construção fomentará o comércio local e empresas e profissionais autônomos necessitarão de conhecimento técnico para execução de projetos. Alimentando novos conhecimentos, novas práticas e possibilitando novos profissionais de entrarem em uma nova área do mercado tão atual, ajudando assim a diminuir o orçamento de importação de material e mão de obra externa.

Um guia técnico explicativo, baseado nas características da cidade, também pode ser uma solução para a falta de informação profissional, e aumentará as chances de sucesso no processo construtivo e de manter a cobertura verde em bom funcionamento. Guias como o FLL citado nesse trabalho pode servir como base para a formulação de um novo. Trazendo uma lista de plantas nativas da região, formas de utilização da água da chuva, benefícios conforme o tipo de cobertura escolhida e exemplos de CV's já existentes no Brasil.

A lei deverá incluir limite de tempo máximo para realização de manutenção periódica, podendo o profissional responsável diminuir esse tempo caso ache necessário. Deverá incluir diretrizes e parâmetros quanto à impermeabilização, peso na estrutura e responsabilidades não inclusas no Plano Diretor Municipal perante esse assunto.

Como as coberturas verdes são um conceito de construção, seu planejamento e desenvolvimento trazem um maior grau de individualidade. Da definição de usabilidade à fase de projeto, dos custos e execução e do desdobramento à aceitação, os projetos trazem consigo detalhes singulares pois sua elaboração se fundamenta em características e limites geográficos. Contudo, seu acompanhamento traz um ponto importante no compartilhamento de experiências, crucial para um melhor desenvolvimento da tecnologia.

Mesmo com as diferenças geográficas e culturais, os efeitos das ilhas de calor, devido a ações antropogênicas, atingem todo o planeta. A crise ambiental vem chegando ao seu limite e completando 50 anos desde a primeira reunião internacional para discutir sobre atitudes necessárias para conter a destruição. Dentre essas atitudes, surgem medidas que visam amortecer os impactos negativos existentes, apontando o aumento das áreas verdes nas cidades como possível ação.

Em dados mostrados neste trabalho, a temperatura medida em superfícies vegetadas é menor que em superfícies com materiais construtivos. Que em maior escala, instaura a diferença de temperatura de ambientes entre a área rural e área urbana. Trazendo maior desconforto térmico em habitantes dessas cidades.

O vínculo entre essas duas temáticas resulta na solução de aumento da quantidade de áreas verdes presentes nas cidades. Porém, encontra-se um limite geográfico na falta de espaços livres devido a alta taxa de densidade populacional, resultando na necessidade de novas soluções. A implantação de coberturas verdes surge como saída dessa problemática.

Na cidade de Pato Branco, pesquisas locais constataam a presença do aumento da temperatura perante esse fenômeno. Confirmando a primeira parte da pesquisa. Perante exemplos mundiais, as coberturas verdes vêm se mostrando capazes de mitigar esses impactos negativos, exercendo papéis como redução de temperatura, contenção de enchentes e aumento do bem-estar físico e mental da população.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No início do desenvolvimento desse trabalho de pesquisa constatou-se que havia uma necessidade de melhoria do conforto térmico da área central da cidade de Pato Branco, fazendo importante o estudo sobre possíveis soluções.

Diante disso, a pesquisa teve como objetivo geral a criação de propostas considerando as coberturas verdes como solução a problemática do aumento da temperatura e diminuição de áreas vegetadas resultantes da alta urbanização na cidade. Baseadas em comprovações de diferentes estudos, constata-se que o objetivo geral foi atendido juntamente com o quarto objetivo específico proposto: Analisar e desenvolver um conjunto de propostas para implantação da tecnologia de telhado verde na área central de Pato Branco.

Efetivamente este trabalho identificou pontos favoráveis na aplicação dessa tecnologia perante o parâmetro da temperatura, aumento de áreas verdes e outros benefícios adicionais e propôs formas de facilitar a implantação da tecnologia e implantação na área governamental listadas a seguir:

A curto prazo:

- a) Divulgação do método constitutivo de telhados verdes por canais midiáticos por parte da Prefeitura de Pato Branco;
- b) Inclusão do tema no Projeto Político Pedagógico na rede de escolas municipais com foco em seu benefício perante o meio ambiente e sociedade;
- c) Conciliação com leis, como o Projeto de Lei Ordinária nº 119 de 2024, que incentivam empresas privadas a promoverem benefícios diretos à comunidade.

