

## **Telhado verde com aproveitamento de água da chuva: estudo para implantação em futura edificação educacional**

### ***Green roof with rainwater collected: study for utilization in future educational building***

**Victor Andreas Rocha Baumann, graduando Engenharia Civil, IFSC.**

[victorarbaumann@gmail.com](mailto:victorarbaumann@gmail.com)

**Felipe Góes, graduando Engenharia Civil, IFSC.**

[felipe06goes@gmail.com](mailto:felipe06goes@gmail.com)

**Ana Lígia Papst de Abreu, Dra. Engenharia Civil, IFSC.**

[ana.abreu@ifsc.edu.br](mailto:ana.abreu@ifsc.edu.br)

#### **Resumo**

Está prevista a construção de um novo bloco educacional no Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACC, do Instituto Federal de Santa Catarina. O objetivo deste artigo é de avaliar o potencial de aplicação de cobertura verde no novo bloco do DACC com foco no aproveitamento da água da chuva para uso não potáveis, e da redução da carga térmica interna. O método deste trabalho foi dividido em duas etapas: (1) medição e comparação das temperaturas abaixo da camada drenante de dois protótipos de teto verde (argila expandida e brita) e (2) avaliação da qualidade da água chuva após passar pela camada drenante. Como resultado obteve-se que as temperaturas medidas abaixo das duas camadas drenantes são praticamente as mesmas, mas a qualidade da água após passar a camada drenante de argila expandida apresentou piores resultados se comparada à camada drenante de brita.

**Palavras-chave:** Cobertura verde; Aproveitamento águas pluviais; Desempenho térmico; Qualidade da água.

#### **Abstract**

*A new educational building will be designing for Academic Department of Civil Construction (DACC) of Federal Institute of Santa Catarina. The objective of this research is to evaluate, specifically for the new educational building of DACC, the potential of green roof for decrease the internal thermal load, and moreover for non-potable use of rainwater collected. This research method was divided in two parts: (1) evaluation of temperatures measurements under the drainage layer (expanded clay and gravel); furthermore, (2) the evaluation of rainwater quality. The analysis of physical-chemical evaluation of rainwater quality. As a result, the temperatures measured below the two draining layers are practically the same, but the quality of the water after passing the drainage layer of expanded clay presented worse results if compared to the gravel drainage layer.*

**Keywords:** Green roof; Rainwater collected; Thermal performance; Water quality

## 1. Introdução

Espaços escolares são formas “passivas” de ensino. Segundo Kowaltowski (2011), existe relação da aprendizagem com a qualidade da edificação escolar, e também no comportamento dos seus usuários. São vários os benefícios de investir em uma edificação escolar sustentável, que vão desde servir de exemplo educacional, passando pela satisfação e sensação de conforto dos usuários, até a diminuição dos custos operacionais da edificação (U.S. Departamento of Energy, 2014).

Nas edificações, grande parte da água utilizada não precisaria ser potável. Algumas alternativas para reduzir a demanda de água tratada são: utilização de equipamentos de baixo consumo de água; aproveitamento de águas pluviais; e reuso de água.

No Câmpus Florianópolis do Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC está prevista a implantação de um novo bloco de salas e laboratórios para o Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACC (Figura 1). Para esta nova edificação pretende-se que ela seja referência em questões relacionadas à sustentabilidade, e uma das diretrizes projetuais é a captação da água da chuva para usos não nobres. Além da captação da água da chuva e seu uso, uma das estratégias sustentáveis é a utilização de coberturas verdes. Para tanto, é necessário avaliar a influência da cobertura verde na qualidade da água da chuva captada, quando comparada ao método tradicional de cobertura.



**Figura 1: Imagem da fachada leste do bloco de salas e laboratórios do DACC – IFSC, editada a partir de foto aérea com lente grande angular. Créditos: Luciano d'Avila Dodl e Hugo Carlos. Fonte: adaptado de Abreu et all (2015).**

### 1.1 Objetivo

Este artigo tem como objetivo avaliar o potencial de aplicação de cobertura verde no novo bloco do DACC com foco no aproveitamento da água da chuva para usos não potáveis aliados à redução da carga térmica nos ambientes abaixo da cobertura.

## 2. Revisão

As vantagens da adoção de cobertura verde numa edificação são diversas (KWOK; GRONDZIK, 2013): (a) retenção e absorção da chuva; (b) diminuição do efeito da “ilha de calor” urbana; (c) melhoria da qualidade do ar; (d) diminuição do consumo de energia na edificação (refrigeração e ou aquecimento). Além de melhorar a visualização do entorno urbano (se comparado ao uso de coberturas refletivas).

