ANAIS
IV EURO ELECS
2021

ARTIGO

AVALIAÇÃO DAS SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS DA CASA POPULAR EFICIENTE DA UFSM A PARTIR DA APO



ULIANA, Daniéli
(daniuliana95@gmail.com)
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Brasil

VAGHETTI, Marcos Alberto Oss
(marcos.vaghetti@ufsm.br)
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Brasil

DOS SANTOS, Taís Carvalho
(taiscarvalhoec@gmail.com)
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Brasil

PALAVRAS-CHAVE:

Casa Popular Eficiente, Sustentabilidade, Avaliação Pós Ocupação

RESUMO

A Casa Popular Eficiente (CPE) da UFSM é um protótipo de residência baseada no interesse social e foi construída com a premissa de buscar materiais e soluções ecologicamente sustentáveis para serem implementados com baixo custo financeiro e menor impacto ambiental possível, devido ao aproveitamento dos recursos naturais disponíveis. Nesse sentido, a moradia possui um viés holístico no sentido ambiental. O trabalho tem como objetivo analisar as soluções sustentáveis implementadas na CPE da UFSM, tais como: brise vegetal, sistema de calefação e ventilação cruzada, a partir das constatações de conforto térmico obtidas na Avaliação Pós Ocupação (APO). Como metodologia, o trabalho será elaborado a partir de estudos já realizados na CPE, bem como estudos sobre o assunto em anais, teses e dissertações. Os resultados da pesquisa foram obtidos a partir da APO na CPE, onde foi possível a avaliação in loco, coleta de dados, observação do comportamento das soluções sustentáveis, entre outras possibilidades, dando ênfase aos aspectos ligados ao conforto térmico. A partir da APO foi possível identificar que tais sistemas se mostram eficazes: o brise vegetal e o sistema de calefação propicia aos usuários o conforto térmico, pois, contribui para a amenizar a temperatura em dias quentes, bem como, aquecer a casa nos dias frios, respectivamente. A ventilação cruzada, por sua vez, contribui para a circulação interna de correntes de ar possibilitando adequada ventilação para os ambientes, contribuindo também com os demais experimentos da estabilidade na temperatura interna da casa, principalmente nos dias quentes. A CPE possibilita uma alternativa sustentável para moradias de interesse social, onde os sistemas estão interligados entre si, que por vezes, dependem dos fenômenos naturais para se obter o máximo de aproveitamento.

1. INTRODUÇÃO

Conforme Visintainer, Cardoso e Vaghetti (s/d) a construção civil no Brasil está em fase de ascensão em virtude da valorização imobiliária e incentivos criados a partir dos programas do governo federal, como a construção de casas populares, que têm como objetivo mitigar os problemas relacionados ao déficit habitacional. Para os autores, pequena quantidade desses projetos são objetos de estudo para criar habitações com viés ecológico. Apesar dos grandes avanços tecnológicos nesse mercado, ainda são encontrados problemas no que se refere aos altos custos na construção, tornando-se inacessíveis e consequentemente de difícil popularização.

> Paralelamente aos aspectos positivos, a indústria da construção civil é responsável por sérios danos ambientais e pelo consumo excessivo de materiais. O volume atual de matéria-prima exigida pela indústria coloca em risco a extinção das fontes naturais, compromete os serviços ambientais, a capacidade de armazenamento dos sumidouros e eleva os níveis de contaminação (PERIM, 2014, p.32)

Para Visintainer, Cardoso e Vaghetti (s/d) a construção de moradias que contemplem baixo custo e as questões ambientais, é possível a partir da busca por materiais sustentáveis que visem reutilizar/aproveitar elementos naturais e renováveis.

> A construção sustentável pode ser entendida como a edificação cujo processo de projeto objetiva a eficiência da utilização dos recursos naturais (ventilação, iluminação natural, pluviosidade, implantação no terreno entre outros) para minimizar gastos com energia e consequente poluição, aumentando a qualidade de vida do ser humano dentro do espaço edificado (PERIM, 2014, p.34)

O trabalho tem como objetivo analisar as soluções sustentáveis implementadas na CPE da UFSM, tais como: brise vegetal, sistema de calefação e ventilação cruzada, a partir das constatações de conforto térmico obtidas na Avaliação Pós Ocupação (APO). Como metodologia, o trabalho será elaborado a partir de estudos (teses, dissertações e anais de eventos) já realizados na CPE, e da Avaliação Pós Ocupação.

1.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA CASA POPULAR EFICIENTE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

A Casa Popular Eficiente localiza-se no Centro de Eventos da Universidade Federal de Santa Maria. Esse protótipo foi construído com o intuito de buscar materiais e soluções ecologicamente sustentáveis e com baixo custo financeiro, além de criar alternativas que viessem a reduzir os impactos ambientais em virtude do aproveitamento dos recursos naturais disponibilizados. Inaugurada em 2013, a Casa Popular Eficiente possui materiais e experimentos em análise que são de suma importância para serem introduzidos em futuras construções. Além disso, ela possui uma posição geográfica estratégica no sentido de captar o máximo de energia solar possível.

