

Desempenho térmico de módulos executados em Light Steel Frame com cobertura verde e com telhas de fibrocimento**ANGÉLICA FELICIDADE GUIÃO MARCATO COSTA**UNINOVE – Universidade Nove de Julho
angelicamarcato.cis@gmail.com**JOÃO ALEXANDRE PASCHOALIN FILHO**Universidade Nove de Julho
jalexandre@uni9.pro.br**BRENDA CHAVES COELHO LEITE**Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
brendaccleite@gmail.com



DESEMPENHO TÉRMICO DE MÓDULOS EXECUTADOS EM *LIGHT STEEL FRAME* COM COBERTURA VERDE E COM TELHAS DE FIBROCIMENTO

Resumo

Esta pesquisa apresenta o conforto térmico proporcionado por módulos experimentais, sendo um executado com cobertura convencional, constituída por telhas de fibrocimento, e outro dotado de cobertura verde. Como metodologia executiva dos módulos buscou-se alternativas de cunho sustentável, optando-se pelo uso de construção seca *Light Steel Frame*. A construção dos módulos foi realizada em local amplo e sem a interferência de sombreamento. No interior destes foram instalados instrumentos para coleta de dados de temperatura do ar. A partir dos dados, foram determinados episódios climáticos representativos para os estudos, que foram avaliados quanto ao grau de conforto térmico proporcionado aos módulos pelos sistemas de cobertura em estudo. Como resultado, constatou-se que o módulo com telhado verde, apresentou melhores condições de conforto térmico em comparação com o módulo dotado de cobertura convencional (nos três episódios selecionados) mantendo-se com menor flutuação de temperatura interna ao longo dos dias, indicando que o telhado verde possui característica de isolante térmico, reduzindo o fluxo de calor proveniente da cobertura.

Palavras-chaves: Conforto térmico; Telhado verde, *Light Steel Frame*

Abstract

This research aimed at comparing the thermal comfort provided in experimental modules, one of these was performed with conventional cover, made of asbestos cement tiles, and another with green cover. As a proposal of methodology, we sought alternatives of a sustainable nature to elaborate the studied modules, opting for the use of dry construction in *Light Steel Frame*. From the construction of the modules, in a wide place and without the interference of shading, measuring instruments were installed in the inner part of themselves, where variables of air temperature were collected. From the data, representative episodes were determined for the studies, which were evaluated for the degree of thermal comfort provided to the modules by the cover systems under study. As a result, it was observed that the module with green roof had better performance than the module with conventional cover, in the three selected episodes, maintaining with lower internal temperature fluctuation throughout the days, indicating that the green roof has characteristic Thermal insulation, reducing the heat flow from the roof.

Keywords: Green roof; Thermal comfort, *Light Steel Frame*.



1 Introdução

Desde o final do século XX, o mundo vem sofrendo consequências oriundas de hábitos que trouxeram grande deterioração da qualidade do meio ambiente, o que levou a humanidade a uma grande ansiedade por mudanças. Assim, as discussões voltadas à sustentabilidade têm tomado grandes dimensões, sendo a urbanização e a indústria da construção civil os principais agentes transformadores do meio ambiente.

São inúmeros os efeitos causados pelo modelo de cidade implantado nas últimas décadas, como o desconforto higrotérmico e as ilhas de calor, o que agravam problemas de conforto térmico interno nas edificações.

De acordo com a Secretaria do Verde e Meio Ambiente da Cidade de São Paulo - SMVMA-PMSP (2015), já existem estudos que comprovam a dimensão dos impactos ambientais decorrentes das atividades da indústria da construção civil; sendo, inclusive, observadas alterações climáticas. Dessa forma é de grande importância a busca por formas alternativas de construção.

Para Vivan e Paliari (2012), dentre estas alternativas construtivas destaca-se o *Light Steel Frame* (LSF), a qual apresenta vantagens técnicas e sustentáveis tais como: alta resistência, baixo peso (tanto da estrutura como dos demais componentes), alto nível de pré-fabricação, montagens simples, planejamento preciso, rapidez e facilidade na montagem, utiliza pouca água e energia elétrica, baixa geração de resíduos sólidos e possibilidade de reciclagem dos materiais.

Silva, Gonzales e Silva Filho (2011), afirmam que o desconforto higrotérmico criado nas cidades, pode ser amenizado com recursos da própria natureza, desta forma, a utilização de coberturas verdes nas edificações torna-se um potencial agente transformador do microclima urbano. Na visão de Mascaró e Mascaró (2009), a vegetação é fundamental para a melhoria da ambiência urbana.

O telhado verde, de acordo com Oliveira Neto (2014), é um conceito de arquitetura bioclimática voltado para a sustentabilidade, que se caracteriza pela utilização de vegetação compondo a cobertura de edifícios de qualquer porte. Segundo Vecchia (2005) a utilização de telhados verdes confere às edificações melhorias em relação ao conforto térmico de seus ambientes, bem como influencia na redução da percepção de ruídos externos.

Dentro deste contexto a questão que orientou esta pesquisa foi: “Qual a diferença entre o conforto térmico de um ambiente construído proporcionado por uma cobertura verde e outra composta por telhas de fibrocimento?”

Para responder a esta questão de pesquisa foram executados dois módulos de estudos por meio da técnica construtiva *Light Steel Frame* (LSF), sendo um dotado de cobertura verde e o outro de cobertura de telhado de fibrocimento. Os módulos foram instrumentados em sua parte interna, de forma a serem obtidas leituras de temperatura interna em cada um destes, as quais foram comparadas com condições ambientais externas.

Dessa forma, pretende-se com esta pesquisa avaliar as diferenças entre ambos os tipos de cobertura, de forma a determinar qual destas apresenta-se como mais eficiente em relação ao conforto ambiental interno proporcionado. Destaca-se que, de uma forma geral, edificações projetadas com preocupação de garantir aos seus usuários condições de conforto ambiental, geralmente tendem a se apresentar mais ambientalmente eficientes, uma vez que proporcionam a redução de gastos e impactos ambientais.

2 Referencial Teórico

Conforme Frederico e Silva *et al.* (2008) o desempenho ambiental das cidades depende de inúmeros fatores, pois o clima pré-existente sofre modificações introduzidas pela



urbanização, que traz consigo o aumento no volume de massa construída, poluição atmosférica, alterações da superfície que aumentam o calor (reflexão e absorção), impermeabilização do solo e escassez de vegetação e água.

Scherer (2014) chama a atenção para um fenômeno que ocorre nos centros urbanos, denominado ilha de calor, no qual a temperatura do ar, nestas localidades, é mais alta do que na paisagem natural circundante, situação agravada pela falta de cobertura vegetal nas cidades e pela poluição do ar.

