

Estudo de caso para aplicação de telhado verde como cobertura sustentável ao Bloco CETTAL da Universidade do Sul de Santa Catarina

Case study for applying green roof as a sustainable cover to the CETTAL Building of the Universidade do Sul de Santa Catarina

Fernanda de Oliveira Dozol Lopes, especialista, professora no departamento de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL (orientadora)
fernanda.dozol@unisul.br

João Vitório Dagostin, acadêmico de Engenharia Civil na Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL
joao.dagostin@unisul.br

Joelma dos Santos, acadêmica de Engenharia Civil na Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL
joelma.santos@unisul.br

Resumo

O presente artigo tem por objetivo apresentar a análise técnica e econômica para a implantação de uma cobertura vegetal no Bloco CETTAL da Universidade do Sul de Santa Catarina, como parte do projeto de reforma e revitalização sustentável proposto à edificação. A aplicação de telhado verde como alternativa sustentável de cobertura para edificações, quando corretamente executado, apresenta vantagens relevantes em relação ao sistema tradicional, tal como a garantia de maior conforto térmico e acústico, redução de ilhas de calor locais, melhora do microclima local, além de proporcionar um maior atributo arquitetônico ao empreendimento. Por se tratar de uma edificação educacional, ao incorporar tais práticas sustentáveis às suas instalações físicas, a Universidade além de reduzir os gastos de utilização referente à climatização de ambientes, ainda proporcionará maior consciência coletiva na comunidade a qual pertence, devido ao caráter ecológico das soluções abordadas.

Palavras-chave: Cobertura vegetal; Cobertura verde; Sustentabilidade.

Abstract

This article aims to present the technical and economic analysis for the implementation of a vegetation cover in the CETTAL Building of the Universidade do Sul de Santa Catarina, as part of the reform and sustainable revitalization proposed for the building. The application of green roof as a sustainable alternative to cover buildings, when properly executed, presents relevant advantages compared to the traditional system, such as to guarantee thermal and acoustic comfort, reduction of local heat islands, improves the local microclimate, in addition to providing a greater architectural attribute to the enterprise. Because it is an educational building, by incorporating such sustainable practices at their facilities, the University, in addition to reducing usage costs related to ambient air conditioning, will also provide greater collective awareness in the community to which it belongs, due to the ecological character of the solutions addressed.

Keywords: Vegetation cover; Green roof; Sustainability.

1. Introdução

O Bloco CETTAL (Centro de Tecnologia Alimentar) da Universidade do Sul de Santa Catarina, localiza-se na Rua Padre Dionísio da Cunha Laudt, no Bairro Dehon, município de Tubarão/SC. Sua construção data ao final da década de 80, sendo concebido a princípio como um projeto básico de seis laboratórios, que se tornaram salas de aula para os cursos de graduação. Diante da constante oferta de ensino, o espaço físico acabou sendo ampliado a partir de 2001, não sofrendo nenhuma intervenção de grande porte desde então. Atualmente o bloco CETTAL abriga majoritariamente os cursos de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Matemática, Agronomia, Comunicação Social e áreas do conhecimento correlatas da Instituição de Ensino.

Atualmente esta edificação conta com parte da cobertura em telhas metálicas (na área de ampliação). Nas demais áreas, no projeto original da década de 80, a cobertura do prédio é composta por um conjunto de laje impermeabilizada para conter uma lâmina d'água. Acredita-se que esta solução foi considerada a princípio com o propósito alternativo de contribuir para o conforto térmico no interior da edificação através de um processo simples e de custo relativamente baixo, embora a manutenção do sistema de massa d'água sobre a laje não seja totalmente prática.

Além dos problemas causados pela falta de manutenção periódica de reaplicação da impermeabilização e desobstrução dos sistemas de drenagem, causando goteiras em certas épocas, a utilização da lâmina d'água na cobertura propicia a proliferação de mosquitos, principalmente durante os meses de verão. Do ponto de vista arquitetônico, esta solução também não se apresenta de maneira muito eficiente, afinal não contribui esteticamente para a arquitetura local. Na imagem da figura 1 é possível identificar na planta de cobertura da edificação as áreas que utilizam atualmente este sistema alternativo com lâmina d'água no prédio em questão.