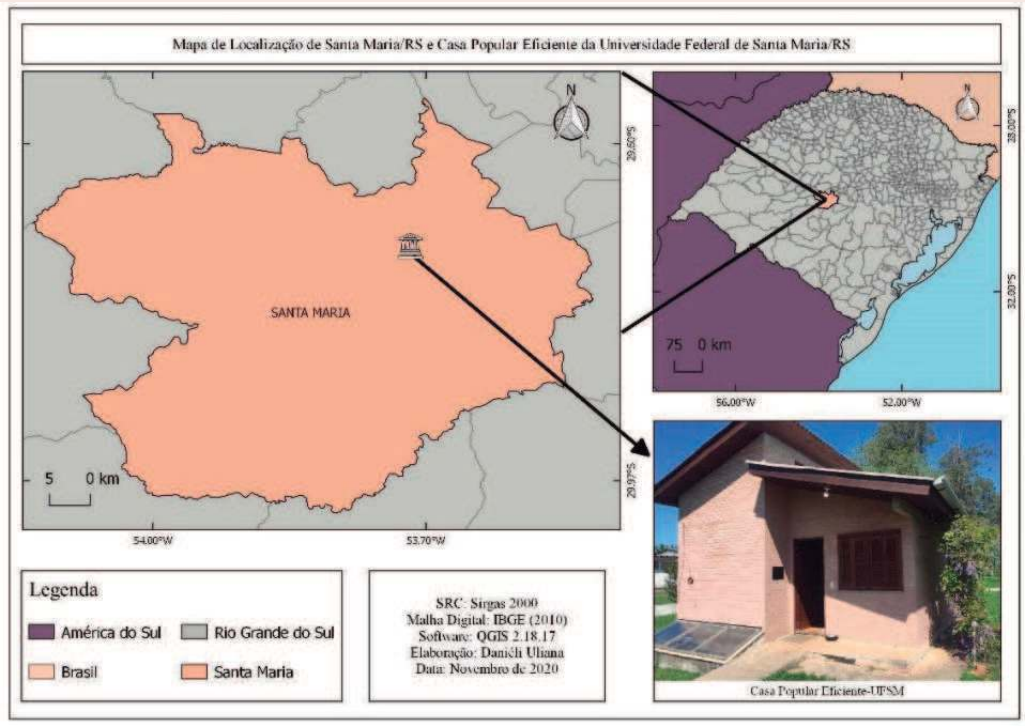

Figura 1. Localização da Casa Popular Eficiente da Universidade Federal de Santa Maria.

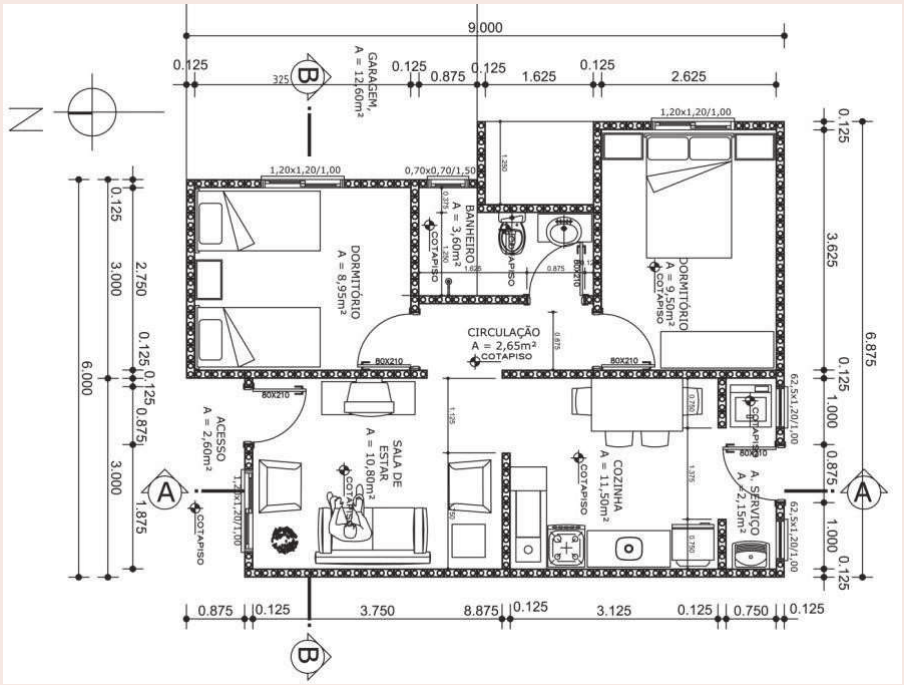

Figura 2. Planta e cortes da Casa Popular Eficiente da Universidade Federal de Santa Maria.

