

Área: Sustentabilidade | **Tema:** Educação e Sustentabilidade

Casa Popular Eficiente: sustentabilidade alinhada ao Conforto Térmico e Visual

Efficient Social House: sustainability aligned to Thermal and Visual Comfort

Taís Carvalho Dos Santos, Daniéli Uliana e Marcos Alberto Oss Vaghetti

RESUMO

Inaugurada em 2013, a Casa Popular Eficiente (CPE), localizada no Campus da Universidade Federal de Santa Maria e ocupada por estudantes dessa instituição, tem sido objeto de estudo para diversas pesquisas, desde o início do projeto, em 2008, até os dias atuais. O presente artigo teve como objetivo principal a análise do conforto térmico e visual nos ambientes de permanência prolongada da CPE. A partir dos resultados foi possível analisar como se comporta a ventilação cruzada, a cortina verde e a calefação no âmbito de conforto térmico além da iluminação no âmbito de conforto luminoso, ambos de aspectos naturais visando reduzir o impacto ambiental. Em paralelo fez-se um comparativo desses resultados com as experiências táteis, visuais e sensoriais dos moradores da Casa Popular Eficiente no projeto de Avaliação Pós Ocupação. O artigo baseou-se em procedimentos metodológicos teóricos com pesquisas em livros, revistas, anais, teses e dissertações e procedimento práticos a partir da aplicação dos experimentos no protótipo.

Palavras-Chave: sustentabilidade, conforto, Casa Popular Eficiente

ABSTRACT

Inaugurated in 2013, the Efficient Popular House (CPE), located on the campus of the Federal University of Santa Maria and occupied by students of this institution, has been the subject of study for various research, since the beginning of the project, in 2008, to the present day. The main objective of this paper was the analysis of thermal and visual comfort in the CPE extended stay environments. From the results it was possible to analyze how the cross ventilation, the green curtain and the heating in the thermal comfort behave besides the lighting in the luminous comfort, both of natural aspects aiming to reduce the environmental impact. In parallel, these results were compared with the tactile, visual and sensory experiences of the residents of Casa Popular Efficient in the Post Occupation Evaluation project. The article was based on theoretical methodological procedures with research in books, magazines, annals, theses and dissertations and practical procedures from the application of experiments in the prototype.

Keywords: sustainability, comfort, Efficient Social House

Casa Popular Eficiente: sustentabilidade alinhada ao Conforto Térmico e Visual

1- Objetivos

O presente artigo teve como objetivo principal a análise do conforto térmico e visual nos ambientes de permanência prolongada da Casa Popular Eficiente. A partir dos resultados foi possível analisar como se comporta a ventilação cruzada, a cortina verde e a calefação no âmbito de conforto térmico além da iluminação no âmbito de conforto luminoso, ambos de aspectos naturais visando reduzir o impacto ambiental.

2- Referencial Teórico

Diversas matrizes discursivas têm sido aderidas a noção de sustentabilidade desde o Relatório Brundtland, onde se iniciaram os debates públicos em 1987, a qual se pode destacar: I) matrizes da eficiência, com o objetivo de combater o desperdício da base material do desenvolvimento; II) escala, propondo um limite quantitativo para o crescimento econômico e o uso de recursos ambientais; III) equidade, articulando justiça e ecologia; IV) autossuficiência que é a desvinculação das economias nacionais como estratégia para assegurar a autorregulação; V) ética, que inscreve a apropriação do mundo material sobre os valores de bem e de mal. (Acsehrad, 1999)

O movimento pelo desenvolvimento sustentável parece ser um dos mais importantes deste início de século e milênio já que são incontáveis as iniciativas voluntárias articuladas e voltadas a esse tema. Tratam-se de empresas, bancos, hotéis, indústrias químicas das quais participam os grupos empresariais mais importantes desses setores. (Barbieri, et.al. 2010)