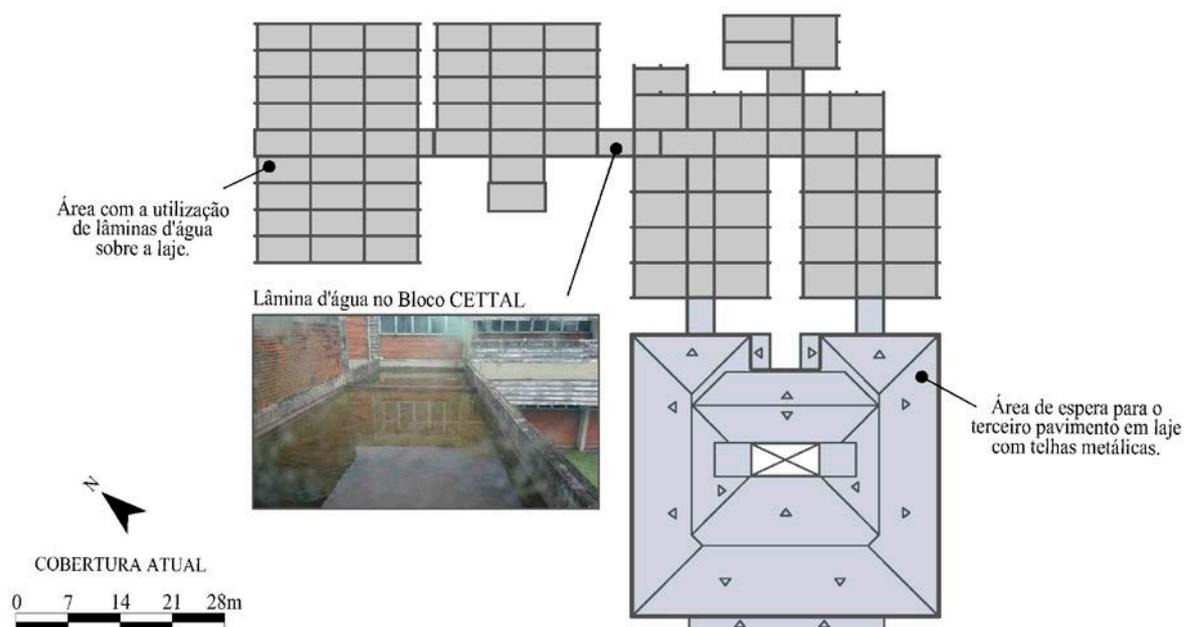


Figura 1: Cobertura atual do Bloco CETTAL. Fonte: Modificado de acervo pessoal da UNISUL e arquivo pessoal dos autores (2018).

Como parte do Trabalho de Conclusão de Curso, os autores propuseram à Instituição de Ensino um projeto de reforma e revitalização sustentável para o Bloco CETTAL. Uma das soluções apresentadas consistiu na introdução de cobertura vegetal à edificação, como forma de garantir o conforto térmico e acústico dos usuários, bem como garantir a melhora do microclima local e incentivo estético das instalações, substituindo as atuais lâminas d'água por um sistema mais eficiente. A planta de cobertura do projeto de intervenção na figura 2 ilustra as áreas propostas com esta prática da arquitetura sustentável.

