

ANÁLISE QUALITATIVA DO DESEMPENHO TÉRMICO EM RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM MACEIÓ/ ALAGOAS

Elda Karinna Silva Quintela Abreu¹

Gabriela Marinho da Silva²

Thayrla Susanne Correia da Silva³

Sammea Ribeiro Granja Damasceno Costa⁴

Arquitetura e Urbanismo



ISSN IMPRESSO 1980-1785

ISSN ELETRÔNICO 2316-3143

RESUMO

O presente artigo tem como principal objetivo apresentar uma análise qualitativa da ventilação natural e da insolação, de uma residência fictícia e unifamiliar localizada em Maceió/ Alagoas, decorrente de uma integração entre as disciplinas de Conforto Ambiental I e Introdução à produção do espaço, visando uma melhor funcionalidade e conforto para o usuário. A metodologia adotada, em sua primeira parte constou na compatibilização do projeto de acordo com a NBR 15575 – 4 (ABNT/2013) e a adequação das esquadrias conforme a área efetiva de cada ambiente, e posteriormente o ensaio no equipamento mesa d'água, utilizado para averiguar a eficácia da ação dos ventos. E na segunda, a análise da insolação foi feita através de estudos das cartas solares referente a cada fachada da edificação, avaliando o período necessário de sombreamento, estabelecendo assim as estratégias adequadas, sendo verificada em seguida sua eficiência no equipamento heliodon. Os resultados apontaram estratégias convincentes, evidenciando a eficiência da ventilação natural e da proteção solar, pois houve um controle de insolação sem que dificultasse o fluxo de ventilação.

PALAVRAS-CHAVE

Conforto térmico, insolação, ventilação natural, projeto arquitetônico, arquitetura bioclimática.

ABSTRACT

The present article has as main objective to present a qualitative analysis of the natural ventilation and the insolation, of a fictitious and single family residence located in Maceió / Alagoas, due to an integration between the Environmental Comfort I and Introduction to space production, aiming at a better functionality and comfort for the user. The methodology adopted, in its first part, consisted in the project compatibility according to NBR 15575 - 4 (ABNT/2013) and the adequacy of the frames according to the effective area of each environment, and later the test in the water table equipment, used for ascertain the effectiveness of the action of the winds and in the second, the sunshine analysis was done through studies of the solar charts for each facade of the building, evaluating the necessary period of shading, thus establishing the appropriate strategies, and then verified its efficiency in the heliodon equipment. The results indicated convincing strategies, evidencing the efficiency of natural ventilation and sun protection, since there was a control of insolation without impeding the flow of ventilation.

KEYWORDS

Thermal comfort, natural ventilation, insolation, architectural design, bioclimatic architecture.

1 INTRODUÇÃO

Projetar pensando no conforto térmico é uma ferramenta poderosa que o arquiteto possui para promover o bem-estar do homem, sob qualquer uma de suas derivações: térmico, lumínico ou acústico. Cabe ao profissional, através da arquitetura, proteger à habitação do indivíduo em função da condição de habitabilidade, ocultando ou expondo às condições climáticas. Assim um ambiente confortável faz com que o usuário tenha um alto rendimento em suas atividades, no decorrer do dia.

O estudo do clima local é de grande importância e deve partir como uma premissa na hora de iniciar um estudo, pois com os resultados da análise o profissional saberá qual a tipologia das aberturas, os materiais e variadas formas de como serão utilizados, em qualquer edificação estudada. As variáveis climáticas que influenciam no conforto térmico são: a temperatura, umidade do ar, velocidade do ar e radiação solar incidente. De acordo com a Norma Desempenho Térmico a NBR 15575 - parte 4 (ABNT/2013), as áreas de longa permanência (quartos, sala e cozinha) deverão atender a 15% da sua área total destinadas para aberturas de vãos livres, possibilitando o uso de ventilação cruzada natural, em cidades de clima quente e úmido.

A ventilação natural a princípio apresenta dois objetivos claros: atender as questões de conforto térmico removendo

a carga térmica do ambiente e ajudando na dissipação do calor do corpo humano por convecção e por evaporação, principalmente em climas quentes e úmidos; e promover a higiene dos ambientes ao renovar o ar viciado e poluído e ao evitar o incremento da umidade do ar nos espaços (COSTA, Luciana Correia do Nascimento, 2009, p.61).

As análises das cartas solares fornecem dados ao profissional a partir de gráficos simplificados, de acordo com os horários e os períodos de insolação, para cada fachada da edificação, com isso pode ser analisado qual o tipo de protetor solar é o mais adequado para determinada construção.

Projetar uma arquitetura eficiente é a maneira mais produtiva de estabelecer um controle e uma diminuição do consumo energético pelos usuários e por parte da própria edificação, assim não haverá a necessidade do uso contínuo de equipamentos artificiais para gerar conforto.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 CONFORTO TÉRMICO

O ser humano necessita regular a sua temperatura corporal afim de suprir as alterações constantes do meio externo, pois o corpo humano é sujeito a variações de temperatura, seja o aumento ou a diminuição, essa variação se dá a partir de trocas térmicas do homem com o meio que está inserido, podendo acontecer através dos mecanismos de trocas, que são: convecção⁵, radiação⁶e condução⁷. Deste modo, o conforto térmico varia de pessoa para pessoa, levando em consideração alguns fatores como a vestimenta, a atividade realizada e condições de saúde. Nesse cenário de conforto térmico, o bem-estar está relacionado diretamente ao não sentir frio ou calor. Com base na NBR 15575 – 4 (ABNT/2013), o conforto humano faz ligação à satisfação mental do indivíduo com o ambiente térmico inserido e para alcançar tal condição leva-se em considerações variáveis como a radiação solar incidente, temperatura do ar, umidade e velocidade do ar. “O homem tem melhores condições de vida e de saúde quando seu organismo pode funcionar sem ser submetido à fadiga ou estresse, inclusive térmico” (FROTA; SCHIFFER, 2001). O conforto térmico é um fator de grande importância em um projeto arquitetônico, pois ele que garante o bem-estar do usuário, tendo como consequência direta a produtividade e desempenho nas atividades que o indivíduo exerce no ambiente. Já que, se o usuário estiver em conforto, sua condição mental estará bem, pois não irá gerar stress.

5 Convecção: Troca de calor entre dois corpos, em que um deles é sólido e o outro um fluido, seja líquido ou gás.

6 Radiação: Um tipo de mecanismo de troca de calor entre dois corpos, sendo os dois no estado sólido e que tenham entre si uma determinada distância.

7 Condução: Troca de calor entre dois corpos se tocam e que estejam em distintas temperaturas.

Quando as condições ambientais proporcionam perdas de calor do corpo além das necessárias para a manutenção de sua temperatura interna constante, o organismo reage por meio de seus mecanismos automáticos — sistema nervoso simpático —, buscando reduzir as perdas e aumentar as combustões internas (FROTA; SCHIFFER, 2001, p. 20).

O estudo da climatologia do local é um parâmetro indispensável, pois com ele saberemos tudo sobre o clima da região e a partir disso serão pensadas soluções projetuais de acordo com as características predominantes, com o objetivo de gerar o conforto térmico às pessoas que usufruírem do tal espaço.

Por esse motivo projetos bioclimáticos vem ganhando destaque no ramo da arquitetura, uma vez que os projetos são pensados de forma que o usuário sinta-se confortável em seu interior, para que haja resultados satisfatórios em um projeto é necessário analisar parâmetros essenciais, como a orientação, que está ligada à ventilação natural e a exposição à insolação, e os materiais utilizados que faz ligação com a sua capacidade individual de absorção e transmissão do calor. “A Arquitetura, como uma de suas funções, deve oferecer condições térmicas compatíveis ao conforto térmico humano no interior dos edifícios, sejam quais forem às condições climáticas externas” (FROTA; SCHIFFER, 2001, p. 15).

As medidas a serem tomadas dependerão do clima local. Para edificações localizadas em regiões de clima quente e úmido é necessário atender algumas condições, como a utilização de grandes aberturas ao nível do usuário e proteção de fachadas com maior incidência de radiação, evitando a exposição ao sol e favorecendo uma ventilação cruzada constante.

2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira, a eficiência energética pode ser definida como a utilização de recursos com o menor gasto de energia. Portanto, um edifício eficiente utilizará dos mesmos recursos de um edifício não eficiente, porém não consumirá a quantidade energia que o outro consome e proporcionará o mesmo conforto térmico.