A partir de 2014 as edificações públicas federais devem fazer seus projetos visando à obtenção classe “A” da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE (BRASIL, 2014). Segundo os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (BRASIL, 2010), existem critérios para classificação do nível de eficiência da envoltória pretendido. Especificamente com relação às coberturas de edificações na zona Bioclimática 3 (onde Florianópolis está situada), é pré-requisito específico que em ambientes condicionados artificialmente a transmitância térmica da cobertura (Ucob) não ultrapasse o valor de  $1 \text{ W/m}^2\text{K}$  e tenha cor de absorvância clara, podendo ser o teto jardim classificado neste item de absorvância clara. Apesar de não ser o caso da edificação deste artigo por ser de âmbito federal, especificamente em Santa Catarina, todas as construções de prédios públicos financiados pelo governo estadual devem prever sistema para captação de águas pluviais, coletados por telhados, coberturas terraços e pavimentos descobertos. (SANTA CATARINA, 2007).

A moderação da temperatura interna de edificações provocada pelo telhado verde ocorre pelo bloqueio da radiação direta sobre a cobertura da edificação, provocado pela folhagem. Dessa forma vegetações mais esparsas apresentam um menor desempenho quando comparadas a folhagens mais densas. Sendo recomendado a utilização de vegetação com maior adensamento de plantas possíveis para otimizar o desempenho térmico. (WONG, 2003 apud BEATRICE, 2011). Além disso, o fenômeno de resfriamento por evapotranspiração provocado pela vegetação é influenciado principalmente pela espécie de vegetal utilizado no telhado. A evapotranspiração é maior em vegetações do tipo pasto por terem um maior índice de área de folha verde por metro quadrado de cobertura. (MINKE, 2004 apud LOHMANN, 2008). Os telhados verdes são classificados em 3 tipos: (a) cobertura extensiva, a mais leve com vegetação rasteira e com baixa manutenção; (b) cobertura intensiva é mais pesada, com vegetação alta e necessidade de manutenção; (c) cobertura semi-intensiva é o meio termo entre as duas anteriores. (SZOKOLAY, 1998 apud BEATRICE, 2011).

Em pesquisas feitas em edificações com cobertura verde (PARIZOTO; LAMBERTS, 2011) e em pequenas edificações, chamadas de células pelos seus respectivos autores (CARDOSO; VECHIA, 2013), a utilização de coberturas verdes contribuiu na melhora do comportamento térmico dos ambientes internos em climas quentes e em climas temperados. Abreu et al (2015) avaliaram a redução da carga térmica interna devido a utilização de tetos verdes em dois dias típicos de verão em Florianópolis. Conseguiu-se observar qualitativamente o melhor desempenho térmico da cobertura verde no período quente. Nas épocas mais frias do ano, a utilização de coberturas verdes, devido a sua inércia térmica, reduz a perda de calor interna para o ambiente externo (PARIZOTO; LAMBERTS, 2011; KÖHLER et al, 2002). Mas, em locais com as quatro estações do ano bem definidas, faz-se

necessário estudos nas estações do ano mais amenas (primavera e outono), onde a inércia da cobertura verde pode não ser indicada para melhorar o comportamento térmico interno.

Edifícios escolares costumam ter um elevado potencial de captação de água da chuva, uma vez que contam com grandes coberturas e a maioria do seu consumo não é em geral para fins nobres. (MARINOSKI, 2009). Toda cobertura verde precisa de drenagem pluvial para o excedente de água, sendo que este excedente de água pluvial pode vir a ser aproveitado. Num de telhado verde com plantas rasteiras (vegetação extensiva), o solo pode funcionar como um filtro das águas a serem captadas (LOHMANN, 2008). Com relação aos cálculos de estimativa de aproveitamento de água, a única e fundamental diferença entre os dois métodos é o coeficiente de escoamento superficial utilizado, 0,90 para telhas cerâmicas (ROCHA, 2009) e 0,27 para telhados verdes. De acordo com Lohmann (2008), esta diferença de aproximadamente um terço é devida pela grande perda de água causada pela evapotranspiração.

A NBR 15.527 (ABNT, 2007) apresenta os requisitos para aproveitamento de água da chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis como: descargas de vasos sanitários; irrigação; lavagem de veículos; lavagem de pisos; espelhos d'água; entre outros. Com relação aos aspectos qualitativos da água da chuva, a NBR 15.575 (ABNT, 2013), no item de Adequação Ambiental, traz parâmetros de qualidade da água para usos restritivos e destinação não potável, que são apresentados na Tabela 1.

