

ESTUDO DA IMPLANTAÇÃO DO TELHADO VERDE PARA CONFORTO TÉRMICO EM EDIFICAÇÃO NA CIDADE DE CASCAVEL-PR

DAUDT, Clara Rodrigues Campos¹

SOUZA, Cássia Rafaela Brum²

RESUMO: Devido ao incessante aumento da temperatura causado pelo aquecimento global, a busca por conforto térmico tem sido constante, até mesmo na construção civil. Nesse sentido, este trabalho teve o intuito de apresentar um estudo realizado com o objetivo de estudar a implantação de um telhado verde e seus efeitos referentes ao conforto térmico para a edificação. Para tanto, foram apresentados dados que, por meio de pesquisas bibliográficas e levantamento diário da temperatura, mostraram os pontos positivos e negativos que seriam trazidos com a execução da cobertura vegetal, tanto para fins de conforto quanto para fins econômicos. Contudo, foi possível verificar a influência do telhado verde na redução da temperatura interna, além de apresentar as vantagens e desvantagens referentes aos gastos com implantação e manutenção deste sistema comparado ao sistema de cobertura convencional.

Palavras-chave: telhado verde, conforto, eficiência energética.

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento gradativo do aquecimento global, a busca por encontrar maneiras práticas e eficazes de implementar o desenvolvimento sustentável continua sendo um desafio significativo em nossas comunidades. Uma maneira de alcançar formas de desenvolvimento mais sustentáveis em nossas cidades é através do aumento da difusão de tecnologias do telhado verde (PECK, *et al.*, 1999).

Oliveira Neto (2014), caracteriza a cobertura verde como sendo a utilização de vegetação sobre edificações de qualquer dimensão. A aplicação desse tipo de cobertura vem destacando-se na arquitetura bioclimática, pois auxilia nas condições de conforto dentro das estruturas.

¹Discente, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel - PR. E-mail: clarinhadaudt@hotmail.com.

²Docente, Arquiteta e Urbanista, Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, Professora do curso de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil do Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel - PR.

Dados disponíveis pela OMM (Organização Mundial de Meteorologia) em janeiro de 2020, mostram que as temperaturas médias para o período de cinco anos, entre 2015 e 2019, foram as mais altas já registradas. O ano de 2019 foi atribuído como o mais quente até então, com 1,1 °C acima da média entre os anos de 1850 e 1900 (período em que ocorreu a Segunda Revolução Industrial). Segundo o secretário-geral da OMM, Petteri Taalas, na trajetória atual, o mundo caminha para um aumento de temperatura de 3 a 5 graus Celsius até o final do século.

Portanto, com o uso da cobertura vegetal é possível haver uma redução no efeito do calor e, conseqüentemente, no uso de energia, uma vez que o método utilizado apresenta um excelente desempenho térmico, resultando numa diminuição da temperatura interna de residências e edifícios (CATUZZO, 2014).

Com as informações expostas, a justificativa para a realização deste estudo é devido ao fato de que a busca pela captação de energia por meios naturais (como solar e eólico, por exemplo) têm sido bastante difundidas na atualidade. Sendo assim, o telhado verde traria grande colaboração para fins energéticos.

Nesse sentido, realizar este trabalho acadêmico justificou-se pelo fato de contribuir não só para uma possível redução de custos na produção de conforto térmico do local (atualmente obtida por meio de refrigeração artificial, o que acarreta em uma despesa elevada), mas também de relevância pública, tendo em vista que o local de estudo é uma instituição destinada à população de modo geral.

Além das vantagens econômicas citadas, devido à redução da temperatura (sendo esse o alvo do estudo), outros benefícios ambientais como a purificação do ar, por exemplo, também podem ser ressaltados.

Para tanto, a questão a ser respondida com a realização do estudo a seguir será: Quais serão as contribuições causadas pela implantação do telhado verde para a Nova Igreja Batista?

Este trabalho estará limitado ao estudo da implantação de telhado verde na Nova Igreja Batista do Paraná (NIB), localizada na Rua Carlos de Carvalho, 3289, no centro da cidade de Cascavel- PR. Os resultados foram obtidos por meio de pesquisas teóricas bibliográficas, sem a realização de experimentos.

De acordo com todas as informações expostas anteriormente, este trabalho teve como objetivo geral estudar a implantação do telhado verde na edificação em questão, tendo como foco as influências referentes ao conforto térmico e os gastos.

Salienta-se que para que este trabalho científico possa ter pleno êxito, os seguintes objetivos específicos serão propostos:

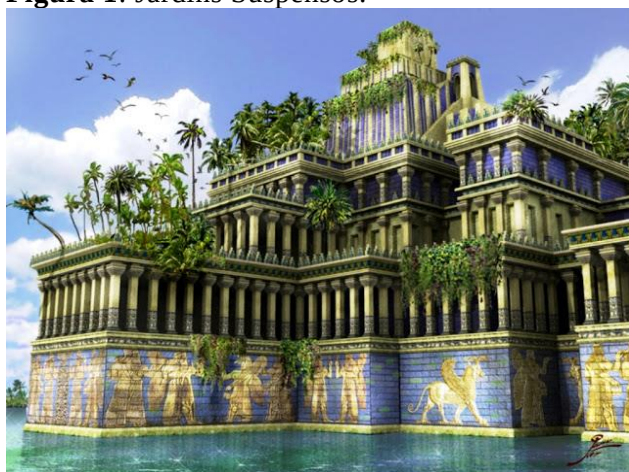
- a) Relacionar as vantagens e desvantagens do telhado verde;
- b) Levantar as dimensões de temperaturas (internas e externas) coletadas no local, durante um período pré-determinado pelo autor;
- c) Analisar a pesquisa teórica bibliográfica sobre o telhado verde e sua possível implantação no local de estudo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Contextualização histórica

De acordo com Quintella (2012), o telhado verde não é um sistema construtivo criado recentemente. Acreditava-se que os primeiros sinais de utilização desse método deram-se por volta dos anos 600 a.C., na antiga Mesopotâmia, onde atualmente encontra-se o Iraque. Porém, segundo Nogueira (2019), depois de anos de pesquisa, a assirióloga Dra. Stephanie Dalley da Universidade de Oxford, anunciou que os registros mais antigos de cobertura verde foram encontrados em Nínive, uma das mais importantes capitais do Império Assírio. As estruturas descobertas são os chamados Jardins Suspensos, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1: Jardins Suspensos.



Fonte: Quintella (2012).

Durante o Renascimento, na cidade de Genova (Itália), a execução de telhados verdes nas edificações já era comum, alcançando posteriormente México e Índia nos séculos XVI e XVII, seguidos pela Rússia, até chegar à França no século XVIII (PECK *et al.*, 1999).

Por volta da década de 1960, as preocupações com o meio ambiente, cada vez maiores, fizeram com que a busca por meios sustentáveis no Norte da Europa trouxesse o interesse pelo que ficou conhecido como solução verde. Por decreto de leis municipais efetivadas na Alemanha, na década de 80, houve um crescimento considerável na execução da cobertura vegetal pelo país. O conceito de telhado verde chegou nos mercados Norte Americanos já no final do século XX, mesmo que sem muito interesse da população em investir em tal tecnologia, o que foi mudando com o passar dos anos (QUINTELLA, 2012).

De acordo com Ferreira (2007), no Brasil, o interesse pelo método de implantação do telhado vegetal ainda é relativamente baixo, com uma maior presença no Rio Grande do Sul, onde podem ser vistas algumas empresas especializadas na aplicação e construção de coberturas verdes. Essa maior relevância encontrada no Sul pode ser causada pela influência da imigração alemã ou pelos aspectos positivos na regulação da temperatura interna das residências.

O primeiro telhado verde do país foi em 1936, no prédio do MEC, pensado por Roberto Burle Marx. O segundo foi em 1988 no Banco Safra em São Paulo e em 1992, pelas arquitetas Rosa Grená Kliass e Jamil Kfourir que projetaram os jardins do Vale do Anhangabaú em São Paulo, como pode ser visto na Figura 2 (TOMAZ, 2005).