Dubbeling e Massonneau (2014) comentam que a concentração de áreas impermeabilizadas que absorvem a radiação solar, contribui para o aumento do consumo de energia, pois quanto maiores as temperaturas, mais as pessoas dependem de energia para refrigeração artificial. Citam os autores que, em média, as temperaturas podem situar-se entre 5° C e 15° C maior nas áreas urbanas do que nas áreas rurais.

Na visão de Huerta (2013), as áreas verdes, para cumprirem sua função microclimática, o elemento vegetal deve representar 30% da superfície urbanizada. De acordo com Samangoey (2006), os telhados cobrem, em média, de 15% a 35% da paisagem urbana no mundo; sendo assim, as grandes cidades possuem milhares de metros quadrados de espaço que poderiam ser aproveitados com a utilização das coberturas verdes.

Neste sentido, entender as potencialidades da arquitetura sustentável torna-se imprescindível como contribuição para uma cidade mais sustentável. Para Krebs (2006), a possibilidade de mudança nos paradigmas na elaboração de projetos arquitetônicos, deverá contemplar técnicas e materiais voltados à sustentabilidade das construções e melhoria das características ambientais do espaço urbano; dentre estas pode-se citar a utilização de coberturas verdes e métodos construtivos mais sustentáveis.

Conforme Rangel, Aranha e Silva (2015), a arquitetura sustentável visa à eficiência energética e hídrica, a minimização dos impactos ao meio ambiente natural e urbano, a promoção do desenvolvimento social e cultural e a viabilidade econômica. Na visão dos autores, na concepção de construções preocupadas com a sustentabilidade, devem ser utilizadas as técnicas passivas de construção bioclimática, além de novas tecnologias que otimizem a edificação, tais como: painéis fotovoltaicos, sistemas de automação, técnicas de construções a seco (tal como o Light Steel Frame). Estas técnicas deverão levar em conta a saúde dos usuários, o ciclo de vida da edificação e dos materiais, incluindo a qualidade e a durabilidade, além dos fatores sociais, como a empregabilidade envolvida e as condições de trabalho dos operários da construção.

Durante o projeto de uma edificação é importante se considerar o desempenho térmico desta. Para Souza, Amparo e Gomes (2011) este consiste em um parâmetro muito importante no controle de ganho e perda de calor em uma edificação e influencia de modo direto o conforto ambiental da construção.

A inércia térmica está relacionada à transferência de calor entre o ambiente externo e o interno, favorecendo o atraso da condução do calor por meio do material, diminuindo os picos diários de temperatura. Utilizando sistemas de fechamento e material com inércia térmica elevada, consegue-se uma grande diminuição na amplitude da temperatura do ar no interior da edificação, em relação à temperatura exterior; ou seja, as diferenças de temperatura do dia são percebidas de forma mais amena na parte interna da edificação e com atraso.

Souza, Amparo e Gomes (2011) citam que o desenvolvimento sustentável exige, cada vez mais, projetos eficientes, como a utilização de materiais e técnicas modernas com menor impacto ambiental. Os autores comentam o esforço da indústria da construção civil no desenvolvimento de sistemas de fechamento, paredes e cobertura com melhor desempenho, utilizando-se de materiais de maior inércia térmica.

Como forma de racionalização da construção, Coelho, Lopes, Branco e Gervásio (2014) indicam a madeira e as estruturas de aço leve como alternativas viáveis para substituir



as estruturas de concreto, devido ao seu peso mais leve, agilidade na execução e a dispensa do uso de água, entre outros fatores. Para Duilio, Netto, Berardi, & Czajkowski (2016) os profissionais da construção têm um amplo campo de trabalho, com materiais e tecnologias cada vez mais eficientes, a fim de minimizar a demanda energética e melhorar a qualidade de vida dos usuários. Dentre estes materiais e tecnologias, pode-se citar a utilização do LSF e do telhado verde.

Rodrigues (2015) relata que o sistema de construção LSF é largamente utilizado em países como EUA, Canadá, França, Austrália e Japão, sendo introduzido no Brasil no final da década de 1990. De acordo com o autor, este modelo construtivo oferece uma obra limpa e com menor tempo de execução se comparado à alvenaria convencional. Na visão de Souza, Amparo e Gomes (2011), o sistema segue os princípios da industrialização, como a racionalização, padronização e coordenação modular, transformando o canteiro de obras em linha de montagem.

O sistema de construção LSF faz uso de estruturas metálicas leves, compostas de perfis de aço galvanizado formados a frio que formam um esqueleto estrutural autoportante, (Souza, Amparo, & Gomes, 2011). Este sistema representa uma tecnologia limpa, minimizando o uso de recursos naturais e a geração de resíduos, além de permitir uma construção a seco. De acordo com Caldas, Sposito, Lopes e Tavares (2016), o LSF é composto por vários componentes e subsistemas, que são divididos em: fundação, estrutura, isolamento termo-acústico e fechamentos interno e externo. No Quadro 1 são apresentados os principais materiais empregados no sistema LSF.

Quadro 1. Materiais empregados no sistema *Light Steel Frame*

Subsistema	Material	Característica
Fundação	Concreto armado	Fundação rasa tipo radier, espessura de 10 cm a 15 cm.
Estrutura	Perfil leve de aço	As espessuras mais usuais são 0,80 mm, 0,95 mm e 1,25 mm, considerando o revestimento mínimo de zinco de 180 g/ m ²
Reforço estrutural	Placa de OSB	São formadas por partículas de madeira orientadas e prensadas, e são instaladas entre o perfil de aço e o revestimento. O OSB é utilizado como reforço da parede, que pode ser no perímetro externo e, internamente, nas paredes que vão receber cargas diferenciadas
Fechamento externo	Placa cimentícia	Resistente à ação dos ventos, água e umidade. É composta de cimento, fibras de celulose e agregados, reforçada com tela de fibra de vidro em ambas as faces
Fechamento interno	Gesso acartonado	As placas têm dimensões de acordo com o fabricante, e espessuras que variam de 6,5 mm, 9,5 mm, 12,5 mm e 15 mm
Isolamento termo-acústico	Lã de vidro, lã de rocha ou lã de PET	Preenche os espaços entre as placas, normalmente com 50 mm.