Parâmetro	Valor
Coliformes totais	Ausência em 100ml
Coliformes termotolerantes	Ausência em 100ml
Cloro residual livre	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	<2,0 Unidades de Turbidez (usos menos restritivos) ou <5,0 Unidades de Turbidez
Cor aparente	< 15 unidades de Hazen
Prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição (caso necessário)	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço-carbono ou galvanizado

**Tabela 1: Parâmetros de qualidade de água para usos restritivos não potáveis. Fonte: NBR 15.575 (ABNT, 2013).**

Por exemplo, o pH serve para medir o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução, numa escala logarítmica de 0 (zero) a 14, sendo 0 (zero) solução mais ácida, 7 (sete) neutro e 14 solução mais básica. No caso da água da chuva, o pH desta sofre influência dos gases presentes na atmosfera (gás carbônico, dióxido de enxofre, ácido nítrico e amônia). (LAMBERTS et al., 2007). Enquanto a Turbidez que é devida a presença de materiais em suspensão (orgânica ou inorgânica, macroscópicos ou partículas pequenas) num fluido que alteram a propriedade ótica, pode ser definida pela “(...) intensidade da luz espalhada em um ângulo de 90° da luz incidente”, dentro da faixa da luz visível, e uma de suas unidades de medição é o NTU (Nephelometric Turbidity Unit). (disponível em <http://www.digimed.ind.br/br/produtos/unidades%20turbidez.pdf>).

Desta forma, para utilização efetiva do uso da água da chuva, faz-se necessária uma avaliação prévia da qualidade da água, e se for o caso, a utilização de sistemas de tratamento e ou desinfecção. Pois a qualidade da água varia conforme o local da sua coleta: antes de

atingir a área de captação; após escoamento pela área de captação (presença de impurezas); no interior do reservatório; e nos pontos de utilização. A água da chuva primeiro é influenciada pelos poluentes atmosféricos, após escorrer pela superfície de captação acumula sujeira como poeira, fezes de animais e matéria orgânica. Por isso, para melhorar a qualidade da água faz-se necessário o descarte do primeiro escoamento. Quando a água é armazenada outros fatores interferem na qualidade da água da chuva: tempo de armazenamento; temperatura; microrganismos indesejáveis; falta de manutenção, entre outros. (LAMBERTS et al., 2007). A finalidade do uso da água da chuva é que vai definir a qualidade necessária.

### **3. Procedimentos Metodológicos**

Como proposta para o projeto do novo bloco do DACC optou-se pela cobertura verde extensiva, visto que é menor a necessidade de manutenção, e por ser mais leve torna a construção mais econômica (projeto estrutural com menor carga).

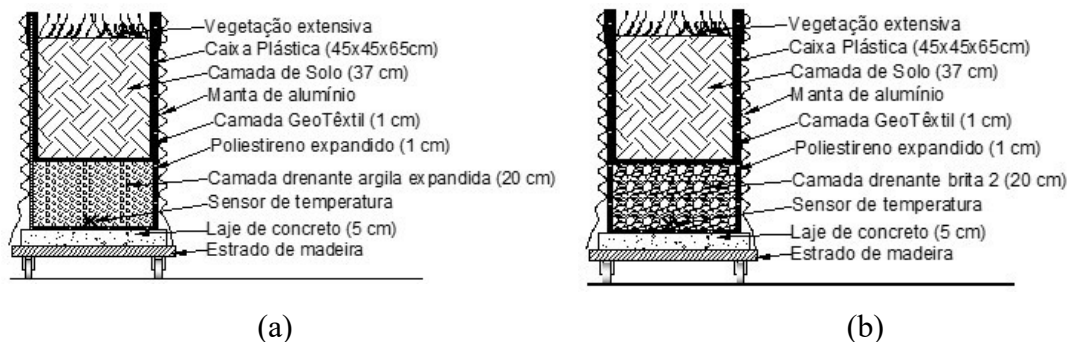
O método deste trabalho é apresentado em duas etapas: (1) comparação das temperaturas abaixo da camada drenante (brita e argila expandida) de dois protótipos parciais de coberturas verdes com um telhado de fibrocimento; e (2) comparação qualitativa da água chuva.

#### **3.1 Método para comparação das temperaturas**

Segundo Parizoto e Lamberts (2011) a análise da temperatura interna do ar dos ambientes abaixo de uma cobertura verde não demonstra o potencial do resfriamento da cobertura verde no período quente. Com isto, utilizou-se de protótipos parciais (ABREU et al., 2015), evitando-se os gastos da construção de protótipos em dimensões reais, e a medição da temperatura foi feita abaixo da camada drenante e não abaixo da laje de cobertura. Estas temperaturas foram comparadas com a temperatura do ar e a temperatura medida no espaço entre a telha de fibrocimento e o forro do laboratório de Topografia do DACC (Figura 1). A seguir é feita primeiro a caracterização dos protótipos parciais, a descrição dos equipamentos utilizados, o local e o período de medição.