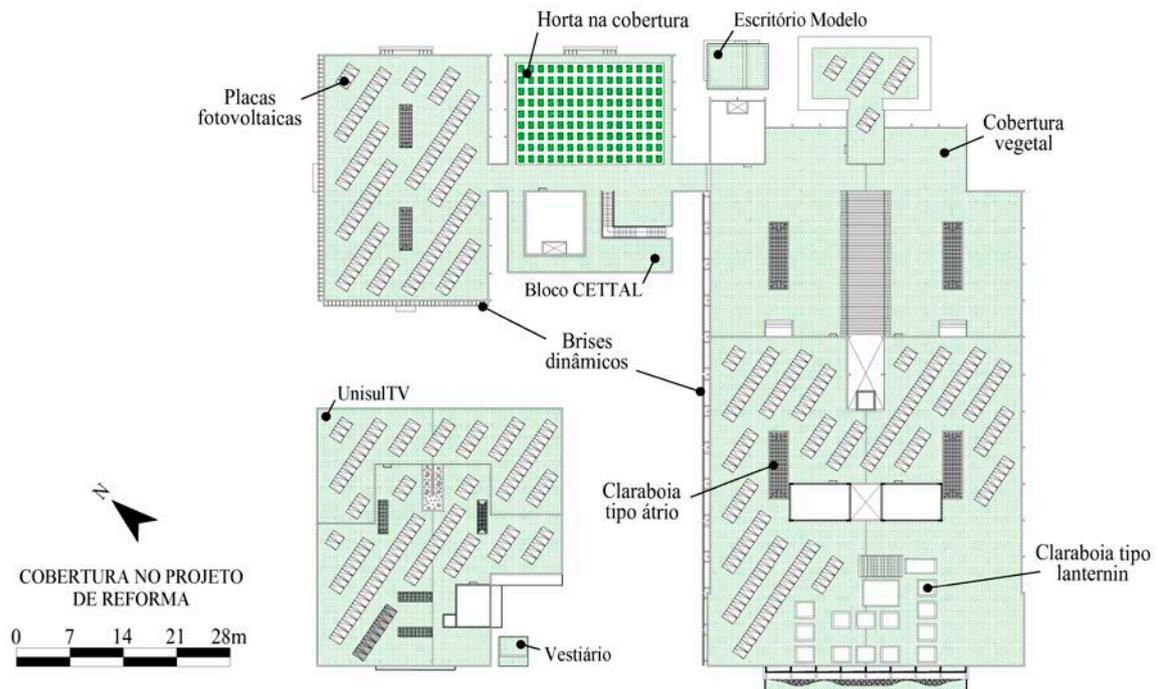


Figura 2: Planta de cobertura da proposta de reforma para o Bloco CETTAL. Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Aliado à cobertura vegetal, em projeto foram sugeridos elementos adicionais visando a sustentabilidade, tal como a inserção de placas fotovoltaicas, conforme estudos prévios de Souza (2018) e Pereira (2018) para a edificação em questão, sendo constatado a necessidade de 762 painéis fotovoltaicos com 320W para atender 100% do consumo interno do empreendimento, dada a eficácia do sistema, sendo possível atingir o *payback* em aproximadamente 12 anos. Foram propostos, adicionalmente, o uso de brises dinâmicos, claraboias com vidros difusores, captação e reuso de água pluvial e água cinza, utilização de horta vegetal comunitária, entre outras diretrizes. A figura 3 representa a planta humanizada da edificação com algumas das soluções citadas, conforme projeto.



Figura 3: Planta humanizada abrangendo parte da proposta de reforma para o Bloco CETTAL.
Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Este artigo visa, portanto, complementar a proposta ao realizar uma análise técnica e orçamentária da aplicação do telhado verde como cobertura ao Bloco CETTAL, de forma a conduzir a edificação aos parâmetros da construção moderna, através da aplicação paulatina de elementos sustentáveis ao empreendimento, através do processo de *retrofit*.

2. Revisão de literatura

Os telhados verdes são alternativas viáveis no sentido de retardar o escoamento superficial da água pluvial e melhorar a performance energética das edificações. Como benefícios adicionais da utilização desta solução destaca-se a redução das ilhas de calor, redução do coeficiente de *runoff* para a área de telhado, otimização da biodiversidade, limpeza do ar (por processo de fotossíntese, pelas plantas da cobertura vegetal), e redução da variação de temperatura interna da edificação, pelas camadas que compõem o sistema. Estudos científicos comprovam que a adoção de telhados verdes como coberturas em edificações possibilita a redução do microclima em 1,1°C e 2,0°C, causando uma sensação de menor temperatura aos usuários entre 0,4°C e 0,7°C. (CASCONI, CATANIA, *et al.*, 2018).

“A introdução de plantas e solo às superfícies inutilizadas dos telhados são geralmente caracterizadas com uma estratégia de grande valia para transformar as edificações em espaços mais sustentáveis.” (VIJAYARAGHAVAN, 2016, p. 741, tradução nossa). De acordo com o autor, além das características citadas, os telhados verdes também contribuem acusticamente para o empreendimento, possibilitando a redução da transmissão do ruído externo ao atuar como uma espécie de manta acústica.

Esta solução arquitetônica de cobertura permite que no verão os efeitos da zona de calor sejam minimizados, enquanto no inverno age como uma espécie de manta térmica isolante, mantendo a edificação aquecida. Cabe ressaltar que esta solução baseada em telhados verdes, do ponto de vista técnico pode apresentar fortes manifestações patológicas caso não executadas corretamente, ou caso não se dê a devida manutenção periódica. É importante que seja realizada impermeabilização da laje (uso de manta asfáltica, por exemplo) e a utilização de membranas antirraízes para que o sistema de drenagem do telhado e a laje não sejam comprometidos pela vegetação. (SILVA e DUARTE, 2017).