O ramo que mais consome energia elétrica é o da construção civil (residências, comércio, indústrias, etc.) e se esse ritmo continuar chegará ao ponto que as hidrelétricas (meio de obtenção de energia que o Brasil mais utiliza) se tornarão insuficiente para abastecer esse setor. Portanto, tendo em vista esta problemática, os arquitetos pensam em artifícios para deixar seus projetos mais eficientes em relação ao consumo energético.

Ter o clima como aliado nos projetos arquitetônicos é o melhor artifício para chegar-se em uma eficiência energética. As decisões de dimensionamento das aberturas nas edificações tomadas pelo profissional podem melhorar a ventilação cruzada em um ambiente (na época do verão) possibilitando o menor uso dos equipamentos de refrigeração artificial, a entrada de calor (na época do inverno) e de luz para a realização das atividades do dia a dia sem que sejam utilizados os meios artificiais de iluminação.

Entretanto, não só as aberturas influenciam nesses parâmetros, mas como também, os materiais que são utilizados na sua construção, eles podem contribuir para um conforto do ambiente interno, pois cada material possui a sua especificação e exige do profissional um maior entendimento onde irá aplicá-lo em seu projeto.

2.3 VENTILAÇÃO NATURAL

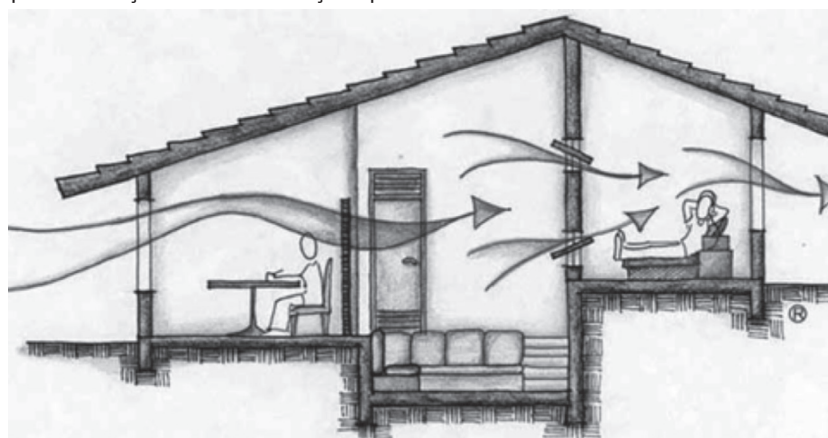
A ventilação natural é um artifício que proporciona a renovação do ar e as trocas térmicas entre o indivíduo e a edificação, assim permitindo a higienização do ambiente e a remoção excessiva de calor; para que isso aconteça corretamente é necessário que as esquadrias tenham dimensionamento e posicionamento adequado. Segundo Frota e Schiffer, a renovação do ar, além de higienizar o ambiente, permite a dispersão de poluentes, fumaças, poeiras e vapores.

Essa renovação do ar pode ser realizada através de meios mecânicos, como a utilização do ar condicionado, por exemplo, entretanto o uso da ventilação natural é o mais recomendado e se dá através da entrada e saída de vento por meio das aberturas existentes na edificação, tais aberturas deverão estar posicionada e dimensionada de forma correta, a fim de proporcionar um melhor fluxo de ar, além disso, é necessário levar em consideração a diferença de pressão do ar dos ambientes internos e externos, essa diferença de pressão pode ser causada pelo vento ou por diferenças de temperatura. "A diferença de pressões exercidas pelo ar sobre um edifício pode ser causada pelo vento ou pela diferença de densidade do ar interno e externo, ou por ambas as forças agindo simultaneamente" (FROTA; SCHIFFER, 2001).

Em climas quentes o movimento de ar pode ser usado com dois objetivos complementares. O primeiro é resfriar o edifício em si, aquecido pela radiação solar e pelos ganhos internos (produzido pelos ocupantes, pelos aparelhos elétrico, pela iluminação artificial, etc.). [...] O segundo objetivo da ventilação é o resfriamento fisiológico. Refere-se ao efeito refrescante provocado pela evaporação do suor da pele e pelas trocas de calor por convecção, que ocorre quando o fluxo de ar entra em contato com o corpo humano (BITTENCOURT; CÂNDIDO. 2008 p. 29 -30).

A ventilação natural das edificações acontece por meios de dois mecanismos: ventilação por ação dos ventos, que pode ser chamado também por ventilação de efeito cruzado, e por efeito chaminé. A ventilação por efeito cruzado se dá a parti das forças dos ventos, promovendo assim a movimentação do ar no ambiente (Figura1), para que isso ocorra é necessário que o vento predominante da região (direção, velocidade, frequência) seja identificado, com isso possibilita a entrada do ar fresco, fazendo com que expulse o ar quente por outras aberturas.

Figura 1: Representação da ventilação por efeito cruzado.

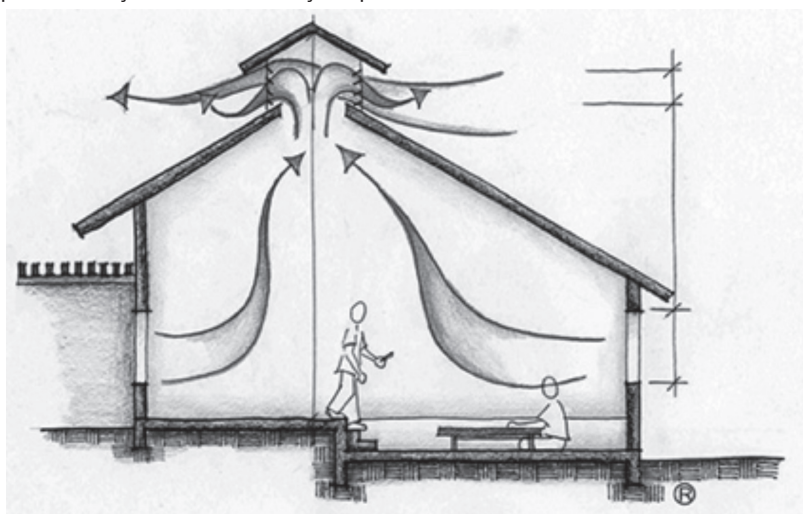


Fonte: Lamberts; Dutra; Pereira, 1997.

A diferença de pressão exercida sobre o edifício pode ser causada pela ação dos ventos. O vento, considerado aqui como o ar que se desloca paralelamente ao solo em movimento lamelar, ao encontrar um obstáculo — o edifício — sofre um desvio de seus filetes e, ultrapassando o obstáculo, tende a retomar o regime lamelar. (FROTA; SCHIFFER, 2001, p.126).

Já o efeito chaminé é dado por meio da diferença de densidade do ar, as aberturas em diferentes níveis geram um crescente fluxo de ar, em que o ar mais quente será expelido por meio das aberturas com maior altura, podendo ser potencializada através do aumento da diferença entre as distâncias das aberturas inferiores e superiores, não sendo muito eficiente em casas térreas, visto que tem uma dependência de diferenças de níveis.

Figura 2: Representação da ventilação por efeito chaminé



Fonte: Fonte: Lamberts; Dutra; Pereira,1997.

O estudo da ventilação por efeito chaminé é feito considerando apenas as diferenças de pressões originadas das diferenças de temperaturas do ar interno e externo ao edifício. Os ganhos de calor a que um edifício está submetido ocasionam a elevação de temperatura do ar contido no seu interior. O ar aquecido torna-se menos denso e com uma tendência natural à ascensão. Se um recinto dispuser de aberturas próximas ao piso e próximas ao teto ou no teto, o ar interno, mais aquecido que o externo, terá a tendência de sair pelas aberturas altas, enquanto o ar externo, cuja temperatura é inferior à do interno, encontrará condições de penetrar pelas aberturas baixas (FROTA; SCHIFFER, 2001, p.135).

Quando a ventilação natural de um edifício é criteriosamente estudada, verifica-se a conjugação dos dois processos. No entanto, a simultaneidade dos processos pode resultar na soma das forças, ou pode agir em contraposição e prejudicar a ventilação dos ambientes. A identificação de ocorrência de uma ou de outra situação depende da análise de cada caso, especificamente (FROTA; SCHIFFER, 2001, p.125).

Quando se diz que a ventilação de uma edificação foi resolvida de forma adequada e passiva, quer dizer que entende as exigências do usuário, as características construtivas e as características climáticas da região.

Quando se trata do interior da edificação, a ventilação natural apresenta-se de duas maneiras: permanente ou regulável. A ventilação permanente tem-se origem em penetrações que são resultantes de brechas em portas e janelas e aberturas em paredes e cobertas, já a ventilação regulável deriva-se das esquadrias em geral, como porta, janela e dutos controláveis, por exemplo.