Os dois protótipos parciais de telhado verde do tipo extensivo foram feitos pelos autores no Canteiro de Obras do IFSC. Os protótipos parciais foram assim nominados porque possuem dimensões de 45 cm x 45 cm de área (caixas plásticas), e foram isolados termicamente na lateral (Figura 2). A utilização de caixas plásticas evitou a necessidade de impermeabilização. O isolamento lateral e inferior foi feito com isopor e manta térmica de alumínio, evitando-se o ganho térmico pela lateral (que não haveria se fosse uma grande cobertura e a medição da temperatura fosse no centro), e desta forma considerando a principal influência da variação térmica externa de um teto verde, o ganho térmico superior. A camada filtrante nos dois protótipos tem 20 cm, mas a diferença é o material: argila expandida (Figura 2a) e brita 2 (Figura 2b). A barreira anti-raízes foi feita com uma manta geotêxtil (“bidim”). O substrato superior foi composta por 20 cm de terra e vegetação rasteira.





**Figura 2: Croqui esquemático dos protótipos parciais: (a) com camada drenante de argila expandida e (b) com camada drenante de brita nº2. Fonte: Abreu et all (2015).**

Para a medição de temperatura foi utilizado um sistema de aquisição de dados (data logger) da Onset Corporation, modelo U12-008 (Figura 3a). Este equipamento possibilita a colocação de sensores externos (TMC50-HD, Figura 3b), e apresenta acurácia de 0,25°C na faixa de 0° a 50°C. A escolha deste sensor foi devida ao fato deste medir a temperatura em meio líquido. Sensores foram colocados na parte central dos protótipos, abaixo da camada drenante (Figura 2a e b), e um sensor foi colocado no espaço entre o forro e a cobertura do Laboratório de Topografia (Figura 1). As temperaturas medidas foram transferidos pelo software próprio do equipamento a um computador pessoal, para posterior análise em planilhas eletrônicas.



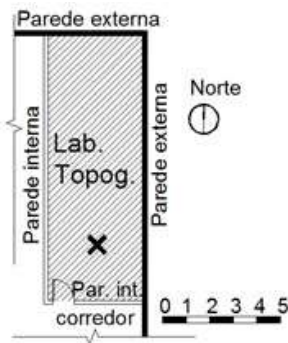
**Figura 3 –Equipamento de aquisição de dados de temperatura, modelo U12-008 (a) com sensor modelo TMC50-HD (b). Fonte: www.onsetbrasil.com.br**

O equipamento foi programado para fazer a aquisição de dados das temperaturas de cinco em cinco minutos, durante os dias 18 de setembro a 17 de dezembro de 2015, e posteriormente foi feita a média horária. O período escolhido contempla o período da primavera. Os dados de temperatura externa utilizados foram medidos na Estação Meteorológica Didática do Curso Técnico de Meteorologia do IFSC, cerca de 150 metros distante do local de monitoramento das temperaturas dos ambientes.

O local onde foram colocados os protótipos parciais é próximo ao local onde será construído o futuro bloco de salas de aula do DACC. O seu posicionamento foi em função de não interferir na circulação das aulas práticas, além da proximidade com o laboratório de Topografia, para ter a mesma influência microclimática. A opção pela medição das temperaturas no forro deste ambiente específico foi porque ele é um ambiente de guarda de equipamentos, sem aberturas para o ambiente externo, e sem ar condicionado, somente um

desumidificar de ambiente. Desta forma, este ambiente permanece fechado a maior parte do dia, não possui variações térmicas devidas ao uso de ar condicionado, sendo seu principal ganho térmico através da cobertura. Além disso, no telhado deste laboratório, existe uma calha, que possibilita a coleta da água da chuva em dois pontos.

As análises de comparação serão qualitativas, visto que está se avaliando coisas diferentes: protótipos parciais e medições em caso real.



- Dimensões ambiente interno: 4,10m x 11,20m x 2,67m (pé-direito)
- Paredes de tijolos rebocada nos dois lados com espessura de 15 cm (transmitância térmica de 2,24 W/m<sup>2</sup>K)
- Cobertura de telha fibrocimento + forro gesso acartonado
- (transmitância térmica de 2,16W/m<sup>2</sup>K)

Figura 4 –Características da sala de Topografia. Fonte: adaptado de Abreu et all (2015).

### 3.1 Comparação da qualidade da água

Para a avaliação da qualidade da água, foi feita a coleta durante um dia de chuva moderada, e comparado o resultado de cinco amostras: água resultante da camada drenante de argila expandida; água resultante da camada drenante de brita nº2; água do telhado de fibrocimento (foi feito o descarte inicial); água do telhado de fibrocimento (foi feito o descarte inicial) com uso de filtro de tecido; água da chuva diretamente. Esta avaliação não pretende ser técnica e efetiva, mas possibilitar uma definição de argumentos na determinação da escolha do sistema construtivo da cobertura.