A longo prazo:

- a) Criação de uma lei que estimule a população a adotar as coberturas verdes, como a Lei Municipal nº18.112/2015 da cidade de Recife, com incentivos ou compensação;
- b) Formação de cursos de especialização.

Da mesma maneira, o objetivo inicial da pesquisa que era discutir como coberturas verdes em poderiam colaborar diante de problemas ambientais como ilhas de calor, umidade do ar e parâmetros sociais foi atendido perante a apresentação de estudos e referências. O segundo objetivo específico era apresentar um estudo de

caso nacional da utilização dessa tecnologia para mitigar os impactos ambientais, concedido pelo exemplo da cidade de Recife e a lei Municipal nº18.112/2015 apresentada (Anexo A). O terceiro objetivo visava verificar os impactos ambientais causados pelo desenvolvimento da cidade de Pato Branco em termos de urbanização. Esse item foi atendido pelos resultados de estudos, externos a esse trabalho, mencionados no item 2.3.

A pesquisa partiu da hipótese de que as coberturas verdes poderiam ser uma solução sustentável para a problemática dos efeitos ambientais negativos instaurados na cidade de Pato Branco. Durante a revisão bibliográfica verificou-se que a hipótese foi confirmada. As coberturas verdes geram benefícios diante de problemas ambientais, como as ilhas de calor, e exemplificados localmente pelo estudo de Molinete (2021) e Basso (2013). Além de auxiliar no comércio local, lazer da população e possível economia de energia elétrica.

Espera-se que no município de Pato Branco essa prática se torne popular, principalmente na região central. Pretende-se que esse trabalho fundamente as estratégias utilizadas, para uma criação de uma cidade melhor, baseada na conservação do meio ambiente e amparando a população que viverá as consequências negativas das atitudes que visaram interesses individuais.

Perante a metodologia aplicada, observa-se que o trabalho poderia ter sido realizado também de uma maneira quantitativa, porém pela limitação de tempo não pode ser executado. Como isso recomenda-se para próximos trabalhos:

- Atualização dos dados percentuais de áreas verdes na cidade de Pato Branco, separadas por zoneamento perante classificação da prefeitura;
- Realizar o quantitativo de áreas da cidade de Pato Branco perante seu uso do solo;
- Análise da concentração de partículas de gases do efeito estufa na atmosfera da cidade e pontos industriais;
- Realizar um questionário para tabular os dados e saber o nível de conhecimentos que a população tem sobre o conceito, exigências e o interesse no uso de coberturas verdes. E um questionário específico para profissionais da engenharia e arquitetura para entender opiniões, nível de conhecimento e experiência especializada;

- Análise de plantas nativas regionais para possível uso em coberturas verdes;
- Realizar uma pesquisa atualizada em quantificar o valor por m<sup>2</sup> de um tipo de cobertura verde com serviços e materiais locais;
- Realizar a classificação das edificações na área urbana de Pato Branco, distinguindo pela sua destinação, altura atingida e cobertura utilizada.

## REFERÊNCIAS

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 15575-1: *Edifícios habitacionais: desempenho - Parte 1: Requisitos gerais*. Rio de Janeiro, 2013

\_\_\_\_\_. NBR 9574: *Normas para Execução de impermeabilização*. Rio de Janeiro, 1986.

\_\_\_\_\_. NBR 9952: *Manta asfáltica com armadura para impermeabilização – Requisitos e Métodos de Ensaio*. Rio de Janeiro, 1998.

**ANDENÆS, E.; TIME, B.; MUTHANNA, T.; ASPHAUG, S.; KVANDE, T.** Risk reduction framework for blue-green roofs. *Buildings*, v. 11, p. 1–22, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings11050185>.

**APOLO11**. Estudo afirma que nível de CO2 na atmosfera dobrou. *Apolo11*, 2006. Disponível em: [https://www.apolo11.com/amp/Estudo\\_confirma\\_que\\_nivel\\_de\\_CO2\\_na\\_atmosfera\\_dobrou&id=20061129-093651](https://www.apolo11.com/amp/Estudo_confirma_que_nivel_de_CO2_na_atmosfera_dobrou&id=20061129-093651). Acesso em: 20 jun. 2023.

