

SUBSTITUIÇÃO DE COBERTURAS CONVENCIONAIS POR COBERTURAS SUSTENTÁVEIS

REPLACEMENT OF CONVENTIONAL ROOFS BY SUSTAINABLE ROOFS

Luana de Oliveira Nascimento Matos	Centro Universitário Geraldo di Biase, Volta Redonda/RJ, Brasil nascimentoluana@hotmail.com
Alexandra da Silva Alves	Centro Universitário Geraldo di Biase, Volta Redonda/RJ, Brasil alexandra.engenharia@hotmail.com
Júlio Eduardo Paiva Sena Maia	Centro Universitário Geraldo di Biase, Volta Redonda/RJ, Brasil juliosenamaia@gmail.com
Diogo Dornelas Diogo	Centro Universitário Geraldo di Biase, Volta Redonda/RJ, Brasil juliosenamaia@gmail.com
Resumo	Muitos estudos vêm sendo produzidos a fim de mitigar impactos tanto no processo construtivo, quanto durante fase de utilização da edificação e neste contexto os telhados e coberturas verdes são opções viáveis. As coberturas verdes trazem a resposta a redução das ilhas de calor, proporcionando conforto térmico aos edifícios e sua beleza natural. O fator que aumenta o custo dos telhados verdes, em comparação com os telhados tradicionais, é o peso do sistema que requer uma estrutura mais forte. Desta forma, um modelo de cobertura verde de menor custo e com os mesmos benefícios, também de fácil instalação, seria o ideal. O modelo hexa se encaixa perfeitamente nos parâmetros anteriores. O tereftalato de polietileno, conhecido como PET, também pode ser bastante viável, pois é um material que pode passar pelo processo de fundição e ser moldado várias vezes, entre uma das suas possibilidades as telhas. Analisando os benefícios dessas telhas em comparação aos telhados tradicionais (cerâmicos), temos redução considerável de peso, maior durabilidade e aumento da resistência à umidade. A análise dos dados de projeto e dos custos das telhas individuais apontam que mesmo o telhado de PET apresentando menos peso possui um custo mais alto, no entanto esse custo pode ser reduzido devido ao fato de sua estrutura ser mais leve, redução da pressão sobre o meio ambiente para produção de telhas convencionais e do ganho com a reciclagem.
Palavras-chave	Indicar Sustentabilidade. Coberturas Sustentáveis. Construção.
Abstract	Many studies have been carried out in order to mitigate impacts both in the construction process and during the phase of use of the building. In this context, green roofs and roofs are viable options. Green roofs provide the answer to reducing heat islands, providing thermal comfort to buildings and their natural beauty. The factor that increases the cost of green roofs, compared to traditional roofs, is the weight of the system that requires a stronger structure. In this way, a less expensive green roofing model with the same benefits, also easy to install, would be ideal. The hex model fits perfectly into the previous parameters. Polyethylene terephthalate, also known as PET, can also be quite viable, as a material that can go through the casting process and be molded several times, one of which is tiles. Analyzing the benefits of these tiles in comparison to traditional (ceramic) roofs, we have considerable weight reduction, greater durability and resistance, while still being resistant to humidity. The analysis of design data and the costs of individual tiles indicate that even though the PET roof is lighter, it has a higher cost, however this cost can be reduced due to the fact that its structure is lighter, by reducing the pressure on the roof. environment for the production of conventional tiles and the profit from PET recycling.
Keywords	Sustainability. Sustainable coverage. Construction.
	Licença de Atribuição BY do Creative Commons https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
	Aprovado em 10/06/2023 Publicado em 31/08/2023

1 INTRODUÇÃO

Assim como os avanços tecnológicos das áreas industriais e dos transportes, a construção civil vem avançando e buscando por mudanças de velhos costumes, adaptando-se cada vez mais aos ideais de sustentabilidade. Dentro deste cenário, surgem as telhas ecológicas ou sustentáveis, o telhado de Polietileno Tereftalato (PET) e o telhado verde respectivamente, como uma ótima proposta em substituição as telhas convencionais (cerâmica).

A degradação ambiental nos Centros Urbanos leva a um aumento da área em contato com o sol propiciando a formação das chamadas ilhas de calor, um fenômeno decorrente da exposição direta ao sol de áreas abertas (telhados de fibrocimento e lajes expostas) provocando um calor concentrado que liberado eleva a temperatura local, durante o dia e a noite.

Os materiais usados nas construções retêm muito calor e acabam o transportando para o interior das edificações causando o desconforto térmico que acarreta o aumento do uso contínuo de ar-condicionado e no custo de energia elétrica. O telhado verde é uma ótima alternativa para diminuir as ilhas de calor, uma vez que impede o acúmulo de calor dos telhados convencionais e lajes.

O PET apresenta desvantagens como o uso no mercado de embalagens, pois demora a se decompor e libera toxinas que provocam contaminação. A reciclagem é uma ótima alternativa de descarte de resíduo inadequado, tornando a fabricação de telhas de PET recicladas uma ótima alternativa, pois além da longevidade desse material aplicado em telhas existe ainda mais vantagens como a criação de espaços de convivência que não existiam antes, onde uma área coberta passa a ser um local de convívio familiar, por exemplo, são sem sombra de dúvidas pontos importantes e validadores destas técnicas.

Tais propostas sustentáveis já integram todos os setores de negócios no momento de recessão como o vivido nos dias atuais, fica claro a necessidade de buscar formas e processos que favorecem o meio ambiente e ao mesmo tempo não venham provocar impactos na produtividade construtiva elevando os custos demasiadamente.