Os telhados verdes, de acordo com Silva e Duarte (2017), apresentam benefícios estéticos e terapêuticos (proporcionando conforto e bem-estar aos usuários), promovem benefícios ecológicos (melhorando a qualidade do ar e proporcionando maior área de renovação do ar), e podem ser classificados em três formas:

- a) extensivos: de baixo custo e pouca capacidade de carga (80 a 150kg/m²), neste modelo de telhado as plantas costumam ser simples e de crescimento natural, com espessura de substrato de 10cm;
- b) intensivos: são coberturas acessíveis e multifuncionais, sendo geralmente utilizadas para fins de ajardinamento. A capacidade de carga varia entre 180 e 500kg/m² e a camada de substrato necessita estar entre 15 e 40cm, em função do porte maior das plantas;
- c) semiextensivo: reúne ambas as características citadas, no entanto apresenta qualidade inferior e requer maior nível de manutenção, possuindo uma capacidade de carga de 120 a 200kg/m² e com utilização de substrato médio de 12 a 25cm. Neste tipo de telhado verde, geralmente não há uma maior preocupação com a questão estética.

O uso de telhados verdes pode ser considerado uma alternativa de “cobertura fria”, conseguindo evitar a incidência direta de radiação solar sobre o teto da edificação. Na utilização de coberturas frias, a necessidade de resfriamento da edificação e o consumo energético acaba sendo reduzido. Mesmo nos meses frios, as coberturas frias são interessantes, pois a redução de ganhos térmicos no inverno é muito inferior à que ocorre no verão. (KEELER e BURKE, 2010).

As coberturas verdes também agem como coberturas frias. Elas oferecem vantagens adicionais, como a retenção de águas pluviais e a criação de um habitat alternativo para pássaros e animais pequenos. Até pouco tempo atrás, essas coberturas costumavam ter mais de 30 cm de espessura além da laje, recebendo sistemas de paisagismo convencionais. As novas coberturas verdes são mais leves e podem ser incorporadas a praticamente qualquer edificação. (KEELER e BURKE, 2010, p. 155).

A estrutura de um telhado verde usualmente é realizada sobre uma estrutura de laje impermeabilizada (ou com adoção de membrada a prova d'água), seguido por membranas antirraízes para proteção da impermeabilização e respectiva estrutura. Para proporcionar o escoamento da água infiltrada pela camada de substrato, o telhado verde conta com um sistema de drenagem em argila expandida, brita ou seixo, bem como uma proteção mecânica em fôrmas de plástico com reentrâncias para captação de água, caso o sistema de drenagem fique sobrecarregado em função de altas precipitações. O filtro acima da drenagem tem por função permitir apenas a passagem de líquidos, evitando que o substrato seja carregado pela água e causando o preenchimento dos vazios que permitem a passagem de água no sistema

de drenagem. A camada de substrato requer uma atenção especial em função do solo a ser utilizado, haja vista que cada espécie de vegetação necessita de solos específicos. No entanto, é necessário que o solo utilizado não se compacte pelo peso próprio prejudicando a permeabilidade, sendo preferível um solo com menor teor de argila. Por fim, a escolha da camada de vegetação depende do clima e espessura/tipo do substrato. Usualmente opta-se pela vegetação com menores níveis de manutenção, tal como gramas ou herbáceas. (SILVA e DUARTE, 2017). O desenho esquemático de um telhado verde pode ser encontrado na figura 4.

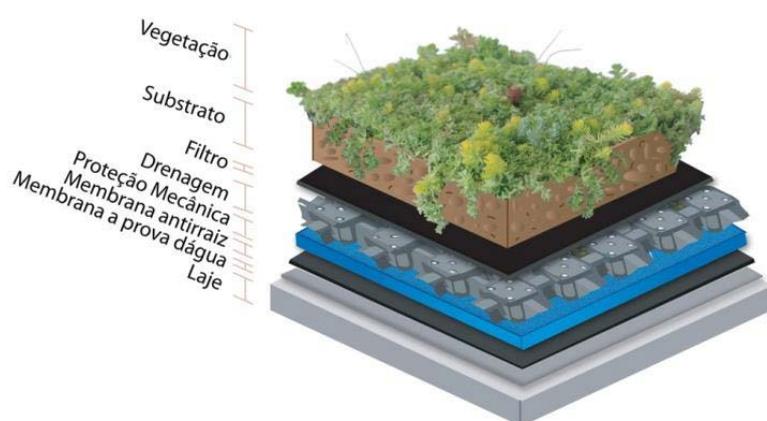


Figura 4: Composição do telhado verde. Fonte: Silva e Duarte (2017, p. 39).