**A LAVOURA**, Rio Grande do Sul tem um dos maiores telhados verdes da América Latina. [S. l.]: Assessoria de imprensa, 11 set. 2022. Disponível em: <https://alavoura.com.br/colunas/panorama/rio-grande-do-sul-tem-um-dos-maiores-telhados-verdes-da-america-latina/>. Acesso em: 8 set. 2024.

BACHENDORF, Cassiana Ferreira. **Inteligência, sustentabilidade e inovação nas cidades: uma análise da mobilidade urbana de Pato Branco - PR**. 2018. 152 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018.

BASSO, Anelise. **Cobertura verde como sistema de reaproveitamento de água da chuva e águas servidas**. 2013. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

**BAUMANN, Nathalie**. Ground-nesting birds on green roofs in Switzerland: preliminary observations. *Urban habitats*, v. 4, n. 1, p. 37-50, 2006.

**BERARDI, Umberto; GHAFARIANHOSEINI, Amir Hosein; GHAFARIANHOSEINI, Ali**. State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. *Applied Energy*, v. 115, p. 411-428, 2014.

**CAPLIN, A.; GHANDEHARI, M.; LIM, C.; GLIMCHER, P.; THORSTEN, G.** Advancing environmental exposure assessment science to benefit society. *Nature Communications*, v. 10, p. 1236, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09155-0>.

**CASTLETON, Holly Faye et al.** “Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit”. *Energy and Buildings*, v. 42, n. 10, p. 1582-1591, 2010.



**CICLO VIVO.** Redação CicloVivo. Hospital em BH possui quase 7 mil m<sup>2</sup> de telhado verde: Sistema tem capacidade de captar e armazenar até 370 mil litros de água pluvial excedente [S. l.], 4 dez. 2020. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/arq-urb/arquitetura/hospital-em-bh-7-telhado-verde/>. Acesso em: 11 set. 2024.

**CIPOLLA, Sara Simona; MAGLIONICO, Marco; STOJKOV, Irena.** A long-term hydrological modelling of an extensive green roof by means of SWMM. *Ecological engineering*, v. 95, p. 876-887, 2016.

**CLAUS, K.; ROUSSEAU, S.** Incentivos públicos versus privados para investir em telhados verdes: uma análise de custo-benefício para Flandres. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 11, n. 4, p. 417-425, 2012.

**CMPB - Câmara Municipal de Pato Branco.** Leis Ordinárias. Disponível em: [http://www.camarapatobranco.com.br/legislacao/leis\\_ordinarias](http://www.camarapatobranco.com.br/legislacao/leis_ordinarias). Acesso em: 02 set. 2024.

**COLLA, Sheila R.; WILLIS, Erin; PACKER, Laurence.** Can green roofs provide habitat for urban bees (Hymenoptera: Apidae)? *Cities and the Environment (CATE)*, v. 2, n. 1, p. 4, 2009.

CRISTIANO, Elena; DEIDDA, Roberto; VIOLA, Francesco. The role of green roofs in urban Water-Energy-Food-Ecosystem nexus: A review. **Science of the Total Environment**, v. 756, p. 143876, 2021.

**DEÁK, Csaba; SCHIFFER, Sueli Terezinha Ramos.** O processo de urbanização no Brasil. São Paulo: EdUSP, 1999. 346 p.

DESIGN biofílico corporativo. [S. l.], (s.d.). Disponível em: <https://vgco.com.br/design-biofilico-corporativo/>. Acesso em: 11 set. 2024.

**DIAS, Genebaldo Freire.** Pegada ecológica e sustentabilidade humana. São Paulo: Global Editora e Distribuidora Ltda, 2015.

**ENCARNAÇÃO, Maria.** Capitalismo e urbanização. São Paulo: Contexto, 1989.

**FERNÁNDEZ CAÑERO, Rafael et al.** Green roofs as a habitat for birds: a review. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9 (15), 2041-2052., 2010.

**FLL (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau).** Guidelines for the Planning, Execution and Upkeep of Green-Roof Sites. Bonn, Germany, 1995. Release 2002.

FONSECA, J.J.S. **Metodologia da pesquisa científica.** Fortaleza: UECE, 2002. Apostila.

**GARTLAND, Lisa.** Ilhas de Calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. Tradução: Sílvia Helena Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 248 p.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da Ufrgs, 2009. 120 p. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2023.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

**GUIMARÃES**. Leis sobre telhados verdes e revestimentos vivos. 2024. Disponível em: <https://ecotelhado.com/blog/leis-sobre-telhados-verdes-e-revestimentos-vivos/>. Acesso em: 01 set. 2024.

