



COMPARAÇÃO ENTRE TELHADOS VERDES E TELHADOS CONVENCIONAIS PARA USO SUSTENTÁVEL EM PROJETOS DE CONSTRUÇÃO

- (1) Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB); raniellylidia7@gmail.com.
(2) Professora do curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual da Paraíba (UEPB); dricadefreitas@yahoo.com.br
(3) Graduada em Engenharia Civil, Universidade Estadual da Paraíba; maryannaanobre@gmail.com.

1) INTRODUÇÃO

À medida que cresce a consciência sobre sustentabilidade e preservação ambiental, aumenta a procura por alternativas ecológicas na construção civil. Essa busca visa mitigar os impactos da urbanização, que alteram a paisagem e afetam as condições ambientais urbanas (ARAÚJO, 2022).

O conforto térmico em edificações enfrenta desafios devido à impermeabilização do solo, à ausência de vegetação e à elevada condutividade térmica de materiais usuais. Diante disso, este estudo propõe uma pesquisa experimental e quantitativa para avaliar a eficiência do telhado verde em comparação ao telhado convencional.

2) OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICOS

- ✓ Medir variações de temperatura nos protótipos e correlacioná-las com parâmetros de conforto térmico.
- ✓ Avaliar volume de água escoado e determinar coeficientes de escoamento nos protótipos.
- ✓ Analisar custos de implantação dos dois tipos de protótipos, comparando investimentos necessários para telhados verdes e convencionais.

3) METODOLOGIA

Este estudo consiste em uma pesquisa aplicada de caráter experimental e abordagem quantitativa, com o objetivo de comparar o desempenho térmico e a retenção de água pluvial entre telhados verdes e telhados convencionais.

CONTRUÇÃO DOS PROTOTIPOS

Foram construídos e analisados dois protótipos residenciais: um com telhado convencional de telhas cerâmicas e outro com telhado verde. Seguindo a metodologia de

Maronez e Carraro (2017) com adaptações. A modelagem 3D foi realizada no software Revit para garantir precisão na construção como mostra a figura 1. A estrutura foi levantada em uma área livre e sem obstruções solares na UEPB, Campus VIII, com inclinação de 35%, seguindo recomendações normativas.

Figura 1 – Modelagem dos protótipos



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

APLICAÇÃO DO TELHADO VERDE

Para a instalação do telhado verde, foram aplicadas cinco camadas funcionais: regularização, drenagem, filtragem, substrato e vegetação. O telhado verde utilizado foi do tipo extensivo, caracterizado por sua simplicidade, resistência e baixa necessidade de manutenção.

Etapas do telhado verde:

1. **Impermeabilização:** aplicação de lonas plásticas e TNT para evitar infiltrações e excesso de umidade (figura 2).
2. **Drenagem:** camada de argila expandida (2 cm) para escoamento e prevenção de acúmulo de água (figura 3).
3. **Filtragem:** manta geotêxtil permeável para reter partículas de solo e evitar entupimentos (figura 4).
4. **Substrato:** mistura de terra vegetal e composta (3 cm) para suporte e nutrição das raízes (figura 5).
5. **Vegetação:** plantio da grama esmeralda, resistente e de baixa manutenção, com irrigação inicial (figura 6).

Figura 2 - Execução da camada de regularização



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Figura 3 - Execução da camada drenagem



Fonte: Elaborada pela autora (2025).



Figura 4 - Execução da camada filtrante



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Figura 5 - Execução da camada de substrato



Fonte: Elaborada pela autora (2025)

Figura 6 - Execução da camada de vegetação (Grama Esmeralda)



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

CONFORTO TÉRMICO

Entre os dias 14, 15 e 16 de abril de 2025 foi conduzido um estudo voltado para a análise do conforto térmico em ambientes internos, por meio de medições contínuas de temperatura realizadas ao longo de 24 horas diárias. As aferições ocorreram a cada hora, iniciando-se às 6h da manhã e se estendendo até as 5h do dia seguinte, totalizando 72 registros por ponto ao fim dos três dias. A coleta das temperaturas foi realizada com o auxílio de um termômetro de globo do tipo ITWTG-2000, fabricado pela Instrutemp (figura 7) e cedido pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Figura 7 – Coleta de temperaturas usando o globo preto no protótipo



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

RETENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Na segunda etapa, analisou-se a retenção de águas pluviais por meio de ensaio realizado em estrutura de simulação de chuvas, construída devido à ausência de precipitações significativas. As simulações foram realizadas ao longo de três dias consecutivos, nos horários das 22:00 horas, especificamente nos dias 22, 23 e 24 de agosto de 2025, como mostram as figuras 8, 9 e 10.

Figura 8 – Simulação da chuva no telhado verde.