Destá forma, o objetivo deste estudo foi de oferecer as ferramentas que demonstrem viabilidade e permitam a comparação entre sistemas alternativos como telhas PET e telhados verdes aos tradicionais telhados cerâmicos e a lajes expostas, mostrando sua importância ambiental e desmistificando a crença de que grandes mudanças são necessárias para incorporação dessas novas tecnologias e como elas podem ajudar a reduzir custos e são de fácil manutenção, bem como contribuir com geração de valor aos empreendimentos, pois quando elas são incorporadas a melhoria dos resultados comerciais sob a óptica de todos os envolvidos (incorporador, construtor, consumidor e sociedade).

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Ilhas de Calor

A superfície do nosso planeta tem sido impactada pelas ações do ser humano e grande parte dessas mudanças é ocasionada pela expansão das cidades sendo observadas em todo o mundo. O movimento migratório das zonas rurais para as urbanas que resulta em um crescimento desordenado das áreas habitadas, logo, em uma redução das áreas. Dados oficiais mostram que houve um aumento significativo na população urbana, com um salto de 30% em 1950 para 55% em 2018. As projeções indicam que essa relação chegará a 68% até o ano de 2050. (UN, 2018)

Devido ao crescimento da urbanização existe um aumento das áreas expostas a incidência direta do Sol, ocasionando o surgimento das ilhas de calor.

Ilha de calor é um fenômeno climático que ocorre a partir da elevação da temperatura de uma área urbana se comparada a uma zona rural, por exemplo. Isso quer dizer que nas cidades, especialmente nas grandes, a temperatura é superior a de áreas periféricas, consolidando literalmente uma ilha (climática). (FREITAS, 2019)

A figura abaixo (figura 1) exemplifica o que ocorre com a temperatura local em função da urbanização do local, ou seja, a formação de uma ilha de calor.-

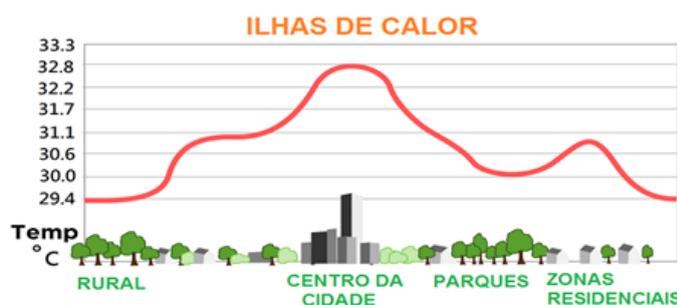


Figura 1: Ilhas de Calor

Fonte: Adaptado de Instituto Claro (2020)

2.1.1 Consumo de energia elétrica devido ao uso de ar condicionado

De acordo com (LARA, 2020) nos meses de calor mais agudos o aumento na conta de energia elétrica que o ar-condicionado traz é de até 50%, o consumo energético dele é correspondente a de um chuveiro elétrico, porém ele é usado por horas. Uma máquina de 12000BTU consome em torno de 25 kWh/mês, isso se permanesse ligado por 1h/dia, se permanesse ligado 4h/dia de acordo com o ambiente poderia chegar ao consumo de 100 kWh/mês, ou seja, uma residência consumiria em torno de 157,9 kWh/mês. Com todas essas informações é encontrado o resultado de 63% a mais do consumo de energia elétrica total mensal, sendo mais da metade e no longo prazo superando o valor investido na substituição.

2.1.2 Sistemas de coberturas

Coberturas são estruturas que tem função de proteger contra intempéries, trazendo aos moradores maior segurança e conforto térmico, logo, devem possuir as seguintes características: Isolamento

acústico, isolamento térmico, impermeáveis e leveza. Funções estéticas também podem ser levadas em consideração como: harmonizar com a linha arquitetônica, textura, cor e as dimensões dos elementos. Sendo que ainda deve ser levado em consideração os custos envolvidos como conservação e durabilidade. (CARBONI, 2015)

Ainda considerando as mudanças que acontecem naturalmente devido a temperatura (até certo limite) não comprometem a estanqueidade devido a sobreposição das telhas, mas há a necessidade de forro e este possui dupla função, a de dar suporte a instalações que venham a ficar sob o telhamento e proporcionar nivelamento do teto. Sem esquecer a correção térmica, pois o ar que fica entre forro e cobertura de telhas reduz a passagem de calor para as áreas de convivência. (GOES, 2015)

2.1.3 Telhas Cerâmicas

De acordo com ZEMAD MADEIRAS (2018) as telhas de cerâmicas são feitas com argila em processo de prensagem ou extrusão, sendo a próxima etapa a queima até chegarem nas exigências da NBR 15310 (2009). Este tipo de telha se destaca pelo conforto térmico, conforto acústico, durabilidade e baixa absorção de água. Ainda possui encaixes precisos para facilitar o alinhamento e, desta forma, não há entrada de água, mesmo com vento.

A telha de cerâmica é popular, além de ser uma das técnicas mais antigas e possuírem um bom custo-benefício. A figura 2 apresenta-se as principais estruturas para a construção correta de um telhado. (ZIEGEL, 2018)