Figura 2: Projeto paisagístico de Burle Marx para a laje superior do Banco Safra, SP



Fonte: Monferdini (2014).

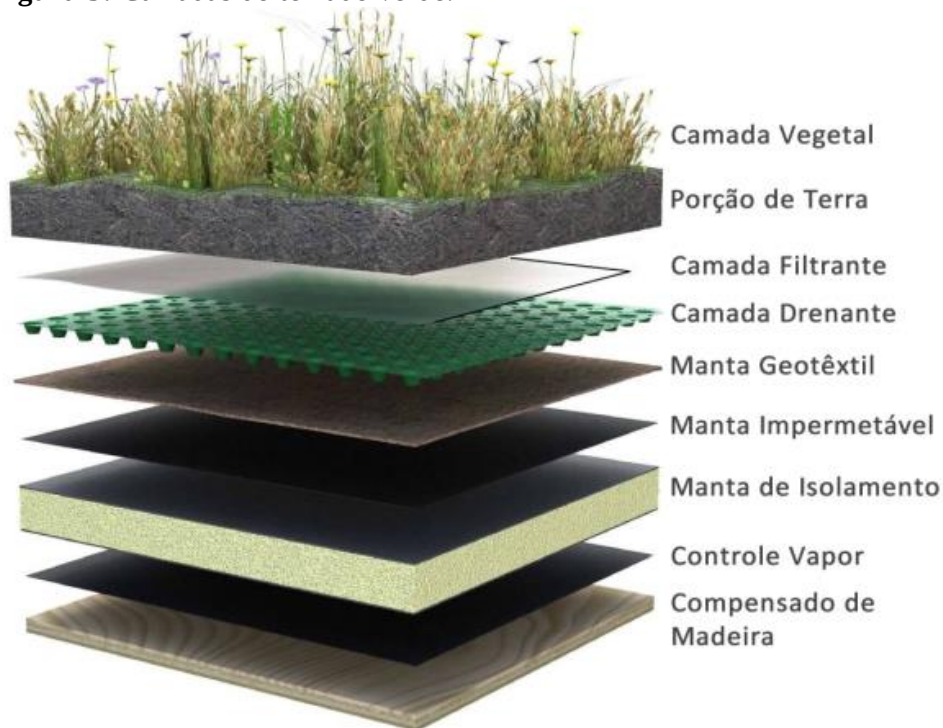
Para Rola (2005), a natureza ainda é tímida no Brasil, porém vem como alternativa para trazer melhorias não apenas para problemas como ilhas de calor, mas também para reduzir os efeitos da poluição.

2.2 Composição do telhado verde

Para Andrade (1996), com base na arquitetura bioclimática, é possível obter, juntamente aos conceitos de eficiência energética, uma inércia térmica favorável em um edifício com elementos de isolamento. Assim pode ser garantido o conforto térmico no interior da edificação, controlando o excesso de temperatura durante os períodos de maior radiação solar.

Para tanto, é determinante a correta disposição das camadas que compõem o telhado verde, como pode ser visto na figura 3. “O telhado baseia-se na aplicação de vegetação sobre a cobertura de edificações, desde que as mesmas recebam um tratamento adequado para impermeabilização, barreira antirraízes e drenagem, favorecendo a eficácia do mesmo.” (SOUZA, 2016, p. 14).

Figura 3: Camadas do telhado verde.



Fonte: Lara (2017).

De acordo com Lara (2017), as camadas a serem aplicadas na construção da cobertura vegetal variam consideravelmente. Levando em consideração uma aplicação tradicional, a montagem pode ser realizada da seguinte maneira:

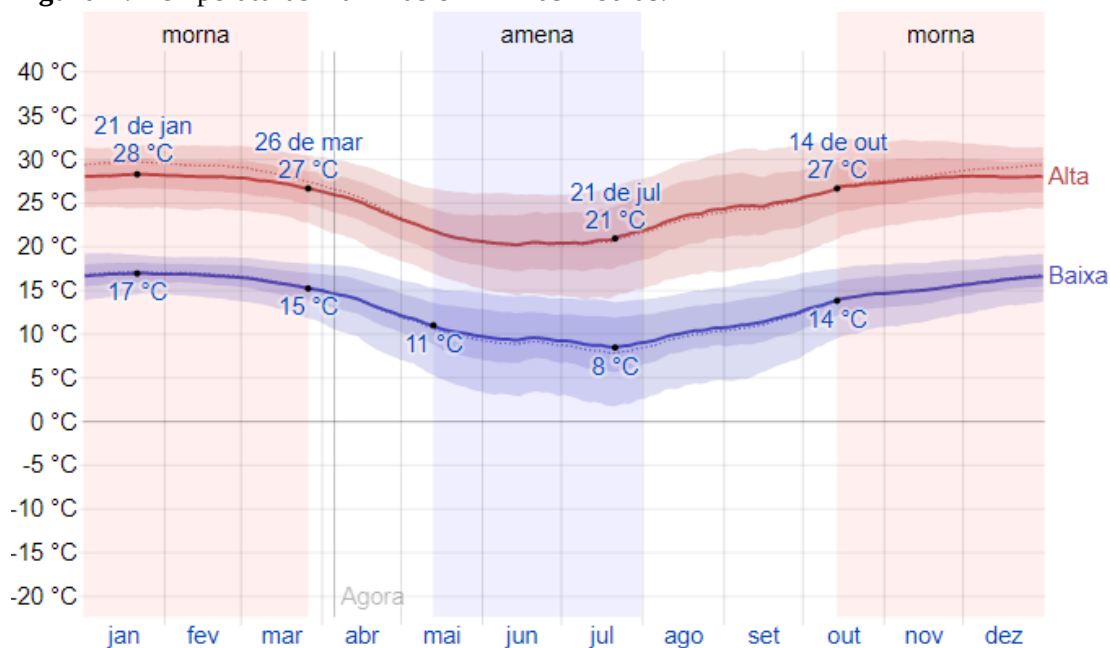
- Primeiramente, deve ser utilizada uma manta sintética para gerar uma camada de impermeabilização que irá proteger a superfície da laje de qualquer infiltração futura;
- A recomendação da *National Ruffing Contractor Association* (NRCA) é que seja feita uma camada de espessura mínima 5,4mm, contendo um tecido entelado, uma camada de asfalto quente e, por fim, a manta asfáltica (material mais utilizado para fins de impermeabilização);
- Para Cantor (2008), é importante que haja uma camada antirraiz, responsável por não permitir que a raiz da vegetação implantada venha a penetrar na impermeabilização causando vazamentos;
- Para a drenagem da água, pode ser utilizado material sintético como uma manta de poliestireno, ou material mineral como brita, seixos ou argila;
- A filtragem é feita por meio de uma camada de tecido, manta geotêxtil, que irá reter as partículas;
- A camada de substrato orgânico, segundo Oro (2019), deverá ser uma porção de terra com boas condições de drenagem, dando preferência a um solo não argiloso, com boa composição mineral de nutrientes para melhor desenvolvimento da vegetação;
- A vegetação nos telhados, para Kibert (2008), pode ser classificada em duas diferentes formas: extrusiva ou intrusiva. No sistema extrusivo a manutenção é menos frequente, por esse motivo a camada de substrato é mais fina e requer menos irrigação e adubação. O sistema intrusivo, diferentemente do anterior, necessita de manutenção frequente, pois suporta maior peso devido à possibilidade de criação de jardins em terraços.

2.3 Influência do telhado verde na temperatura do ambiente

Os dois principais fatores que influenciam na ocorrência do isolamento térmico nas edificações são: a retenção de radiação solar realizada pelas plantas em meio ao processo de fotossíntese, absorvendo grande parcela de energia, e o isolamento causado pela espessura da cobertura aplicada. Ambos os mecanismos exercem grande contribuição na redução da variação de temperatura, mantendo-a constante e estável durante os diversos períodos do dia. De igual forma ocorre o processo de troca de calor nas diferentes estações do ano, quando no inverno o calor é mantido devido ao uso da cobertura, e no verão proporciona um ambiente mais fresco por meio da proteção contra a insolação direta. Por esse motivo, o uso do telhado verde é de grande relevância tanto para regiões com clima frio quanto para as de clima quente (FERREIRA, 2007).