A definição mais aceita para o desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que tem capacidade de suprir as necessidades atuais sem comprometer a capacidade de suprir as necessidades futuras. Essa definição surgiu na Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, para que esse objetivo seja alcançado é de suma importância compreender que os recursos naturais são finitos e a partir disso cria-se uma nova forma de desenvolvimento econômico, com respeito ao meio ambiente, priorizando a qualidade em vez de quantidade, reduzindo o uso de matérias-primas e produtos, e em contra partida aumentando a reutilização e reciclagem. (WWF,2019)

Para Barbosa (2008), os padrões de produção e consumo tendem a consolidar-se no espaço urbano, sendo este espaço o foco principal na definição de estratégias e políticas de desenvolvimento, assim, é de grande relevância buscar alternativas sustentáveis voltadas ao modo de vida e da dinâmica das cidades. Barbosa (2008) ainda argumenta que “a sustentabilidade consiste em encontrar meios de produção, distribuição e consumo dos recursos existentes de forma mais coesiva, economicamente eficaz e ecologicamente viável.”

A Avaliação Pós-Ocupação tem como objetivo obter subsídios para corrigir sistematicamente as falhas e aferir eventuais acertos bem como realimentar o processo projetual. Ornstein (2017) argumenta que no Brasil, a APO, enquanto pesquisa aplicada teve início nos anos de 1980 e tem-se consolidado em termos de ensino e pesquisa, principalmente nas universidades públicas, contribuindo significativamente para diversas áreas da Arquitetura e Urbanismo, computação gráfica, etc. para Arantes (2013) “são várias as análises pós-ocupação realizadas a fim de adaptar e propor mudanças nas construções já existentes, visando a melhoria da interação entre os ambientes construídos e seus usuários”.

Arantes (2013) defende que os momentos destinados ao descanso em ambientes adequados e a busca por bons índices de conforto ambiental nas residências, devem ser imprescindíveis nas soluções projetais. Um exemplo simples de conforto térmico citado pela autora é a ventilação, pois contribui para a remoção da umidade e resfriamento de ambientes, deve ser destacada nas regiões tropicais e subtropicais, já que o posicionamento é eficaz a

partir da ventilação cruzada, estimula a movimentação do ar por chaminés e diferenças de temperatura.

A Casa Popular Eficiente, localizada no Centro de Eventos da Universidade Federal de Santa Maria, foi construída no ano de 2013 na zona bioclimática 2 brasileira, foi projetada a partir de diferentes desenhos de fachadas e modelos para o protótipo, o projeto inclui os 55,42 m² de área útil sob uma cobertura de duas águas, as aberturas presentes na parte superior estão voltadas para a direção oeste e tem como resultante uma menor área exposta à ventilação onde estão a cozinha e sala. No quadrante leste estão os dormitórios e o banheiro, com forro horizontal e aberturas para integrar a estratégia de ventilação cruzada efeito chaminé. (Kozloski; Vagheti, 2019).

A forma de avaliar o desempenho da luz natural reforça a necessidade de avaliar a qualidade do ambiente construído, pois não basta sanar o déficit habitacional brasileiro, é preciso gerar soluções eficientes e bem projetadas. (Souza, 2016). Nesse sentido a Casa Popular Eficiente tem por objetivo o desenvolvimento de um ambiente saudável, economicamente viável e ecologicamente correto. (Vagheti; Santos; Carissimi, 2015).

Para Silva, Amorin (s/d), “O conforto térmico é um dos responsáveis pela qualidade ambiental das edificações e bem estar dos usuários em áreas de trabalho, podendo ser alcançado através da adoção de sistemas passivos de controle ambiental”. Os brises são protetores solares externos e tem como diferencial a facilidade de serem construídos em diversos ambientes, funcionando como um elemento de proteção solar, (Barbosa, Fontes, 2016) além de reduzir as cargas térmicas, melhorar a distribuição da iluminação e diminuir o consumo energético. Fensterseifer (2018), conclui que a instalação e o monitoramento do brise vegetal na lateral oeste da Casa Popular Eficiente, por exemplo, está sujeito à alta incidência de radiação solar e dessa forma é possível mensurar seu potencial de eficiência na amenização da temperatura na parede onde o experimento foi colocado.