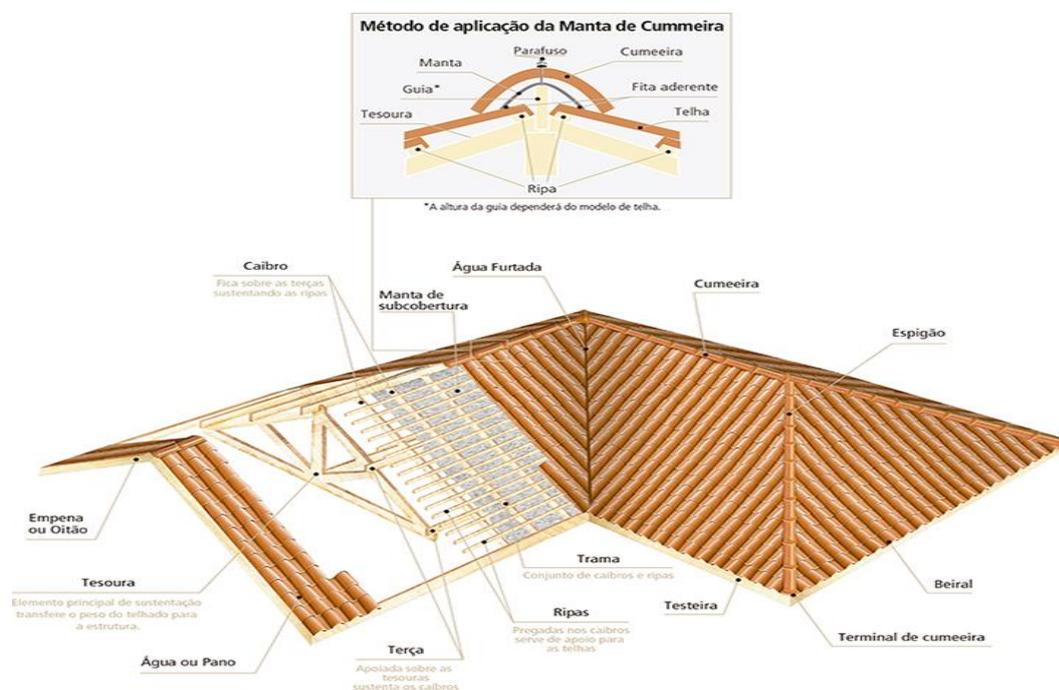


Figura 2: Sistematização Telhado Cerâmico

Fonte: Adaptado de ZIEGEL (2018)

De acordo com ONDULINE (2018) as telhas cerâmicas também têm seus pontos negativos, como a fragilidade, que pode ocasionar quebra de peças gerando infiltração e goteiras no telhado, assim a manutenção deve ser frequente tanto para limpeza como para aplicação de impermeabilizante. É comum que consumidores optem por telha cerâmica por seu baixo custo, mas esquecem de levar em consideração o seu peso e estes fatos levam à necessidade de instalação de estruturas mais resistentes, logo, mais caro será o projeto. Segundo ROSSI (2018) quanto maior a inclinação do telhado, maior será o gasto com a quantidade de madeira na estrutura do telhado.

2.1.3 Polietileno Tereftalato (PET)

O Polietileno Tereftalato (PET) foi desenvolvido pelos químicos WHINFIELD e DICKSON, trata-se de uma mistura de poliéster e polímero termoplástico que não tem alteração em sua base química no aquecimento e na fusão e pode ser reciclado indefinidamente. (SILVA, 2018)

No início da década de 70, o uso do PET tornou-se mais difundido na produção das embalagens e na década de 90 o governo dos EUA deu a permissão para que fossem aplicados também em alimentos (RECICLASAMPA, 2018). De acordo com TEIXEIRA (2019) o lixo é uma adversidade para a sociedade, todo ano são produzidos cerca de 2 bilhões de toneladas de lixo e os produtos que são adquiridos, que possuem esse material, são descartados sem a devida separação, segundo a ONU, em 99 % das vezes, aumentando ainda mais os aterros sanitários e diminuindo os espaços livres.

A iniciativa de reaproveitar garrafas PET é incentivada, pois existem várias áreas para esse reuso, áreas essas que vão dos artesanatos à fabricação de novas embalagens. (SUDEMA, 2022)

De acordo com Associação Brasileira da Indústria de PET, o PET é totalmente reciclável e no Brasil a reciclagem é uma das mais desenvolvidas no mundo devido à sua vasta aplicação. As indústrias brasileiras têm a reciclagem como uma atividade recente, levando ao surgimento de associações e de cooperativas com o incentivo ao descarte correto desse tipo de produto. (ABIPET, 2019)

Para atender às necessidades da construção civil e do desenvolvimento sustentável, cientistas do mundo todo vêm buscando opções ecologicamente corretas para a reutilização do PET que já vem sendo utilizada como insumo alternativo nas construções. (CREA-AL, 2019)

A fabricação de telhas plásticas a partir do reaproveitamento de garrafas, já faz parte do mercado há um bom tempo, segundo AFINKO (2018) e o processo utilizado na modificação do plástico para as mesmas são a extrusão em 62% e a moldagem em injeção em 30%.

GOES (2015) separa a cobertura de PET em dois subsistemas:

- Subsistema 1: A estrutura é de aço, formada por perfis associados e barras redondas. Sua função é receber o carregamento que vem da cobertura plástica, devido ao peso próprio da cobertura e às ações acidentais, sendo distribuídas nos pilares, evitando que sofram deformações permanentes, saiam do lugar excessivamente e que fujam do limite de resistência. Sendo assim, o sistema deverá ser dimensionado em conformidade com o projeto de estrutura;

- Subsistema 2: Forma-se através da associação das telhas produzidas na reciclagem do PET. Em seu esforço sobre o subsistema, deve-se atribuir na fundação o sistema de cobertura, que será dimensionado conforme o projeto da estrutura apresentado na figura 3.