Desta forma, o uso de coberturas verdes torna-se interessante no sentido de promover suporte ao conforto ambiental dos usuários, contribuindo para com a paisagem local e possibilitando uma série de vantagens adicionais ao ambiente em uso, a um custo relativamente baixo de manutenção.

3. Resultados e discussões

De acordo com a proposta de reforma, desenvolvida a nível de anteprojeto para análise das diferentes disciplinas que permeiam o projeto da obra, a área representativa da edificação a que se propõe a adoção de cobertura vegetal é de 5.534,02m², conforme pode ser verificado na tabela 1.

Local com telhado verde proposto	Área de cobertura vegetal (m ²)
Bloco CETTAL (área 01)	1.888,27 m ²
Bloco CETTAL (área 02)	1.590,43 m ²
Bloco UnisulTV (expansão do CETTAL)	902,19 m ²
Escritório Modelo de Engenharia Civil e Arquitetura	50,10 m ²
Vestiário para área de bicicletário	15,75 m ²
Estrutura fotovoltaica com telhado verde para estacionamento	1.187,28 m ²
Área total (m²):	5.534,02 m²

Tabela 1: Área de cobertura vegetal na proposta de reforma para o Bloco CETTAL. Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Devido ao fato de parte da edificação contar com vigas invertidas (Bloco CETTAL, área 01), durante o projeto optou-se por desenvolver uma estrutura adicional para dar suporte ao telhado verde, de forma que não houvesse separação física entre a cobertura vegetal pelas vigas salientes. Para tal, foi considerado a utilização de perfis metálicos e placas de apoio, similar ao modelo *light steel frame* para dar suporte aos elementos da cobertura verde, e evitar o aumento significativo das cargas de peso próprio da edificação.

Além da utilização deste sistema de cobertura para a edificação, o mesmo foi utilizado também para o topo da estrutura fotovoltaica destinado à área de estacionamento (figura 5). Este ambiente foi projetado com dupla função: servir como espaço coberto para o estacionamento e possibilitar um plano para instalação de placas fotovoltaicas em sua superfície, otimizando a área de instalação. A adoção de uma cobertura vegetal nesta estrutura visa aprimorar o microclima local e possibilitar um maior rendimento das placas fotovoltaicas, conforme verificado por Melo Filho e Matos (2018), em que a união dos dois elementos representa um aumento de 8,3% na produção de energia pelas referidas placas fotovoltaicas.

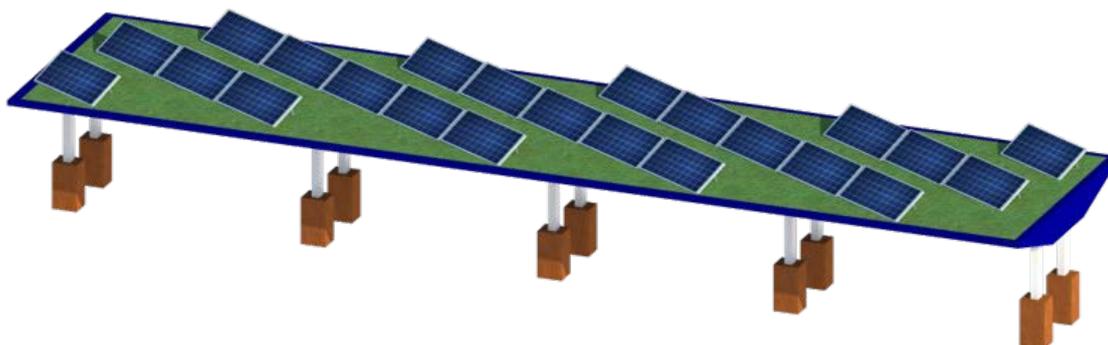


Figura 5: Estrutura fotovoltaica para estacionamento. Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Como estrutura básica para execução e composição orçamentária do telhado vegetal extensivo, ficou definido a representação, conforme apresentado na figura 6.