De acordo com a *Weather Spark* (2020), as temperaturas mais elevadas na cidade de Cascavel, Paraná, compõem os meses de outubro até março, com temperatura mínima média de 17 °C e máxima média de 28 °C. As temperaturas mais baixas, compondo a estação fresca, englobam os meses de maio, junho e julho, com temperaturas mínimas na média de 8 °C e as máximas média de 21 °C, como visto na Figura 4.

Figura 4: Temperaturas máximas e mínimas médias.



Fonte: Weather Spark, (2020).

Em estudo realizado por Souza (2016), na cidade de Cascavel, foi feita a comparação da variação térmica entre dois protótipos, um com telhado verde e outro com telhado convencional. Verificou-se que, para o mesmo período de medição, a variação média de temperatura interna do protótipo com telhado verde foi de 4,96°C, enquanto para o telhado convencional foi de 4,03°C, comprovando, assim, a maior contribuição do telhado verde para a diminuição da temperatura interna do ambiente.

3. METODOLOGIA

3.1. Tipo de estudo

Trata-se de um estudo de levantamento de dados que foram quantificados com base em revisão bibliográfica. A pesquisa foi feita pelo método qualitativo. Após a coleta dos dados, foram feitos estudos em livros e artigos, com o objetivo de levar a uma compreensão de quais seriam os efeitos da implantação da cobertura verde.

3.2. Caracterização da amostra

O estudo foi realizado na Nova Igreja Batista, localizada na Rua Carlos de Carvalho, 3289, no centro da cidade de Cascavel, Paraná, como é representado na Figura 5. A igreja funciona todos os dias da semana em horário comercial, e tem suas programações abertas ao público quatro vezes na semana (terça-feira, sexta-feira, sábado e domingo), com foco maior no domingo, onde a aglomeração e fluxo de pessoas é mais elevado. O local suporta aproximadamente 570 pessoas sentadas no auditório principal, com presença de um mezanino. Possui também um miniauditório com capacidade de 70 pessoas, uma secretaria e mais 5 salas. O fluxo aos domingos é de cerca de 2000 pessoas e conta com um total de 15 funcionários que trabalham no local durante os dias úteis.

Figura 5: Localização da igreja.



Fonte: Google Maps (2020).

3.3. Instrumentos e procedimentos para coleta de dados

A coleta de dados foi feita no local da edificação, com o auxílio de uma trena para a realização da medição da área total de influência da edificação. Para a coleta dos dados do ambiente externo, tanto de temperatura quanto de umidade relativa do ar, foram utilizadas as informações verificadas no site oficial da instituição meteorológica *The Weather Channel*. O termômetro digital de máximas e mínimas (marca Incoterm), do modelo apresentado na Figura 6 (fixado no local de estudo), foi utilizado apenas para obtenção das temperaturas internas.

Figura 6: Termômetro digital utilizado para verificação da temperatura interna



Fonte: Autor (2020)

As visitas ao local foram realizadas de segunda a sexta, durante um mês (de 08 de setembro até 08 de outubro – período esse que corresponde à passagem de

inverno para primavera), e os dados foram coletados no período vespertino, entre os horários das 17:30 às 18:30 horas, lançando os dados obtidos em uma planilha de *Excel*, conforme demonstrado na Tabela 1 e apresentado no Apêndice A, para estudo posterior.

Tabela 1: Anotações dos dados coletados

Data	Horário	Temperatura interna	Temperatura externa	Umidade relativa do ar ambiente externo

Fonte: Autor (2020)

Além do estudo das temperaturas e umidades, realizou-se uma pesquisa de levantamento de custos. Esta foi feita em duas partes. Para a primeira parte da pesquisa utilizaram-se dados, verificados por meio de revisão bibliográfica, para obtenção de um valor de implantação de ambos os sistemas de cobertura (vegetal e convencional).

A segunda parte do estudo trata dos gastos necessários para manter os sistemas em questão, sendo estes gastos com manutenção, no caso do telhado verde, ou os custos com ventilação artificial, onde, para este último usou-se como base a Equação 1.

$$C = \frac{HD \times DM \times CE \times PE}{30} \quad (1)$$

Onde:

C: Consumo (em R\$);

HD: Horas de uso por dia;

DM: Dias de uso por mês;

CE: Consumo de energia (em Kw/h);

PE: Preço da energia (em R\$).

3.4. Análise dos dados

Após a coleta dos dados, foi realizada a respectiva análise por meio de revisão bibliográfica, relacionando as temperaturas obtidas com a prevista redução da mesma tendo a implantação da cobertura vegetal.

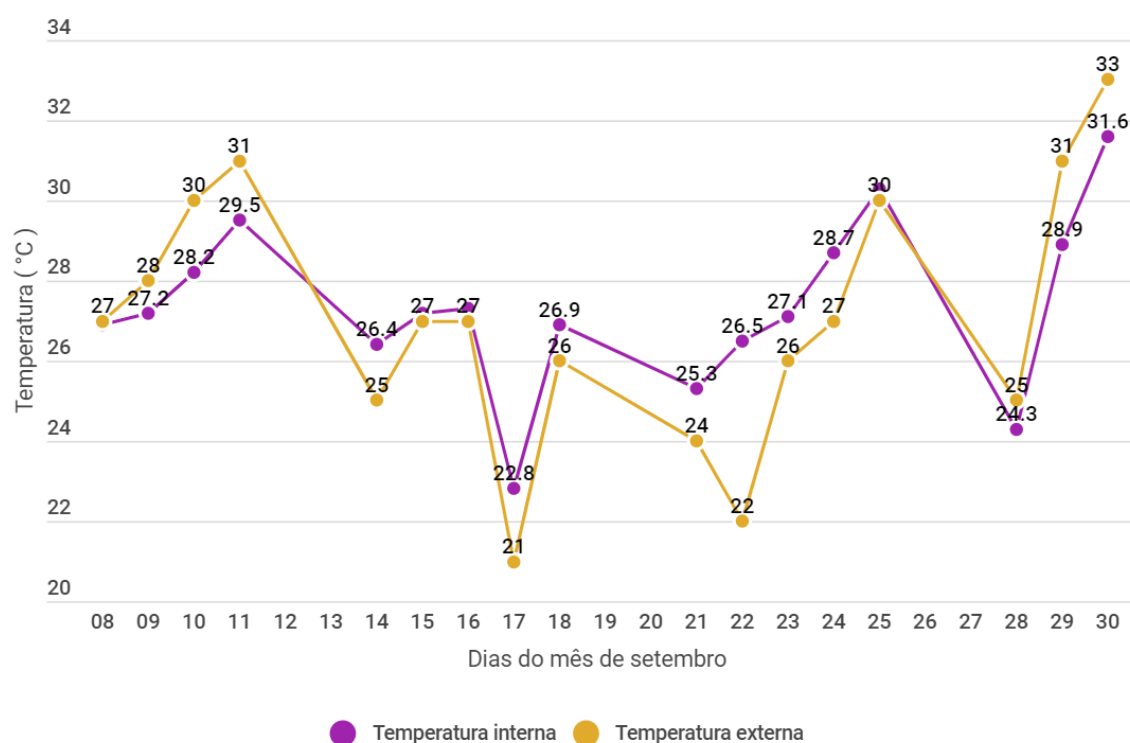
Os dados foram armazenados em uma planilha de *Excel* e analisados visando o aumento do conforto térmico no ambiente em questão, para que, futuramente, o método possa vir a ser implantado na edificação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Dados coletados

Durante o período de estudo que aconteceu em partes dentro do mês de setembro, as temperaturas foram aferidas, tanto no interior da edificação, quanto no exterior da mesma. O acompanhamento foi realizado dentro do horário determinado (entre 17h30 e 18h30), registrado, e ilustrado como pode ser visto no gráfico da Figura 7.