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Figura 9 – Simulação da chuva no telhado convencional.



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Figura 10 – Sistema de bombeamento utilizado para simulação da chuva.



Fonte: Elaborada pela autora (2025)

Foram simulados 18 litros de precipitação por protótipo, sempre à noite para minimizar evapotranspiração. A água escoada foi recolhida, quantificada e utilizada no cálculo dos coeficientes de escoamento pela razão entre volumes.

$$C = \frac{\text{volume escoado}}{\text{volume precipitado}}$$

Onde: C = Coeficiente de escoamento.

O experimento contou com um simulador de chuvas, garantindo uniformidade na aplicação da água. A estrutura de 1,95 m² utilizou tubulações de 25 mm, com seis canos

superiores, cada um contendo 129 furos distribuídos regularmente, assegurando adequada simulação da precipitação.

4) RESULTADOS E DISCUSSÕES

CONFORTO TÉRMICO

Telhados verdes melhoram o conforto térmico, atuando como isolante natural, reduzindo temperatura superficial e carga térmica. Também contribuem para a qualidade do ar. Avaliados por TA, TG, UR e IBUTG, mostraram, em medições replicadas, significativa atenuação das oscilações térmicas em relação ao telhado convencional durante o ciclo diário. Na Figura 11, observa-se a comparação da temperatura do ar (TA) entre os protótipos residenciais.

Entre 07:00 horas e 14:00 horas, ambos aqueceram, mas o telhado cerâmico atingiu 31,9 °C, enquanto o verde chegou a 31,4 °C. O destaque ocorreu às 15:00 horas, quando o telhado verde registrou 28,1 °C contra 30,3 °C do cerâmico, redução expressiva de 2,2 °C. Após esse pico, o resfriamento do telhado verde foi mais gradual.

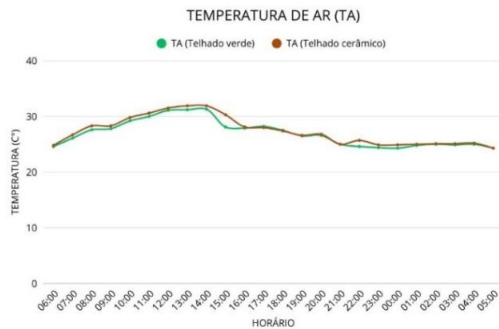
Às 06:00 horas, conforme a figura 12, a Temperatura do Globo Preto (TG) foi de 23,7 °C no telhado verde e 24,2 °C no telhado cerâmico. Entre 07:00 horas e 14:00 horas, ambos aqueceram gradualmente, com pico às 14:00 horas: 32,0 °C no verde e 32,9 °C no cerâmico. A maior diferença ocorreu às 12:00 horas, com 31,3 °C no telhado verde e 32,6 °C no cerâmico, redução de 1,3 °C, confirmando maior eficiência térmica do telhado verde.

Entre 07:00 horas e 14:00 horas, as diferenças se ampliaram, destacando-se às 08:00 horas, quando o cerâmico atingiu 25,6 °C e o verde 24,1 °C. O pico ocorreu às 14:00 horas, com 26,9 °C no cerâmico e 26,2 °C no verde. Em síntese, o telhado verde reduziu até 1,5 °C, oferecendo melhor conforto térmico diurno.

Os resultados na figura 14 indicam que a umidade relativa cai até 14 horas, acompanhando o aumento da temperatura. O telhado verde apresentou índices ligeiramente superiores nos períodos quentes e recuperação mais acentuada à tarde. À noite, ambos estabilizaram entre 84% e 89%, com desempenho diurno melhor no verde.

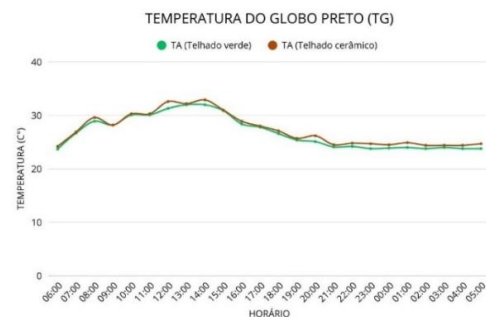


Figura 11 - Dados da temperatura do ar



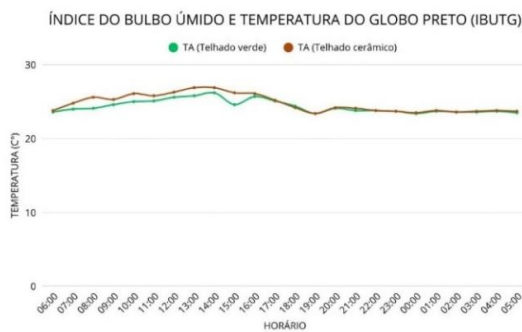
Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Figura 12 - Dados da temperatura de globo preto