2.4 RADIAÇÃO SOLAR

A radiação solar no clima quente e úmido é um fator que deve ser evitado diretamente nas edificações, os principais elementos para a inibição da insolação são os protetores solares e a vegetação. Sabendo disso é necessário analisar cada projeto individualmente e estudar qual o melhor tipo de protetor solar a ser utilizado. “[...] onde o clima é predominantemente quente, deve-se evitar que a radiação solar direta atinja as construções e penetre excessivamente nos ambientes, prevenindo-se, assim, ganhos demasiados de calor”. (FROTA; SCHIFFER, 2001, p.75).

O sol é de grande importância para os estudos de eficiência energética, pois ele transmite a radiação solar, que é a principal fonte de luz e calor que o nosso planeta possui. Isso na edificação pode favorecer ou prejudicar em seu desempenho térmico, cabe o profissional proteger as áreas que não necessitam desse artifício e priorizar as áreas que tem tal necessidade.

A radiação solar pode ser dividida em direta e difusa. A radiação direta é a fonte mais intensa de luz e a principal influente de produção de calor para a edificação, quando uma parcela atinge diretamente a terra e a sua intensidade depende da altitude solar e do ângulo de incidência dos raios solares em relação à superfície receptora, entretanto quando o céu estiver nublado a parcela direta da radiação será reduzida. Dessa forma, uma parte dela sofrerá um espalhamento, tendo sua direção alterada, isso se caracteriza pela radiação difusa.

Nas regiões em que possui um clima quente deve-se proteger as fachadas contra essa radiação solar direta, pois isso afeta diretamente no conforto do usuário e no desempenho térmico da edificação, causando assim o uso de aparelhos artificiais para proporcionar o conforto, adequando para os usuários daquele meio.

A utilização de protetores solares varia de região para região, em locais onde o clima é predominantemente frio recomenda-se a passagem de radiação solar para a edificação, decorrente disso os protetores não necessitam ter grandes dimensões, caso fossem, barrariam a entrada de calor, entretanto em locais onde o clima tem predominância quente é recomendado o uso de protetores, dependendo do projeto pode usar diferentes tipologias.

Os protetores dividem-se em dois: os protetores verticais (β), e os protetores horizontais (α). Para determinar o tipo de protetor ideal para o projeto usa-se a carta solar, que é um método que analisa a trajetória do sol nas fachadas da edificação, em uma determinada hora e dia. Ao nascer do sol a sua altura solar é zero e a angulação chega até 90° , quando se trata de o sol esta perpendicular ao observador, depois disso ele começa a diminuir a sua angulação até chegar à zero novamente, que será o pôr do sol.

Para o uso do ângulo da sombra vertical (α) aplicam-se os protetores horizontais, que são representados por cobertas e beirais, quanto maior a inclinação, menor será o espaço a se proteger e vice-versa, porém, para uma questão estética e de uniformidade no projeto pode-se aderir a outros tipos, que são os protetores verticais, entretanto para achar a sua inclinação verifica-se o valor do azimute (β) em ângulos.

O azimute é a angulação que vai de 0° a 360° e encontra-se representado na abóboda celeste da carta solar, que será utilizado para o dimensionamento dos protetores verticais, outro artifício que pode ser usado para proteger a fachada da edificação sem perder a estética do projeto. Entretanto quando o uso de um tipo de protetor não atende as necessidades do projeto, pode-se utilizar outras variações, ocasionando assim na edificação, o uso de protetores mistos, que é a aplicação de mais de um tipo de protetor solar na construção.

O arquiteto que define o uso de protetor que irá se adequar em seu projeto dependendo da área que ele queira proteger, podendo utilizar de protetores infinitos ou finitos. De acordo com o livro manual de conforto, os protetores infinitos irão abranger toda superfície da fachada, protegendo além do necessário, no entanto, os protetores finitos irão abranger uma dada superfície apenas protegendo a área que necessita de proteção, contudo para achar a angulação desse tipo de proteção necessita calcular um novo ângulo que é o gama, este ângulo limita o sombreamento produzido pelos ângulos α (alfa) e β (beta).

3 OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo realizar uma análise qualitativa de um projeto de uma residência unifamiliar e fictícia, localizada na cidade de Maceió/ Alagoas. E

proporcionar um estudo do desempenho bioclimático e térmico da edificação, como parte de uma integração das disciplinas de Introdução à produção do espaço e Conforto Ambiental I do 3º período de Arquitetura e Urbanismo, no Centro Universitário Tiradentes – UNIT/ AL.

4 METODOLOGIA

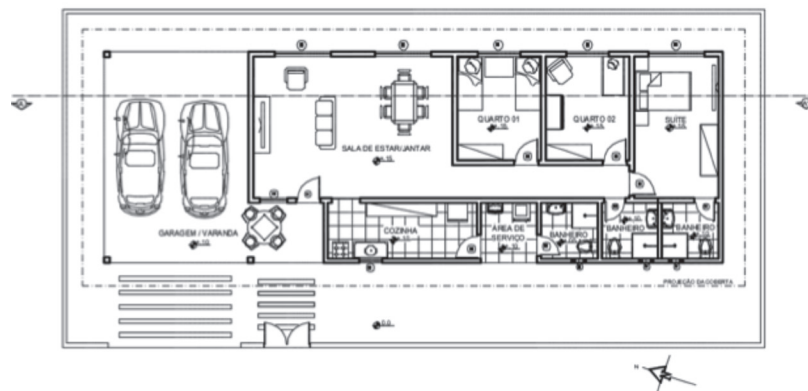
4.1 CONSTRUÇÃO DO PROJETO

O projeto analisado está hipoteticamente localizado na cidade de Maceió/ Alagoas, região que se caracteriza por possuir um clima quente e úmido, que significa grandes períodos ensolarados durante o ano. Segundo o INMET (2010), os ventos predominantes se originam do Sudeste, abrangendo principalmente os meses de abril a setembro e dos ventos nordeste apenas durante o verão.

Trata-se de uma residência térrea unifamiliar (Figura 3), desenvolvida na disciplina de Introdução a produção do espaço. O programa de necessidades consiste em: suíte, banheiro da suíte, dois quartos, banheiro social, sala de estar e sala de jantar integrada entre si, cozinha, área de serviço, banheiro de serviço, varanda e garagem para dois carros, somando 165 m² de área construída.

Sua locação no terreno e a disposição dos cômodos na planta baixa foram pensadas para promover a funcionalidade e o beneficiamento térmico através da orientação da residência quanto ao poente e nascente, e a direção dos ventos predominantes, de modo que, as áreas de maior permanência (salas, quartos e cozinha) ficassem localizadas no sudeste e nordeste. Porém, de início, não houve uma preocupação em relação à quantidade de área de ventilação e sequer foi pensado quanto à proteção solar, determinando assim um beiral padrão e com dimensão convencional de 0,80 metros.

Figura 3 – Planta baixa da residência anterior as alterações



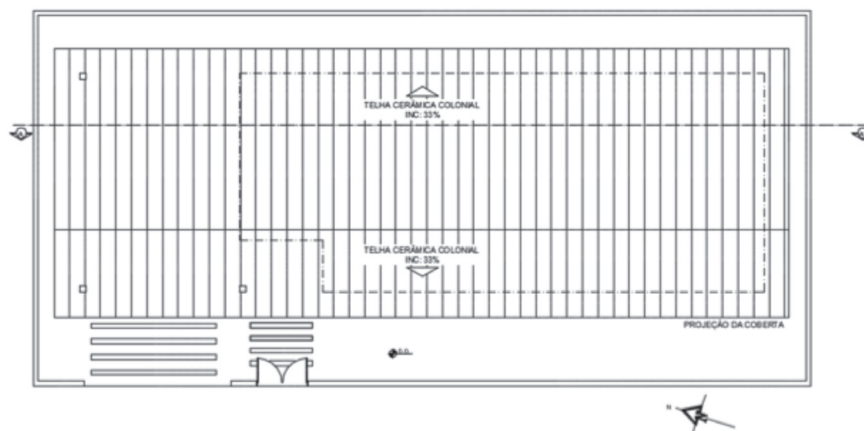
Fonte: elaborado pelo próprio autor, 2018.

Figura 4 – Tabela de esquadrias anterior as alterações

TABELA DE ESQUADRIAS				
ID	QUANT.	LARGURA	ALTURA	PEITORIL
P1	3,00	0,80	2,10	-
P2	3,00	0,80	2,10	-
ID	ID	ID	ID	ID
J1	1,00	1,00	1,00	1,10
J2	3,00	2,00	1,00	1,10
J3	2,00	0,80	1,00	1,10
J4	2,00	1,50	1,00	1,10
J5	3,00	0,50	0,50	1,60

Fonte: elaborado pelo próprio autor, 2018.