MOLINETE, Heloisa Balbinotti. **Avaliação da influência do telhado verde, do tipo extensivo, no conforto térmico e na retenção de água pluvial em uma edificação, determinado pelo uso de um protótipo**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2021.

HENDGES, E. R.; ANDRES, J.; MARION, F. A. Correlação espacial entre os usos e cobertura da terra e a temperatura de superfície nas áreas urbanas de Francisco Beltrão e Pato Branco/ PR. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 38, n. 1, p. 159–177, 2018. DOI: 10.5216/bgg.v38i1.52819. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/52819>. Acesso em: 11 set. 2024.

**IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Censo Demográfico 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 09 set. 2024.

**IGRA**. Direct Financial Incentives. 2014. Disponível em: [http://www.igraworld.com/green\\_roof\\_policies/index.php](http://www.igraworld.com/green_roof_policies/index.php). Acesso em: 23 out. 2023.

INSTITUTO DE TERRAS CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS (ITCG). **Carta de Climas do Estado do Paraná**. Escala 1:250000. 2008. Disponível em [www.itcg.pr.gov.br](http://www.itcg.pr.gov.br). Acesso em 20 de ago de 2024.

IPARDES. **Caderno estatístico – Município de Pato Branco**, 2004

IPARDES. **Caderno estatístico – Município de Pato Branco**, 2024

**JAFFAL, Issa; OULDBOUKHITINE, Salah-Eddine; BELARBI, Rafik**. A comprehensive study of the impact of green roofs on building energy performance. *Renewable Energy*, v. 43, p. 157-164, 2012.

**JIANG, Leiwen; YOUNG, Malea Hoepf; HARDEE, Karen**. Population, urbanization and the environment. *World Watch*, n. 5, p. 34-39, 2008.

**JOHNSTON, Jacklyn; NEWTON, John**. Building green: a guide to using plants on roofs. London: London Ecology Unit, 2004.

**KLEIN, Lais de Bortoli**. Controle qualitativo e quantitativo do escoamento pluvial em diferentes tipos de coberturas. 2017. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina.

**KWEKU, Darkwah Williams et al.** Greenhouse effect: greenhouse gases and their impact on global warming. *Journal of Scientific Research and Reports*, v. 17, n. 6, p. 1-9, 2018.

**LAZZARIN, Renato M.; CASTELLOTTI, Francesco; BUSATO, Filippo.** “Experimental measurements and numerical modelling of a green roof”. *Energy and Buildings*, v. 37, n. 12, p. 1260-1267, 2005.

**LEITE, Florence Rezende; ANTUNES, Maria Lúcia Pereira.** Seleção de espécies vegetais para telhados verdes sustentáveis e de baixo custo no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1-12. DOI: 10.46421/entac.v19i1.2238. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/2238>. Acesso em: 09 set. 2024.

**LODER, Celsius.** O Processo de Crescimento Urbano no Brasil. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 7, n. 2, p. 459-484, 1977.

LUZ, Bárbara D.R.; SILVA, J.G. Perspectivas sobre o telhado verde no Brasil. **Revista Científica do Instituto Federal São Paulo, Sinergia**, São Paulo. v.21, n.01, p.5-9, jan-jun.2020

**MACHADO, M. V.; BRITTO, C.; NEILA, J.** El cálculo de la conductividad térmica equivalente en la cubierta ecológica. *Ambiente Construído*, v. 3, n. 3, p. 65-76, 2008. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/3495>. Acesso em: 08 set. 2024.

**MACIVOR, J. Scott; KSIAZEK, Kelly.** Invertebrates on green roofs. Green roof ecosystems, p. 333-355, 2015.

**MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE.** Vulnerabilidade ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos? Santos, Rosely F. (org.). Brasília: MMA, 2007. p.192

**MINKE, Gernot.** Techos verdes. Planificación, ejecución, consejos prácticos. Montevideo, Uruguai: Fin de Siglo, 2004.

MOLINETE, Heloisa Balbinotti. **Avaliação da influência do telhado verde, do tipo extensivo, no conforto térmico e na retenção de água pluvial em uma edificação, determinado pelo uso de um protótipo.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2021.