Fonte: Caldas, Sposito, Lopes e Tavares (2016)

Conforme Saleiro Filho, Reis-Alves, Schueler e Rola (2015), os primeiros registros de edificações com cobertura vegetada são datados de 2500 a.C., na Mesopotâmia, atual Iraque. Entretanto, somente no final da década de 1970, na Alemanha, que organizações privadas, juntamente com universidades, começaram a desenvolver pesquisas sistemáticas com telhados verdes e suas aplicações. Estas pesquisas introduziram conceitos de *habitats* ecológicos em áreas urbanas e iniciaram avaliações acerca do balanço energético e a drenagem proporcionados por este tipo de cobertura (Moruzzi, Moura, & Barbassa, 2014). Dubbling e Massonneau (2014) comentam que os telhados verdes podem compensar fenômenos



climáticos, dependendo do tipo de sistema de produção e condições climáticas locais, e tornar as áreas urbanas mais sustentáveis e viáveis em longo prazo.

Para Beatrice (2011), as coberturas vegetais permitem um impacto positivo no clima urbano. A vegetação, segundo o autor, mantém os processos físicos e fisiológicos que contribuem para a redução da sensação de calor, por meio da transpiração, sombreamento e absorção de radiação solar.

França (2012) comenta que, por possuir um aspecto estético, que pode ser devido as gramíneas, espécies de flores ornamentais ou medicinais; estas coberturas também causam a sensação de bem-estar e sentimento de qualidade de vida aos usuários dos edifícios, bem como proporcionam também uma alternativa de lazer na própria laje ou telhado da edificação, refletindo positivamente no estado psicoemocional dos seus usuários.

Na visão de Silva Junior *et al.* (2012), em função de suas mais diversas contribuições, os telhados verdes vêm sendo estudados sob diferentes enfoques de pesquisa, tais como: processos construtivos, forma de inserção no meio urbano, conforto térmico e acústico de edificações, desempenho como estrutura de controle de escoamento pluvial, mudança comportamental dos usuários dos espaços etc.

Conforme Gonçalves e Duarte (2006), o telhado verde pode contribuir no conforto do ambiente interno do edifício, proporcionando economia de energia que seria gasta para climatização. Blanco (2012) cita que, no Brasil, ainda há poucas pesquisas e projetos voltados para as coberturas verdes; gerando assim, falta de conhecimento por parte dos setores industriais, órgãos governamentais e população a cerca deste assunto.

Dubbeling e Massonneau (2014) comentam que a execução de telhados verdes, em grande escala, pode ajudar a reduzir o efeito de ilhas de calor urbano no centro da cidade por meio de absorção de calor pela massa térmica, reflexão solar e evapotranspiração. Os autores apresentam um estudo realizado em Durban, África do Sul, entre março e novembro de 2009, que mostrou que a temperatura do ar acima de um telhado pintado de branco é maior do que acima de um telhado verde, com temperatura do ar média acima do telhado verde e branco, eram 22° C e 41° C, respectivamente.

Estes autores citam pesquisas canadenses com telhados verdes que confirmam a redução da demanda diária de energia para o resfriamento em 95% em comparação com um telhado convencional. De acordo com os autores, o estudo canadense divulga que no inverno, também há redução do consumo de energia para aquecimento ao absorver radiação solar e diminuir a perda de calor através do telhado, proporcionando isolamento, chegando a uma redução de 26% de perda de calor.

Tal comportamento também foi identificado no trabalho conduzido por Lima, Barroca e D'Oliveira (2009), os quais obtiveram uma redução na amplitude térmica na ordem de 5° C, comparando um módulo construído com telhado verde, com outro dotado de laje impermeabilizada, na cidade de Maringá (PR). Segundo Rosseti, Durante, Callejas, Nogueira e Nogueira (2013), tal fato ocorre, uma vez que o telhado verde acrescenta camadas de isolamento que desaceleram o fluxo de calor através da cobertura. Com isso, menor energia térmica é transferida do exterior para o interior do edifício.

Cummings, Withers, Sonne, Parker e Vieira (2007) comentam uma pesquisa realizada pela *Flórida Solar Energy Center*, que avaliou a instalação de 1000m² de telhados verdes. De acordo com os autores, a instalação proporcionou economia de energia utilizada para o resfriamento, chegando a uma redução de 45% do fluxo médio de calor dos telhados convencionais e economizando 489KWh/ano.

Carneiro *et al.* (2015) conduziram um experimento por um período de 70 dias, no município de Recife – PE, em que construíram modelos reduzidos dotados de quatro tipos de cobertura, sendo: telha de fibrocimento, telha reciclada, e telhados verdes com dois tipos de gramíneas. Os autores observaram que as coberturas verdes reduziram as temperaturas



superficiais medidas na face interna das coberturas, em 5,3° e 4,4°C. Os modelos reduzidos cobertos com telhado verde mostraram melhor desempenho térmico em relação às coberturas de fibrocimento e telha reciclada, confirmando que a vegetação promove redução da transmissão da irradiação solar para o interior do modelo.

Segundo Moruzzi, Moura e Barbassa (2014), a Associação Internacional do Telhado Verde, divide o telhado verde em três categorias, diferenciadas pela densidade de plantio, pelo tipo de vegetação e capacidade estrutural do telhado, sendo estas a seguir apresentadas:

- a) Extensiva: para estruturas de telhado com pouca capacidade de carga e custos mais baixos, uma vez que exige pouca adubação e irrigação;
- b) Semi-Intensiva: para estruturas com maior capacidade de carga e custos medianos de manutenção; e
- c) Intensiva: para estruturas de telhado de alta capacidade de carga. Necessita de manutenção, adubação e irrigação permanentes.

No Quadro 2 são demonstradas as principais diferenças entre as categorias de telhado verde citadas:

Quadro 2. Características dos telhados verdes conforme a carga

Características	Extensiva	Semi-Intensiva	Intensiva
Carga superficial	até 100 kg/m ²	de 100 a 700 kg/m ²	de 700 a 1.200 kg/m ²
Espessura vegetal	menor que 15 cm	de 15 a 100 cm	superior a 250 cm
Espessura substrato	menor que 10 cm	de 15 a 20 cm	superior a 20 cm
Tipo de vegetação	Herbáceo extensivo	Arbustivo	Arbóreo
Manutenção	Baixa ou nenhuma	Média	Intensa

Fonte: Willes (2014)

Rangel, Aranha e Silva (2015) chamam atenção que, para a implantação de um telhado verde, a obra exigirá uma instalação específica na cobertura. Se o telhado consistir em apenas uma laje, haverá a necessidade de impermeabilizá-la. Se este for composto por telhas cerâmicas, deve-se removê-las e instalar placas de compensado que servirão de base para a cobertura vegetal, onde serão depositados solo fértil e adubo para o desenvolvimento da vegetação. Deve-se prever a utilização de mantas onduladas, a fim de impedir a perda do substrato, mantas de impermeabilização para evitar problemas de umidade, além de dutos de irrigação e sistema de drenagem.