Figura 5 – Planta de coberta anterior as alterações



Fonte: elaborado pelo próprio autor, 2018.

Como inicialmente não houve uma preocupação quanto ao dimensionamento de esquadrias, é notório que os peitoris, as larguras e as alturas foram estabelecidas em uma dimensão padrão, entretanto após ser feita a análise percebeu-se que o projeto não atendia a porcentagem mínima de ventilação indicado pela norma, nos ambientes de longa permanência e que o beiral não era suficiente.

As janelas do quarto 01, do quarto 02, da suíte e da sala de estar \ jantar são do tipo de abrir (J2 e J4), a janela da sala de estar \ jantar que se comunica com a varanda (J1), é de do tipo pivotante, ambas permitem a passagem de 100% da ventilação, já a janela da cozinha é de correr, permitindo somente 50% do fluxo.

4.2 ANÁLISE QUALITATIVA DA VENTILAÇÃO NATURAL

De acordo com Frota e Schiffer (2001, p.130) “[...] a posição e as dimensões das janelas exercem uma grande influência na qualidade e na quantidade de ventilação interna”. Isso significa dizer que a escolha das esquadrias é de fundamental importância para uma melhor ação dos ventos na construção, tanto a escolha da sua localização, de forma que seja proporcionada uma melhor ventilação, cruzada ou por efeito chaminé, quanto à tipologia que melhor favoreça o fluxo de ventilação.

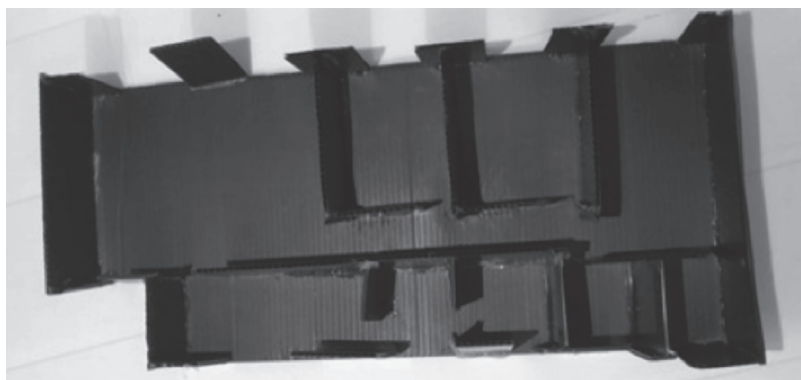
O projeto estudado pertence à zona bioclimática 8 e como recomendações construtivas para uma arquitetura que atende as necessidades de conforto para seu usuário, deve-se ter grandes aberturas totalmente sombreadas, o uso de paredes e coberturas leves e refletoras, para uma estratégia bioclimática eficiente a utilização de ventilação cruzada o ano todo ajuda a edificação ser mais eficiente energeticamente sendo quase nula a utilização de aparelhos de refrigeração artificial.

A análise da ventilação natural foi realizada através da compatibilização do projeto utilizando a NBR 15575 (ABNT, 2013) -Edificações habitacionais - Desempenho Parte 4: Sistema de vedações verticais internas e externas, para ao dimensionamento das aberturas de maneira adequada e de acordo com as suas tipologias. No projeto, as esquadrias mais utilizadas quanto ao tipo das aberturas foram: de abrir, de correr e pivotante, que possibilitam a passagem entre 50% e 100% da ventilação natural pelas aberturas com o vão totalmente aberto.

Posteriormente, foi realizada a confecção da maquete física na escala 1:50 (Figura 6), em que, nela se fez necessário deixar apenas a dimensão efetiva quanto a ventilação, na qual, em alguns casos difere do vão real da esquadria; a maquete volumétrica foi usada para a validação das alterações no projeto, através do equipamento mesa D'água⁸ (Figura 7), que pertence ao laboratório da disciplina de conforto ambiental I, do Centro Universitário Tiradentes – UNIT, para a análise do fluxo e escoamento da ventilação na edificação de acordo com os ventos predominantes da região durante o ano: sudeste e nordeste. O modelo em escala foi posicionado de acordo com a direção dos ventos predominantes, e a água juntamente com o catalisador (espuma), percorreram a maquete, indicando assim os caminhos de passagem dos ventos, deste modo foi percebido a forma de atuação da ventilação (entrada e saída) do projeto estudado. Levando em consideração que todas as fachadas não apresentam qualquer tipo de obstrução que sirva como barreira.

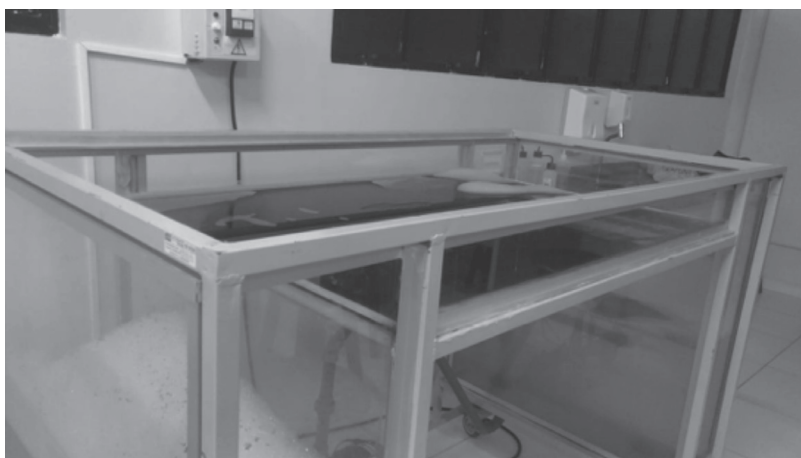
8 Mesa D'água consiste em um equipamento que possibilita a passagem da água acrescida de um indicador (contraste), através de um canal plano e homogêneo (mesa), em circuito aberto ou fechado (BLESS-MANN, 1990).

Figura 6 – Maquete volumétrica para ensaio de ventilação natural.



Fonte: elaborado pelo autor, 2018.

Figura 7 - Equipamento mesa D'água.



Fonte: elaborado pelo autor, 2018.

4.3 ANÁLISE QUALITATIVA DA INSOLAÇÃO

A análise da insolação foi realizada através da carta solar de Maceió/ Alagoas, para estipular as proteções contra a radiação direta dimensionadas anteriormente, de acordo com o percurso do sol em seus períodos mais críticos em cada fachada. “Para proteger a envoltória de uma edificação, seja com elementos construídos, seja com vegetação, é necessário poder-se determinar a posição do Sol, para o local em questão, na época do ano em que se deseja barrar seus raios diretos”. (FROTA; SCHIFFER, 2001, p. 75).

Para isso, foram executadas três cartas solares, para as principais fachadas: sudeste, sudoeste e nordeste; com o objetivo de definir as proteções horizontais e verticais necessárias ao sombreamento da edificação, o dimensionamento e a modificação do beiral existente. E posteriormente foi confeccionada uma maquete volumétrica da

residência na escala 1:50, e avaliada em um dispositivo chamado heliodon⁹ (Figura 8), localizado no laboratório da disciplina de Conforto ambiental I, do Centro Universitário Tiradentes – UNIT, e assim certificar a escolha dos protetores e ajustar o que fosse necessário para atender o desempenho desejado.

Figura 8– Equipamento Heliodon



Fonte: elaborado pelo autor, 2018.

5 RESULTADOS

5.1 VENTILAÇÃO NATURAL

Segundo a NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, a cidade de Maceió pertence à zona bioclimática¹⁰ 8, que prevê grandes aberturas para ventilação natural nas edificações. E para a eficiência térmica quanto à ventilação, a NBR 15575- 4 (ABNT, 2013) recomenda-se que de 15% da área interna referente ao piso dos ambientes de longa permanência devem ser destinados as áreas efetivas dos vãos das aberturas internas e externas.

Na Tabela 1, observa-se que em todas as esquadrias referentes aos ambientes de longa permanência, as áreas não atendiam ao valor mínimo estipulado pela norma, além de apresentar um peitoril uniforme. E para alterar esse quadro, fez-se necessário abrir os vãos e determinar a tipologia das janelas que mais beneficiasse a entrada do fluxo de ar, e permitisse uma boa ventilação cruzada.

⁹ O heliodoné um "equipamento desenvolvido para simular a trajetória aparente do sol, em quaisquer dias, horários e latitudes da Terra" (CARMELOSSI e CASTRO, 2017).