A coleta ocorreu depois de duas horas de chuva moderada, o que permitiu: a coleta da água direta da chuva sem os poluentes atmosféricos; o descarte inicial água da cobertura de fibrocimento sem os seus maiores poluentes; e que a água da chuva já tivesse passado pela terra e chegando a camada drenante dos protótipos parciais.

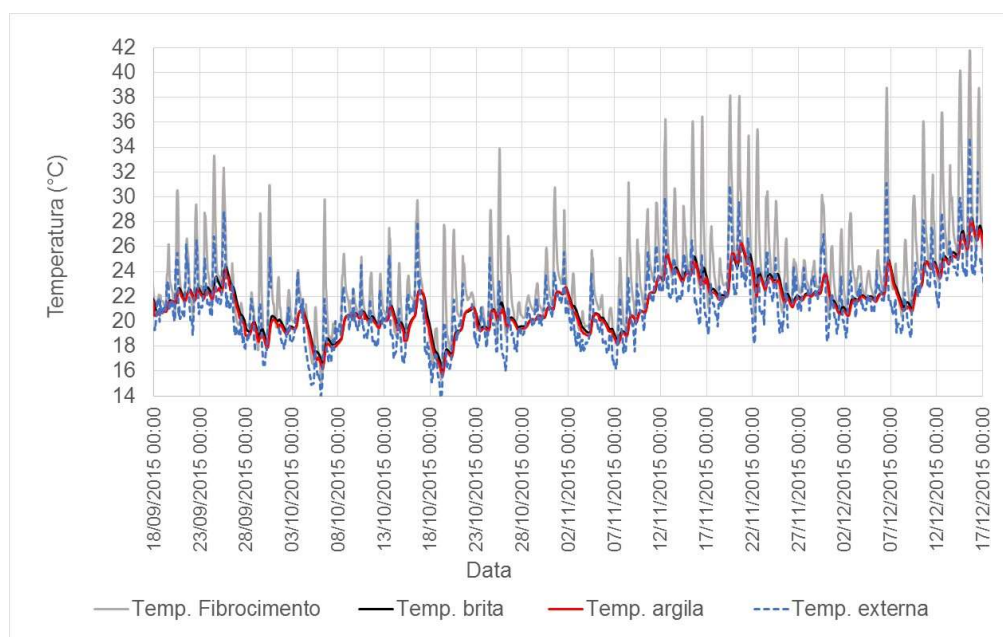
As amostras de água foram coletadas em garrafas plásticas de água higienizadas e a avaliação foi feita no laboratório de Físico-química do IFSC. Para esta pesquisa, buscou-se a comparação das amostras de água para duas análises: a de turbidez e a do pH. Para uma aplicação prática desta água, faz-se necessário mais estudos da qualidade da água, avaliação de sistemas de decantação, filtração, e desinfecção em função do uso pretendido.

## 4. Resultados

Este item está dividido em duas partes, a apresentação da distribuição das temperaturas e os resultados qualitativos da água chuva.

## 4.1 Distribuição das temperaturas

A Figura 5 apresenta a distribuição das temperaturas medidas durante três meses que representam o período da primavera.