**MONDARDO, M. L.** Uma caracterização geral do processo de urbanização do Sudoeste do Paraná – Brasil. *Revista Electrónica de Geografía Y Ciencias Sociales*. Universidad de Barcelona, v. XI, n. 239, 15 de maio de 2007.

MONDARDO, M. L.; BACKES, T. R. AS MIGRAÇÕES E AS TRANSFORMAÇÕES TERRITORIAIS NO SUDOESTE DO PARANÁ. **Revista Faz Ciência**, [S. l.], v. 9, n. 9, p. 35, 2013. DOI: 10.48075/rfc.v9i9.7492. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/fazciencia/article/view/7492>. Acesso em: 13 set. 2024.

**MOURA, A.M.M.** (2016) Trajetória da Política Ambiental Federal no Brasil. In: MOURA, A.M.M. (org.). Governança ambiental no Brasil: instituições, atores e políticas públicas. Brasília: IPEA. p. 13-44

NAKAMURA, P. **Guia Para Implantação de Coberturas Verdes: Versão Para o Contexto do Município de Campo Grande e Região**. Dissertação, Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. 2018.

NASCIMENTO, W. C. **Coberturas verdes no contexto da região metropolitana de Curitiba** –Barreiras e potencialidades. Dissertação (Mestrado)–Universidade Federal do Paraná,2008.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. London: Methuen & Ltd. A. Halsted Press Book, John Wiley & Sons, New York, 1978, 435p.

**ONU**. Conferences. Environment and sustainable development, Stockholm 1972. Disponível em: <https://www.un.org/en/conferences/environment/stockholm1972>. Acesso em: 06 set. 2023.

**ONU**, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2018). World Urbanization Prospects: The 2018 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/421). Disponível em:< <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Highlights.pdf> >. Acesso em: 11 set. 2024.

**OJIMA, Ricardo; MARANDOLA JR, Eduardo (orgs.)**. Mudanças climáticas e as cidades: novos e antigos debates na busca da sustentabilidade urbana e social. São Paulo: Editora Blucher, 2013.

**OLIVEIRA, Eric Watson Netto de**. Telhados verdes para habitações de interesse social: retenção das águas pluviais e conforto térmico. 2009. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental: controle da poluição urbana e industrial) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

PATO BRANCO (Município) Banco de imagens próprio. Disponível em: < <https://patobranco.pr.gov.br>> Acesso em: 16 de set. 2024

PNUMA - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. UNEP 2004 annual report. Nairobi, 2004. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/synthesis-reports/unep-annual-evaluation-report-2004>:. Acesso em: 25 ago 2023.

**PRIMO, Silvana Maria C. M.** Análise e percepção da viabilidade do telhado verde: estudo de caso no Tribunal de Justiça de Pernambuco. 2020. 110 f. Dissertação

(Mestrado Profissional em Tecnologia Ambiental) - Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP, 2020.

**PONTES, Priscila da Silva Victorino; TONIAL, Marina Dall’Bosco.**

Geotecnologias aplicadas à análise térmica da superfície do município de Pato Branco (Paraná). *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XX, 2023, Florianópolis-SC: INPE, 2023, P. 1902-1905.*

**POUEY, Maria Tereza Fernandes.** Estudo experimental do desempenho térmico de coberturas planas. 1998.

**PNUD, Brasil.** Programa das nações unidas para o desenvolvimento. *Atlas do desenvolvimento humano no Brasil, 2012.*

**POLO-LABARRIOS, Marco A. et al.** Comparison of thermal performance between green roofs and conventional roofs. *Case Studies in Thermal Engineering*, v. 21, p. 100697, 2020.

QUIVY, R.; CAMPENHOUDT, L. V. **Manuel de recherche en sciences sociales.** Paris, Dunot, 1995.

**ROLA, Sylvia Meimaridou.** A natureza como ferramenta para a sustentabilidade de cidades: estudo da capacidade do sistema de natureza em filtrar a água de chuva. COPPE/UFRJ, D. Sc., Planejamento Energético, 2008.

**ROYAL SOCIETY (GREAT BRITAIN).** Climate change: a summary of the science. London: The Royal Society Science Policy Centre, 2010.

**SANTOS, F. T. dos; FERREIRA, R. L.** Tecnologias sustentáveis como solução aos impactos da expansão urbana: Energia Solar e Telhado Verde. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*, v. 9, n. 18, 2020. DOI: 10.22292/mas.v9i18.872. Disponível em:

<https://revistasuninter.com/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/article/view/872>. Acesso em: 06 ago. 2024.