¹⁰Zona bioclimática: De acordo com a NBR 15.220 (Desempenho térmico), é a região geográfica homogênea quanto aos elementos climáticos que interferem nas relações entre ambiente construído e conforto humano. Considerando a diversidade climática brasileira, ela apresenta oito tipos de zonas bioclimáticas com diretrizes construtivas para projetar uma arquitetura adaptada ao clima local.

Tabela 1 – Quadro de esquadrias: análise e dimensionamento das aberturas.

Quadro de esquadrias						
Ambientes de longa permanência	Área total do piso (m ²)	Área mín. NBR 15575 (m ²)	% Utilizada (total)	Área total da ventilação (m ²)	Área atual da ventilação (m ²)	% Utilizada (atual)
Sala de estar e jantar	35,85	5,37	12,55	4,50	5,58	15,56
Quarto 01	11,10	1,66	13,51	1,50	1,80	16,21
Quarto02	11,10	1,66	13,51	1,50	1,80	16,21
Suíte	15,15	2,27	13,20	2,00	2,40	15,84
Cozinha	10,20	1,53	3,92	0,40	2,88	28,23

Fonte: elaborado pelo autor, 2018.

Desta forma, foram feitas alterações nas dimensões das esquadrias, de maneira que as mesmas tipologias de janelas e portas fossem mantidas, e que se tomasse suficiente quanto à porcentagem de ventilação recomendada pela NBR 15575- 4 (ABNT, 2013).

Figura 9 – Tabela de esquadrias posterior as alterações

TABELA DE ESQUADRIAS				
ID	QUANT.	LARGURA	ALTURA	PEITORIL
P1	5,00	0,80	2,10	-
P2	3,00	0,70	2,10	-
ID	ID	ID	ID	ID
J1	1,00	1,30	0,60	1,10
J2	3,00	2,00	1,20	0,80
J3	1,00	2,40	1,00	1,20
J4	2,00	1,50	1,20	0,80
J5	3,00	0,50	0,50	1,60

Fonte: elaborado pelo autor, 2018.

Com essa modificação, nota-se também que as alturas dos peitoris foram alteradas, com o objetivo de adequar a passagem de ventilação a escala do usuário, neste caso, a altura da base inferior das janelas da sala, dos quartos e da suíte foram diminuídos, pois a utilização desses cômodos se faz, em maior parte do tempo, quando o usuário está deitado ou sentado.

Com as aberturas dimensionadas, foi confeccionada uma maquete volumétrica na escala 1:50, para ser testada no equipamento mesa d' água afim de verificar a efici-

ência da ventilação, nas fachadas sudeste (Figura 10) e nordeste (Figura 11), em ambos os casos, foi desconsiderada a porta de acesso a casa.

Figura 10 – escoamento da ventilação sudeste na mesa d'água: fachada sudeste.



Fonte: elaborado pelo autor, 2018.

Figura 11 - escoamento da ventilação nordeste na mesa d'água: fachada nordeste.

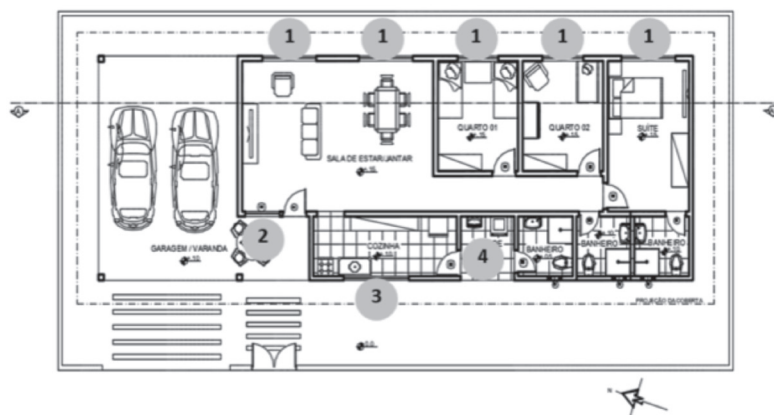


Fonte: elaborado pelo autor, 2018.

Após ser realizado, notou-se que o fluxo percorre por toda a casa de forma eficiente, entrando pelos ambientes de longa permanência e saindo nos ambientes de serviço e pouca permanência, e também foi percebido uma redução do fluxo em relação aos outros cômodos, na área de serviço e banheiro de serviço, mas, que não haverá interferência relacionada ao conforto, visto que não são áreas de longa permanência e que a necessidade de ventilação nessas áreas é apenas de higienização.

É importante salientar que objeto estudado, por ser uma residência fictícia não apresenta anteparos que podem servir como barreira para a ventilação, dado que não se tem informações quanto ao seu entorno. Enquanto a escolha das tipologias de esquadrias nos ambientes de longa permanência, como mostra a figura 12, foram as mais utilizadas: janelas de abrir (1), pivotante (2) de correr (3), que respectivamente possibilitam vãos de 100%, 100% e 50% livres para ventilação e uma porta de abrir com veneziana (4), com 100%.

Figura 12– Planta baixa modificada: tipologias de esquadrias adotadas.



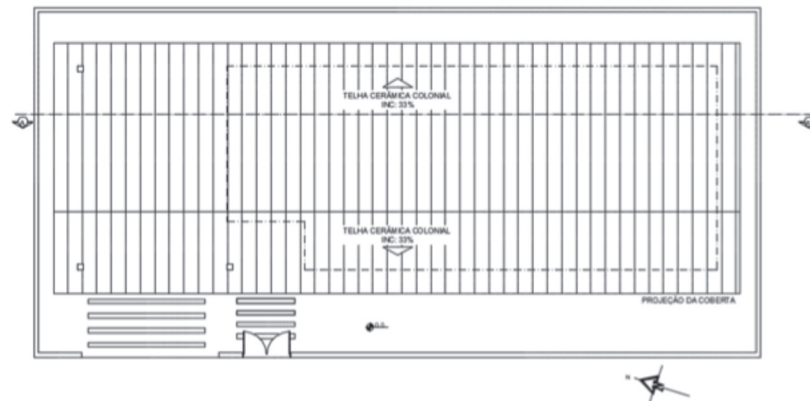
Fonte: elaborado pelo autor, 2018.

Após as alterações dos tamanhos de algumas esquadrias, como indicado na figura acima e mostrado na tabela 1, é evidente que a porcentagem mínima da área de ventilação passou a estar dentro do mínimo recomendável pela norma.

5.2 INSOLAÇÃO

A análise da insolação, dentro da arquitetura tem como objetivo o desempenho térmico o conforto de seu usuário, quanto à radiação indireta do sol em seus períodos mais críticos durante o ano. A planta analisada (Figura 13) a princípio possuía cobertura com duas águas e apenas um protetor solar em forma de beiral uniforme com 0,80 metros de comprimento, pois não houve um estudo preliminar e foi utilizado apenas um valor convencional. Para aumentar a capacidade de proteção da edificação desenvolveram-se cartas solares referentes a todas as suas fachadas: sudeste, nordeste sudoeste e noroeste, do movimento aparente do sol durante o equinócio de primavera referente à carta solar de Maceió/Alagoas, determinando os horários propícios a vedação da radiação solar de acordo com os cômodos predominantes e seus respectivos usos, que demandarão maior ou menor incidência de insolação.

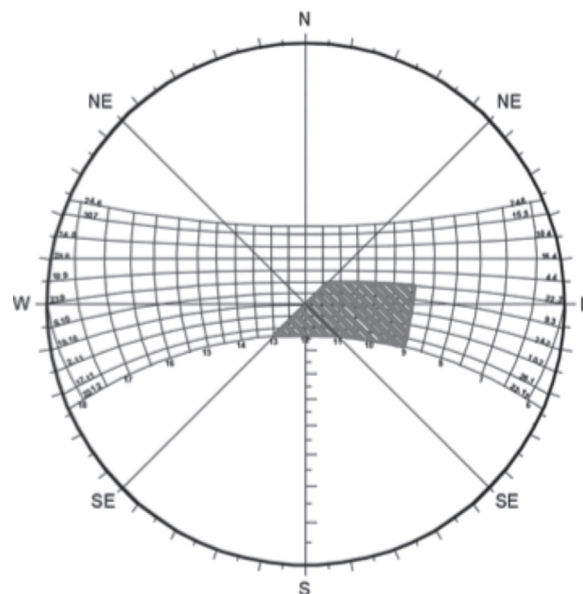
Figura 13 – Planta de cobertura anterior as alterações.



Fonte: elaborado pelo autor, 2018.