2. METODOLOGIA

Inicialmente foi feito um levantamento bibliográfico em livros, anais, artigos, teses, dissertações e trabalhos de conclusão de curso, além de sites com a temática em estudo, com o intuito de propiciar o embasamento teórico-metodológico. Na sequência serão apresentados dados dos estudos realizados na Casa Popular Eficiente no que se refere ao brise Vegetal, calefação natural e ventilação cruzada, além do comportamento desses experimentos no viés do conforto térmico, obtidos a partir dos trabalhos já realizados no protótipo por Friedrich (2008)- Dissertação de mestrado, Fensterseifer (2018)- Trabalho de Conclusão de Curso e Santos et. al. (2015)- artigo em evento, e da Avaliação Pós Ocupação.

A Avaliação Pós Ocupação vem sendo executada a partir do ponto de vista dos usuários, e baseia-se nos estudos de Abiko e Ornstein (2002) que organizou a avaliação em quatro subáreas: Avaliação dos aspectos funcionais, éticos e construtivos e avaliação do conforto ambiental. No que tange aos aspectos funcionais, foi feito um estudo comparativo entre os dados coletados junto aos técnicos envolvidos na construção do protótipo e dados coletados junto aos usuários, bem como a avaliação in loco, registros fotográficos, coletas diárias de dados e automatização dos diversos sistemas do protótipo.

A respeito dos aspectos construtivos, tem sido feito um monitoramento e avaliação das técnicas construtivas utilizadas e possíveis patologias surgidas. Para isso, são vistoriadas estrutura de fundação, superestrutura, cobertura, vedações, instalações hidrossanitárias e elétricas.

Quanto aos aspectos éticos, os moradores que residiram ou residem na casa devem estar atrelados às áreas abrangentes no Grupo de Pesquisa e Estudo em Tecnologias Sustentáveis (GEPETECS) e possuir conhecimento mínimo das áreas abrangentes no projeto de Avaliação Pós Ocupação. A Casa Popular Eficiente vem sendo utilizada pelos moradores desde 2016, sendo que estes também são alunos da instituição. As respostas obtidas para os experimentos em estudo foram obtidas a partir da Avaliação Pós Ocupação, esta que tem como objetivo observar, analisar e avaliar todos os métodos e técnicas presentes na CPE, de modo a considerar a satisfação do usuário e a funcionalidade da materialidade e dos experimentos (térmico, acústico e visual). Além disso, todo morador deve estar ciente de possíveis riscos e desconfortos como: arrombamento do protótipo, trânsito de pessoas no interior da residência em horários e datas estabelecidas, incêndio e demais riscos que uma moradia comum pode proporcionar ao morador. Pensando nisso, a CPE foi construída com trancas e grades nas aberturas e futuramente será construída uma cerca delimitando a área do projeto para proporcionar mais privacidade aos voluntários.

E por fim, quanto ao conforto ambiental, consiste em uma avaliação in loco, tendo ênfase em aspectos como a iluminação natural, artificial, acústica bem como o funcionamento dos equipamentos instalados e demais projetos que funcionam em conjunto.

3. PONDERAÇÃO DOS RESULTADOS

3.1 SISTEMA DE CALEFAÇÃO

No âmbito de conforto térmico, priorizando baixo custo e o uso de recursos naturais como a energia solar, adotou-se, na CPE, o sistema de calefação natural também conhecido como sistema solar passivo de aquecimento de ar (SSPAA), que se caracteriza por armazenar a radiação solar em espaços isolados termicamente da moradia a qual irá influenciar, sendo esta utilizada para o aquecimento do ar; o fluxo de calor acontece por convecção ocorrendo a constante movimentação do ar. Adotaram-se duas tipologias para a realização do experimento, sendo a primeira com fechamento superior de esquadrias de alumínio e vidro simples e a segunda com fechamento de vidros duplos (FRIEDRICH, 2018).

O SSPAA consiste basicamente na construção de um coletor solar na fachada da CPE, com a instalação de lona dupla sobre o chão de terra e a execução do contrapiso acrescentando-se duas fiadas de tijolos às partes laterais e frontal do coletor a fim de deixá-lo no mesmo nível que o piso interno do dormitório, uma vez que os dutos seriam instalados no local, além disso foi executada uma camada de argamassa e impermeabilização com isopor e papelão, formando uma camada de isolamento térmico, para que a troca térmica com o exterior seja mínima. Construíram-se quatro orifícios para retorno do ar aquecido no coletor solar ao ambiente interno, sendo a soma da área destes orifícios correspondente à área do duto de entrada de ar frio no coletor solar. Preenchido com basalto, o coletor primeiramente foi fechado com esquadria de alumínio e vidro incolor de 4 mm sendo impermeabilizado garantindo a estanqueidade do mesmo, como pode ser visto na Figura 04. É válido ressaltar que no dormitório existe um ralo pelo qual o ar frio, sendo mais denso, se desloca para locais mais próximos do chão, no caso, uma tubulação de concreto que o conduz até o início do coletor solar. Posteriormente realizou-se o experimento com vidros duplos (FRIEDRICH, 2018).