Na seleção do tipo de vegetação a ser utilizada no telhado verde, Costa (2010) comenta que se deve preferir espécies rústicas, autóctones, ou seja nativas, e bem adaptadas às condições edafoclimáticas locais, que são os fatores do meio, tais como o clima, o relevo, a litologia, a temperatura, a umidade do ar, a radiação, o tipo de solo, o vento, a composição atmosférica e a precipitação pluvial.

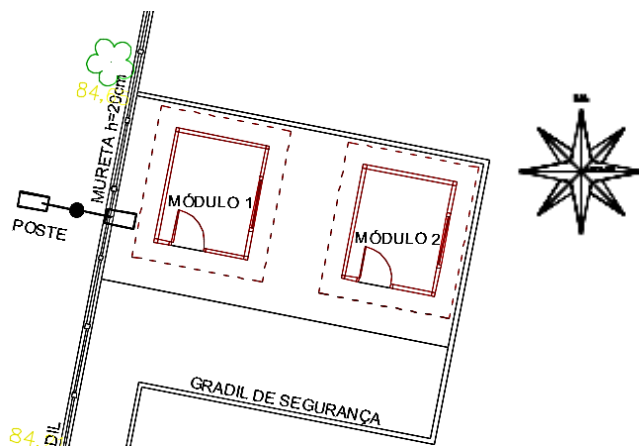
3 Metodologia

Para esta pesquisa foram implantados dois módulos em uma área localizada no estacionamento do *Campus* Vergueiro da Universidade Nove de Julho - Uninove, na cidade de São Paulo (SP), no bairro da Liberdade, região central. A Figura 1 ilustra a localização de implantação dos módulos.

**Figura 1. Mapa localização – Cidade de São Paulo**

Fonte: Adaptada de São Paulo Map 360° (2016)

O local onde foram construídos os módulos é amplo e não sofre com sombreamento de edificações e/ou vegetação de grande porte. Esta necessidade ocorre uma vez que os módulos devem permanecer sujeitos às variações climáticas durante o período de estudos, bem como, expostos a diferentes níveis de intensidade solar. Os módulos foram posicionados com a mesma orientação solar, dispostos lado a lado, a uma distância de 2,0m, com as portas direcionadas para a orientação sul e as janelas direcionadas para a orientação leste, conforme mostra a Figura 2.

**Figura 2. Projeto módulos – Disposição – Orientação solar**

Fonte: Universidade Nove de Julho (2015) – adaptada pelos autores

Os módulos foram apoiados sobre fundação rasa, tipo radier, de concreto armado e possuem características idênticas, exceto quanto à cobertura, ou seja, a mesma orientação solar, o mesmo método construtivo, os mesmos materiais, as mesmas dimensões, porém sobrejacentes aos módulos foram executados dois tipos de cobertura, sendo uma composta por telhado verde, denominado Módulo 1, e a outra por telhado com telhas de fibrocimento,



denominado Módulo 2. O Quadro 3 relaciona os materiais empregados na execução dos módulos.

Quadro 3. Descritivo das partes constituintes dos módulos

Constituinte	Descritivo
Estrutura metálica	Perfis metálicos leves. Módulos fabricados de acordo com a ABNT: NBR 8800
Fechamento lateral	Externo – Camada de manta geotêxtil, assentamento de placa cimentícia aparafusada na estrutura, veda-junta em fita de fibra de vidro, aplicação de tela de fibra de vidro e basecoat para vedação, com posterior acabamento em textura média na cor amarela
	Isolamento – Lã de vidro
	Interno – Assentamento de camada de placa de OSB, camada de placa de gesso acartonado, aplicação de seladora e posterior pintura em tinta látex PVA na cor branca.
Cobertura	Módulo 1 – Instalação de laje em placas cimentícias modulares, com impermeabilização em bicomponente de polipropileno, inclinação de 2% para receber substrato vegetal (terra), sistema de drenagem de águas, com tubo de descida e acabamento interno em forro de gesso acartonado, com seladora e pintura em látex PVA na cor branca.
	Módulo 2 - Instalação de telhas de fibrocimento, com inclinação de 10%, sobre laje em placas cimentícias modulares e acabamento interno em forro de gesso acartonado, com seladora e pintura em látex PVA na cor branca.
Portas	Lisa em madeira com 0,72 x 2,10m
Janela	Veneziana em alumínio 1,00 x 1,20 m
Elétrica	1 ponto de iluminação e 2 de tomadas

Fonte: Dados da Pesquisa

Os módulos possuem dimensões internas de 1,90 x 2,35m, com pé direito de 2,55m. As Figuras 3 e 4 correspondem a planta e ao corte dos dois módulos, com as respectivas dimensões.

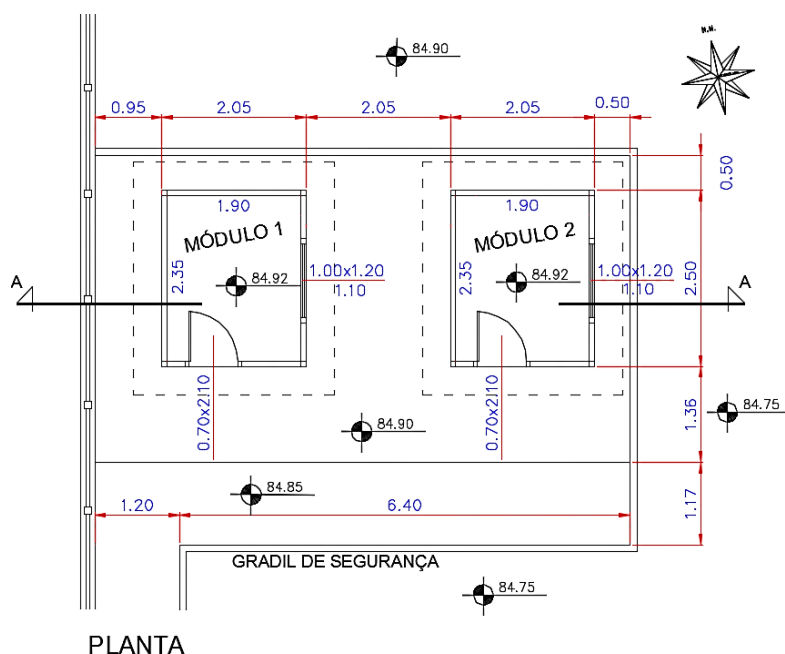
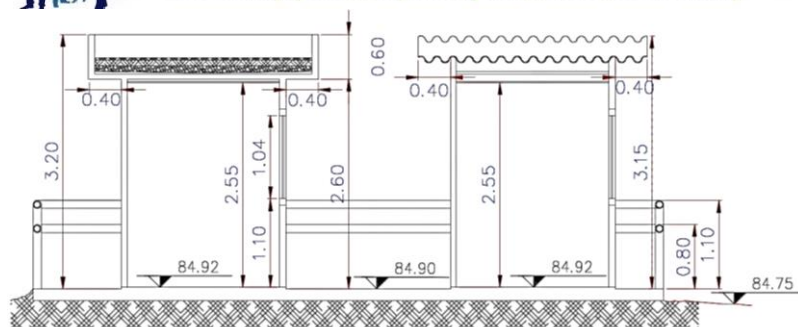