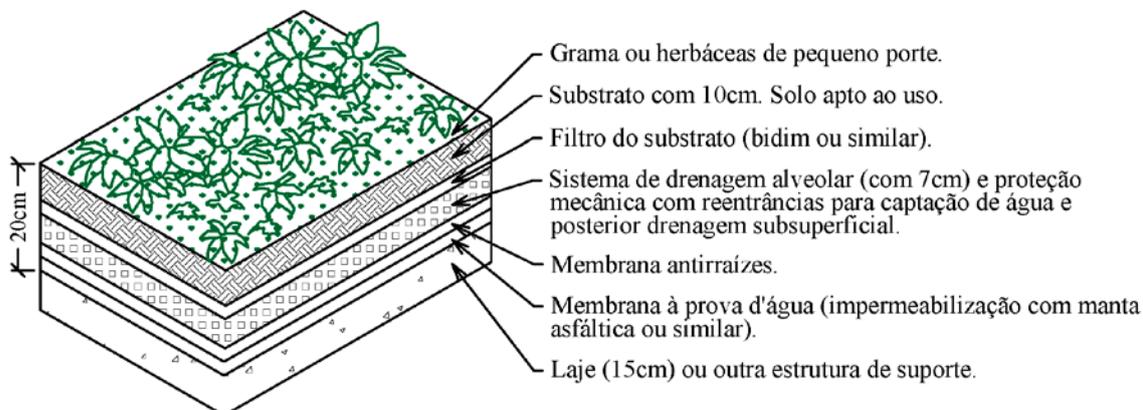


Figura 6: Composição básica inicial da cobertura vegetal proposta. Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Considerando como índice de preços a tabela de preços SINAPI, da Caixa Econômica Federal para a região de Florianópolis, tendo como mês de referência abril de 2017, o custo de execução da proposta de telhado verde para a reforma, desconsiderando o BDI e os custos com mão de obra, os custos materiais para a adoção do telhado verde nas áreas indicadas pelo projeto podem ser apresentados conforme descrito na tabela 2.

	Quantidade	Und.	Custo Unitário médio	Und.	Custo total
Bloco CETTAL (área 01) com 1.888,27m² de cobertura vegetal					
Execução de estrutura adicional para posicionamento do telhado vegetal acima das vigas invertidas	1.888,27	m ²	R\$ 53,52	/m ²	R\$ 101.060,21
Impermeabilização com membrana à prova d'água	1.888,27	m ²	R\$ 25,36	/m ²	R\$ 47.886,53
Aplicação de membrana antirraízes	1.888,27	m ²	R\$ 14,86	/m ²	R\$ 28.059,69
Aplicação de sistema de drenagem alveolar	132,18	m ³	R\$ 98,14	/m ³	R\$ 12.972,04
Filtro do substrato (bidim ou similar)	1.888,27	m ²	R\$ 11,26	/m ²	R\$ 21.261,92
Substrato (solo apto ao uso)	188,83	m ³	R\$ 90,00	/m ³	R\$ 16.994,43
Aplicação de grama para cobertura vegetal	1.888,27	m ²	R\$ 4,99	/m ²	R\$ 9.422,47
Bloco CETTAL (área 02), Bloco UnisulTV, Escritório Modelo de Engenharia Civil e Arquitetura, vestiário no bicicletário e estrutura fotovoltaica com telhado verde para estacionamento (totalizando 3.745,75m² de cobertura vegetal)					
Impermeabilização com membrana à prova d'água	3.745,75	m ²	R\$ 25,36	/m ²	R\$ 94.992,22
Aplicação de membrana antirraízes	3.745,75	m ²	R\$ 14,86	/m ²	R\$ 55.661,85
Aplicação de sistema de drenagem alveolar	262,20	m ³	R\$ 98,14	/m ³	R\$ 25.732,55
Filtro do substrato (bidim ou similar)	3.745,75	m ²	R\$ 11,26	/m ²	R\$ 42.177,15
Substrato (solo apto ao uso)	374,58	m ³	R\$ 90,00	/m ³	R\$ 33.711,75
Aplicação de grama para cobertura vegetal	3.745,75	m ²	R\$ 4,99	/m ²	R\$ 18.691,29
Total relativo ao orçamento de materiais					R\$ 508.624,09

Tabela 2: Tabela orçamentária de execução da cobertura verde. Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Desta forma, verifica-se que o custo total para instalação com materiais gira em torno de R\$ 508.624,09 para a aplicação do telhado vegetal em toda a área proposta, equivalendo em média a um investimento de R\$ 90,28 por metro quadrado do espaço de cobertura. O custo relativo à mão de obra, no entanto, não está aplicado sobre o montante apresentado.