As medições ocorreram in loco em dias reais de inverno em Santa Maria, feitas através de 7 sensores de temperatura, onde 3 estavam localizados em alturas diferente dentro do coletor solar, 1 sensor dentro do quarto no local de transição entre saída do condutor e entrada de ar quente no dormitório, 1 sensor no centro do dormitório e outro no ralo de coleta de ar frio a uma altura de 0,50 cm de profundidade e, por fim, 1 sensor na parte externa localizado na aba do telhado, protegido da radiação solar direta. Para medir o volume de ar aquecido entrando no dormitório em determinado período de tempo, posicionou-se estrategicamente o equipamento Indoor Climate Analyser, que possui alta sensibilidade, no ponto onde sai o ar aquecido do coletor e entra no dormitório, sendo de grande importância, pois associados aos dados de temperatura, pode-se verificar a quantidade de carga térmica que entra no dormitório em determinado período de tempo e a resposta na temperatura ambiente (FRIEDRICH, 2018).

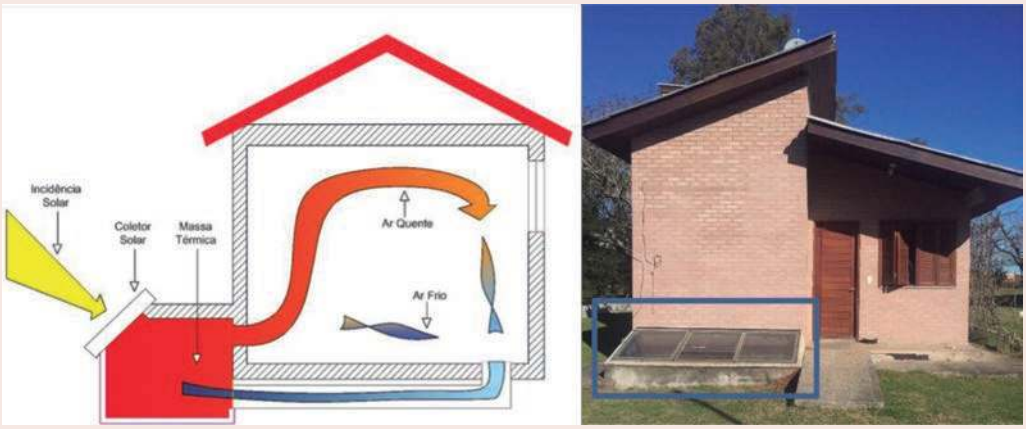

Figura 03. Sistema Solar Passivo de Aquecimento de ar através do ganho isolado de calor na Casa Popular Eficiente da UFSM.
Fonte: Friedrich, 2018.

De acordo com estudos de Friedrich (2018), a construção do protótipo teve início em janeiro de 2017. No piso do dormitório há um ralo, o qual é o ponto de partida do experimento. O ar frio é mais denso se desloca para regiões mais próximas ao chão por meio dos movimentos de convecção natural (diferença de pressão e temperatura), esse ralo será o responsável pelo deslocamento do ar. Ainda, na parede que liga o experimento ao quarto, foram feitos quatro orifício que correspondem à área do duto de entrada de ar quente. Este ar, que foi aquecido no percurso realizado dentro do coletor solar, volta ao dormitório com elevada carga térmica, aumentando a temperatura no interior do dormitório.

O experimento teve como resultados: I) a viabilidade solar recebida, disponível na zona bioclimática brasileira 2, é suficiente para o aquecimento e armazenamento de calor no coletor, mas a sua transmissão de calor por convecção natural não é suficiente para insuflar toda a carga térmica e deixar a temperatura confortável no inverno; II) o rendimento do sistema solar em função da radiação que incide diretamente com o fechamento do vidro duplo (50,43%) é superior em 11,38% ao rendimento com o sistema de fechamento de vidro simples (39,05%), isso porque a capacidade dos vidros duplos de reter calor, reduz a troca térmica com o meio externo; III) embora o coletor solar chegue a elevadas temperaturas, o calor insuflado no painel foi insuficiente à carga térmica de calefação, e apesar das temperaturas internas do dormitório serem superiores à temperatura externa, estão abaixo do conforto, 18ºC, em diversos horários dos dias; IV) a incidência solar nesta zona bioclimática é suficiente para a inserção de um sistema passivo de aquecimento de ar através do sol (FRIEDRICH, 2018).