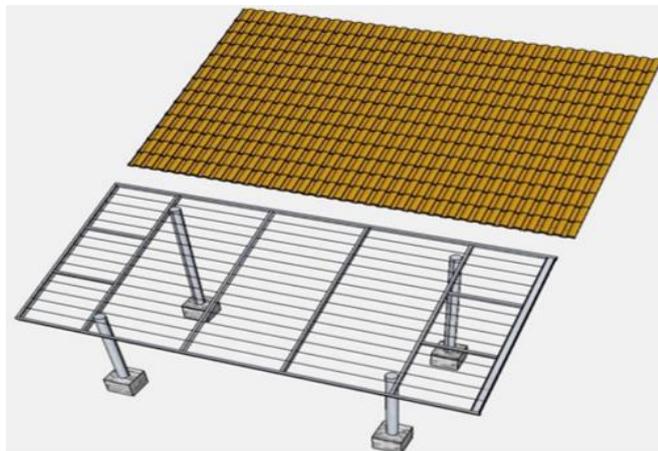


Figura 3: Estrutura para telhado de PET
Fonte: Adaptado de GOES (2015)

2.1.5 Cobertura Verde

Na busca por métodos que proporcionam a sensação de conforto térmico naturalmente encontramos a cobertura verde ou os telhados verdes, como bons representantes, pois são construções sustentáveis e mesmo sendo considerada uma técnica moderna tem origem em quase 600 AC e uma das coberturas verde mais antigas e famosas são os Jardins Suspensos da Babilônia cobrindo uma área de aproximadamente 2.000,0 m². (JESUS, 2018)

Seguindo essa ideia, as coberturas que aplicam este método adquirem um ambiente bem funcional, porque produzem o aumento na umidificação e melhoria do ar, contribuem para uma paisagem e a diminuição das ilhas de calor, além disso proporcionam conforto acústico. As figuras 4A e 4B, tiradas em Chicago/EUA, apresentam fotografias, sendo a primeira a foto normal e a segunda no espectro do infravermelho, respectivamente, demonstrando eficácia da cobertura verde a redução nos pontos quentes em áreas urbanas. (UGREEN, 2019)



Figura 4A – foto convencional.

Figura 4B – foto infravermelho demonstrando a absorção e retenção de calor.

Fonte: Adaptado de UGREEN (2019)

A cobertura verde é diferente do telhado verde, no telhado verde se utiliza toda a superfície em uma só camada de solo continua e sem pavimentação, se assemelhando ao natural, já na cobertura verde a vegetação cresce em recipientes separados e costuma ser pavimentada. De acordo com PECK; CALLAGHAN (1999) existem dois tipos de telhados verdes, os intensivos e os extensivos.

Os telhados verdes intensivos (figura 5A) são aquelas que são acomodadas no formato de jardins abertos a comunidade, segundo UGREEN (2019) aceitam uma grande variedade de plantas sendo mais espesso e demandando muito mais manutenções. Na colocação a grossura mínima exigida é de 20 cm. Um cuidado que deve ser tomado é considerar os cálculos da estrutura, visto que a carga média de edifícios de concreto armado no Brasil é de 300kg/m².

A cobertura verde extensiva não é muito profunda em substratos, contendo plantas de porte menor com o mínimo possível de irrigação e manutenção pelo crescimento demorado e de tamanho baixo. (RODRIGUES; CABRAL, 2020)

Ainda segundo RODRIGUES; CABRAL (2020), existem pesquisas que destacam a combinação entre telhados intensivos e extensivos, chamado de semi-intensivo, sendo este um meio termo das outras coberturas, tornando-se assim a combinação deles como mostra a figura 5B. Num comparativo com a cobertura extensiva, tanto a manutenção quanto o valor se elevam, porém o paisagismo é mais trabalhado aceitando também plantas de portes maiores.

Cada telhado verde é único, podendo até ser uma combinação (Figura 5B) dos dois sistemas, mas em comum isso depende de agentes como: necessidades dos clientes, estimativa de preço, sua localização, capacidade de estrutura e disponibilidade de material e plantas. (RODRIGUES; CABRAL, 2020)



Figura 5A - Cobertura Verde Extensiva

Fonte: Adaptado de SIMBO (2015)



Figura 5B - Cobertura Semi-Intensiva

Fonte: Adaptado de PESSANHA (2017)

Ainda de acordo com a escolha assertiva do telhado, a tabela 1 mostra uma análise comparativa

de componentes e demandas entre as três coberturas, mostrando que cada uma possui sua própria característica.

Tabela 1: Análise comparativa

Itens	Telhado verde intensivo	Telhado verde semi-intensivo	Telhado verde intensivo
Manutenção	Baixo	Periodicamente	Alto
Irriação	Não	Periodicamente	Regularmente
Plantas	Sedum, ervas e gramíneas	Gramas, ervas e arbustos	Gramado, arbustos e árvores
Altura do sistema	60-200 mm	120-150 mm	150-400 mm
Peso	60/150 Kg/m ²	120-200 Kg/m ²	180-550 Kg/m ²
Custos	Baixo	Médio	Alto
Usos	Camada de proteção ecológica	Projetado para ser um telhado verde	Parque igual a um jardim

Fonte: Adaptado Costa (2018)

De acordo com ECOTELHADOS (2013) o modelo hexa é um sistema de cobertura verde modular que além de ter uma aparência contínua e sem emendas é um sistema prático e de fácil transporte e instalação, sendo indicado para lajes planas com o paisagismo definido.

O modelo hexa requer menos manutenção e apresenta os pesos mais baixos, além de ser mais moderno quando se compara com os telhados verdes tradicionais. Sendo que o propósito é a criação de uma cobertura com o mínimo de manutenção possível.

Com um estudo mais criterioso ainda existem outras observações, um exemplo é o limite de 115,0 kg que é informado pelo fabricante ou até mesmo a necessidade do espaço ser determinado, ou seja, a laje que vai ser utilizada como suporte para o telhado verde deve ter dimensões que comportem os módulos, sendo mais específico a estrutura deve se adequar ao sistema construtivo e não o sistema construtivo à estrutura.