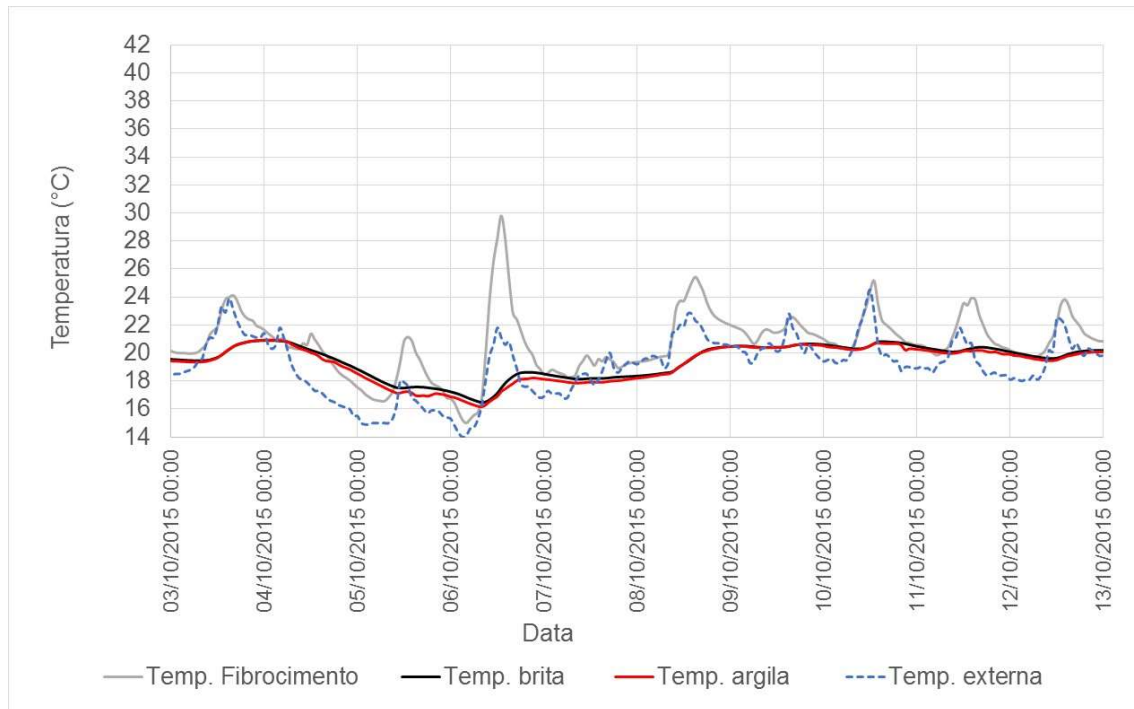


**Figura 5 – Distribuição horária da temperatura abaixo da camada drenante do protótipo parcial de brita, abaixo da camada drenante do protótipo de argila expandida, da temperatura abaixo da telha do Laboratório de Topografia, e da temperatura externa, durante os dias 18 de setembro a 17 de dezembro de 2015. Fonte: elaborado pelos autores.**

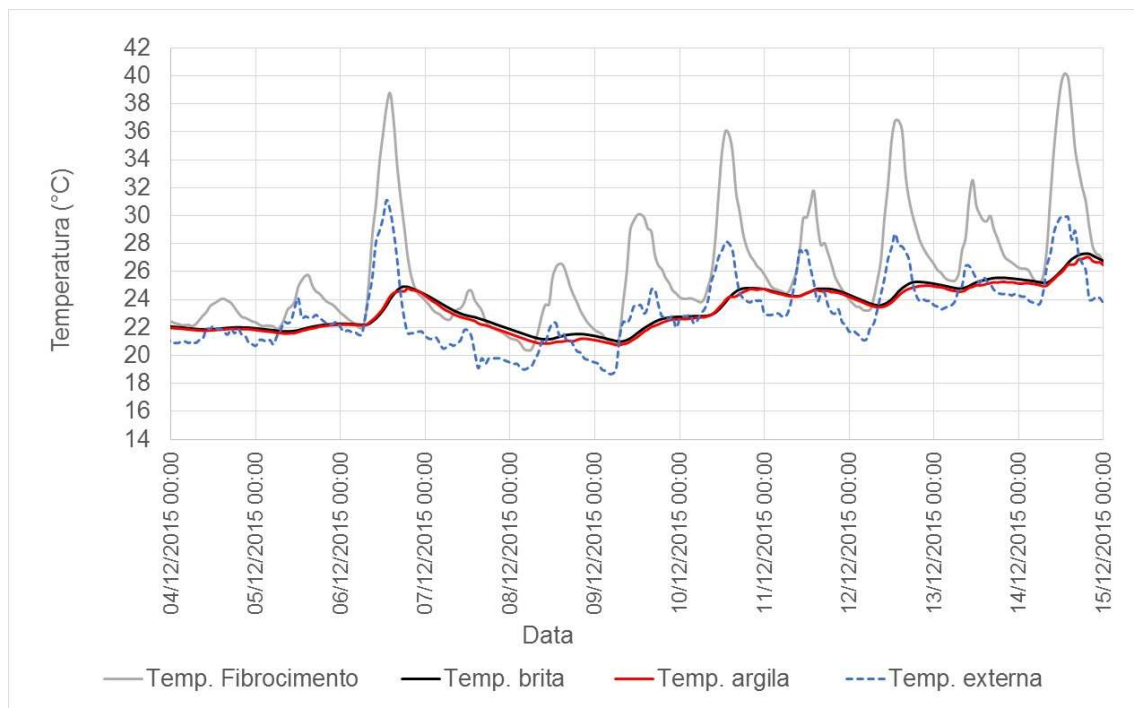
Na Figura 5 observa-se que a temperatura medida abaixo da telha de fibrocimento do Laboratório de Topografia apresenta valores superiores a temperatura externa, devido ao ganho térmico solar. Para uma melhor análise, serão destacados dois períodos: de 03 a 13 de outubro (Figura 6), período com temperaturas externas entre 14°C e 24°C; e de 04 a 15 de dezembro (Figura 7), período com temperaturas externas entre 19°C e 31°C.