Na Avaliação Pós Ocupação da Casa Popular Eficiente em relação ao Sistema Solar Passivo de Aquecimento de ar através do ganho isolado de calor pode-se perceber a compatibilidade dos resultados encontrados a partir do experimento com o que ocorre na prática. Durante os períodos de verão, veranico ou quentes, ainda que fora da estação predominante, pode-se sentir que o dormitório fica muito aquecido, com temperaturas acima do ambiente externo. No inverno ou dias de temperaturas menores, ainda que em outra estação, o quarto também fica frio, ao menos que durante o dia faça sol, assim, apenas no final da tarde o dormitório es-

tará com temperatura consideravelmente confortável. Portanto, o sistema pode vir a ser eficaz no inverno quando tenha presença de sol, já no verão não é eficiente, pois a temperatura do quarto aumenta e torna-se extremamente fora dos padrões de conforto para o corpo humano. É notória a necessidade de se projetar um brise horizontal, por exemplo, pensando no controle dessa incidência na estação de verão, eliminando o sobreaquecimento.

3.2 BRISE VEGETAL

Externamente, foi construído um brise vegetal, visto que é um dispositivo arquitetônico que visa impedir a incidência direta de radiação solar no interior de moradias, mostrou-se como uma solução condizente, além de ser mais eficiente que um brise similar de alumínio, por exemplo, pois além de não acumular energia solar, ainda consome no processo de fotossíntese e é renovado constantemente não necessitando de pinturas. Após intensa pesquisa visando o baixo custo e instalação doméstica, definiu-se a inserção da cortina verde de Wisteria floribunda (Glicínia). A parede estruturada mede 8 m de comprimento e 3m de altura, recebendo radiação no período da tarde, sendo que os meses com maior incidência solar é o período de novembro a março. A glicínia foi escolhida por seu Potencial de Transmissão Solar ser baixo, 7% no verão, já no inverno ela não é tão adequada, pois dificulta a incidência dos raios. Essa planta caducifólia possui boa adaptação às variações climáticas a curto e longo prazo além de ter baixo custo e ser fácil de encontrar no comércio local. E por fim, ela necessita da incidência de raios solares diretos para seu desenvolvimento e tem fácil adaptação na região sul, a qual está inserida a Casa Popular Eficiente (FENSTERSEIFER, 2018).

A cortina verde foi instalada em agosto de 2017 na fachada oeste, onde cinco mudas foram plantadas em vasos com perfurações ao fundo, tendo uma camada primordial de 30 cm de brita, seguida de manta geotêxtil, substrato e as mudas, que foram enterrados entre a calçada e o muro da casa em vez de apoiados no solo, para que não fosse barrada a radiação causando alteração nos resultados, estes foram locados a 30 cm de distância um do outro. Para os tutores nas quais as trepadeiras se apoiaram, usou-se ripas de madeira tipo Cedrinho aparafusadas na lateral externa da calçada e outra na base do telhado, em cada uma das ripas foram fixados ganchos a fim de permitir o transpasse da corda elástica com camada dupla. A aplicação das ripas foi pensando no uso mínimo da estrutura da casa, dando ênfase ao cuidado, para não causar danos à Casa Popular Eficiente (CPE) e ainda assim, conseguir mensurar a potencial eficiência do brise na amenização da temperatura na parede irradiada, no decorrer do experimento exigiu-se atenção ao crescimento das trepadeiras, bem como monitoramento térmico, climatológico, fotográfico e termo fotográfico (FENSTERSEIFER, 2018).

No estudo do Trabalho de Conclusão de Curso – TCC de Fensterseifer (2018), foram monitorados os dados a partir das variáveis climáticas: a) radiação solar; b) precipitação; c) velocidade do vento; d) umidade relativa do ar; e) temperatura. Quanto à temperatura foi monitorada a temperatura ambiente, da fachada, interna e externamente. As variáveis de radiação, precipitação, velocidade do vento, umidade e temperatura ambiente foram disponibilizadas pelo Instituto Nacional

de Meteorologia. As medições foram realizadas por um período de no mínimo seis dias consecutivos, sempre iniciando às 16h e repetindo às 17 h. Durante o experimento foram avaliados 8 pontos na parede, os termômetros utilizados foram o Termo- higrômetro digital e um termômetro infravermelho com mira laser. Foram quatro medições: novembro e dezembro de 2017, final de janeiro e meados de março.