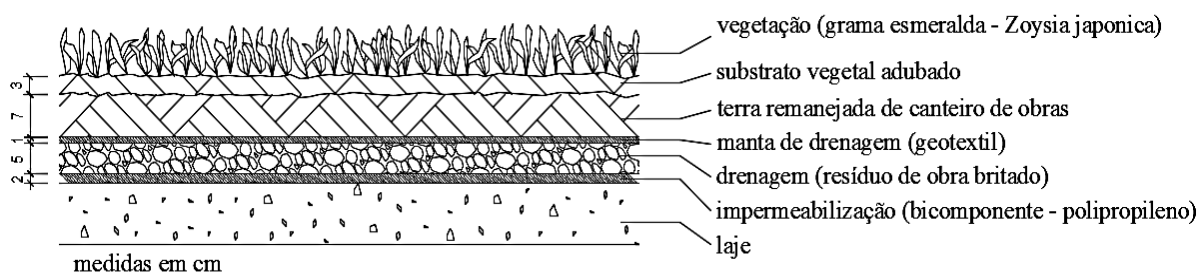
Figura 3. Planta Módulos 1 e 2 – sem escala

Fonte: Dados da Pesquisa


CORTE AA
Figura 4. Corte AA - Módulos 1 e 2 – sem escala

Fonte: Dados da Pesquisa

Para manter a equivalência dos módulos, os dois receberam laje de cobertura em placas cimentícias e acabamento interno com forro de gesso acartonado. Acima da laje, cada módulo recebeu um tratamento distinto, sendo que para o Módulo 1 foi adotada cobertura tipo telhado verde, e para o módulo 2 foi adotada a cobertura com telhas de fibrocimento. O Módulo 1 recebeu cobertura verde, tipo extensiva, seguindo a sobreposição de camadas conforme apresentado na Figura 5.


Figura 5. Detalhe telhado verde – sobreposição de camadas (corte transversal)

Fonte: Dados da Pesquisa

A camada drenante do módulo 1 foi composta por agregado reciclado de construção civil Classe A de acordo com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 307. A granulometria utilizada foi a bica corrida.

O módulo 2 recebeu cobertura com telha de fibrocimento ondulada, com espessura de 6mm, nas dimensões de 1,10m x 1,83m. Esta escolha pautou-se na afirmação do IBDA (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura, 2016) de que a cobertura de fibrocimento é a mais conhecida dos brasileiros, por sua versatilidade, leveza, resistência e baixo custo. As Figuras 6 e 7 mostram os dois módulos edificados.


Figura 6. Foto – Módulos finalizados

Fonte: Dados da Pesquisa


Figura 7. Foto – Módulos finalizados

Fonte: Dados da Pesquisa



Para a aquisição de dados climatológicos, foram adotados os dados da estação meteorológica mais próxima do local de implantação, que é conduzida pelo Centro de Gerenciamento de Emergências (CGE), identificada como Estação Meteorológica da Sé, localizada na região central da cidade.

Para a avaliação do conforto térmico interno dos módulos, estes contaram individualmente com um sistema para medição das variáveis ambientais, composto por instrumento de medição de stress térmico, com termômetro de globo. Estas medições indicaram os níveis de conforto térmico na parte interna dos módulos, a partir do conhecimento das seguintes variáveis: temperatura do ar e umidade relativa do ar.

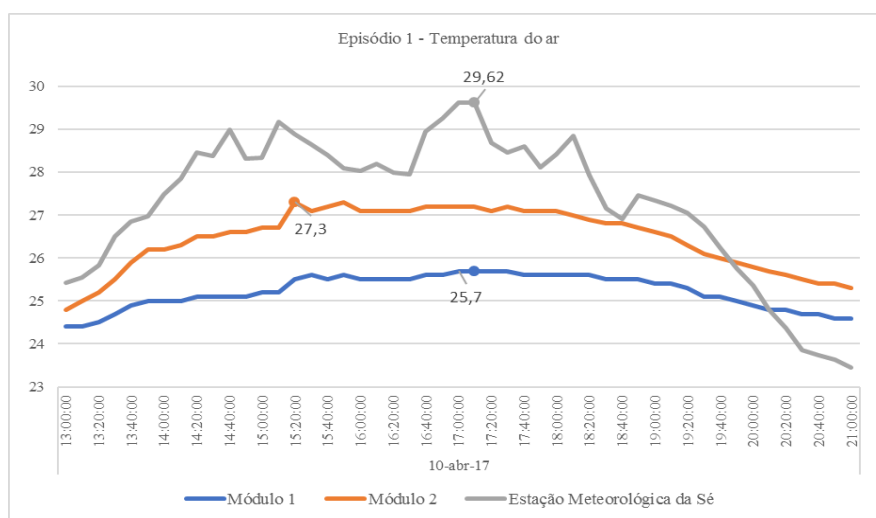
Os instrumentos de medição foram fixados em tripé metálico, posicionados no centro dos módulos. A altura de fixação está pautada na norma da Fundacentro - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (2002), NHO-06 – “Avaliação da exposição ocupacional ao calor”; a qual cita que a altura de montagem dos instrumentos de medição deve coincidir com a região mais atingida do corpo e quando esta região não for definida, o conjunto deve ser montado à altura do tórax. Neste caso, adotou-se a altura de 1,10 m, que corresponde ao nível do tórax de uma pessoa sentada. As leituras foram efetuadas somente considerando-se janelas e portas fechadas, de modo que a ventilação cruzada não interferisse nas condições climáticas internas.

Os instrumentos de medição interna dos módulos correspondem a seguinte descrição técnica: Medidor de stress térmico, com termômetro de globo e datalogger – modelo HMTGD-1800 – Fabricante Highmed. Os dados adquiridos foram armazenados por meio de monitoramento contínuo, com registros a cada 10 minutos, seguindo o mesmo padrão de medição do órgão governamental de monitoramento de dados climatológicos CGE, adotado após consulta e definição de fornecimento, perfazendo o total de 144 medições por dia.

Para este artigo, foram analisados três episódios mais representativos do período de medição, que ocorreu entre março e maio de 2017. Para a seleção destes episódios, foram analisados os dados coletados no período e contemplados episódios de dois picos térmicos de maior temperatura e um pico térmico de temperatura menor.