Pelas Figuras 6 e 7 fica evidente a tendência da temperatura abaixo da telha de fibrocimento seguir a temperatura externa, mas com valores superiores. Enquanto as temperaturas medidas abaixo da camada drenante dos protótipos parciais seguem a temperatura externa, mas com amortecimento das temperaturas máximas e mínimas. Quando existe um decréscimo repentino nas temperaturas externas (entrada de frente fria: 04 e 05 de outubro, e 07 e 08 de dezembro), as temperaturas abaixo da camada drenante dos dois protótipos permanecem acima da temperatura do ar externo. E quando ocorrem temperaturas externas elevadas (6 outubro e 6 de dezembro) observa-se além do amortecimento das temperaturas máximas um atraso térmico no pico de temperatura máxima ente 3 e 5 horas. Na comparação das temperaturas somente dos protótipos parciais, verifica-se que as temperaturas no protótipo com argila expandida ficou em geral 0,5°C abaixo da temperatura medida no protótipo com camada de brita. Só que este valor, está dentro da margem de erro da acurácia de mais ou menos 0,25°C do sensor.





**Figura 6 – Distribuição horária da temperatura abaixo da camada drenante do protótipo parcial de brita, abaixo da camada drenante do protótipo de argila expandida, da temperatura abaixo da telha do Laboratório de Topografia, e da temperatura externa, durante os dias 03 de outubro a 13 de outubro de 2015. Fonte: elaborado pelos autores.**



**Figura 7 – Distribuição horária da temperatura abaixo da camada drenante do protótipo parcial de brita, abaixo da camada drenante do protótipo de argila expandida, da temperatura abaixo da telha do Laboratório de Topografia, e da temperatura externa, durante os dias 04 de dezembro a 15 de dezembro de 2015. Fonte: elaborado pelos autores.**

## 4.2 Comparação qualitativa da água da chuva

A Tabela 2 apresenta os valores de pH e Turbidez das amostras de água da chuva.

Amostras	pH	Turbidez (NTU)
Direto do céu	6,0	1,02
Protótipo com camada drenante de argila expandida	5,7	128,00
Protótipo com camada drenante de brita	5,7	10,50
telhado (após descarte inicial)	5,9	6,21
telhado (após descarte inicial) com filtragem	5,8	1,14

**Tabela 2: Valores de parâmetros de pH e turbidez de amostras de água da chuva coletadas em diferentes locais. Fonte: elaborado pelos autores.**

Os valores das análises mostram que aumentou a acidez da água da chuva após passar pelas coberturas, seja pelo teto verde ou pela cobertura de fibrocimento. O uso dessa água seria estritamente para limpeza, rega de jardim e em descargas de vaso sanitário, possivelmente com uso de tubulações de PVC, sendo que não precisaria ser ajustado o pH para proteção das redes de distribuição.

Com relação ao parâmetro de Turbidez, apenas dois casos atenderam aos valores da NBR 15.575 (Tabela 1), a água da chuva direto do céu e a água da chuva coletada no telhado de fibrocimento e que passou por filtragem. A água da chuva coletada no telhado de fibrocimento sem filtragem apresentou valor de turbidez aproximadamente 20% acima do máximo preconizado. O valor de turbidez possivelmente é alto devido ao fato do telhado não passar por limpeza periódica. O protótipo parcial de teto verde com camada drenante de argila expandida apresentou resultados quase 26 vezes maior que o definido na NBR 15.575, enquanto o protótipo com camada drenante de brita apresentou valor um pouco mais do que o dobro. Nos dois casos do teto verde far-se-ia necessário um sistema de decantação e talvez ainda posterior filtragem da água antes do seu uso para fins não potáveis.

## 5. Considerações Finais

A partir da revisão bibliográfica feita, definiu-se que se for adotado uma cobertura verde no futuro edifício do DACC, a opção mais adequada seria a do tipo extensivo. Esse tipo de cobertura necessita de uma menor manutenção, é mais leve e apresentar a possibilidade de amenização da temperatura para os ambientes internos.

A partir das medições de temperaturas feitas durante três meses na primavera foi constatado que as temperaturas medidas abaixo da camada drenante de protótipos parciais de tetos verdes, apresentaram melhor desempenho que as medições feitas abaixo de um forro numa edificação existente com cobertura de telha de fibrocimento. O que se observou foi uma diminuição na amplitude da temperatura externa, e um bom desempenho térmico tanto nos períodos mais frios quanto nos mais quentes da primavera. A comparação com relação

as diferentes camadas drenantes, brita e argila expandida, não apresentou diferença significativa nas temperaturas medidas.