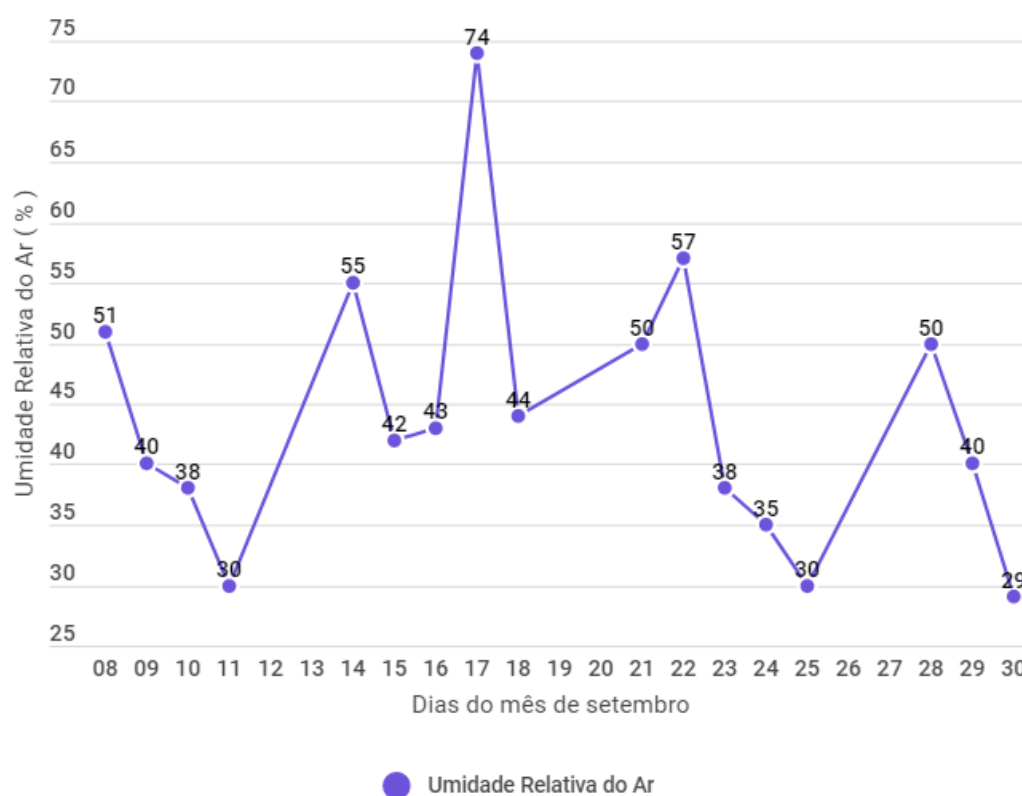
Figura 7: Variação de temperatura interna e externa em setembro.



Fonte: Autor (2020)

Juntamente com o acompanhamento das temperaturas, foi realizado o registro da umidade relativa do ar do ambiente externo, apresentado na Figura 8, no mesmo período e horário em que foram registrados os demais dados.

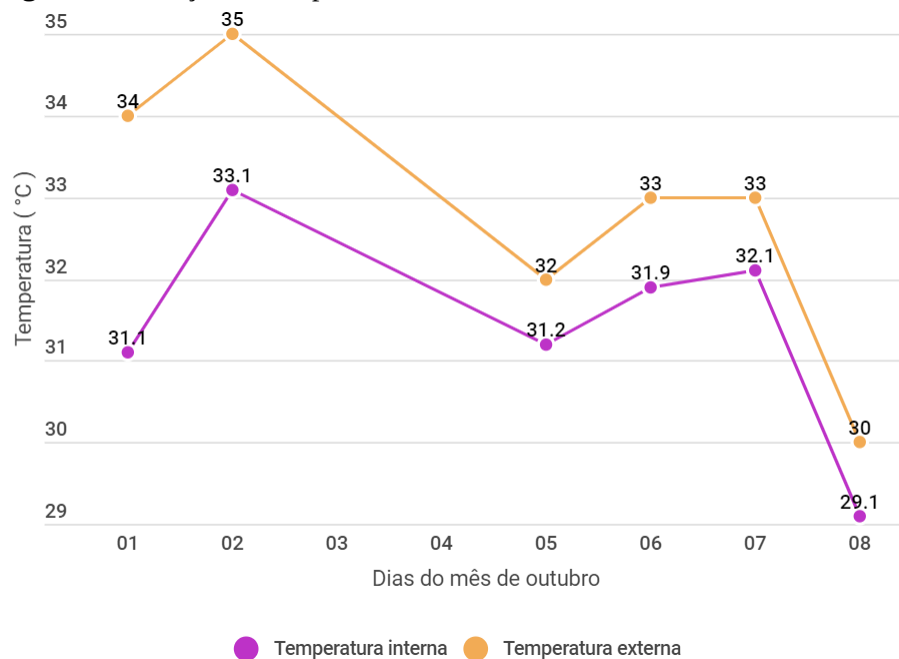
Figura 8: Variação da umidade relativa do ar no mês de setembro.



Fonte: Autor (2020)

Da mesma forma, foi realizado o estudo das temperaturas internas e externas para o mês de outubro, conforme a Figura 9.

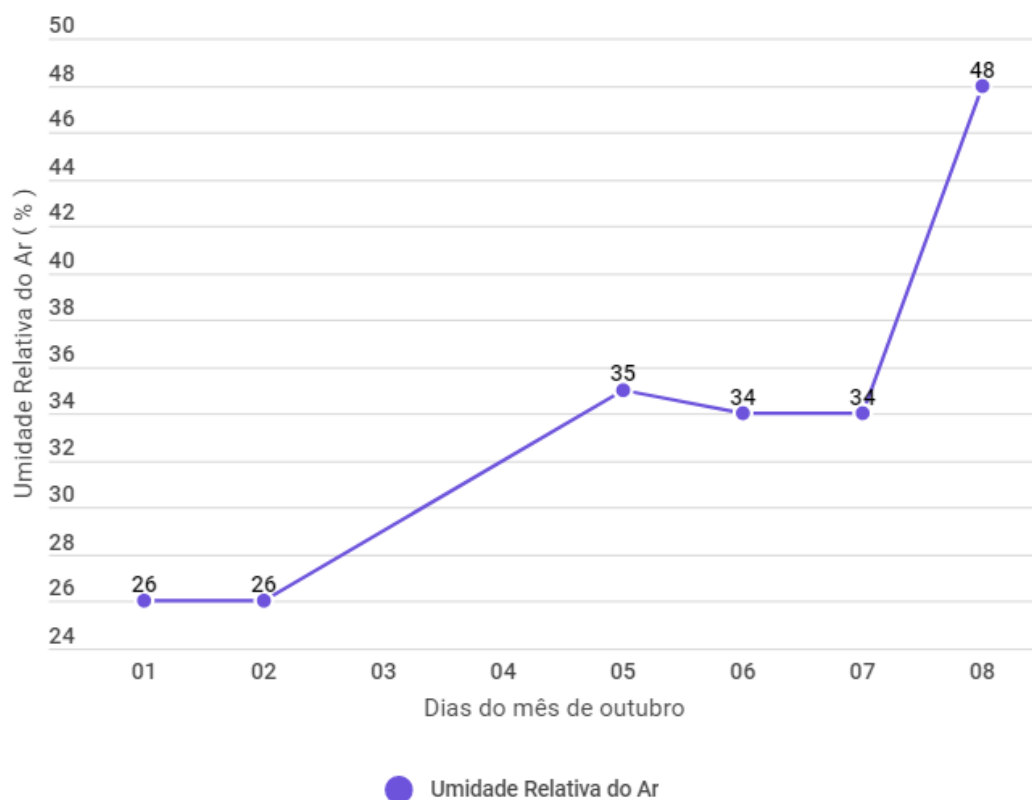
Figura 9: Variação de temperatura interna e externa em outubro.