Assim, as cortinas verdes também denominada de dupla fachada verde, são sistemas em que é necessária a instalação de algum suporte ao longo do qual a vegetação trepadeira irá se desenvolver, esses suportes podem variar de acordo com o material, formato, distância entre os apoios e afastamento da parede. As espécies usadas, principalmente na região sul do Brasil são as *Lonicera japonica* (madressilva), *Wisteria floribunda* (glicínia) e *Thunbergia grandiflora* (tumbérgia- azul). (Scherer, 2014)

No sul e sudeste do Brasil há uma grande carência tecnológica no que diz respeito ao aquecimento eficiente do interior da edificações, necessárias para os períodos frios. A calefação é o sistema de aquecimento em recintos fechados, muito utilizados em regiões de clima temperado e frio. A calefação solar consiste no aquecimento das habitações por meio do calor, no entanto, não possui grandes avanços científicos na região de clima subtropical, assim, os longos períodos de temperaturas baixas e desconforto térmico são supridos por aparelhos térmicos. (Russi, 2012)

3- 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 foram coletados dados da Avaliação Pós Ocupação e dos experimentos realizados na Casa Popular Eficiente tais como: ventilação cruzada e natural, cortina verde, calefação natural e iluminação natural, aliadas ao conforto térmico e luminoso respectivamente. A seguir, estão relatadas as metodologias de cada experimento, analisadas no contexto deste trabalho.

3.1- Ventilação Cruzada e Natural

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 01. 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.

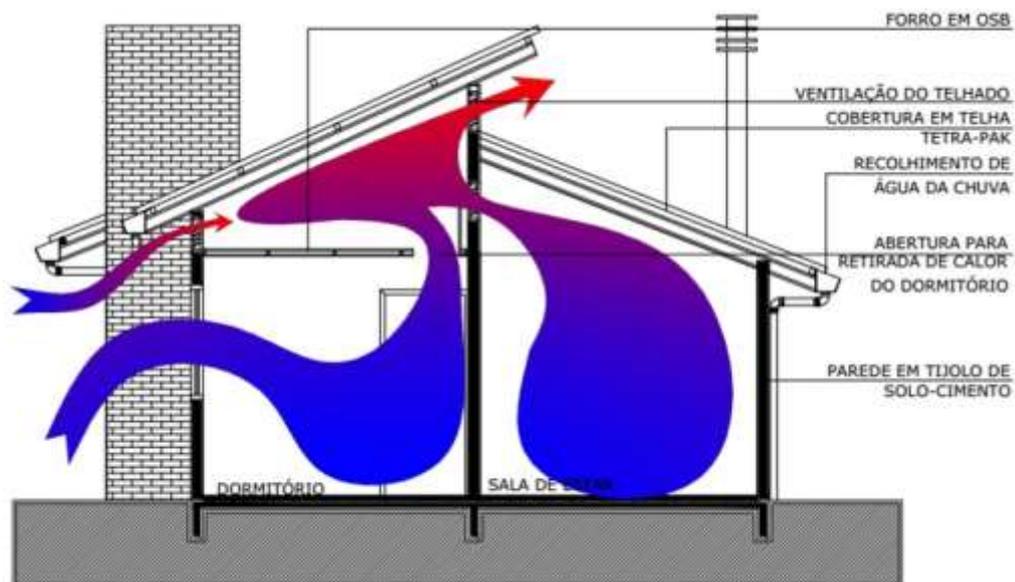


Figura 01: Ventilação cruzada e natural da Casa Popular Eficiente da UFSM.

Elaboração: Vagheti, 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 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. 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).

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.

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 distancia 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 foi fixados ganchos a fim de permitir o transpasse da corda elástica com camada dupla, de acordo com a Figura 02. 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)



Figura 02: Localização do Brise na Casa Popular Eficiente.
Fonte: Vagheti, Kozloski, 2019

3.3- Calefação Natural

Ainda 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.