De acordo com ECOTELHADOS (2013) o sistema hexa é composto por módulo de plástico reciclado (hexagonal com espessura de 1,5mm sendo que cada peça ocupa uma área de 0,16m², tendo o aproveitamento de 6,25 peças/m², drenagem controlada e retenção de água de 25,0 l/m² para as raízes) Membrana de absorção (fornecida em rolo, composta de tecido, com espessura de 5 mm, largura de 200,0 cm e diversos comprimentos que retém a água e nutrientes das raízes da vegetação) Argila Expandida (arredondado com substrato leve que proporciona baixa carga na base da cobertura e retém águas e nutrientes, ela deve ser expandida substituindo o substrato normal, caso o módulo não tenha grelha como componente) Substrato Leve (composto de materiais orgânicos e sintéticos oriundos da indústria de reciclagem, leve e nutritivo proporcionando baixa carga na base e ótima retenção de água) Forth Gel (composta de copolímero de poliacrilato de potássio adicionado para reter a umidade) e vegetação.

A vegetação utilizada é composta por Gramíneas ou outras, isso é opcional, ela é composta por uma membrana de tecido, fornecida em rolo composta de substrato incorporado e mudas pré-vegetadas de plantas rústicas, com predominância de boldo e gramíneas. Com espessura de 4 mm e dimensões de 75,0 x 220,0 cm e sua finalidade de reter água e nutrientes, além de ser o suporte para a vegetação rústica pré-vegetada. Sua instalação é feita de modo simples, basta seguir as etapas abaixo

apresentados na figura 5: (ECOTELHADOS, 2013)

1. Colocar os módulos encaixando uns aos outros (encaixes macho e fêmea);
2. Em caso de utilização do substrato, colocar a grade Hexa nos Módulos Hexa, para utilização com argila expandida pular para o passo 5;
3. É colocada a membrana de absorção;
4. Colocação do substrato;
5. Quando não utiliza a grade Hexa, preencher o módulo Hexa com argila expandida e uma camada de 1cm de substrato. As laterais também deverão ser preenchidas com argila expandida;
6. Colocação da vegetação.



Figura 6: Camadas do modelo hexa
Fonte: Adaptado de ECOTELHADOS (2013)

A figura 7A e 7B apresentam o sistema sendo implantado e o sistema em fase final de instalação. (INSTITUTO ECOAÇÃO, 2014)



Figura 7A – Instalação do modelo hexa

Figura 7B – instalação em processo de finalização

Fonte: Adaptado de INSTITUTO ECOAÇÃO (2014)

Na construção de uma cobertura verde existem ainda formas alternativas, ou seja, não precisam ser usadas necessariamente técnicas como o modelo hexa ou alguma outra, com um pouco de criatividade é possível construir uma cobertura verde. (INSTITUTO ECOAÇÃO, 2014)

Com a utilização de vasos, vidros e recipientes é possível criar um telhado reunindo a família,

amigos e dispensando custos com mão de obra. Nessa ideia podem ser feitos jardins com árvores pequenas em vasos e até mesmo hortas, conforme figura 8, nesse modelo pode se observar que os vasos foram apenas colocados sobre a laje e permitiu mobilidade das plantas e pode ser feito em tamanhos variados. (INSTITUTO ECOAÇÃO, 2014)



Figura 8: Cobertura verde em vasos
Fonte: Adaptado de VASO & CIA (2023)

3 METODOLOGIA UTILIZADA NA PESQUISA

O trabalho foi produzido com o conhecimento adquirido por meio de associação de fontes de trabalhos e publicações de caráter técnico e científico.

Para fins de comparação a análise foi composta por um método escolhido para cada sistema de cobertura, sendo aplicada em uma residência de 20,0 x15,0 m, com dois quartos, sala, cozinha e um banheiro e área de serviço como mostra a figura 9.



Figura 9: Planta da cobertura proposta
Fonte: Os Autores

Para levantamentos dos custos foram feitas pesquisas em sites de venda online e lojas físicas de materiais de construção e, desta forma, foram obtidos dados sobre os produtos à venda como custos das telhas e materiais para as estruturas. Para a estrutura suporte foi feita uma pesquisa de preço médio para a construção. No telhado de cerâmica e PET escolheu-se a telha romana e para a cobertura verde o modelo hexa.

4 RESULTADOS

Para fazer essa comparação entre os modelos de cobertura foi necessária uma correção no valor da área que é coberta para os telhados de cerâmica e Pet, pois devem possuir uma inclinação para facilitar o escoamento da água, assim sendo, adotou-se a inclinação de 30%. Este novo valor de área foi obtido com a adoção de um fator de correção de 1,044, ou seja, 4,4 % a mais, logo, a área de 300,0 m² passou a ser considerada como 313,2 m².

Para a cobertura com telhas de Pet do tipo romano, com medidas de 41,5 x 22,0 cm e, desta forma, o total de telhas por metro quadrado é de 10,95 telhas, logo, 11,0 telhas/m². Com carga unitária de 0,95 kg e o custo por telha de R\$8,80, teríamos uma carga de 10,45 Kg/m² e um custo de R\$ 96,80/m², logo, uma carga total de 3.272,94 Kg e um custo de R\$ 30.317,00.

Para a cobertura com placas do modelo hexa, que podem ser arranjadas de forma que seja possível

a acomodação de 6,25 placas/m², pois uma placa ocupa 0,16 m², teríamos um total de 1.875,0 placas ao custo de R\$ 19,80 por placa, ou seja, R\$ 37.125,00.

Para uma estimativa de carga deveria ser idealizado um tipo de cobertura, para tal foi eleita a grama esmeralda que possui a massa de 18,0 Kg/m², que somada a capacidade de retenção de 25,0 l/m² ($\rho=1.000,0 \text{ Kg/m}^3$), teríamos 5.637,6 Kg em gramíneas e 7.830,0 Kg de água, totalizando 13.467,6 Kg. Com o custo de R\$ 2,30/m² teríamos R\$ 720,00 para aquisição das gramíneas, logo um total de R\$ 37.845,0. (AGRO GRAMAS, 2019)

A tabela 2 permite uma comparação direta entre os valores acima apresentados.