4 Análise dos resultados

O primeiro episódio selecionado, denominado Episódio 1, contemplou o intervalo das 13:00h às 21:00h do dia 10 de abril de 2017, que se caracterizou como um dos episódios de maior temperatura medida no período. A Figura 8 apresenta os dados de temperatura do ar coletados na parte interna dos Módulos 1 e 2, e da Estação Meteorológica da Sé.

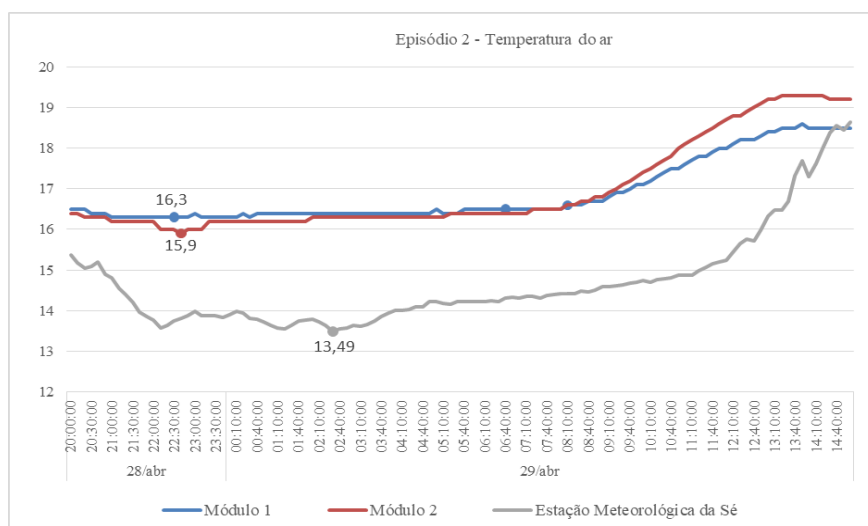


**Figura 8. Episódio 1 – Temperatura do ar**

Fonte: Dados da pesquisa

Por meio da Figura 8 observa-se que na Estação Meteorológica da Sé, ocorreu o pico máximo de temperatura as 17:10h, atingindo 29,62° C, e que, a partir deste momento até as 21:00h, houve queda de 6° C, atingindo 23,42° C. O comportamento térmico dos módulos apresentou leve flutuação, sendo que o Módulo 1 se manteve mais estável que o Módulo 2, atingindo no episódio, temperatura máxima de 25,7° C, frente aos 27,3° C registrados no Módulo 2.

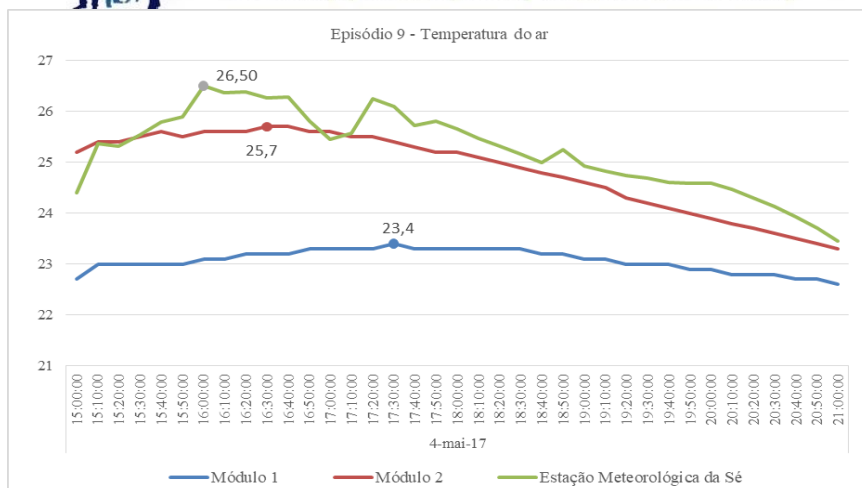
O segundo episódio selecionado, denominado Episódio 2, contemplou o intervalo das 20:00h do dia 28 de abril de 2017 até as 15:00h do dia 29 abril de 2017, e se caracterizou como um dos episódios de menor temperatura medida no período. A Figura 9 apresenta os dados de temperatura do ar no intervalo medido.

**Figura 9. Episódio 2 – Temperatura do ar**

Fonte: Dados da pesquisa

Pode-se constatar, a partir do gráfico apresentado na Figura 9, que no Episódio 2, os dois módulos apresentaram equilíbrio no comportamento térmico, mantendo-se com temperatura próxima de 16° C e com variação desprezível até o início da manhã, por volta de 08:00h, onde começa a apresentar elevação da temperatura. Na Estação Meteorológica, observou-se amplitude térmica de 5° C, atingindo 13,49° C no pico de temperatura mínima.

O terceiro episódio, denominado Episódio 3, contemplou o intervalo das 15:00h às 21:00h do dia 4 de maio de 2017, e se caracterizou como um dos episódios de maior temperatura medida no período. No gráfico da Figura 10 são demonstrados os dados de temperatura do ar no intervalo medido.

**Figura 10. Episódio 3 – Temperatura do ar**

Fonte: Dados da pesquisa

O Episódio 3, foi caracterizado pela variação dos índices da Estação Meteorológica, conforme observa-se na Figura 10. Neste episódio o módulo 1 se manteve estável no comportamento térmico, pois apresentou variação de temperatura desprezível. O módulo 2 apresentou comportamento térmico semelhante ao comportamento da Estação Meteorológica.

A partir dos resultados identificados nos gráficos de cada episódio, foi compilado em tabela, os valores de medição inicial, pico e medição final do módulo 1, do módulo 2 e da Estação Meteorológica, gerando a Tabela 1.

Tabela 1. Medições dos Episódios – Inicial/Pico/Final

Episódio	Inicial					Pico						Final				
	Data	Horário	Temperatura			Hor.	Temp.	Hor.	Temp.	Hor.	Temp.	Data	Horário	Umidade		
			M1	M2	EM									M1		M2
1	10-abr-17	13h00	24,4°C	24,8°C	25,43°C	17h00	25,7°C	15h20	27,3°C	17h10	29,62°C	10-abr-17	21h00	24,6°C	25,3°C	23,26°C
2	28-abr-17	20h00	16,5°C	16,4°C	15,36°C	22h20	16,3°C	22h30	15,9°C	2h30	13,49°C	29-abr-17	15h00	18,5°C	19,2°C	18,64°C
3	4-mai-17	15h00	22,7°C	25,2°C	24,4°C	17h30	23,4°C	16h40	25,7°C	16h00	26,5°C	4-mai-17	21h00	22,6°C	23,3°C	23,46°C

M1-módulo 1; M2-módulo 2; EM-Estação Meteorológica

Fonte: Dados da pesquisa

Na Tabela 1, é possível visualizar de forma geral, as variações de temperatura entre os episódios. A Tabela 2 mostra a amplitude térmica em cada episódio, no Módulo 1, no Módulo 2 e na estação Meteorológica.