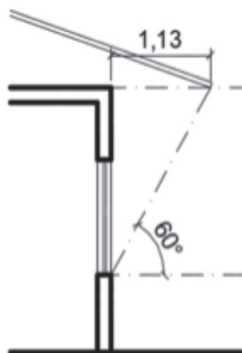
Na fachada sudeste estão setorizados os quartos e a suíte da residência, que recebem o sol nascente, e, portanto, necessitaram de uma proteção maior durante determinado período da manhã e início da tarde. Por isso foi pensado em um sombreamento que se inicia às 9:00 horas e se estende até às 13:00 horas, dos dias 22 de março até 22 de dezembro, gerando uma altura solar na vertical de 60 graus como mostram as figuras abaixo:

Figura 14 – Carta solar da fachada sudeste.



Fonte: elaborado pelo autor, 2018.

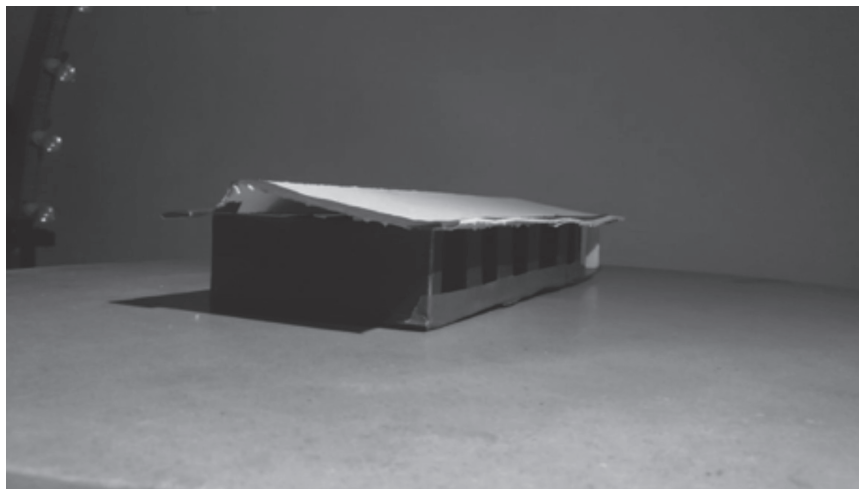
Figura 15 – Corte e projeção da radiação das janelas J2 e J4 e comprimento do beiral.



Fonte: elaborado pelo autor, 2018.

A carta solar desta fachada mostra a máscara referente ao protetor (Figura 14), e indica na área em vermelho a eficiência total do protetor horizontal infinito (beiral). Com isso, as janelas destes ambientes possuem um peitoril de 0,80 metros situados em um pé esquerdo de 2,75 metros, foi necessário um protetor com uma dimensão mínima de 1,13 metros (Figura 15) que foi convencionado para 1,15 metros. Com o ensaio da maquete volumétrica no equipamento heliodon e o comportamento da projeção da radiação solar, constatou-se que há uma proteção eficiente no intervalo de tempo estipulado. Sendo que, das 9:00 horas o sol incide na altura do peitoril (Figura 16), às 10:00 horas (Figura 17) as aberturas já estão protegidas, e a partir das 11:00 horas (Figura 18) toda fachada estará totalmente sombreada durante o resto do dia.

Figura 16 – Fachada sudeste às 9:00 horas.



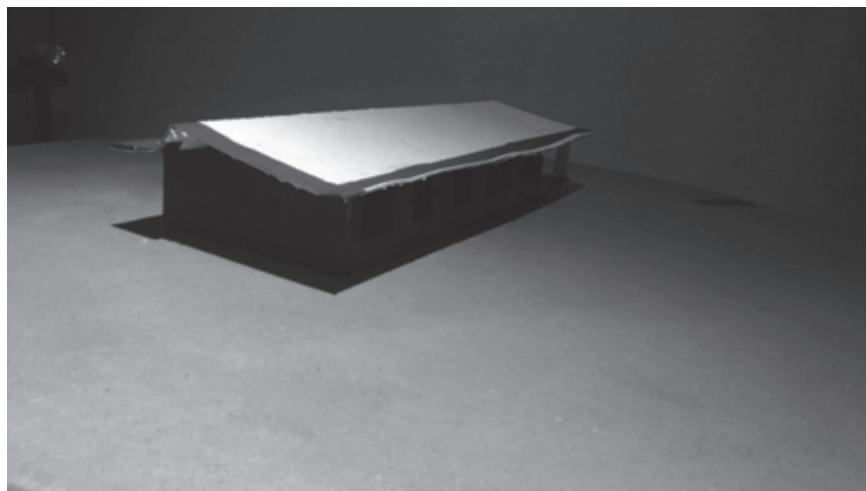
Fonte: elaborado pelo autor, 2018.

Figura 17 – Fachada Sudeste às 10:00 horas.



Fonte: elaborado pelo autor, 2018.

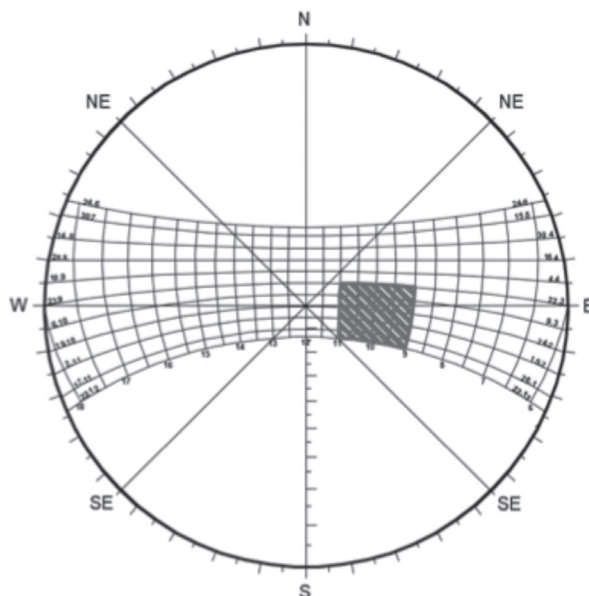
Figura 18 – Fachada Sudeste às 11:00 horas.



Fonte: elaborado pelo autor, 2018.

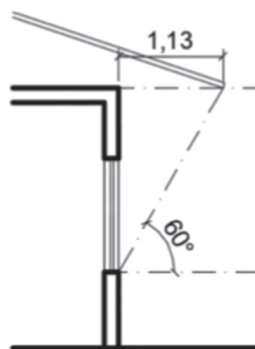
A fachada nordeste envolve as salas de estar e de jantar, que também são ambientes de permanência, porém que possuem um uso maior tanto quanto os quartos, por exemplo, recebem o sol nascente e por isso também se optou pelo sombreamento em um prazo maior durante o verão, estimando-se no período entre às 9:00 horas e às 11:00 horas pela manhã, dos dias 22 de março à 22 de dezembro, assim gerando uma altura solar de 60 graus como mostra a figura abaixo:

Figura 19 – Carta solar da fachada nordeste.



Fonte: elaborado pelo autor, 2018.

Figura 20 – Corte e projeção da radiação das janelas J2 e J4 e comprimento do beiral.

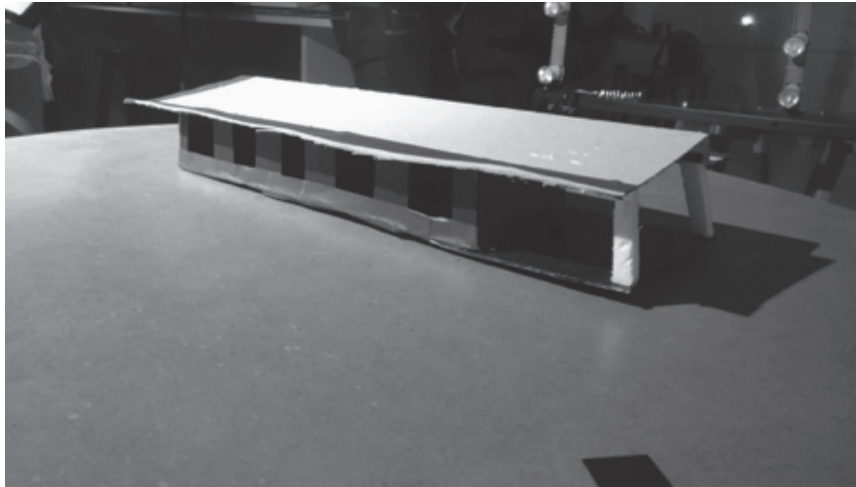


Fonte: elaborado pelo autor, 2018.