Em relação a eficiência energética da cobertura vegetal (tabela 3), quando comparado com a atual lâmina de água e laje sem elementos adicionais em prol do conforto térmico-acústico do usuário (tabelas 4 e 5), percebe-se que o telhado verde apresenta grande vantagem em relação aos demais sistemas analisados, devido ao fato de apresentar menor valor de transmitância térmica (coeficiente U). De acordo com a NBR 15.575-5/2013 (ABNT, 2013), o fator U para telhados na zona bioclimática em que a edificação está localizada deve ser inferior a 2,3 W/m².K.

Telhado verde (U = 1,39 W/m².K)			
Material	Espessura (m)	λ (W/m.K)	R. Térmica
Substrato	0,10	0,90	0,11
Filtro	0,01	0,17	0,06
Proteção mecânica	0,07	0,43	0,16
Membrana antirraízes	0,01	0,20	0,05
Membrana impermeabilizante	0,01	0,23	0,04
Laje	0,15	1,75	0,09

Tabela 3: Fator de transmitância de calor para telhado verde (fator U da NBR 15.575-5, considerando R_{si} 0,17 (m².K)/W e R_{se} 0,04 (m².K)/W). Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Cobertura com lâmina d'água (U = 1,98 W/m².K)			
Material	Espessura (m)	λ (W/m.K)	R. Térmica
Lâmina d'água	0,10	0,60	0,17
Membrana impermeabilizante	0,01	0,23	0,04
Laje	0,15	1,75	0,09

Tabela 4: Fator de transmitância de calor para cobertura com lâmina d'água (fator U da NBR 15.575-5, considerando R_{si} 0,17 (m².K)/W e R_{se} 0,04 (m².K)/W). Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Cobertura sem proteção térmica (U = 3,38 W/m².K)			
Material	Espessura (m)	λ (W/m.K)	R. Térmica
Laje	0,15	1,75	0,09

Tabela 5: Fator de transmitância de calor para cobertura sem proteção térmica adicional (fator U da NBR 15.575-5, considerando R_{si} 0,17 (m².K)/W e R_{se} 0,04 (m².K)/W). Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Em comparação direta do índice físico de transmitância de calor (valor U), percebe-se a melhor eficiência energética das coberturas verdes, conforme evidenciado no gráfico 1, em relação às demais configurações apresentadas, afinal quanto menor a transmitância térmica, maior o isolamento contra aquecimento excessivo nos meses de verão e garantia de inércia térmica nos meses de inverno.

Além de o telhado verde contribuir positivamente para o conforto ambiental do usuário, este ainda apresenta vantagens adicionais, ao reduzir a proliferação de insetos (diferente do que acontece atualmente com o uso de lâminas d'água na edificação) e apresenta vantagens adicionais ao permitir a utilização simultânea de placas fotovoltaicas, otimizando a geração de energia sustentável e proporcionando uma redução da temperatura no entorno imediato pelo controle do microclima local.