Com relação à análise da água coletada logo após a passagem pelas coberturas (com descarte inicial da água da chuva no telhado de fibrocimento), o que se observou foi que a água que é captada em telhados apresenta melhores valores de Turbidez (mesmo no caso de telhado sem manutenção) do que as coberturas verdes. Esperava-se que a cobertura verde funcionasse com filtro da água da chuva. Mas os resultados das águas após passar pela camada drenante, principalmente de argila expandida, mostram a necessidade de decantação e possivelmente filtração da água antes do seu uso para fins não potáveis.

A maior proposta desta pesquisa foi a de produzir parâmetros técnicos que possibilitará aos projetistas embasarem e justificarem suas decisões. Desta forma, indica-se utilizar cobertura verde na cobertura do novo bloco do DACC, tendo como foco a redução da carga térmica interna. Sendo que a variação de temperatura é praticamente a mesma, independente da camada drenante, o uso de argila expandida é o recomendado pelo seu peso que é aproximadamente 1/3 do peso da brita 2, sendo necessária uma menor estrutura de sustentação. Mas com relação à análise de Turbidez, a água resultante da camada drenante de argila expandida apresentou desempenho muito inferior à da camada de brita 2. Sistemas de decantação e filtração precisariam ser adotados caso seja optado pela camada drenante de argila expandida.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Desempenho térmico de edificações – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

BEATRICE, C. C. **Avaliação do potencial de uso de três espécies vegetais como cobertura leve de telhados em edificações**. 2011. 125 f. Dissertação (Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-22092011-151752/es.php>>. Acesso em: 03 fev. 2013.

BRASIL. Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação. **Instrução Normativa nº 2, de 4 de junho de 2014**. Dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional, e uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam retrofit. Disponível em: <[http://siabi.trt4.jus.br/biblioteca/direito/legislacao/atos/federais/int\\_mpog\\_slti\\_2014\\_2.pdf](http://siabi.trt4.jus.br/biblioteca/direito/legislacao/atos/federais/int_mpog_slti_2014_2.pdf)>. Acesso em: 20 mar. 2015.

\_\_\_\_\_. INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia. **Portaria n. 372 de 17 de setembro de 2010**. Requisitos técnicos da qualidade para o nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001599.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2015.

CARDOSO, G. T.; VECCHIA, F. Thermal Behavior of Green Roofs Applied to Tropical Climate. **Journal of Construction Engineering**, v.1, n.1, p. 1-7, jan. 2013.

KÖHLER et all. Green roofs in temperate climates and in the hot-humid tropics: Far beyond the aesthetics. **Environmental Management and Health**, 2002. vol. 13 p. 382-391. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/0956-6163.htm>>. Acesso em: 24 mar. 2015.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. **Arquitetura escolar: o projeto do ambiente de ensino**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

KWOK, A.G.; GRONDZIK, W.T. **Manual de Arquitetura Ecológica**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

LAMBERTS, R. [et al.] **Casa eficiente: uso racional da água**. Florianópolis: UFSC/LabEEE, 2010. 72p. disponível em [http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/CasaEficiente\\_vol\\_III\\_WEB.pdf](http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/CasaEficiente_vol_III_WEB.pdf) Acesso em jan. 2017.

LOHMANN, A. **Desempenho higrotérmico de cobertura vegetal inclinada em dois protótipos construídos na região de Florianópolis**. 2008, 118 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis - SC**. 2009. 107 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

ABREU, A.L.P. GÓES, F. BAUMANN, V.A.R. Protótipos parciais de cobertura verde para estudo da redução da carga térmica interna de edificação escolar em Florianópolis. In: XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído, Campinas, 2015. **Anais** Campinas: ENCAC ELACAC, 2015.

PARIZOTO, S.; LAMBERTS, R. Investigation of green roof thermal performance in temperate climate: A case study of an experimental building in Florianópolis city, Southern Brazil. **Energy and Buildings**. v.43, n.7, p. 719-729, jul. 2011.

ROCHA, V. L. **Validação do algoritmo do programa netuno para avaliação do potencial de economia de água potável e dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações**. 2009. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SANTA CATARINA. **Decreto n 099**, de março de 2007. Procuradoria Geral do Estado de Santa Catarina. Disponível em: <http://www.pge.sc.gov.br/index.php/legislacao-estadual-pge>. Acesso em: jan. de 2017.

U.S. Department of Energy. **Guide to operating and maintaining Energy Smart Schools**. Disponível em: <[http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/energysmartschools/ess\\_o-and-m-guide.pdf](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/energysmartschools/ess_o-and-m-guide.pdf)>. Acesso em: 05 abr. 2014.

## **Agradecimentos**

Ao CNPq pelas bolsas acadêmicas, ao IFSC pelos recursos disponibilizados ao projeto, a Profa. Sônia Almeida pelas análises físico-químicas feitas nas amostras de água da chuva.