Tabela 2: Comparativo Modelo HEXA e Pet

Item	Telhado verde (mod. Hexa)	Telhado Pet
Telhas/unidades por m ²	6,25	11
Peso por unidade	0,95 Kg	0,95
Custo por telha/unidade	R\$ 19,80	R\$ 8,80
Massa/m ² (s/ suporte)	43,0 Kg	10,45
Massa total/m ² (s/ suporte)	13.467,6 Kg	3.272,94 Kg
Custo da cobertura (s/ suporte)	R\$ 37.845,0	R\$ 30.317,00

Fonte: Os autores

No telhado de Pet as estruturas de suporte são bem mais simples e fáceis, visto que necessitam aguentar um peso menor. Normalmente é formada por uma abraçadeira de nylon cada telha e estruturas metálicas de Metalon (figura 10) é muito importante lembrar que a mão de obra para telhado cerâmico é especializada para execução.



Figura 9: Estruturas do Telhado com Telhas PET

Fonte: Telhas Leve, 2018

Abaixo é demonstrada a diferença entre os telhados com suas respectivas estruturas e o modelo hexa que dispensa a utilização de suportes (tabela 3).

Tabela 3: Custos ligados ao suporte dos modelos

Item	T. Convencional	Telhado verde		T. de Pet
		Membrana	Imperm.*	
Sistema de Suporte	Madeiramento	Própria Laje	Própria Laje	Estrutura de Aço
Área coberta com inclinação (m ²)	300,00 * 4,4% = 313,20	300,00 * 4,4% = 313,20	300,00 * 4,4% = 313,20	300,00 * 4,4% = 313,20
Custo por m ²	R\$ 70,00	R\$ 0,75	R\$ 2,97*	R\$ 15,00
Custos dos modelos	R\$ 5.600,00	R\$ 38.758,50	R\$ 38.758,50	R\$ 30.317,00
Custo Total do suporte	R\$ 21.924,00	R\$ 234,00	R\$ 930,20	R\$ 4698,00
Custo total final	R\$ 27.524,00	R\$ 38.992,50	R\$ 39.688,70	R\$ 35.015,00

* Impermeabilizante Tecryl D3 Branco balde de 12 Kg com cobertura de 24 m² (0,5 Kg/m²).
<https://www.tudoemconstrucao.com/impermeabilizantes/emulsao-acrilica/impermeabilizante-tecryl-d3-branco?parceiro=4646>.

Fonte: Os Autores

É possível identificar a diferença de R\$ 11.468,00 entre o telhado verde, usando placas hexa com cobertura completa, com membrana e convencional e podemos observar a diferença de R\$ 7.491,00 e o telhado PET e o convencional. Desta forma, mesmo possuindo um custo de praticamente R\$ 11.468,00 a mais sobre o telhado convencional o modelo de placas hexa, que cria um espaço no empreendimento ou no imóvel já existente, espaço este que possui um grande apelo no diz respeito ao meio ambiental e a consciência ecológica. Não podemos deixar de destacar o fato de que atualmente, tanto no diz respeito ao entretenimento (adequação de um ofurô, espaço para os filhos terem a liberdade de brincar estando seguros, por exemplo) esse espaço se encaixe perfeitamente.

É importante para se observar é a mão de obra em telhado cerâmico é especializada, já no modelo hexa essa mão de obra é facilitada, pois pode ser executado por um servente, ajudante ou até mesmo ser uma atividade familiar prazerosa nos dias livres e que a aplicação de plantas ornamentais pode ser substituída por hortaliças, ou seja, plantas comestíveis, podendo expandir o conceito de cobertura verde ao de hortas urbanas, com suas características orgânicas.

Outro ponto muito importante que é a redução das ilhas de calor. Um local com janelas ao lado da cobertura receberia um calor direto e com o uso do modelo hexa passa a possuir proteção térmica das plantas colocadas na cobertura, sem contar o bem-estar que será proporcionado de poder admirar as plantas, algumas áreas antes eram tidas como fora de uso, agora podem ter utilização para atividades de entretenimento e convivência.

Comparando o telhado de Pet com o convencional a diferença é de R\$ 7.491,00 e com facilidade de instalação levando a redução do custo com a mão-de-obra, elevado para os telhados convencionais em virtude do trabalho especializado reduzem ainda mais essa diferença, se é que não deixam o telhado Pet em vantagem financeira. Outro ponto é a redução do peso ao se fazer a

substituição dos suportes de madeira do telhado convencional para metal.

Cabe destacar que as telhas PET apresentam um conjunto de vantagens como: o fato não necessitar de impermeabilizantes, facilidade de limpeza, oferecem conforto térmico e durabilidade. Esses benefícios chamam atenção no cenário de construção civil além de agregar também no cenário ambiental por serem recicladas.

Existem também os custos que serão poupados que ficam ocultos, pois mesmo diante das diferenças de valor em cada telhado ao longo do tempo seriam superadas pelo consumo de energia, como por exemplo o consumo associado ao ar-condicionado, que diante de lares mais frescos o consumo de ar-condicionado cairia drasticamente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A substituição de telhados convencionais por sistemas de cobertura sustentáveis vem seguindo esse conceito sustentabilidade e quebrando tabus, contribuindo com beleza, criação de novos espaços de convivência e conforto térmico. A construção civil demanda por novas tecnologias mais sustentáveis, logo, contribuindo de forma positiva com a problemática ambiental, com o desenvolvimento econômico e social.