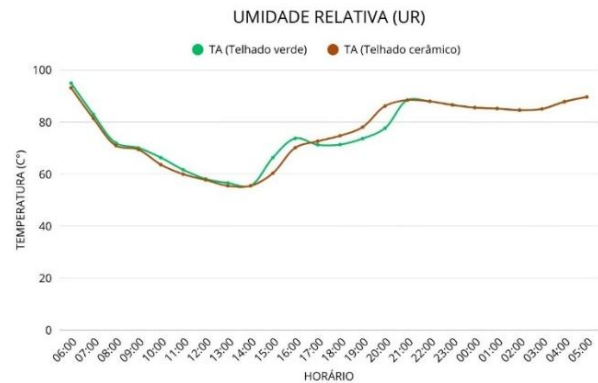
Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Figura 13 - Dados do índice de bulbo úmido e temperatura de globo



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Figura 14 - Dados da umidade relativa



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

RETENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Na segunda etapa, foram avaliados os volumes escoados dos protótipos de telhado e calculados os coeficientes de escoamento. As simulações de chuva, realizadas em condições controladas por três dias consecutivos, permitiram comparar o desempenho médio entre o telhado convencional e o telhado verde, conforme apresentado nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Avaliação de retenção de águas pluviais do telhado convencional.

AVALIAÇÃO DE RETENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS DO TELHADO CONVENCIONAL			
ENSAIOS	VOLUMES PRECIPITAÇÃO (LITRO)	VOLUME DE ÁGUA ESCOADO (LITROS)	VOLUME DE ÁGUA RETIDO (LITROS)
1º Ensaio	18	17	1
2º Ensaio	18	16,7	1,3
3º Ensaio	18	16,5	1,5
MÉDIA	18	16,7	1,3

Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Tabela 2. Avaliação de retenção de águas pluviais do telhado verde.

AVALIAÇÃO DE RETENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS DO TELHADO VERDE			
ENSAIOS	VOLUMES PRECIPITAÇÃO (LITRO)	VOLUME DE ÁGUA ESCOADO (LITROS)	VOLUME DE ÁGUA RETIDO (LITROS)
1º Ensaio	18	8	10
2º Ensaio	18	7,7	10,3
3º Ensaio	18	9,1	8,9
MÉDIA	18	8,3	9,7

Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Nos ensaios de retenção, avaliou-se a qualidade da água escoada. No telhado verde, mesmo com filtro artesanal, apresentou coloração escura devido ao substrato e drenagem. No telhado convencional, a água mostrou aspecto mais claro, evidenciado na figura 15.

Figura 15 – Qualidade da água (1) ao telhado verde e (2) ao telhado convencional.



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Os ensaios de retenção realizados às 22 horas, com precipitação controlada de 18 L por protótipo em três dias, evidenciam contraste claro entre as coberturas. No telhado convencional, a média de escoado foi 16,7 L e a de retenção 1,3 L.

Logo, o coeficiente de escoamento do telhado convencional é

$$C = \frac{16,7}{18} = 0,93 = (93\%)$$

A eficiência de retenção do telhado convencional é

$$R(\%) = \frac{1,3}{18} = 7,2\%$$

No telhado verde, a média de escoado foi 8,3 L e a de retenção 9,7 L; portanto

o coeficiente de escoamento do telhado verde é

$$C = \frac{8,3}{18} = 0,46 = (46\%)$$

A eficiência de retenção do telhado verde é

$$R(\%) = \frac{9,7}{18} = 53,9\%$$

O telhado verde reteve 8,4 L a mais, reduzindo pela metade o escoamento em relação ao convencional. O substrato e as camadas filtrantes promoveram armazenamento e retardamento, enquanto o convencional mostrou-se impermeável.

CUSTOS DOS PROTOTIPOS

Com base nas tabelas de custos levantadas para a execução dos dois protótipos no campus da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), em Araruna-PB, foi possível calcular e comparar de forma direta o investimento necessário em cada sistema de cobertura.

Tabela 3. Custos dos materiais do telhado verde.

CUSTO DOS MATERIAIS DO TELHADO VERDE			
MATERIAL	QUANTIDADE	CUSTO UNITARIO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
Lona Plástica preta (m)	5,00	10,00	50,00
TNT (m)	5,00	5,00	25,00
Argila expandida (m)	85,00	6,00	510,00
Manta de drenagem bidim	4,00	30,00	120,00
Terra vegetal (kg)	36,00	3,50	126,00
Gramma esmeralda (m)	3,00	16,00	48,00
VALOR TOTAL			879,00

Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Tabela 4. Custos dos protótipos residenciais.