As imagens acima mostram a carta solar da fachada nordeste (Figura 19), que evidencia a área indicada em verde, que indica a máscara de proteção solar prevista para esta fachada. E como na anterior, o peitoril da janela também possui 0,80 metros de altura, e que igualmente necessita de uma proteção horizontal infinita (Figura 20) de 1,13 metros de comprimento, que foi ajustado para 1,15 metros, para fins de cálculos de dimensionamento.

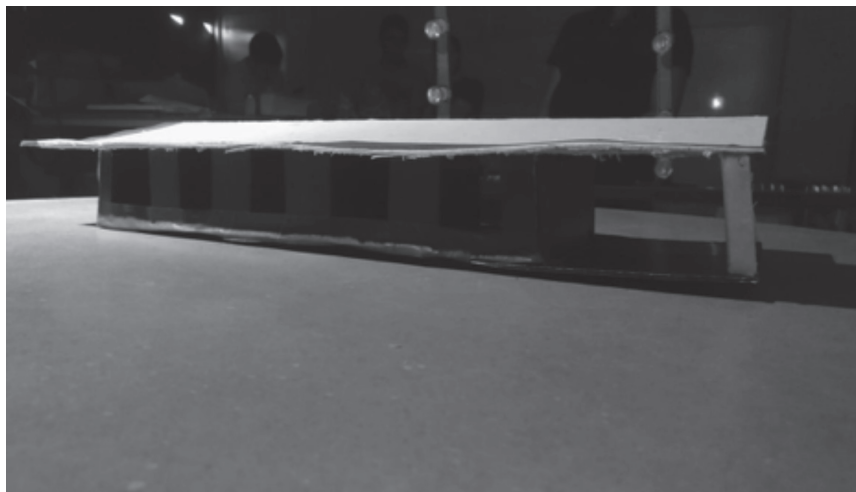
Na simulação do percurso solar no heliodon, observou-se que a partir das 9:00 horas (Figura 21) uma parcelada fachada já se mantém sombreada e que desde às 10:00 horas (Figura 22) estava completamente protegida.

Figura 21 – Fachada Nordeste às 9:00 horas.



Fonte: elaborado pelo autor, 2018.

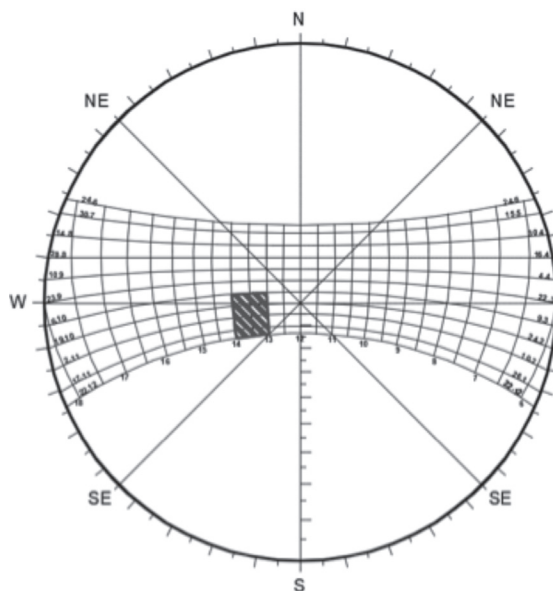
Figura 22 – Fachada Nordeste às 10:00 horas.



Fonte: elaborado pelo autor, 2018.

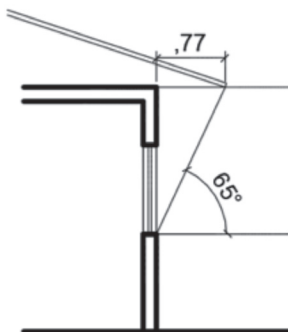
A fachada noroeste contempla a garagem e parte da varanda, duas áreas molhadas e de pouca permanência que apanham parte de sol poente, mas, que não necessitam de sombreamento contínuo em seus ambientes, e que apenas podem ser supridas com os seus recuos. No entanto, para comprovação destas informações, optou-se por calcular o protetor devido à preocupação com que uma possível incidência do sol na varanda, comprometesse a permanência no local. Por isso, pensou-se em uma proteção que abrangesse do período entre às 13:00 horas até 14:00 horas, dos dias 6 de outubro à 22 de dezembro. Resultando em uma altura solar de 65 graus referente ao raio incidente do sol em relação ao peitoril, como mostram as figuras abaixo:

Figura 23 - Carta solar da fachada noroeste.



Fonte: elaborado pelo autor, 2018.

Figura 24 – Corte e projeção da radiação da janela J1 e comprimento do beiral.



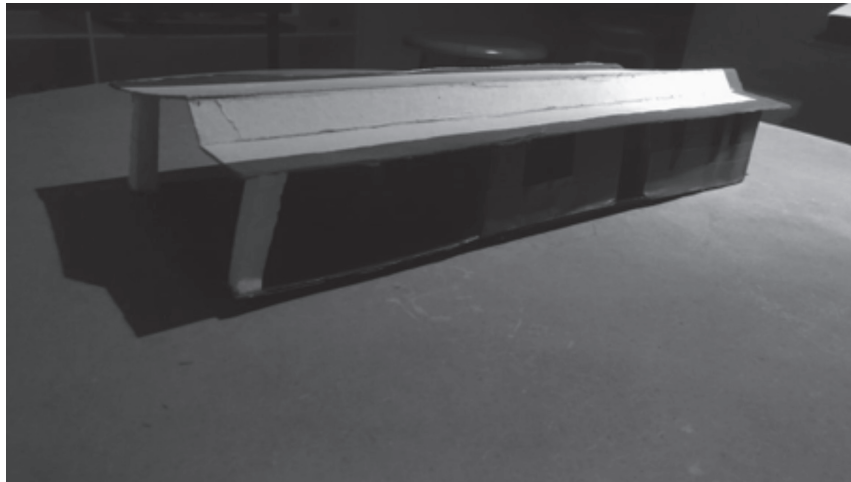
Fonte: elaborado pelo autor, 2018.

A figura ilustra a carta solar representa na área de proteção solar (Figura 23) com a hachura em azul, durante o verão como planejado. A janela possui peitoril de 1,10 metros, o que demandava um protetor solar horizontal (Figura 24) com 0,74 metros de comprimento, mas como a varanda está recuada a uma distância de 2,15 metros em relação ao piso não se fez necessário o uso desse beiral, pois a proteção esta atendida.

No ensaio de insolação constatou-se que no período de 13:00 horas (Figura 25) às 14:00 horas (Figura 26) as aberturas referentes à faixa noroeste da edificação estão preservadas, pois nesse caso são áreas de pouco uso não foram expostas a insolação de modo que o comprimento admitido se tornou suficiente para a proteção contra a

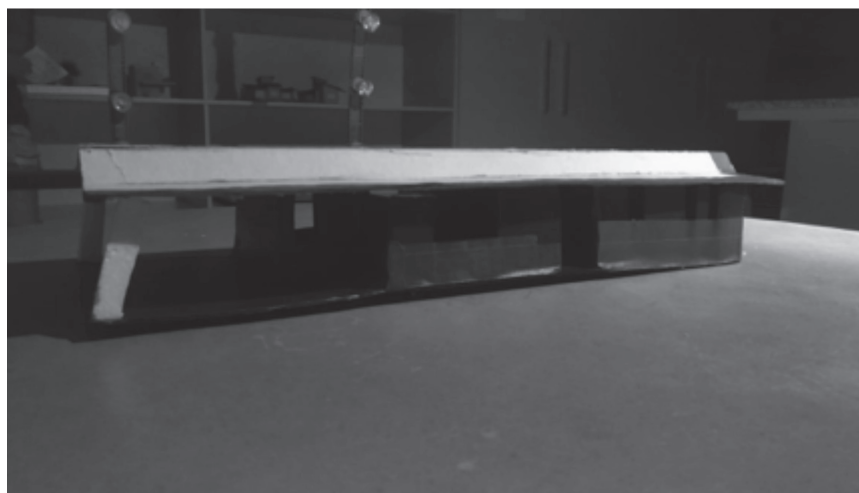
entrada de radiação. Portanto, optou-se pelo sombreamento em períodos mais críticos do dia de maneira que pudesse resfriar o local durante a tarde e torná-lo mais agradável e confortável, mas que também recebesse esse sol em outros períodos e assim manter a edificação saudável.

Figura 25 – Fachada Noroeste às 13:00 horas.



Fonte: elaborado pelo autor, 2018.

Figura 26 – Fachada Noroeste às 14:00 horas.