No telhado de PET comprovou-se que apresenta durabilidade, leveza, resistência e o conforto térmico. Mesmo que o custo seja elevado e seja um fator determinante na hora de escolher esse sistema, ele é um produto que possui muitos benefícios que superam o seu preço, como a leveza e eventual redução de peso das estruturas de apoio e a longevidade maior destes componentes quando comparado aos materiais convencionais.

Diante de tantos fatores benéficos, percebe-se a possibilidade de obter construções otimizadas com o aumento da sua utilização na construção civil, assim, os telhados feitos de PET ganhariam o mercado facilmente, obteríamos um menor custo associado a responsabilidade ambiental e junto ao fato de que o esquema de construção do telhado PET é bem simples se comparado ao método cerâmico, logo, pode-se utilizar uma mão de obra menos especializada, economizando assim nos custos.

A cobertura verde, com a aplicação dos módulos do modelo hexa, apresenta o valor superior ao sistema tradicional de telhas de cerâmica, ainda pode-se destacar que a utilização dessa tecnologia tem manutenção reduzida. O custo inicial é superior, mas é reduzido comparando ao ciclo de vida da cobertura e estes é um contraponto considerável quando pensamos em substituição de telhados convencionais e sua manutenção, quando equiparada a da cobertura verde e a menor manutenção exigida. Além disso, as camadas da cobertura verde possuem custo mais baixo que o cerâmico, sendo dessa forma viável a sua substituição. A cobertura verde ainda auxiliar na redução dos impactos que o meio ambiente vem sofrendo tanto nas construções que já existem como as novas, podendo ser uma ótima estratégia para ser adotada nos centros urbanos já existentes para redução das ilhas de calor.

Outro ponto favorável as coberturas verdes é a não sobrecarga provocada pelos telhados verdes

tradicionais, pois a aplicação de sistemas como modelo hexa não necessitam de modificações estruturais ou um dimensionamento prévio devido as este problema de carga.

Deve ser considerado que a cobertura verde com placas hexa não, necessariamente, deve cobrir toda a área que antes deveria ser coberta por modelos tradicionais de telhados e telhados Pet, pois a elaboração de desenhos com as placas (jardinagem), aberturas para passagem de pessoas (espaço de convivência) ou ainda a criação de um novo espaço com propósito específico, espaço gourmet ou ainda um espaço para relaxamento com ofurô, ou seja, o valor final ainda cairá mais e o empreendimento ainda terá um valor agregado maior.

Ainda os telhados ecológicos apresentados possuem a vantagem sobre a economia com o ar-condicionado e até mesmo ventiladores, que no longo prazo paga o valor da substituição dos convencionais por eles, por isso é valioso e promissor que se faça o estímulo ao uso dessas tecnologias, para que possamos ter mãos de obra capacitada e com entendimento que foge de conceitos antigos e o principalmente a preocupação com o meio ambiente, buscando construções mais sustentáveis.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15310**: Telhas- Terminologia, requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro ABNT, 2009.

AFINKO. **Como é feito o processamento dos materiais plásticos que utilizamos no dia a dia?**.(2018). Disponível em: <https://afinkopolimeros.com.br/processamento-de-polimeros/>. Acesso em: 03 jul 2021

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PET - ABIPET. **Infográfico Censo** (2019). Disponível em: Disponível em: <https://abipet.org.br/reciclagem>. Acesso em 16/02/2023

CARBONI, M.: **Coberturas. Desenho Arquitetônico I**: UFPR, (2015). Color. Disponível em: <http://www.exatas.ufpr.br>. Acesso em: 29 jun. 2018.

COSTA, S.: **Levantamento de Custo e Benefícios para a Implantação de um Sistema De Telhado Verde na Cobertura Impermeabilizada de uma Edificação Vertical**. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2018

CREA-AL. **Saiba como as garrafas PET estão sendo utilizadas na construção civil**. (2019). Disponível em: <https://www.crea-al.org.br/2019/01/inovacao-e-sustentabilidade-como-as-garrafas-pet-estao-servindo-de-insumo-para-construcao-civil/>. Acesso em: 03 jul 2021

ECOTELHADOS. **Manual do Sistema Hexa**. (2013). Disponível em: <https://ecotelhado.com/wp-content/uploads/2013/09/Manual-e-especificac%CC%A7o%CC%83es-Sistema Hexa.pdf>. Acesso em: 16 out. 2019.

FREITAS, E. de. **Ilha de calor**. (2019). Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/ilha-de-calor.htm> Acesso em: 24 de mai de 2023.

GOES, Lourival Paula. **Estudo do Comportamento Estático de Estrutura Metálica Tracionada para Coberturas com Telhas Plásticas de PET**. (2015). 163 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil). Universidade Federal do Amazonas. Manaus. 2015.

INSTITUTO CLARO. **Os principais problemas ambientais no Brasil (2020)** Disponível em: <https://www.institutoclaro.org.br/educacao/para-ensinar/planos-de-aula/os-principais-problemas-ambientais-no-brasil/> Acesso em: 20 mai 2023

INSTITUTO ECOAÇÃO. **10 medidas que podem tornar sua casa mais sustentável.** (2014). Disponível em: <http://institutoecoacao.blogspot.com/2014/09/10-medidas-que-podem-tornar-sua-casa.html>. Acesso em: 20 set. 2019.

JESUS, L.: **Telhado Verde** (2018). Disponível em: https://www2.ufrb.edu.br/bcet/components/com_chronoforms5/chronoforms/uploads/tcc/20190604193523_2017.2_TCC_Laina_Maria_Santana_De_Jesus_Telhado_Verde_Reviso_Bibliografica.pdf Acesso em: 25 mai 2023

LARA, R.: **Ar-condicionado aumenta muito a conta de luz; veja se vale a pena para você** (2020) Disponível em: <https://www.uol.com.br/tilt/noticias/redacao/2020/10/01/ar-condicionado-aumenta-muito-a-conta-de-luz-veja-se-vale-a-pena-para-voce.htm> Acesso em: 16 jun 2023.