Fonte: Autor (2020)

Com a transição do inverno para a primavera, no final do mês de setembro, ocorre também o aumento da umidade relativa do ar, característico da estação em que se encontra o mês em questão. Na Figura 10, é possível observar a variação de umidade apresentada desde o dia 01 de outubro até o dia 08 do mesmo mês, período este em que o estudo foi concluído.

Figura 10: Variação da umidade relativa do ar no mês de outubro.



Fonte: Autor (2020)

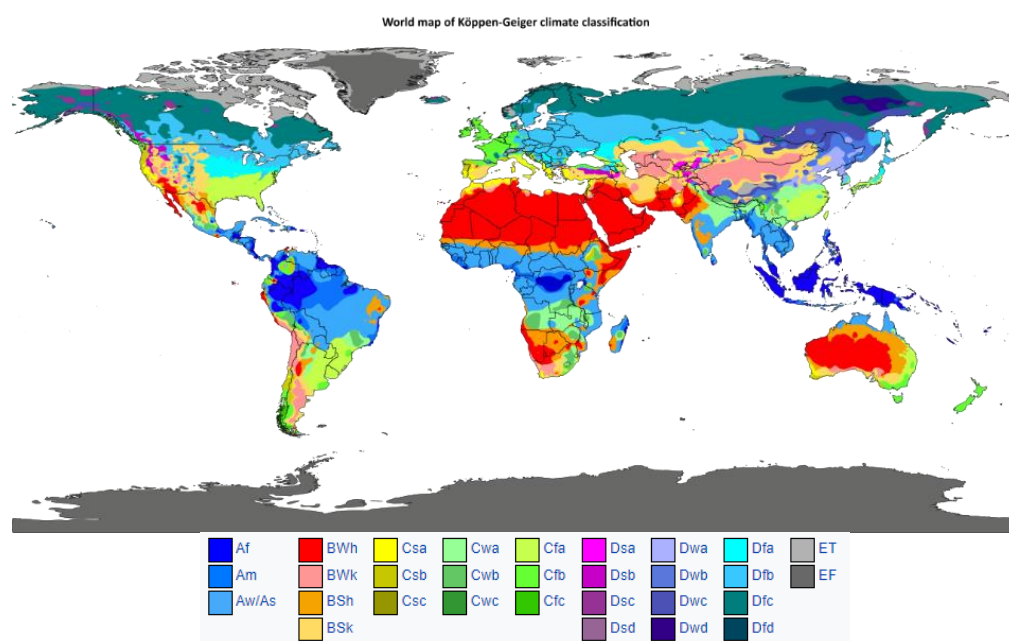
Com base nos dados verificados, juntamente com a revisão bibliográfica, foi possível analisar os resultados, que serão expostos mais adiante.

4.2. Análise da revisão bibliográfica

Lançado pela primeira vez em 1900 e revisado posteriormente em 1918, a classificação climática de Köppen–Geiger tenta agrupar maior número de informações que diferenciem os grupos climáticos existentes no mundo. Segundo Exposti (2013), a divisão feita por Köppen é dada por meio de letras, maiúsculas e minúsculas, tem seu foco principal na temperatura, precipitação pluvial e

características sazonais. De acordo com esse sistema de classificação, a cidade de Cascavel foi denominada como sendo Cfa (Figura 11), onde: “C” indica um clima temperado chuvoso e moderadamente quente, com temperatura média variando entre -3°C e 18°C no mês mais frio; “f” representando sua distribuição sazonal de precipitação, sendo esta úmida durante todo o ano; finalizando com “a”, que caracteriza-se como tendo a temperatura média acima de 22°C com verão quente.

Figura 11: Mapa mundial da classificação climática de Köppen-Geiger.



Fonte: Peel, M. C., Finlayson, B. L., e McMahon, T. A. (2016)

De acordo com o site meteorológico *Weather Spark*, em seu estudo de 36 anos (1980 até 2016) feito com base em dados da NASA, dentre outras fontes, a cidade de Cascavel, no Paraná, possui um verão de longa duração, porém úmido e morno. O inverno, em contrapartida é curto e ameno. Durante o ano, a temperatura varia, em geral, de 8 °C a 28 °C e dificilmente encontra-se abaixo de 2 °C ou acima de 32 °C.

Segundo os estudos realizados pela *Weather Spark* (2020), dentro do período considerado como estação morna, estão os meses de outubro até março, que possuem uma média de temperatura máxima diária superior a 27°C, com a maior média no mês de janeiro. Na estação fresca encontra-se o período entre meados de maio até o final de julho, em que a temperatura média máxima diária é inferior a 22°C.

Os resultados dos estudos feitos pela empresa Cedar Lake Ventures, donos e responsáveis pelo site meteorológico anteriormente citado, afirmam que Cascavel possui uma variação sazonal, quanto à sensação de umidade, considerada extrema. Na maior parte do ano, o nível de conforto é abafado e extremamente úmido. Diferente da temperatura, que pode mudar rapidamente, um dia abafado tende a ser seguido por uma noite abafada, com o ponto de orvalho (temperatura abaixo da qual a umidade do ar começa a condensar-se) sendo alterado mais lentamente.

Durante o mês de setembro, ainda que inverno, as temperaturas começam a subir. Nesse período, de acordo com o site meteorológico *Weather Spark*, as máximas raramente caem abaixo de 17 °C ou ultrapassam 32 °C. Já as temperaturas mínimas dificilmente mantêm-se abaixo de 5 °C ou passam de 17 °C. Segundo o mesmo site, a probabilidade de que um determinado dia seja abafado em Cascavel aumenta gradualmente durante setembro, aumentando o nível de conforto em umidade de 91% para 95% ao longo do mês. Esta porcentagem segue aumentando no mês seguinte, indo de 95% para 98%.

No mês de outubro, segundo o INMET, as temperaturas máximas, na cidade de Cascavel, sobem, e, raramente, encontram-se abaixo de 19 °C ou ultrapassando a 32 °C. Da mesma forma acontece com as temperaturas mínimas, que se mantêm na faixa de 8 °C a 18 °C.

4.3. Discussão dos dados

Pode-se notar que para o mês de setembro a menor temperatura foi verificada no dia 17, apresentando 22,8°C no interior do edifício, e exteriormente 21°C. Em contrapartida, a temperatura mais elevada do mês foi no dia 30, onde o termômetro marcou 31,6°C dentro da edificação, e 33°C fora da mesma. As demais temperaturas verificadas constam na tabela do Apêndice A. Sendo assim, a média de temperatura interna para o mês de setembro foi de 27,3°C e externa de 27°C. A probabilidade de que um determinado dia seja abafado em Cascavel tende a aumentar ao longo do mês.

Observou-se que a umidade relativa do ambiente externo, apresentada durante o estudo do mês de setembro, manteve-se variável, inconstante, chegando a

até 74% em seu valor máximo. O índice de umidade relativa do ar que apresentou o percentual mínimo durante este mês deu-se no dia 30, com 29%. A média aritmética simples calculada para referenciar a porcentagem indicada para o mês em questão foi de aproximadamente 43,8%.

No gráfico que representa a variação da temperatura interna e externa no mês de outubro (Figura 9), é possível observar que a menor temperatura foi verificada no dia 08, apresentando 29,1°C no interior da edificação, e 30°C fora do edifício. A temperatura mais elevada do mês ocorreu no dia 02 de outubro, onde o termômetro marcou 33,1°C dentro da edificação, e 35°C fora da mesma.