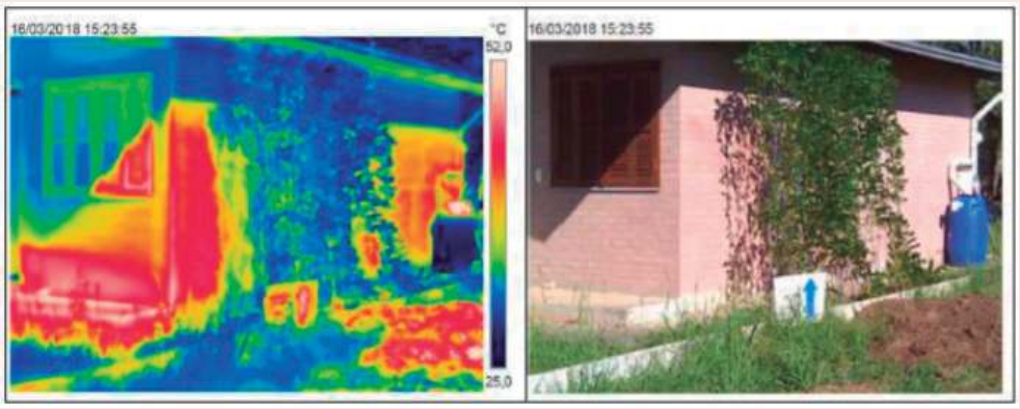

Figura 4. Monitoramento Termográfico em Temperatura Ambiente, 35,9°C.
Fonte: Fensterseifer, 2018.

Na Figura 04, verifica-se que nas laterais externas do brise as temperaturas são maiores do que das dos pontos protegidos. A variação da sombra pode ser notada no período de janeiro e março, sendo que no primeiro os raios incidem diretamente na parede, pois o Sol encontra-se a sudoeste (Solstício de Verão) e no mês de março os raios irradiados na posição noroeste (Equinócio de Outono), com uma variação de 23º no ângulo de incidência. A região em amarelo, entre a área sombreada e a área exposta, registra o efeito de borda brise vegetal, onde as temperaturas amenas e mais altas realizam troca de calor, buscando o equilíbrio térmico. Nas regiões em que há falhas no brise a temperatura não possui valores tão elevados se comparados às temperaturas na fachada desprotegida, isso porque a sombra não é fixa e tem sua dinâmica em toda a parede. Nos dois primeiros períodos de avaliação, as glicínias estavam em fase de crescimento e o lado interno da parede no primeiro período teve uma variação de 0,7 °C e no segundo, de 2,4 °C. No início de fevereiro a diferença de temperatura entre a fachada protegida e a temperatura ambiente externa variou 11,2 °C. Em março, após a evolução das plantas, essa variação baixou para 5,2 °C. Assim, o sombreamento proporcionado pelo brise vegetal foi fator determinante. No dia 17 de março de 2018, às 11h, 16h e 17h foram medidas as temperaturas com a finalidade de avaliar o comportamento da mesma ao longo do dia, foi possível concluir que os pontos atrás do brise ou região central, apresenta menores temperaturas enquanto que as áreas mais próximas da borda têm médias mais altas, além de fatores geográficos, a troca de calor entre a própria parede que tende a buscar o equilíbrio térmico, é responsável por essas variações de temperatura também (FENSTERSEIFER, 2018).

A partir da experiência relatada pelos moradores da Casa Popular Eficiente, na Avaliação Pós Ocupação (APO), pode-se constatar um alinhamento entre os resultados teóricos obtidos experimentalmente e práticos obtidos pelo uso dos cô-

modos. No verão, tendo em vista a presença do brise na parede externa da sala, notou-se um maior conforto térmico na cozinha onde os raios incidiam diretamente na parede. Por fim, com os dados coletados no experimento e a aplicabilidade dos mesmos foi possível confirmar a eficácia do sistema de brise vegetal de baixo custo para residências, comprovando, a eficiência e importância de uma barreira com brise vegetal para a radiação solar em edificações urbanas já que esse sistema não acumula, nem libera calor.

3.3 VENTILAÇÃO CRUZADA

A ventilação cruzada e natural surge como uma alternativa para o uso de ventilações artificiais como ventiladores e ar condicionados, evitando um aumento de consumo de energia elétrica e consequentemente de custos. Além disso, reduz danos ao meio ambiente, visto que o aparelho de ar condicionado utiliza-se de hidroclorofluorcarbono - o HCFC, substância que possui alto potencial de destruição da camada de ozônio e de aquecimento global. Pensando nisso, optou-se pelo uso da ventilação cruzada e natural no protótipo, conforme Figura 05. Considerando que a moradia está localizada em região de extremos quanto à temperatura, foi projetado aberturas que permitem uma melhor circulação de ar pelos cômodos no verão e, no inverno, essas aberturas podem ser fechadas obstruindo as trocas de ar e mantendo o ambiente aquecido (SANTOS et. al. 2015).