ONDULINE. Coberturas Leves. **Tipos de Telhas de Cerâmica para não errar no Telhado.** (2019). Disponível em: <https://www.coberturasleves.com.br/6-principais-tipos-de-telhas-de-ceramica-para-nao-errar-no-telhado/> Acesso em: 12 set. 2019.

PECK, S. W.; CALLAGHAN, C. **Greenbacks from green roofs: forging a new industry in Canada.** (1999, p. 12- 13). Disponível em: <https://commons.bcit.ca/greenroof/> Acesso em: 30 mar. 2019.

PESSANHA, L. B. **Proposta de implantação de um sistema de telhado verde extensivo utilizando a técnica de wetland, na Escola Politécnica - UFRJ.** Universidade Federal do Rio de Janeiro (2017). Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10019366.pdf>. Acesso em: 03 jul 2021

RECICLA SAMPA. **Tudo que nunca te contaram sobre reciclagem de garrafa pet.** (2018) Disponível em: <https://www.reciclasampa.com.br/artigo/tudo-que-nunca-te-contaram-sobre-reciclagem-de-garrafa-pet>. Acesso em: 05 jul 2021

ROCHA, E. R. da. **A Viabilidade Econômica Sustentável do Bloco Concreto com Garrafa PET.** (2017). Disponível em: <https://riuni.unisul.br/> Acesso em: 21 jul. 2018.

RODRIGUES, B. V.; CABRAL, R. P. S. **Telhado verde: Análise comparativa entre telhado verde e telhas de fibrocimento.** Faculdade Evangélica de Goianésia (2020). Disponível em: http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/17013/1/10_2020_2%20BRUNO_RAFAELA.pdf. Acesso em 05 jul 2021.

ROSSI, F. **Telhas Cerâmicas: Tipos e Características, passo a passo.**(2018) Disponível em: <https://pedreiro.com.br/telhas-ceramicas-tipos-e-caracteristicas-passo-a-passo/>. Acesso em: 15 set. 2019.

SILVA, C.: **Glicólise de PET Pós-Consumo Catalisada por Líquidos Iônicos: Estudo bibliográfico e exploratório** (2018) Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/7324/1/Carlos%20Vinicius%20Guimar%C3%A3es.pdf> Acesso em: 28 mai 2023

SIMBO. Telhado verde é opção sustentável e funcional para casas e coberturas. (2015, p. 1). Disponível em: <http://www.simbo.com.br/blog/telhado-verde-opcao-sustentavel-e-funcional/>. Acesso em: 05 jul 2021

SUDEMA. Reutilização de garrafas PET ajudam a proteger o meio ambiente; saiba como (2022) Disponível em: <https://sudema.pb.gov.br/noticias/reutilizacao-de-garrafas-pet-ajudam-a-protger-o-meio-ambiente-saiba-como> Acesso em: 16 jun 2023

TEIXEIRA, A. A. A utilização de garrafa pet como material geossintético: Vantagens e desvantagens. Universidade Federal da Paraíba (2019). Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/16995/1/AMAT24092019.pdf>. Acesso em: 05 jun 2021

TELHAS LEVE. Portifório de produtos e serviços realizados. (2018). Disponível em: https://telhasleve.com.br/?page_id=4364&paged=4. Acesso em: 02 jul 2021

TOP TELHA. Catálogo técnico. (2020). Disponível em: http://toptelha.com.br/v2/downloads/TopTelha_CatalogoTecnico.pdf. Acesso em: 04 jul 2021.

UGREEN. Telhado verde: Uma estratégia com vantagens diversas. (2019) Disponível em: <https://www.ugreen.com.br/telhado-verde/>. Acesso em: 05 jul 2021

UN Report, 2018: **World Urbanization Prospect, the 2018 Revision.** Disponível em: <https://population.un.org/wup/publications/files/WUP2018-REPORT.pdf>. Acessado em: fevereiro de 2021.

VASO E CIA. Preparando sua jardineira. (2023). Disponível em: <http://www.vasoecia.com.br/preparando-sua-jardineira/> Acesso em: 20 set. 2023.

ZEMAD MADEIRAS. Como é Produzida a Telha de Cerâmica. (2019). Disponível em: <http://www.zemad.com.br/como-e-produzida-as-telhas-de-ceramica/>. Acesso em 15 set. 2019.

ZIEGEL. Conhecendo seu telhado. (2018). Disponível em: ziegel.com.br/site/conhecendo-seu-telhado. Acessado em: 15 ago. 2019.

Luana de Oliveira Nascimento Matos

Possui graduação em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Geraldo di Biase (2020), pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Faculdade Unyleya (2022)

Alexandra da Silva Alves

Possui graduação em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Geraldo di Biase (2020), pós-graduação em Gestão de Obras na Construção Civil pela Faculdade Metropolitana (2022)

Júlio Cesar de Paiva Sena Maia

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (1997), mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2002) e Doutorado em Ciências pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2016). Atua como professor do Centro Universitário Geraldo Di Biase nas cadeiras de hidráulica, fenômenos de transporte, máquinas de fluxo e mecânica dos fluidos. Na área industrial como engenheiro químico responsável por projetos de estações de tratamento de efluentes industriais (ETEI), processos de tratamento de resíduos industriais e pelo tratamento e valorização de resíduos sólidos de atividades comerciais e industriais.

Diego Dornelas Diogo

Possui graduação em química (Licenciatura e Bacharelado) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ - 2008), mestrado em química pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ - 2011). Atualmente é Professor do Centro Universitário Geraldo di Biase (UGB)