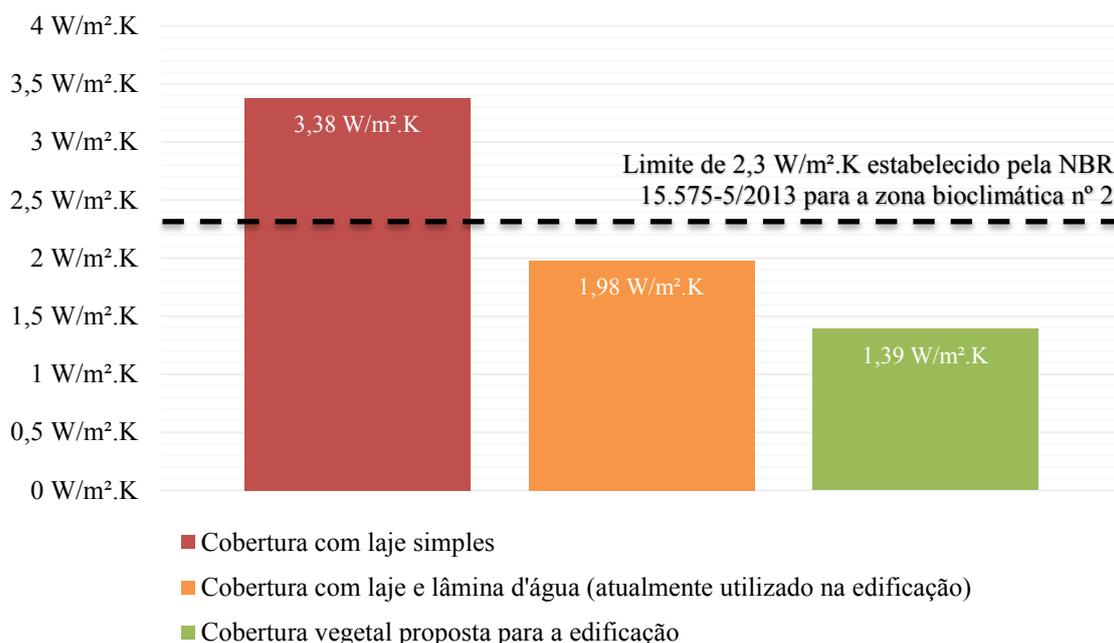


Gráfico 1: Comparação entre os sistemas de cobertura avaliados para a edificação. Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Em relação ao carácter construtivo, para evitar o surgimento de manifestações patológicas na edificação referente à infiltração, é imprescindível que o processo executivo seja realizado de forma adequada, respeitando os critérios de projeto para garantir a drenagem pluvial do escoamento superficial (recomenda-se adotar ao menos uma declividade mínima de 0,5% para direcionar a lâmina d'água aos coletores/calhas pluviais), bem como o adequado sistema de drenagem subsuperficial, para garantir o correto esgotamento da água que infiltrar pela camada de substrato. A impermeabilização dos sistemas é crucial para atender esta prerrogativa.

4. Conclusão

Apesar do considerável custo inicial para adoção do telhado verde na edificação, o uso de tal elemento torna-se extremamente recomendado, devido as vantagens que apresenta em relação ao sistema utilizado atualmente. Como fonte de recursos, sugere-se que a Universidade busque por parcerias público-privadas como forma de obter subsídios que possam ser investidos nas instalações físicas do Bloco CETTAL, contribuindo para com a manutenção do mesmo.

Após a execução da cobertura vegetal, no entanto, é necessário que sejam considerados cuidados para com o telhado verde, de forma a mantê-lo em perfeito estado. Para isto, recomenda-se a utilização de irrigação automática com reutilização de águas pluviais ou águas cinzas após adequado processo de tratamento sanitário, bem como adubação anual e reposição do substrato a cada 10 anos.

Referências

- ABNT. **NBR 15.575-5 - Edificações habitacionais - Desempenho - Requisitos para os sistemas de coberturas**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, p. 73. 2013.
- CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 15 out. 2017.
- CASCONE, S. et al. A comprehensive study on green roof performance for retrofitting existing buildings. **Building and Environment**, v. 136, p. 227-239, maio 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132318301872?via%3Dihub>>. Acesso em: 24 abr. 2018.
- KEELER, M.; BURKE, B. **Fundamentos de projetos de edificações sustentáveis**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, v. 1, 2010. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788577807338>>. Acesso em: 12 abr. 2018.
- MELHO FILHO, J. B.; MATOS, G. L. **Telhados verdes integrados à tecnologia fotovoltaica**. VII Congresso Brasileiro de Energia Solar. Gramado. out. 2018.
- PEREIRA, Fabiana Luzia. **O uso de energia solar fotovoltaica como alternativa à redução da fatura de energia elétrica em blocos universitários**. Universidade do Sul de Santa Catarina. Tubarão, p. 67. 2018. Disponível em: <<https://riuni.unisul.br/handle/12345/5221>>. Acesso em: 15 ago. 2018.
- SILVA, M. C.; DUARTE, S. **Concepção e projeto de métodos construtivos sustentáveis: aplicação de telhado verde e aproveitamento de água pluvial em um ambiente escolar**. Universidade do Sul de Santa Catarina. Tubarão, p. 97. 2017. Disponível em: <<https://www.riuni.unisul.br/handle/12345/2218>>. Acesso em: 03 abr. 2018.
- SOUZA, W. B. **Projeto de viabilidade técnica e econômica para implantação de um sistema fotovoltaico na UNISUL**. Universidade do Sul de Santa Catarina. Tubarão, p. 45. 2018. Disponível em: <<https://riuni.unisul.br/handle/12345/5011>>. Acesso em: 15 ago. 2018.
- VIJAYARAGHAVAN, K. Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 57, p. 740-752, maio 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115015026?via%3Dihub>>. Acesso em: 24 abr. 2018.