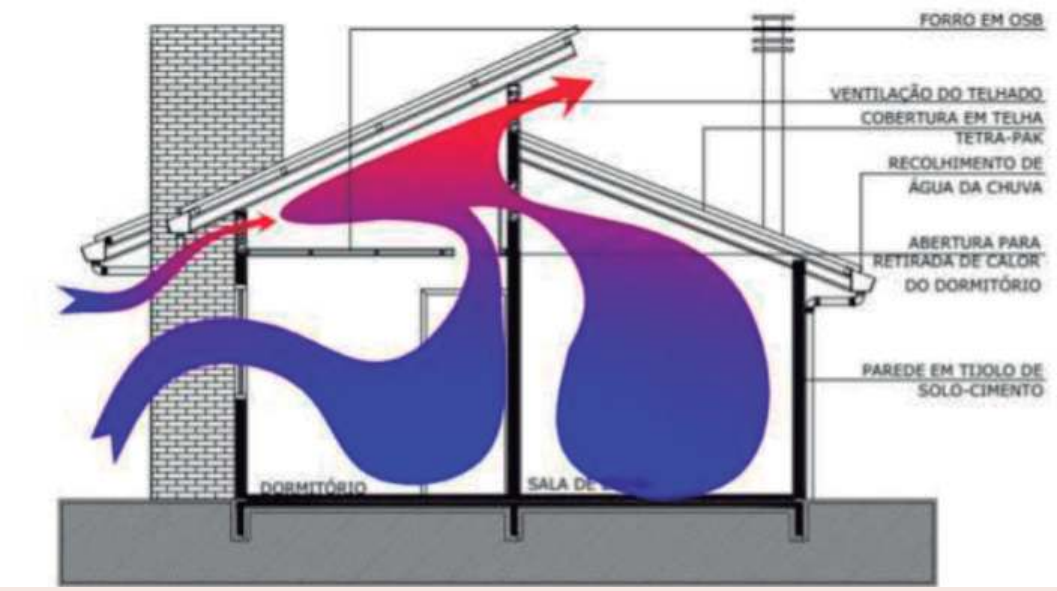

Figura 05. Ventilação cruzada e natural da Casa Popular Eficiente da UFSM.
Elaboração: Vaghetti, 2019

As temperaturas internas e externas do protótipo foram monitoradas através do aparelho de medição de temperatura Hobo Data Logger (HDL). Instalou-se 10 aparelhos, sendo dois por ambiente interno e mais dois externamente. O HDL coletou dados por 90 dias com CPE desocupada, com intervalo de 30 minutos por medição, esta se deu entre 21 de Dezembro de 2013 e 21 de Março de 2014. As medições

foram divididas em dois períodos sendo o primeiro com aberturas totalmente fechadas e o segundo com as aberturas totalmente abertas, avaliando a influência do sistema de ventilação sobre as variáveis térmicas do protótipo. Os registradores internos foram instalados a 1,2 metros do piso (SANTOS et. al. 2015).

Os sensores externos foram postos abaixo do beiral, protegidos da radiação solar direta. Destacou-se em ambos os períodos três dias consecutivos com temperaturas mais elevadas, sendo realizadas as análises a partir dos dados coletados no terceiro dia de cada período. Assim, no período em que as aberturas de ventilação estavam fechadas foram considerados os dias 22, 23 e 24 de janeiro de 2014, sendo analisados o comportamento e o desempenho térmico no dia 24. Quando o sistema de ventilação esteve aberto foi considerado o período de 5, 6 e 7 de fevereiro de 2014, sendo analisado apenas o comportamento térmico considerando o dia 7 (SANTOS et. al. 2015).

Conforme o trabalho de Santos et.al (2015), a análise do comportamento térmico foi feita a partir da comparação entre valores de temperaturas externas e internas e do amortecimento térmico da edificação, constatou-se uma maior amplitude térmica das temperaturas externas no segundo período com a casa aberta, o que se resultou na maior amplitude das temperaturas internas, sendo intensificado pela abertura de ventilação ser permanente nesses dias, resultando em um menor amortecimento das variações externas. No final do primeiro período, com a casa fechada, notou-se uma entrada de frente fria, o que fez a temperatura interna dos ambientes decaírem no último dia considerado desse período. A radiação solar interfere visivelmente, nos dois períodos. Para o primeiro período de casa fechada o dia adotado é 24 de janeiro que apresentou temperatura máxima de 37,66 °C e mínima de 24,21 °C. Para o período com ventilação aberta é adotado o dia 07 de fevereiro, com temperatura máxima de 39,90 °C e mínima de 24,02 °C. Nos dois períodos o dia crítico é precedido por dois dias com temperaturas semelhantes. Considerando os dois períodos, constatou-se que a sala de estar e cozinha foram os locais com menor amortecimento e maior temperatura interna, causado, essencialmente, pela radiação solar e posicionamento nos quadrantes norte e oeste. Em paralelo, verificou-se que o dormitório do fundo teve menor temperatura interna e maior amortecimento, devido à posição geográfica com paredes externas voltadas para sul e leste.