**Tabela 2.** Variação da temperatura nos episódios – Inicial/Pico /Final

Episódio	Módulo 1 (M1)					Módulo 2 (M2)					Estação Meteorológica (EM)				
	Inicial	Variação	Pico	Variação	Final	Inicial	Variação	Pico	Variação	Final	Inicial	Variação	Pico	Variação	Final
1	24,4°C	+1,3°C	25,7°C	-1,1°C	24,6°C	24,8°C	+2,5°C	27,3°C	-2,0°C	25,3°C	25,43°C	+4,19°C	29,62°C	-6,36°C	23,26°C
2	16,5°C	-0,2°C	16,3°C	+2,2°C	18,5°C	16,4°C	-0,5°C	15,9°C	+3,3°C	19,2°C	15,36°C	-1,87°C	13,49°C	+5,15°C	18,64°C
3	22,7°C	+0,7°C	23,4°C	-0,8°C	22,6°C	25,2°C	+0,5°C	25,7°C	-2,4°C	23,3°C	24,4°C	+2,1°C	26,5°C	-3,04°C	23,46°C

Fonte: Dados da pesquisa

Analisando a Tabela 2, constata-se que módulo 1, comparado ao módulo 2, apresentou menor flutuação da temperatura do ar, nos três episódios selecionados. Nos Episódios 1 e 3, o módulo 1, apresentou nos picos, temperatura menor que o módulo 2, na ordem de 1,6° C e 2,3°C, comprovando a redução do fluxo de calor do telhado verde, o que leva à melhoria no conforto térmico proporcionado pelo sistema de cobertura pesquisado.

No Episódio 2, o conforto térmico proporcionado nos módulos 1 e 2 é semelhante, visto que a diferença de temperatura entre os módulos é desprezível. Portanto, constatou-se que em picos de temperatura mínima, o telhado verde pouco contribuiu com os níveis de conforto térmico. Esta afirmativa, se pauta na metodologia construtiva dos módulos, sendo que o sistema de camadas utilizado na construção em LSF, proporciona alta inércia térmica, justificando o resultado encontrado.

5 Conclusões

No presente trabalho, foram analisados e comparados os comportamentos térmicos de dois módulos, sendo um dotado de cobertura tipo telhado verde e outro com cobertura convencional em telha de fibrocimento, denominados Módulo 1 e Módulo 2, respectivamente. Optou-se por metodologia construtiva a seco, tipo *Light Steel Frame*, por sua característica sustentável, frente ao método convencional de construção (alvenaria).

O período de medição foi compreendido entre os meses de março a maio de 2017 e para analisar o conforto dos módulos, foram selecionados três episódios representativos de picos térmicos na temperatura externa, tomando-se como referencia os dados fornecidos pela Estação Meteorológica da Sé, administrado pelo Centro de Gerenciamento de Emergência da cidade de São Paulo (CGE), ressaltando que dentre os episódios escolhidos, foram analisados um dos picos de menor temperatura dentre os períodos estudados, na ordem de 13,49° C, e um dos picos de maior temperatura, dentre os períodos estudados, que atingiu 29,62°C.

Constatou-se que o módulo 1, com telhado verde, demonstrou melhor desempenho térmico que o módulo 2, com cobertura com telhas de fibrocimento, em todos os episódios selecionados, mantendo-se com menor flutuação de temperatura interna ao longo dos dias. Portanto, comprovou-se a afirmação dos autores estudados, que descrevem o telhado verde como isolante térmico, reduzindo o fluxo de calor proveniente da cobertura.

Tendo em vista as análises feitas, pode-se afirmar que o desempenho térmico dos Módulos 1 e 2 atendeu ao comportamento esperado, mesmo fazendo-se uso de envoltória construída em *Light Steel Frame*, que por sua metodologia executiva, possui maior inércia térmica que a construção de alvenaria convencional, e que por sua vez, contribui com menor transmitância térmica.

Pode-se considerar que a construção que utiliza a cobertura verde e o método construtivo em *Light Steel Frame* faz uso de técnica passiva de construção bioclimática, e utiliza tecnologia, que otimiza a edificação e minimiza os impactos ao meio ambiente.



Referências

- Beatrice, C.C. (2011) *Avaliação do potencial de uso de três espécies vegetais como cobertura leve de telhados em edificações*. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 125p.
- Blanco, K. C. (2012) *Coberturas verdes: aplicação como estratégia de mitigação de impacto ambiental em Brasília*. Centro Universitário de Brasília (UnICEUB/ICPD), Brasília/DF.
- Caldas, L. R.; Sposto, R. M.; Lopes, A. M. S.; Tavares, W. C. (2016) Avaliação do ciclo de vida energético (acve) e do desempenho térmico de uma habitação de light steel framing com o uso de diferentes tipos de isolantes térmicos. *REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil*. V.11, n.2. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/299497384_
- Carneiro, T. A.; Guiselini, C.; Pandorfi, H.; Neto, J. P. L.; Loges, V.; Souza, R. F. L. (2015) Condicionamento térmico primário de instalações rurais por meio de diferentes tipos de cobertura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, n.11, Campina Grande, PB, UAEE/UEG p.1086–1092. Recuperado de: <http://www.agriambi.com.br>
- CGE (2017) Centro de Gerenciamento de Emergências. Recuperado de: <http://www.cgesp.org/v3/>
- Coelho, A. C.; Lopes, A.; Branco, J. M.; Gervasio, H. (2014) Comparative life-cycle assessment of a single-family house: light Steel frame and timber frame. *Towards forest products and processes with lower environmental impact e-book*, University Fernando Pessoa.
- CONAMA (2002) Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 307/2002: “Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil”*. Recuperado de: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>
- Costa, M. (2010). Espaços verdes e jardins sustentáveis. *Direção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve, Algarve*. Recuperado de: [http://www.drapalg.minagricultura.pt/downloads/pub/Jardins% 20Sustentaveis. pdf](http://www.drapalg.minagricultura.pt/downloads/pub/Jardins%20Sustentaveis.pdf) a, 10
- Cummings, J., Withers, C., Sonne, J., Parker D. e Vieira, R. (2007). *UCF Recommissioning, Green Roofing Technology, and Building Science Training; Final Report*. Cocoa, Florida, Florida Solar Energy Center. General Technical Report No.FSEC-CR-1718-07. Recuperado de: <http://www.fsec.ucf.edu/en/publications/pdf/FSEC-CR-1718-07.pdf>
- Dubbeling, M.; Massonneau, E. (2014) *Rooftop agriculture in the context of climate change*. Appropriate Technology. Recuperado de: <http://search.proquest.com/docview/1566177433>
- Duilio, M. P., Netto, G. R., Berardi, R., Czajkowski, J. D. (2016) *Impacto de la envolvente en la demanda de energía en calefacción residencial de la región metropolitana de La Plata, tomando como caso testigo el reciclado energético de una vivienda*. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 55-70.
- Fundacentro - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (2002), NHO-06 – Avaliação da exposição ocupacional ao calor. Recuperado de: <http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/normas-de-higiene-ocupacional/publicacao/detalhe/2013/3/nho-06-avaliacao-da-exposicao-ocupacional-ao-calor>
- França, L. C. J. (2012) O uso do telhado verde como alternativa sustentável aos centros urbanos: opção viável para a sociedade moderna do século XXI. *Revista Humus*, n. 4.