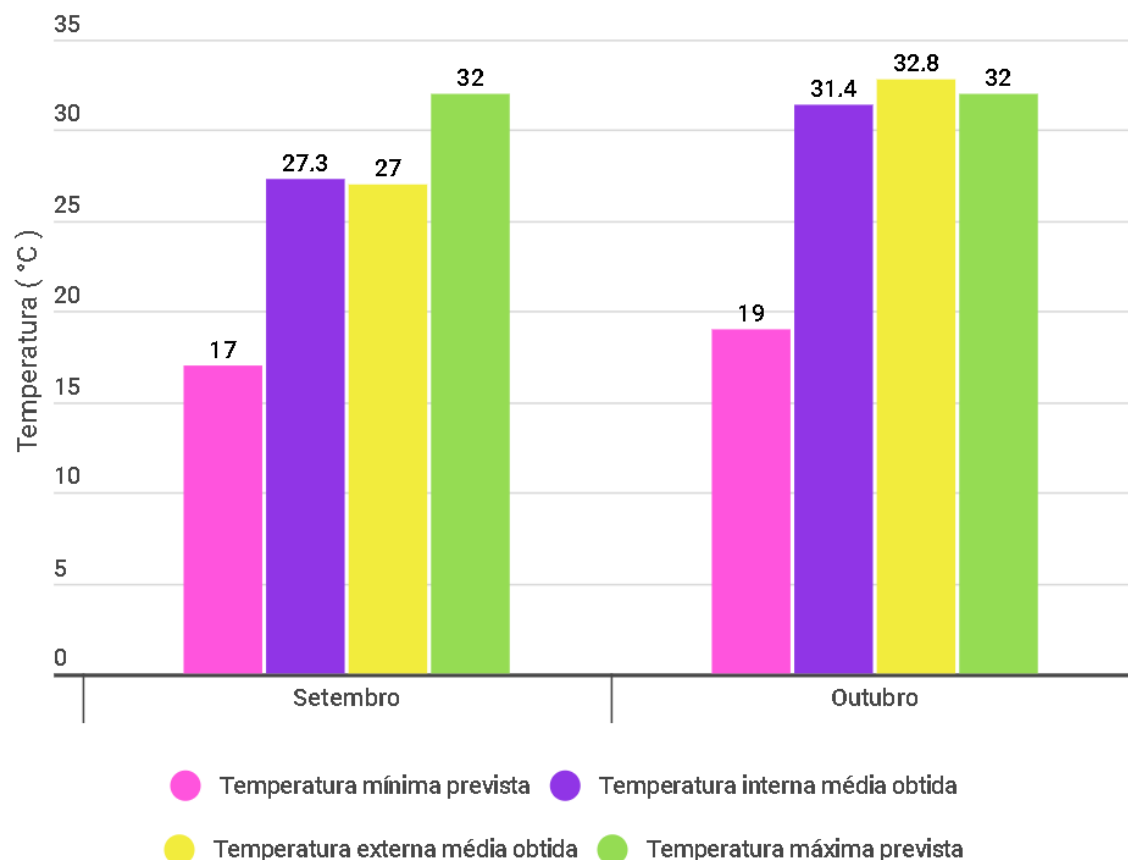
Sendo assim, a média de temperatura interna para o mês de outubro foi de 31,4°C, ou seja, 3,9°C acima da temperatura interna média para o mês de setembro. Já a temperatura média externa a edificação foi de 32,8°C, aumentando em 5,8°C em comparação ao mês anterior.

Como pode ser visto, no mês de outubro, o índice de valor mínimo percentual de umidade relativa do ar ocorreu nos dias 01 e 02, com 26% e o percentual máximo no dia 08, com 48%. Sendo assim, a média aritmética simples calculada para esse mês foi de 33,8%, representando 10% a menos que no mês anterior.

4.4. Influência do telhado verde para o período de estudo

Conforme os dados obtidos no estudo, pode-se verificar a média das temperaturas internas e externas, comparando-as às temperaturas mínimas e máximas previstas para os meses de setembro e outubro, como pode ser visto na Figura 12.

Figura 12: Gráfico de comparação entre as temperaturas previstas e obtidas

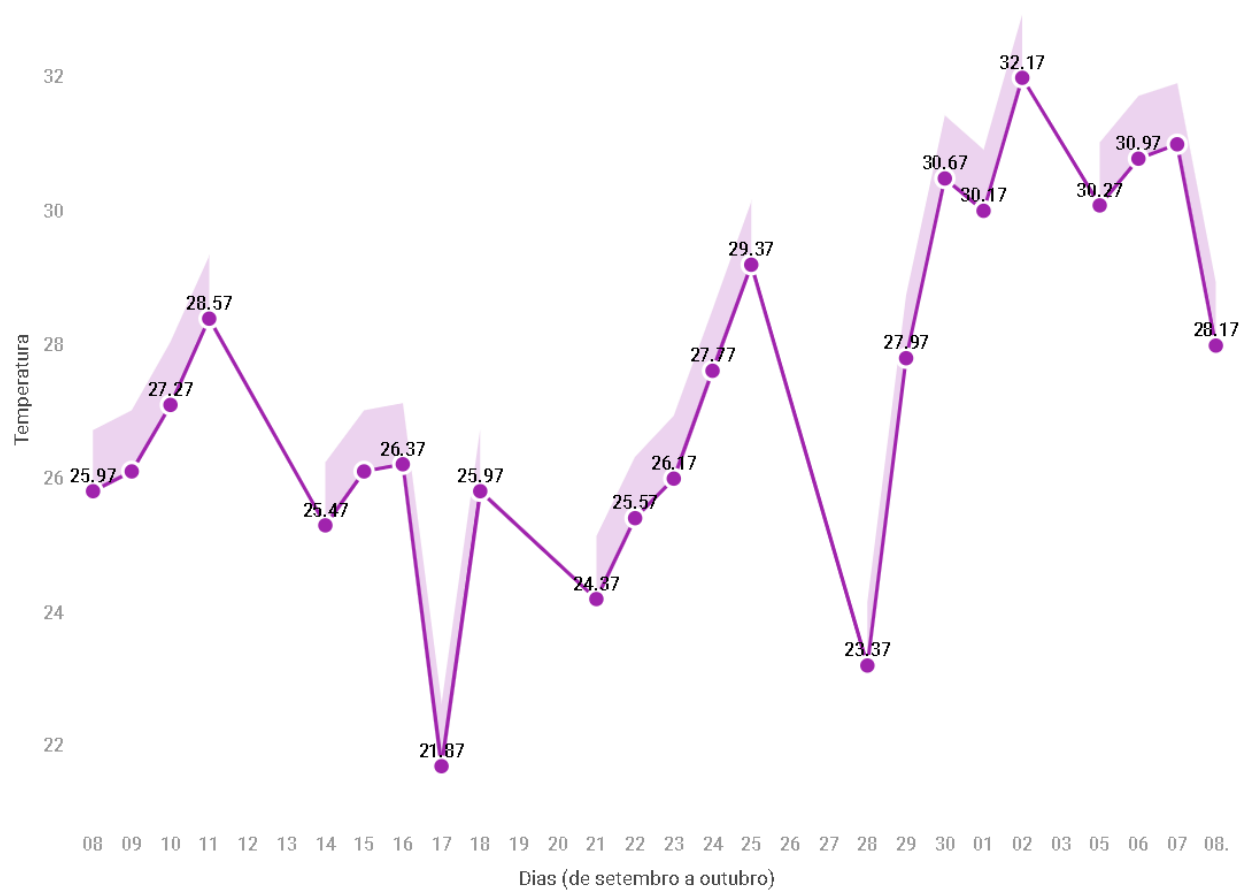


Fonte: Autor (2020)

Com base no gráfico apresentado na Figura 12, é possível observar que as temperaturas médias para o mês de setembro se mantiveram dentro do intervalo previsto, diferentemente do mês de outubro, onde a temperatura externa média obtida ultrapassa o valor máximo determinado para este período.

Por meio de estudos realizados por Souza (2016), anteriormente citados, tem-se que a variação da temperatura interna de um protótipo com a influência do telhado verde, foi de 0,93°C a menos do que foi verificado para o telhado convencional, representado na Figura 13.

Figura 13: Temperaturas internas obtidas com redução de 0,93°C



Fonte: Autor (2020)

Portanto, para o atual estudo, levando em consideração os dados disponibilizados por Souza (2016) e os dados levantados no local, é possível afirmar que a temperatura mais elevada do período de estudo, dada no dia 02 de outubro, onde o termômetro marcou 33,1°C, com a influência do telhado verde atingiria a temperatura de aproximadamente 32,1°C, contribuindo, assim, para a geração de conforto térmico no interior da edificação.