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 deixa-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 03. 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. 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

3.4- Iluminação Natural

Quanto ao conforto luminoso que também pode ser chamado de conforto visual, deu-se enfoque à iluminação natural que, além de economia de energia elétrica ainda beneficia a saúde dos moradores da residência. Inicialmente adotou-se o método do papel branco que consiste na utilização de um luxímetro digital portátil, aparelho que registra os níveis de iluminância, em lux, utilizando folhas de papel branco tamanho A4. Assim, foram feitas duas medições de iluminância refletida em mesmo ponto, uma com o papel branco e outra da superfície desejada. Foram realizados 130 conjuntos de medições totalizando 260 medições. Coletados e calculados os valores da iluminância refletida, fez-se a maquete eletrônica da CPE no software *AutoCAD*, posteriormente iniciou-se a configuração do arquivo no *plugin Diva* que incorpora ferramentas do *EnergyPlus* nas simulações térmicas e de eficiência energética. Neste experimento foram simulados o *Useful Daylight Illuminancs* (UDI) ou Iluminância útil de iluminação natural, é identificado como a porcentagem de horas de um ano que a iluminância no plano de trabalho esta entre 100 e 2.000 lux, faixa de iluminâncias considerada de conforto visual ao morador. Também foi analisada a autonomia da iluminação natural ou Daylight Autonomy (DA) seguindo os índices de iluminâncias internas de edificações habitacionais estabelecidos pela norma NBR 15575-1, onde são considerados para dormitórios, sala de estar e cozinha, o nível mínimo de iluminância de 60 lux, o nível intermediários a partir de 90 lux e o nível superior a partir de 120 lux. (Souza, 2016).

Feito isso, foram comparados os resultados finais de cada experimento com as verificações da Avaliação Pós Ocupação (APO) feita pelos moradores da Casa Popular Eficiente.

4- Resultados e Conclusões

4.1- Ventilação cruzada e natural

Conforme o trabalho de Santos e tal (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.

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.

4.2- Brise Vegetal

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.

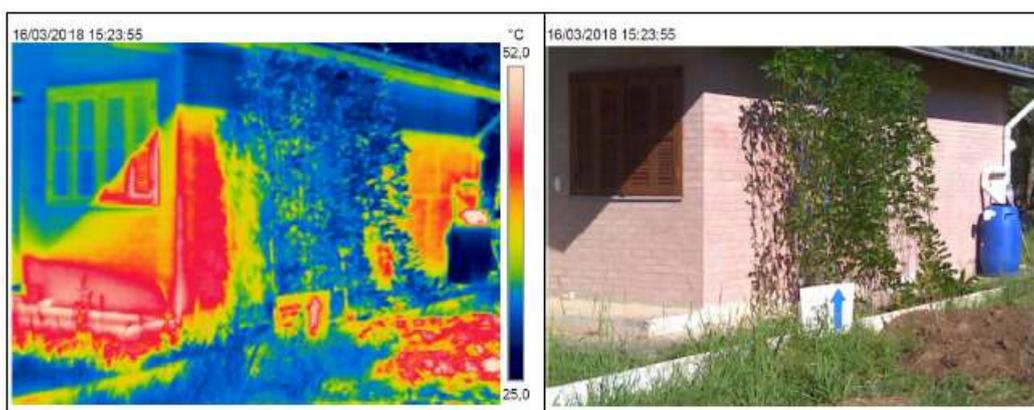


Figura 04: Monitoramento Termográfico em Temperatura Ambiente, 35,9°C.
Fonte: Fensterseifer, 2018.

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 23° 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 primeiro período 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.

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 cômodos. 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.

4.3- Calefação Natural

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, 18°C, 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.

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 estará 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.