VALOR DO PROTÓTIPO RESIDENCIAL			
MATERIAL	QUANTIDADE	CUSTO UNITARIO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
Blocos cerâmicos para alvenaria	300	0,70	210
Areia média (m)	1/2	Concedida pela UEPB	Concedida pela UEPB
Cimento Portland CP II – F-32 (50kg)	2	36,00	72
Telhas cerâmicas – Colonial	140	0,70	98
Caibros de madeira	15	6,00	90
VALOR TOTAL			470,00

Fonte: Elaborada pela autora (2025).

O protótipo com telhado verde apresentou um custo total de R\$ 879,00, considerando todos os insumos necessários à sua montagem. Já o protótipo com telhado convencional, utilizando telhas cerâmicas coloniais, totalizou R\$ 470,00. Essa diferença representa um acréscimo de R\$ 409,00 no custo do telhado verde em relação ao convencional. A comparação direta dos valores evidencia que, enquanto o telhado verde custou R\$ 879,00, o convencional ficou em R\$ 470,00. Isso significa que, para cada R\$ 1,00 investido no telhado convencional, seriam necessários R\$ 1,87 para executar o sistema verde. Esse dado reforça que a decisão pela adoção do telhado verde envolve a análise de custo-benefício, considerando não apenas o valor inicial, mas também as vantagens em longo prazo.

5) CONCLUSÃO

Os resultados demonstram que o telhado verde apresentou desempenho superior ao cerâmico, sobretudo no conforto térmico, reduzindo até 2,2 °C nas horas de maior insolação e garantindo maior estabilidade climática. Também contribuiu para manter níveis mais equilibrados de umidade relativa, favorecendo um microclima interno mais confortável.

Em relação à retenção de águas pluviais, o sistema verde mostrou eficiência de 53,9%, frente a apenas 7,2% do convencional, reduzindo o escoamento superficial e mitigando riscos de enchentes. Apesar do custo inicial maior (R\$ 879,00 contra R\$ 470,00), o investimento adicional se justifica pelos benefícios ambientais e funcionais, como economia de energia, prolongamento da impermeabilização e reaproveitamento de água. Assim, conclui-se que o telhado verde, embora mais oneroso na implantação,

representa uma alternativa sustentável e estratégica, capaz de melhorar o conforto térmico, otimizar a gestão hídrica e promover equilíbrio ambiental.

6) REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. P. C. de; BRITO, G. P. de; SANTOS, S. M. Revisão Histórica dos Telhados Verdes: da Mesopotâmia aos dias atuais. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, [s. l.], v. 2, ed. 1, p. 42-51, 2018.

ARAÚJO, Matheus Henrique de Lima. Conforto Térmico: Estudo de Caso na População do Rio Grande do Norte. Orientador: Profa. Dra. Tásia Moura Cardoso do Vale. 2022. 42 p. Monografia (Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2022.

CARVALHO, Gustavo de Castro. Avaliação de Sistemas de Telhados Verdes: Análise Térmica e Hídrica nos Diferentes Sistemas Cultivados com *Callisia repens*. Orientador: Prof. Dr. Paulo Sergio Tonello. 2018. 117 p. Dissertação (Mestre em Ciências Ambientais) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Sorocaba, 2018.

CHAGAS, G. R. S.; MACEDO, A. S.; CAVALCANTI, A. B.; OGATA, I. S. Conforto Térmico em Protótipos Residenciais de Madeira Utilizando Telhado Verde. In: III CONGRESSO NACIONAL DE CONSTRUÇÕES DE EDIFÍCIOS, 2018, João Pessoa. Anais - Resumos de Trabalhos. João Pessoa: Editora da UFPB, 2018. v. 3. p. 21-29.

COSTA, Mariane Rodrigues. Estudo Comparativo Entre a Telha Cerâmica Paulista e a Telha de Concreto Clássica. Orientador: Prof.a Esp. Laurêmia Soares da Silva. 2017. 71 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Centro Universitário de Formiga - UNIFOR-MG, Formiga, MG, 2017.

FRANCIS, L. F. M.; JENSEN, M. B. Benefits of green roofs: A systematic review of the evidence for three ecosystem services. *Urban Forestry & Urban Greening*, [s. l.], v. 28, p. 167–176, 2017.

MARONEZ, Keity Mariana; CARRARO, Mariana Estela. Análise do Telhado Verde em Relação ao Telhado Convencional Quanto ao Conforto Térmico e Retenção de Água Pluvial. Orientador: Profa. Dra. Dangela Maria Fernandes. 2017. 63 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Gestão Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, PR, 2017.

OLIVEIRA, Sílvia Helena Rêgo de. Telhado Verde: Uma possibilidade Sustentável. Orientador: Prof. Dr. Luiz Alessandro Pinheiro da Camara de Queiroz. 2019. 65 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2019.