4.5. Levantamento de custo

Para análise do levantamento de custos, foi feito o estudo de gastos do sistema já executado no local, juntamente com o meio de produção de conforto térmico existente, comparando com a possível implantação do telhado verde no local.

4.5.1. Custos com o telhado verde

Segundo Savi (2012), o telhado verde possui uma variação de preço entre R\$180,00 a R\$275,00 por metro quadrado, dependendo do tipo e região. Sabe-se, porém, que os valores na atualidade estão alterados devido às características de mercado, não sendo levantados valores atuais para o presente estudo. De acordo com Boni (2015), ao considerar-se a durabilidade da estrutura, observa-se que a cobertura vegetal pode durar o dobro de uma cobertura convencional.

Difícilmente uma solução comum resistirá mais de 20 anos sem manutenção, já o telhado verde, apesar de exigir cuidados específicos e periódicos, pode durar o dobro, além de proteger a laje concentrando e suportando as diferenças de temperatura e insolação (BONI, 2015).

Após a medição do local de pesquisa, obteve-se a área a sofrer influência da cobertura vegetal, totalizada em 419,5m².

Portanto, tendo como base o maior valor de custo mencionado por Savi (2012), de R\$275,00 por metro quadrado, a Nova Igreja Batista do Paraná gastaria em torno de R\$115.362,50 para a implantação do telhado verde.

De acordo com Oliveira (2017), o custo de manutenção de um telhado verde é composto, basicamente, pela adubação e irrigação artificial do mesmo. Adaptado ao local de estudo em questão, a manutenção da cobertura vegetal despenderia então de aproximadamente R\$130,00 por mês e R\$1.560,00 por ano.

4.5.2. Custos com telhado convencional e ventilação artificial

Em sua atual configuração, a Nova Igreja Batista, além de possuir um sistema de cobertura em laje pré-moldada coberta com telha cerâmica, conta também com o auxílio da ventilação artificial de 10 ares-condicionados.

A esse tipo de sistema, Savi (2012) afirma que o custo médio para implantação é de aproximadamente R\$250,00. Sendo assim, o custo para execução para os mesmos 419,5m² seria de R\$104.875,00.

Além dos gastos com a cobertura tradicional, existem os gastos com a ventilação artificial, que consta com 7 ares-condicionados de 57.000 BTUs, e 3 de 18.000 BTUs.

Para os 10 aparelhos instalados, foi levado em consideração o preço da energia como R\$0,69779 (de acordo com a Resolução ANEEL N° 2.559, de 18 de junho de 2019). O consumo de energia para o ar de 57.000 BTUs é igual a 104,4 e para o ar de 18.000 BTUs é igual a 17,41 e a quantidade de horas por dia corresponde a 4 horas, durante os 30 dias do mês.

Utilizando a Equação 1, descrita na metodologia, os valores de consumo unitário obtidos para os ares-condicionados presentes na edificação, assim como os gastos despendidos por mês, constam na Tabela 2.

Tabela 2: Gastos com ventilação artificial

Potência (em BTUs)	Quantidade de ares-condicionados	Consumo unitário (em R\$)	Custo por mês (em R\$)
57.000	7	291,39	2.039,78
18.000	3	48,59	145,78

Fonte: Autor (2020)

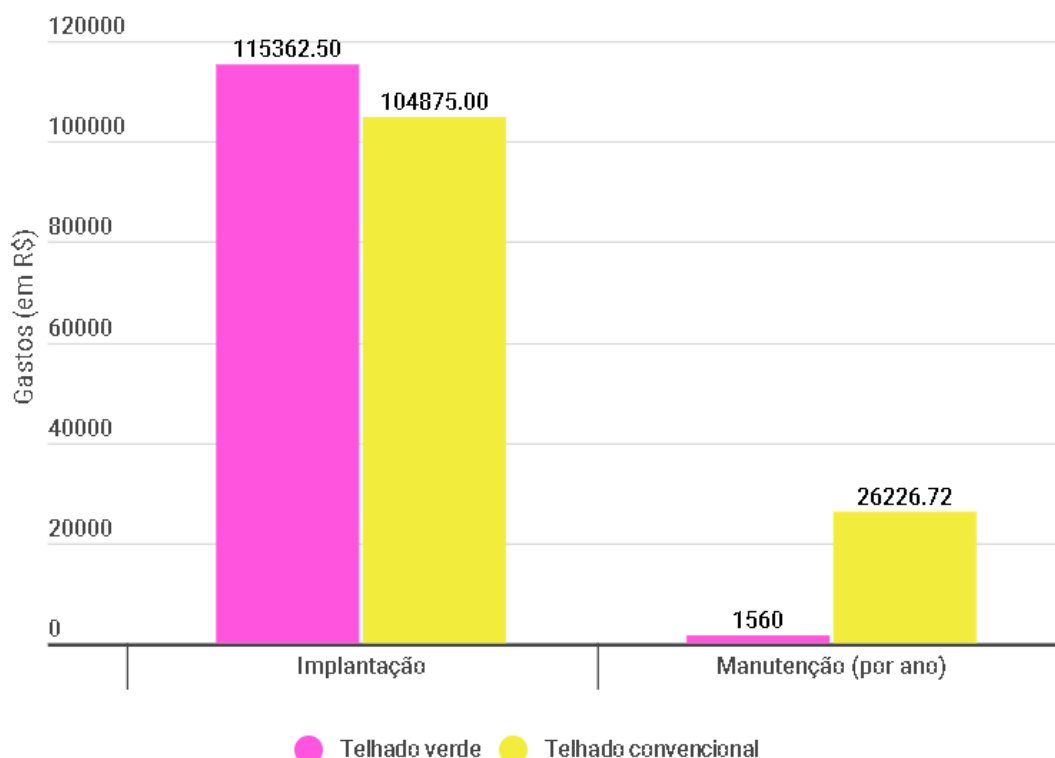
Contudo, pode-se então verificar que o valor gasto mensalmente com o uso dos ares-condicionados é de aproximadamente R\$2.185,56, sendo gasto, por ano, em ventilação artificial cerca de R\$26.226,72.

4.5.3. Comparativo de custos

Quando comparados os dois sistemas, em que ambos possuem como base uma laje de pré-moldado, um deles apresenta cobertura em telha cerâmica e outro em telhado verde, temos ainda uma diferença de custo de execução em torno de R\$25,00, por metro quadrado, mais caro para o sistema de telhado verde, tendo como base os valores máximos apresentados por Savi (2012)

Entretanto, os gastos necessários para manutenção do telhado verde são consideravelmente inferiores se comparados aos custos para manter a ventilação artificial, conforme demonstrado na Figura 14.

Figura 13: Temperaturas internas obtidas com redução de 0,93°C



Fonte: Autor (2020)

Contudo, sabe-se que os efeitos de diminuição de temperatura com uso dos ares-condicionados é de maior eficácia e que o conforto térmico seja atendido com o sistema de cobertura vegetal.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma das vantagens previstas com a implantação do telhado verde é diminuição da temperatura interna da edificação, e como consequência, diminuição da necessidade de ventilação artificial. Em contrapartida, viu-se que este sistema tem como uma de suas desvantagens o maior custo para implantação.

Durante o período determinado para estudo (entre 08 de setembro e 08 de outubro) foi possível observar que as temperaturas ultrapassaram o esperado pelo INMET e pelo site meteorológico *Weather Spark*.

Para o mês de setembro esperava-se que a temperatura máxima não ultrapassasse os 32°C, entretanto, durante o estudo, o termômetro monitorado atingiu os 33°C. Da mesma forma aconteceu para o mês de outubro, onde a máxima verificada ultrapassou em 3°C a temperatura prevista.

Baseado na revisão bibliográfica, foi possível determinar que a temperatura interna da edificação reduziria em aproximadamente 0,93°C com a influência da cobertura verde, se comparado à cobertura convencional. Assim, a maior temperatura verificada no período estudado cairia então para aproximadamente 32,1°C.