4.4 – Iluminação Natural

Quanto ao desempenho da iluminação natural da CPE da UFSM, a partir dos estudos de Souza (2016), foram obtidos os dados da Tabela 1 com a aplicação do método do papel branco:

Tabela 1: Estimativa de refletâncias das superfícies da CPE da UFSM

Superfícies dos pontos medidos	Média de Iluminâncias refletidas pelo papel branco (Lux)	Média de Iluminância refletida pela superfície (Lux)	Refletância estimada (%)
Paredes de tijolos a vista	65,76666667	18,43333333	25
Paredes e teto pintados de branco	87,00000000	82,10000000	85
Paredes com revestimento cerâmico claro	107,20000000	79,40000000	67
Piso cerâmico claro	500,50000000	386,60000000	70
Madeira das esquadrias	114,00000000	19,30000000	15
Piso laminado de PVC reciclado	192,90000000	70,36666667	33
Painéis OSB do forro	43,53333333	17,76666667	37

Fonte: Souza, 2016

O desempenho de UDI foi satisfatório nos ambientes de permanência prolongada, no caso, sala de estar, cozinha e dormitórios, onde as áreas em vermelho apresentam iluminância entre 100 e 2.000 lux em 100% das horas do ano, acima de 85%. (Figura 05).

Há uma falha de UDI nas regiões próximas as janelas e no fundo dos ambientes de maior profundidade, no caso, sala, cozinha e dormitório 02, comparando dois dormitórios, tornando o dormitório 01 mais eficiente por suas áreas de deficiência ser próximas à janela tendo como possível causa o excesso de iluminâncias, apresentando homogeneidade maior, assim, torna-se necessário o uso de iluminação artificial.

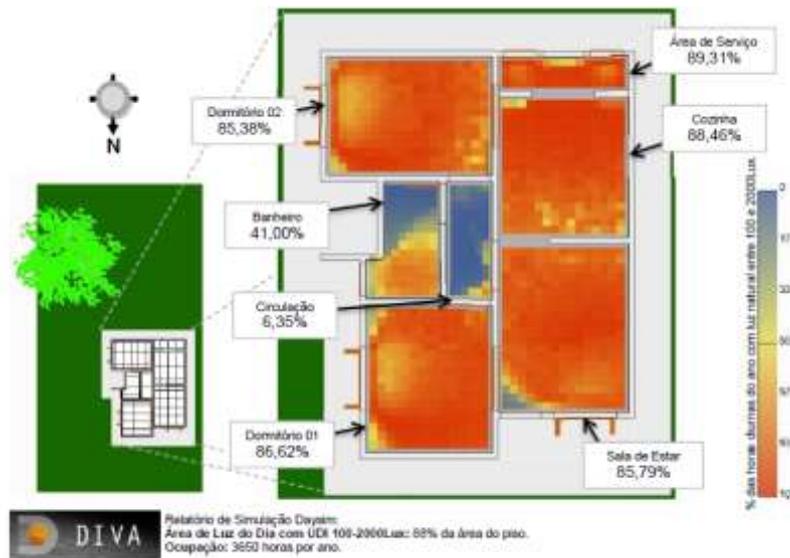


Figura 05: simulação de UDI para o Protótipo de Casa Popular Eficiente da UFSM
 Fonte: Souza, Grigoletti, Vagheti, 2016

Quanto à DA, os ambientes de permanência prolongada atingiriam todos os índices estipulados pela norma, porém, ao se avaliar o fenômeno da iluminação natural de uma forma espacial, podem-se identificar as áreas deficientes e passíveis de serem supridas por iluminação artificial ou de adequação projetual, nas plantas representadas pelas cores azul e amarelo. Conforme Figura 06.