**SILVA, Fernanda Moreira Ribeiro da.** Desempenho termoenergético de telhado verde como sistema passivo de climatização em habitações de interesse social. 2014. 194 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2014

SILVA, Cristina M.; GOMES, M. Glória; SILVA, Marcelo. Green roofs energy performance in Mediterranean climate. *Energy and buildings*, v. 116, p. 318-325, 2016.

**SILVA, M. A.** Análise da implementação dos telhados verdes como estratégia para cidades sustentáveis: um estudo da cidade do Recife, Pernambuco. 2020. 209 f. Trabalho Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental) – IFPE - Campus Recife, 2020.

SILVEIRA, D.T.; CÓRDOVA, F.P. A pesquisa científica. In: GERHARDT, T.E.; SILVEIRA, D.T. **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: UFRGS, 2009, p. 33 –43.  
**SKJELDRUM, Petter Martin; KVANDE, Tore**. Moisture-resilient upgrading to blue-green roofs. *Energy Procedia*, v. 132, p. 417-422, 2017.

SOUZA, M. L.; RODRIGUES, G. B. Planejamento urbano e ativismos sociais. São Paulo: UNESP, 2004. 136 p.: in il. Coleção Paradidáticos; Série sociedade, espaço e tempo. **Observorium: Revista Eletrônica de Geografia**, [S. l.], v. 1, n. 3, 2018. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/Observorium/article/view/44182>. Acesso em: 13 set. 2024.

TANG, Mingfang; ZHENG, Xing. Experimental study of the thermal performance of an extensive green roof on sunny summer days. **Applied Energy**, v. 242, p. 1010-1021, 2019.

CONSTRUINDODECOR. Telhado verde: Preço, Vantagens, Desvantagens, Como Fazer [s.d.]. Disponível em: <https://construindodecor.com.br/telhado-verde>. Acesso em: 11 set. 2024.

**TOLEDO, Gabriel Luchiari**. Contribuição dos telhados verdes à sustentabilidade nas cidades: retenção de águas pluviais e eficiência térmica. 2022. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

**TREWARTA, G. T. & HORN, L. H.** An introduction to climate. New York, McGraw-Hill, 1980. 416 p. 2015.261708.

**VAN DEN BOSCH, Matilda; SANG, Â. Ode**. Urban natural environments as nature-based solutions for improved public health—A systematic review of reviews. *Environmental research*, v. 158, p. 373-384, 2017.

**VASCONCELOS, Priscila**. Mudanças Climáticas: lições da natureza. *Ciência Hoje*, v. 64, n. 386, p. 18-23, 2019.

**VERONESI, Marcella et al**. Climate change and the willingness to pay to reduce ecological and health risks from wastewater flooding in urban centers and the environment. *Ecological Economics*, v. 98, p. 1-10, 2014.

WEILER, S. K.; SCHOLZ-BARTH, K. **Green Roof Systems: A Guide to the Planning Design, and Construction of Landscapes Over Structure**. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2009.

WHITTINGHILL, Leigh J.; ROWE, D. Bradley; CREGG, Bert M. Evaluation of vegetable production on extensive green roofs. **Agroecology and sustainable food systems**, v. 37, n. 4, p. 465-484, 2013.

**ZANELLA, Carlos Alberto; et al**. Análise da viabilidade técnica e econômica do uso de um telhado verde no ambiente urbano da cidade de Pato Branco – PR. In: XIII Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas, 2016, Poços de Caldas. XIII Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas, 2016. p. 1-20.

ZINCOBRASIL. **Uma residência com telhado verde possui uma série de benefícios incríveis! [...]**. Facebook, 10 maio 2024. Facebook: zincobrasil.

Disponível em:

<https://www.facebook.com/zincobrasil/posts/pfbid0szwgM8kgUoX4EPAcUBH12j5TBdsQyKtQmp4Hpsdw7cf9q8i7VkCLJTVmmxtXUi2XI/> . Acesso em: 09 set 2024.

ZINCOBRASIL. **Um farol de biodiversidade! [...]**. Facebook, 26 dez 2023.