Quanto aos gastos, concluiu-se que os valores para implantação do telhado verde são maiores se comparado ao telhado convencional, porém os custos relacionados à manutenção da cobertura vegetal são consideravelmente inferiores, se comparado aos custos com os aparelhos de ventilação artificial.

Contudo, visto o estudo apresentado neste trabalho, é possível afirmar que a implantação do telhado verde no edifício da Nova Igreja Batista, implicaria em reais benefícios, conforme o objetivo proposto.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, S. F. **Estudo de estratégias bioclimáticas no clima de Florianópolis**. 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 1996.

BONI, F. **Telhado Verde: Uma Estratégia Com Vantagens Diversas**. 2015. Disponível em: <<http://2030studio.com/telhado-verde-uma-opcao-sustentavel/>>. Acesso em 10 de out de 2020.

CANTOR, S. L. **Green Roofs in Sustainable Landscape Design**. W.W. Norton & Company, New York, 2008.

CATUZZO, H. **Estudos sobre as Condições Termohigrométricas quando utilizado os Telhados Verdes**. 2014. VII Congresso Brasileiro de Geógrafos. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina-MG, 2014.

COPEL – Companhia Paranaense de Energia. **Bandeiras Tarifárias**. Disponível em <<https://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2Fdocs%2F646FD901E633B5D803257EBB0042CDB0>>. Acesso em: 19 de out de 2020.

EXPOSTI, K. D. **Classificação climática de Köppen-Geiger**. 2013. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/geografia/classificacao-climatica-de-koppen-geiger/>>. Acesso em: 10 de set de 2020.

FERREIRA M. F. **Teto verde: o uso de coberturas vegetais em edificações**. 2007 Iniciação Científica (Graduando em Bacharelado Em Desenho Industrial - Departamento de Artes e Design) – PUC-Rio, Rio de Janeiro – RJ, 2007.

GOUVÊA, M. C. P. **A Origem dos Telhados Verdes**. 2012. Disponível em: <<http://telhadosciativos.blogspot.com/2012/03/origem-dos-telhados-verdes.html>> Acesso em: 27 de mar. 2020.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Previsão do tempo – Cascavel-PR**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo2/verProximosDias&code=4104808>> Acesso em: 29 de mar. de 2020.

KIBERT, C. J. **Sustainable Construction. Green Building design and Delivery**. John Wiley e Sons, Inc. Hoboken. New Jersey, 2008.

LARA, L. C. **Como construir um telhado verde. Conheça todos os detalhes**. 2017. Disponível em <<http://44arquitetura.com.br/2017/09/telhado-verde-como-construir/>> Acesso em: 20 de mar. de 2020.

LOPES, D. A. R. **Análise do comportamento térmico de uma cobertura verde leve (CVL) e diferentes sistemas de cobertura.** 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 2007.

MENDES, B. H. E. **Tetos verdes e políticas públicas:** uma abordagem multifacetada. 2013. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 2013.

NASCIMENTO, W. C. **Coberturas verdes no contexto da região metropolitana de Curitiba - Barreiras e potencialidades.** 2008. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2008.

NOGUEIRA, A. **Os Jardins Suspensos da Babilônia, na verdade, ficavam na Assíria.** 2019. Disponível em <<https://aventurasnahistoria.uol.com.br/noticias/reportagem/voce-sabia-que-os-jardins-suspensos-da-babilonia-na-verdade-ficavam-na-assiria.phtml>> Acesso em: 27 de mar. 2020.

NRCA, National Ruffing Contractor Association (EUA) – **NRCA Green Roof Systems Manual.** 2007. Disponível em: <<http://www.nrca.net/>> Acesso em 04 de mar de 2020.

OLIVEIRA, R. G. **Estudo do custo de implantação e manutenção de um telhado verde para habitação popular em Natal/Rn.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2017.

OLIVEIRA NETO, A. C. **Cobertura verde:** Estudo de caso no município de São José dos Campos – SP. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá – SP, 2014.

ONU News, **ONU confirma 2019 como segundo ano mais quente já registrado.** Disponível em <<https://news.un.org/pt/story/2020/01/1700692>> Acesso em 28 de mar. 2020.

ORO, J. H. F. **Análise De Viabilidade Técnica Para Implantação De Telhado Verde Na Prefeitura Municipal De Guaraniaçu-Pr.** 2019. Trabalho Científico (Anais do 17º Encontro Científico Cultural Interinstitucional) – Centro Educacional Universitário Fundação Assis Gurgacz, Cascavel – PR, 2019.

PECK, S. W., CALLAGHAN, C., KUHN, M.E. e BASS B. **Greenbacks from green roofs:** forging a new industry in canada status report on benefits, barriers and opportunities for green roof and vertical garden technology diffusion. Canadá: Canada Mortgage and Housing Corporation, 1999.

PORTO, V. P., SOUZA, L.A.A., SOUSA, R.E. e RUSCHEL, A.C. **Telhados Verdes: Alternativa Sustentável Em Arquitetura De Residências Unifamiliares**. 6º Simpósio de Sustentabilidade e Contemporaneidade nas Ciências Sociais – Centro Educacional Universitário Fundação Assis Gurgacz, Cascavel – PR, 2018.

ROLA, Sylvia. **Telhados verdes: pequenos pulmões para grandes cidades**. Disponível em: <www.dw-world.de/dw/article/0,,1772334_page_2,00.html>. Acesso em: 22 out. 2020.

SAVI, A. C. **Telhados verdes: análise comparativa de custo com sistemas tradicionais de cobertura**. 2012. Monografia de especialização em construções sustentáveis - Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Curitiba-PR, 2012.

SOUZA, C. R. B. **Telhado Verde e sua contribuição para a redução da temperatura ambiente em construções para Cascavel-PR**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel-PR, 2016.

THE WEATHER CHANNEL. **Hourly Weather**. Disponível em: <<https://weather.com/weather/hourbyhour/l/f176a15dcc21f064d3a7614668e0ba5926cea0a687c08fe2e166e2090596e19e>>. Acesso em: 28 de set. de 2020.

TOMAZ, P. **Telhado verde**. Disponível em: <www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/NormaAguaDeChuva/NormaDownloads/Capitulo10-Telhadoverde.pdf>. Acesso em: 28 de mar de 2020.

WEATHER SPARK. **Condições meteorológicas médias de Cascavel**. Disponível em: <<https://pt.weatherspark.com/y/31115/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Cascavel-Brasil-durante-o-ano>>. Acesso em: 04 de mar de 2020.

APÊNDICE A – Tabela de anotações dos dados coletados

Data	Horário	Temperatura interna	Temperatura externa	Umidade relativa do ar ambiente externo
08/09/2020	18h07	26,9	27	51%
09/09/2020	18h21	27,2	28	40%
10/09/2020	17h59	28,2	30	38%
11/09/2020	18h05	29,5	31	30%
12/09/2020				
13/09/2020				
14/09/2020	18h02	26,4	25	55%
15/09/2020	18h04	27,2	27	42%
16/09/2020	18h06	27,3	27	43%
17/09/2020	18h30	22,8	21	74%
18/09/2020	18h01	26,9	26	44%
19/09/2020				
20/09/2020				
21/09/2020	17h59	25,3	24	50%
22/09/2020	18h00	26,5	22	57%
23/09/2020	18h10	27,1	26	38%
24/09/2020	18h02	28,7	27	35%
25/09/2020	18h02	30,3	30	30%
26/09/2020				
27/09/2020				
28/09/2020	18h06	24,3	25	50%
29/09/2020	18h01	28,9	31	40%
30/09/2020	18h00	31,6	33	29%
01/10/2020	18h00	31,1	34	26%
02/10/2020	18h04	33,1	35	26%
03/10/2020				
04/10/2020				
05/10/2020	17h30	31,2	32	35%
06/10/2020	18h04	31,9	33	34%
07/10/2020	18h00	32,1	33	34%
08/10/2020	18h17	29,1	30	48%