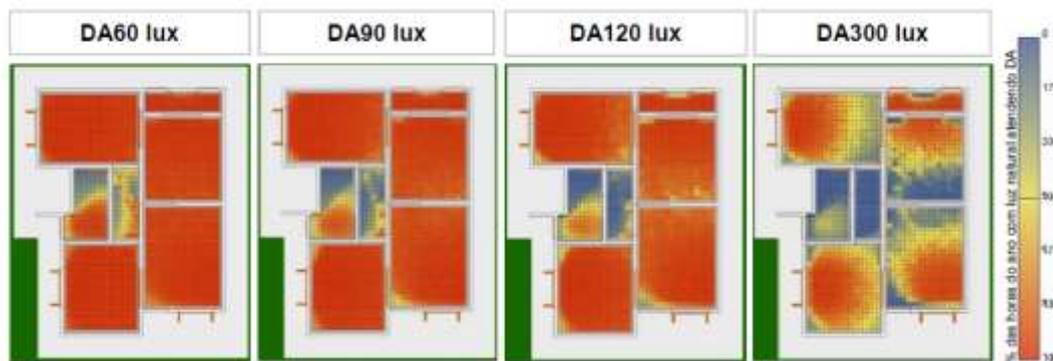


Figura 06 – DA em 60,90 e 120 Lux para a Casa Popular Eficiente da UFSM
 Fonte: Souza, Grigoletti, Vagheti, 2016

Quanto à APO, relatou-se que a moradia em si possui uma pequena deficiência quando se trata de iluminação natural, devido principalmente ao uso de tijolo solo cimento nas paredes e placa OSB no forro os quais se caracterizam por cores escuras. Deficiência essa, que é facilmente corrigida pelo uso de iluminação artificial.

5-Referências

ACSELRAD, Henri. Discursos da Sustentabilidade Urbana. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**. n.1. 1999. p.79-90.

AMORIM, C.N.D; SILVA, J.S.da. **O Brise-soleil como elemento de controle solar: estudo de caso em um edifício no Plano Piloto de Brasília**. Disponível em:< <https://www.usp.br/nutau/CD/85.pdf>> Acesso em: 07 de agosto de 2019.

ARANTES, B. **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, 2012.

BARBIERI, J.C.; VASCONCELOS, I.F.G.de.; ANDREASSI, T.; VASCONCELOS, F.C.de. Inovação e Sustentabilidade: Novos Modelos e Proposições. **Revista de Administração de Empresas**. São Paulo. v.50. n.2. 2010. p.146-154.

BARBOSA, Gisele.S. O Desafio do Desenvolvimento Sustentável. **Revista Visões**. 4ª edição. nº4. v. 1. 2008.

BARBOSA, M.C. FONTES, M.S.G.de.C. Jardins Verticais: modelos e técnicas. **PARC: Pesquisa em Arquitetura e Construção**. v.7.n.2.p. 114-124. Campinas/SP, 2016.

FENSTERSEIFER, Paula. **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. **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.

KOZLOSKI, C.L.; VAGHETTI, M.A.O. Casa Popular Eficiente: processo inicial e considerações quanto a Avaliação Pós- Ocupação. **Anais: ENSUS**. UFSC. v.4. 2019. p. 648-657.

OLIVEIRA, T.D.de. (Org.) Coleção- Educação, Espaço Construído e Tecnologias: Reflexões, desafios e perspectivas. Editora: CRV. Curitiba-Brasil, 2017.

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

RUSSI, Madalena. **Projeto e análise da eficiência de um sistema solar misto de aquecimento de água e de condicionamento térmico de edificações para Santa Maria-**

RS. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2012.175p.

SANTOS, J.C.P.dos.; VAGHETTI, M.A.O.; SOARES, R.M.D.; SCHLEY, A.R.C.; GARLET, L.; MACHADO, R.M.e.S. Avaliação Térmica da Casa Popular Eficiente no Período de Verão. In: **EuroElecs**. Vol.1 Guimarães-Portugal, 2015.

SCHERER, Minéia, J. **Cortinas Verdes na Arquitetura: desempenho no controle solar e na eficiência energética de edificações**. Tese (Doutorado em Arquitetura). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre/RS. 2014. 187p.

SOUZA, Matheus, C.de. **Avaliação do Desempenho de Iluminação Natural no protótipo de Casa Popular Eficiente da UFSM**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2016. 129p.

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/euro-elecs2015/files/EuroELECS_2015Proceedings_Vol3.pdf> . Acesso em: 12 dez. 2018.

WWF-Brasil. **O que é desenvolvimento Sustentável**. Disponível em:<https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/> Acesso em: 06 de agosto de 2019.