É imprescindível o controle da ventilação uma vez que em todos os ambientes a amplitude térmica é maior, com menor amortecimento. O amortecimento térmico médio do protótipo no período quente analisado é de 65.07 %, com ventilação fechada, o que indica um amortecimento alto das variações de temperaturas externas para uma edificação de interesse social. Com ventilação aberta todo o dia esse valor baixa para 48,50 %. No que se refere à ventilação, obtiveram-se valores percentuais de ventilação de 8,34% para os dormitórios e de 8,83% para o ambiente composto por sala, cozinha e lavanderia, valores superiores aos recomendados pela norma, cumprindo os requisitos do método simplificado. A sala de estar mostrou-se o ambiente mais desfavorável com 2,17°C, como temperatura máxima e então menor diferença de temperatura em relação à temperatura externa, sendo então o ambiente considerado para a avaliação de desempenho, conforme estabelecido pela norma. Dessa forma a edificação atinge desempenho de nível intermediário.

Com a ventilação fechada, obteve-se um amortecimento térmico médio da edificação de 65,07%, a abertura do sistema de ventilação durante todo o dia acarretou um aumento na amplitude térmica interna, com menor amortecimento térmico da edificação, com média de 48,50%. Reafirmando que é indelével o controle das entradas de ar (SANTOS et. al. 2015).

Em se tratando da APO, relatou-se um alinhamento dos resultados experimentais da ventilação cruzada com as experiências sensoriais dos moradores, sendo de expressiva importância o fechamento das aberturas em períodos ou dias mais frio ou abertura das entradas de ar em períodos ou dias quentes, para maior conforto dentro da CPE.

4. CONCLUSÕES

A partir da APO foi possível identificar que tais sistemas se mostram eficazes: o brise vegetal, o sistema de calefação e a ventilação cruzada. O brise vegetal e o sistema de calefação propicia aos usuários o conforto térmico, pois, contribui para a amenizar a temperatura em dias quentes, bem como, aquecer a casa nos dias frios, respectivamente. A ventilação cruzada, por sua vez, contribui para a circulação interna de correntes de ar possibilitando adequada ventilação para os ambientes, contribuindo também com os demais experimentos na estabilidade da temperatura interna da casa, principalmente nos dias quentes. A CPE possibilita uma alternativa sustentável para moradias de interesse social, onde os sistemas estão interligados entre si, que por vezes, dependem dos fenômenos naturais para se obter o máximo de aproveitamento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arantes, B. (2012) Conforto térmico em edificações de interesse social – Um estudo de caso. 2012. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Campus de Bauru, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Bauru.

Fensterseifer, Paula (2018) Avaliação térmica de brise vegetal em casa popular. Trabalho de Conclusão do Curso (Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental). Universidade Federal de Santa Maria. UFSM. Santa Maria/RS. 2018 .62p.

Friedrich, L. F. (2018) Viabilidade de aplicação de sistema solar passivo de aquecimento de ar através de ganho isolado de calor para a zona bioclimática 2 brasileira. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria/RS. 2018. 91p.

Ornstein, Sheila.W. (2017) Avaliação pós-ocupação (APO) no Brasil, 30 anos: o que há de novo? Revista Projetar. v.2.n.2. p.7-12.

Perim, A.A.S. (2014) Sustentabilidade na habitação de interesse social: uma proposta para o município de Ouro Branco- MG. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós Graduação em tecnologias para o desenvolvimento sustentável). Universidade Federal de São João Del Rei. Ouro Branco/MG. 119p.

Santos, J.C.P.dos.; Vaghetti, M.A.O.; Soares, R.M.D.; Schley, A.R.C.; Garlet, L.; Machado, R.M.e.S. (2015) Avaliação térmica da casa popular eficiente no período de verão. In: EuroElecs. Vol.1 Guimarães-Portugal.

Vaghetti, M. A. O.; Santos, J. C. P.; Carissimi, E. (2015). Casa popular eficiente: uma proposta de moradia de baixo custo e sustentável. In: Encontro Latino- Americano e Europeu sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 1, Guimarães. Euro-ELECS 2015: Anais... Guimarães: Euro-ELECS. Disponível em: <http://civil.uminho.pt/euroelecs2015/files/EuroELECS_2015Proceedings_Vol3.pdf> . Acesso em: 12 dez. 2018.

Visintainer,M.R.M.; Cardoso, L.A.;Vaghetti, M.A.O. (s/d) Casa popular eficiente: sustentabilidade social, econômica e ambiental. Disponível em:< https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/434/2020/08/Casa-popular-eficiente-sustentabilidade-social-economica-e-ambiental.pdf> Acesso em: julho de 2021.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.