Frederico e Silva, C.; Romero, M. A. B.; Arboleda, D. A. M.; Fernandes, J. T.; Guilén-Salas, J. C.; Sousa, G. B. (2008) *Parametrização Bioclimática: disposição dos elementos ambientais no espaço público da escala intra-urbana. O Setor Bancário Norte, Brasília – DF*. Anais..In: 3º Congresso Luso Brasileiro de Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável – PLURIS. Santos/SP.

Genko, R. C.; Henkes, J. A. (2013) A utilização do paisagismo como ferramenta na preservação e melhoria ambiental em área urbana. *Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental*, Florianópolis, v. 1, n. 2, p. 55 – 81.

Gonçalves, J. C. S.; Duarte, D. H. S. (2006) Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino”. In: *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v.6, n.4, p.51-81.

Huerta, M. Z. O. (2013) *Análisis comparativo entre especies vegetales, tropicales y deserticas utilizadas en azoteas verdes para disminuir la isla calorifica en zonas urbanas*. Tese (Doutorado), Facultad de Ciencias Químicas - Region Poza Rica – Tuxpan, Universidad Veracruzana, Costa Rica.

Highmed (2016) Recuperado de: <http://www.highmed.com.br>

IBDA - Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura (2016) *Cobertura com telhas de fibrocimento*. Recuperado de: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=8&Cod=448>

Krebs, L. F. (2006) *Coberturas vivas extensivas: análise da utilização em projetos na região metropolitana de Porto Alegre e Serra Gaúcha*. (Dissertação). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS.

Lima, R. R.B.; Lima, E. A.; Braga, D. K. (2015) *Análise dos Parâmetros de Conforto Ambiental: Estudo de Caso na Unidade de Pronto Atendimento de Samambaia no Distrito Federal*. Olhares da Reabilitação Ambiental Sustentável, Paranoá.

Lima, I.G; Barroca, B.B; D’Oliveira, P.S. (2009) *Influência do telhado ecológico com plantas verdes no conforto ambiental*. Anais...In: Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar. Maringá/PR, 4p.

Mascaró, L. Mascaró, J. (2009). *Ambiência Urbana*. (3ª edição) Porto Alegre/RS: Masquatro Editora. 200p.

Moruzzi, R.B.; Moura, C.C.; Barbassa, A.P. (2014) Avaliação do efeito da inclinação e umidade antecedente na qualidade e quantidade das parcelas escoadas, percoladas e armazenadas em telhado verde extensivo. *Revista Ambiente Construído*, Porto Alegre, v.14, n3, p.59-73.

Oliveira Neto, A. C. (2014) *Cobertura verde: estudo de caso no município de São José dos Campos – SP*. (TCC), Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”. Guaratinguetá/SP.

Rangel, A.C.L.C.; Aranha, K.C; Silva, M.C.B.C. (2015) Telhados verdes nas políticas ambientais como medida indutora da sustentabilidade. *Revista Desenvolvimento e Meio*

Rodrigues, D. L. S. (2015) *Desempenho termo-acústico de uma unidade básica de saúde construída em light steel frame*. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Centro Universitário de Formiga–UNIFOR - MG, Formiga.

Rosseti, K.A.C; Durante L.C; Callejas, I.J.A; Nogueira, M.C.J; Nogueira, J.S. (2013) Abordagens sistêmicas dos efeitos da implantação de telhados vegetados. *Brazilian*



Geographical Journal: Geosciences and humanities research medium. Ituiutaba, v.4, n.1, p55-77.

Saleiro Filho, M.; Reis-Alves, L. A.; Schueler, A.; Rola, S. (2015) *Além de um diálogo reservado com as estrelas: O processo de formação e transformação do terraço jardim ao telhado verde*. Revista de Ciência e Tecnologia (RCT), V.1. n.1.

Samangoeei, M. (2006) *Green spaces in the sky. What role do green roofs play in a Twenty-first century city?* S.C.: Department of Architecture, Oxford Brookes University.

São Paulo Map 360° (2016). Recuperado de: <http://pt.saopaulomap360.com/mapa-bairros-sao-paulo#.WUKxdmjvIU>

SMVMA-PMSP (2015) Secretaria Municipal do Verde e Meio Ambiente. São Paulo: Recuperado de: http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/

Scherer, M. J. (2014) *Cortinas Verdes na arquitetura: desempenho no controle solar e na eficiência energética de edificações*. Tese (Doutorado), Programa de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS.

Silva, I. M., Gonzales, L. R., Silva Filho, D. F. (2011). *Recursos naturais de conforto térmico: um enfoque urbano*. REVSBAU: v.6, n.4, p. 35-50, Piracicaba/SP: Recuperado de: <http://www.revsbau.esalq.usp.br>

Silva Junior, J. I.; Katkiewicz, K. M.; Silva, K. M. P.; Bezerra, L. M.; Carvalho, M. H. C.; Melo, S. M. S. (2012) *Os benefícios da arquitetura bioclimática no conforto e na economia energética*. Anais...In. VII CONNEPI Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação, Palmas/TO.

Souza, H. A.; Amparo, L. R.; Gomes, A. P. (2011) Influência da inércia térmica do solo e da ventilação natural no desempenho térmico: um estudo de caso de um projeto residencial em light steel frame. *Revista Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 113-128.

Vecchia, F. (2005) *Cobertura verde leve (CVL): ensaio experimental*. Anais...In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Maceió.

Vivan, A. L.; Paliari, J. C. (2012) Design for Assembly aplicado ao projeto de habitações em Light Steel Frame. *Revista Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 101-115.

Willes, J. A. (2014) *Tecnologias em telhados verdes extensivos: Meios de cultura, caracterização hidrológica e sustentabilidade do sistema*. Tese (Doutorado), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba/SP.