Facebook: zincobrasil. Disponível em:

<https://www.facebook.com/zincobrasil/posts/pfbid02qTcaZPxe82RpMH4W4SsAoPD9aFch2TYAqE3mwKGqLuFVdW293Fzfs284EJr9iumml>. Acesso em: 09 set 2024.

ZINCOBRASIL. Le Cordon Bleu Paris. Disponível em:

<https://www.zincobrasil.com.br/le-cordon-bleu-paris/>. Acesso em: 16 set 2024.

ZHOU, L. W. et al. Green roof simulation with a seasonally variable leaf area index. **Energy and Buildings**, v. 174, p. 156-167, 2018.



**ANEXO A – LEI Nº 18.112, DE 12 DE JANEIRO DE 2015**

LEI Nº 18.112/2015

DISPÕE SOBRE A MELHORIA DA QUALIDADE AMBIENTAL DAS EDIFICAÇÕES POR MEIO DA OBRIGATORIEDADE DE INSTALAÇÃO DO "TELHADO VERDE", E CONSTRUÇÃO DE RESERVATÓRIOS DE ACÚMULO OU DE RETARDO DO ESCOAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS PARA A REDE DE DRENAGEM E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.

O POVO DA CIDADE DO RECIFE, POR SEUS REPRESENTANTES, DECRETOU, E EU, EM SEU NOME, SANCIONO A SEGUINTE LEI:

Art. 1º os projetos de edificações habitacionais multifamiliares com mais de quatro pavimentos e não-habitacionais com mais de 400m<sup>2</sup> de área de coberta deverão prever a implantação de "Telhado verde" Para sua aprovação, da seguinte forma:

I - No pavimento descoberto destinado a estacionamento de veículo das edificações, cuja área não se contabilizará para efeito de área construída, desde que:

- a) Não sejam cobertas as áreas de solo permeável;
- b) Sejam respeitados os afastamentos legais previstos para os imóveis vizinhos;
- c) Seja respeitado um afastamento mínimo de 1m (um metro) e máximo de 3m (três metros) em relação à lâmina do pavimento tipo ou qualquer outro pavimento coberto;

II - Exclusivamente para os edifícios multifamiliares descritos no caput, nas áreas de lazer situadas em lajes de piso, no percentual de 60% (sessenta por cento), e nas áreas de lazer em pavimento de coberta, em pelo menos, 30% (trinta por cento) de sua superfície descoberta.

§ 1º Para os fins desta lei, "Telhado verde" É uma camada de vegetação aplicada sobre a cobertura das edificações, como também sobre a cobertura da área de estacionamento, e piso de área de lazer, de modo a melhorar o aspecto paisagístico,

diminuir a ilha de calor, absorver parte do escoamento superficial e melhorar o microclima local.

§ 2º o "Telhado verde" Poderá ter vegetação extensiva ou intensiva, de preferência nativa para resistir ao clima tropical do município, com as suas variações de temperatura e umidade.

Art. 2º Com a finalidade de tornar públicos os modos de aplicação e os benefícios do "Telhado verde", e de incentivar a sua aplicação nas edificações, podem ser elaborados:

I - Estudos junto a organizações públicas ou privadas para a definição de padrões estruturais para implantação do "Telhado verde" No município;

II - Cursos e palestras para a divulgação das técnicas imprescindíveis à implantação do "Telhado verde", como na parte estrutural, tipos de vegetação e substrato.

Art. 3º Em lotes com área superior a 500 m<sup>2</sup> (quinhentos metros quadrados), edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 25% (vinte e cinco por cento) da área total do lote deverão ser executados reservatórios de águas pluviais como condição para aprovação de projetos iniciais.

§ 1º os reservatórios de águas pluviais podem ser:

I - Reservatórios de acumulação, destinados ao acúmulo de águas pluviais para reaproveitamento com fins não potáveis, com captação exclusiva dos telhados;

II - Reservatórios de retardo, destinados ao acúmulo de águas pluviais para posterior descarga na rede pública, captadas de telhados, coberturas, terraços, estacionamentos, pátios, entre outros.

§ 2º os reservatórios para acumulação ou retardo das águas pluviais especificados no caput deste artigo poderão ser construídos na área de solo natural, correspondendo em até 10% desta área.

§ 3º ficam dispensados da construção dos reservatórios especificados no caput os lotes em que suas águas pluviais não impactam o sistema público de drenagem, desde que comprovado através dos ensaios de infiltração e de percussão geotécnica com profundidade não inferior a 8m (oito metros) e acompanhado de laudo de vistoria técnica do órgão competente da prefeitura do Recife.

Art. 4º A capacidade total dos reservatórios deverá ser calculada com base na seguinte equação:

$V = K \times A \times I$ , no qual:

V = volume calculado do reservatório em m<sup>3</sup>;

K = coeficiente de abatimento;

A = área total do lote;

I = intensidade da chuva de vazão média de cheias na cidade do Recife

§ 1º Para os reservatórios de acumulação devem adotar: K = 0,15 e i = 0,06 m/h, o extravasor deve ser instalado em cota de modo a permitir verter quando o reservatório atingir 90% do volume calculado e que o volume escoado seja direcionado para infiltração na área de solo natural remanescente do lote.

§ 2º Para os reservatórios de retardo adotar: K = 0,25; i = 0,06 m/h. E seu escoamento para o sistema público se dará através de orifício com vazão de restrição em função do coeficiente de escoamento de pré-urbanização. O modelo adotado para a determinação desta vazão é a fórmula racional. Para dimensionamento do orifício utilizar a fórmula de Chézy/Manning: Fórmula Racional.

$$q_r = \frac{C_r \times I \times A}{360}$$

q<sub>r</sub> - vazão de restrição em m<sup>3</sup>/s

I - chuva de projeto = 0,06 m/h

A - área total do lote em ha

Cr - coeficiente de escoamento de pré-urbanização

a) Fórmula de Chézy/Manning

$$Q = 1 \times \frac{A^{5/3}}{N} \times S^{1/2}$$

Q - vazão, em m/s;

N - coeficiente de rugosidade de Manning;

A - área molhada, em m<sup>2</sup>

P - perímetro molhado, em m;

S - declividade, em m/m

Art. 5º Os reservatórios de acumulação deverão atender às seguintes condições:

I - ser resistente a esforços mecânicos, possuir revestimento impermeável e manter a qualidade da água acumulada;

II - permitir fácil acesso para inspeção e limpeza, com dimensões que permitam a inscrição de um círculo com diâmetro mínimo de 0,60m;

III - possibilitar esgotamento total;

IV - ser protegido contra a ação de inundações, infiltrações e penetração de corpos estranhos, ter vedação adequada de modo a manter sua perfeita higienização e estar localizado a uma distância mínima de 5,00 m da rede de esgoto e/ou fossa;

V - ser dotado de extravasor que possibilite o deságue dos excedentes hídricos.

Art. 6º os reservatórios de retardo deverão atender às seguintes condições:

I - ser resistente a esforços mecânicos;

II - Permitir fácil acesso para manutenção, inspeção e limpeza, com dimensões que permitam a inscrição de um círculo com diâmetro mínimo de 0,60m;

IV - Ser dotado de extravasor;

V - Ser dotado de orifício de descarga;

Parágrafo único - nos reservatórios de que trata o caput, a descarga da água poderá ser feita por infiltração no solo ou despejada por gravidade ou através de bombeamento na rede de drenagem pública, desde que seja mantida as condições de controle da vazão do volume calculado/hora.

Art. 7º Para as obras sujeitas a licenciamento ambiental, o proprietário do imóvel ou empreendedor deverá apresentar, além das plantas de locação, de cobertura e pisos, o projeto do reservatório de acúmulo e/ou de retardo em plantas e cortes, indicando a sua localização no terreno, o detalhamento geométrico, o cálculo do volume e, ainda, no caso de reservatório de retardo, apresentar, também, o dimensionamento do orifício de descarga.

Art. 8º Os projetos dos reservatórios, para empreendimentos classificados como empreendimento de impacto, deverão ser também submetidos à análise da empresa de manutenção e limpeza urbana - emlurb, que, caso os considere tecnicamente viáveis, emitirá a carta de anuência, bem como contribuirá na vistoria realizada pelo órgão municipal competente no momento do "Habite-se" Para verificar sua correta execução.

Art. 9º Fica sob responsabilidade do proprietário do imóvel a manutenção e limpeza periódica do reservatório de acumulação ou retardo, que deverão atender as normas sanitárias vigentes.

Art. 10 Esta lei entra em vigor na data de sua publicação.

Recife, 12 de janeiro de 2015

Geraldo Julio de Mello Filho

Prefeito do recife

Projeto de lei nº 67/2014 de autoria do Chefe do Poder Executivo