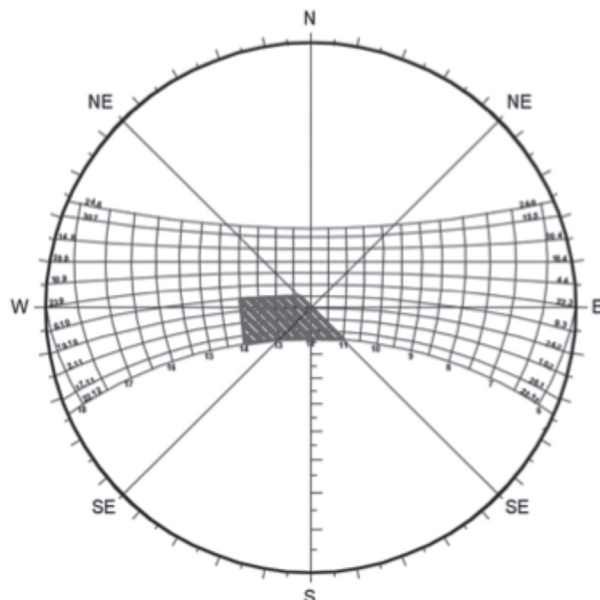


Fonte: elaborado pelo autor, 2018.

A fachada sudoeste, também está voltada para o poente e engloba banheiro da suíte, banheiro social e banheiro de serviço, que também são áreas molhadas e de pouca permanência, mas que precisam de uma maior incidência do sol, que é de grande importância para a saúde da edificação. Para isso utilizou-se a proteção horizontal infinita das 11:00 horas até às 14 horas do dia 6 de outubro à 22 de dezembro.

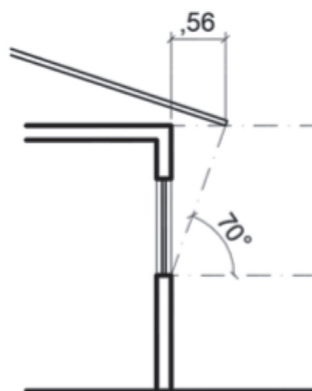
Devido ao tempo de permanência nestes ambientes foi encontrado o ângulo da sombra vertical ou uma altura solar de 70 graus de acordo as imagens abaixo:

Figura 27- Carta solar da fachada sudoeste.



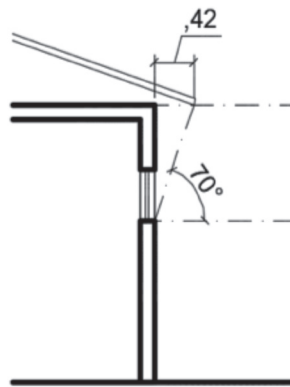
Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Figura 28 – Corte e projeção da radiação da janela J3 e comprimento do beiral.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Figura 29 – Corte e projeção da radiação da janela J5

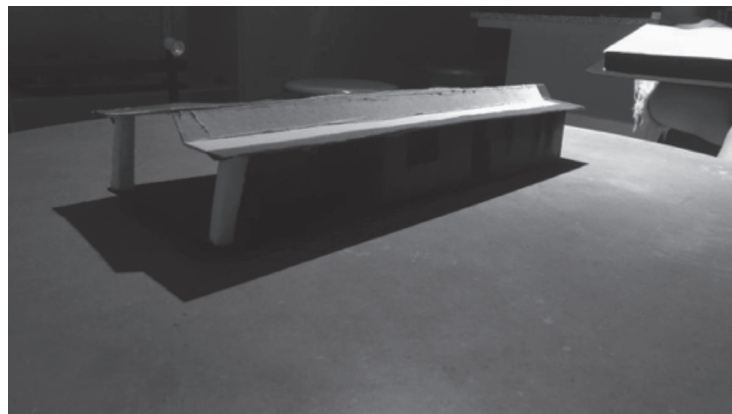


Fonte: elaborado pelo autor, 2018.

Como pode ser percebida, a figura mostra a carta solar (Figura 27) referente à fachada sudoeste que apresenta uma máscara de proteção solar representado pela área hachurada em magenta. Neste caso, foram trabalhadas duas alturas diferentes de peitoril, uma na janela da cozinha com 1,20 metros que demandou um protetor horizontal infinito com 0,56 metros, e logo se ajustou para o valor de 0,60 metros de comprimento (Figura 28). E para todos os banheiros, que possuem um peitoril uniforme de 1,60 metros onde se fez necessário um beiral com o comprimento de 0,42 metros (Figura 29), modificado para 0,45 metros.

Com o ensaio da maquete volumétrica e observado o comportamento da projeção da radiação solar na fachada sudoeste, constatou-se que há uma proteção eficiente no intervalo de tempo estipulado. Sendo que, a partir das 11:00 horas o sol incide nas aberturas, que já estarão protegidas (Figura 30), e às 12:00 horas (Figura 31) toda fachada permanecerá totalmente sombreada até as 14:00 horas, quando sol poente atingirá toda a fachada de forma intencional, por se tratar de áreas molhadas e de serviço que necessitam e radiação.

Figura 30 – Fachada Sudoeste às 11:00 horas.



Fonte: elaborado pelo autor, 2018.

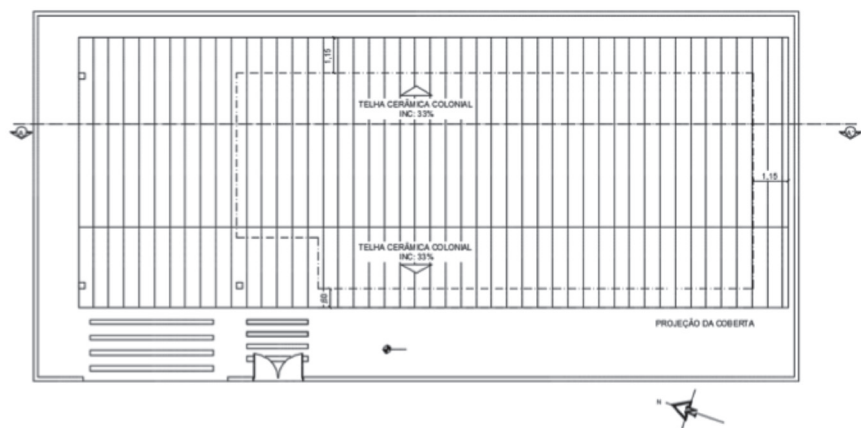
Figura 31 – Fachada Sudoeste às 12:00 horas.



Fonte: elaborado pelo autor, 2018.

Após a simulação da trajetória do sol em todas as fachadas, alterações projetuais foram necessárias na planta inicial de acordo com os dados obtidos anteriormente, referentes ao dimensionamento da cobertura e o beiral. Foram necessários somente o uso de protetores horizontais infinitos, por quase todo o perímetro da edificação (Figura 32), de forma que as esquadrias das fachadas sudeste e nordeste se adequaram ao o beiral de 1,15 metros, enquanto as esquadrias sofreram uma alteração da tipologia, que acrescentou em suas folhas com venezianas móveis para o ajuste da passagem de luz e o superaquecimento em outros horários, conforme a necessidade do usuário.

Figura 32 - Planta de cobertura posterior as alterações.



Fonte: elaborado pelo o autor, 2018.

A fachada sudoeste permanece com 0,60 m de comprimento para ajustar as janelas dos banheiros com 0,45 metros apenas ao beiral, deixando o valor maior referente à janela da cozinha, com 0,60 metros, e assim manter uma cota uniforme, e sem comprometimento da estética da coberta. E por fim, a fachada noroeste que abrange a garagem e a varanda não se fez necessário a utilização de beiral, pois os recuos dados em relação à edificação já atendiam ao dimensionamento previsto, dispensando o uso destes dispositivos de proteção.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ideia deste artigo foi classificar qualitativamente uma residência térrea, unifamiliar, localizada hipoteticamente na cidade de Maceió, Alagoas, com enfoque na ventilação e insolação, levando em consideração as particularidades do projeto, do usuário e do clima local, a fim de mostrar soluções através de estratégias projetuais.

O projeto em estudo, inicialmente não atendeu aos requisitos de área mínima de ventilação solicitada pela NBR 15575 – 4 (ABNT/2013), visto que de início não teve uma preocupação quanto a isso, porém após o redimensionamento e o ensaio na mesa d' água os resultados foram satisfatórios, pois no interior da edificação não houve nenhum problema com relação à ventilação, uma vez que, não se fez necessário um novo redimensionamento.

Em relação à insolação, sabe-se que anteriormente ao estudo o beiral determinado era insuficiente. Em seguida, as análises da carta solar e escolha do protetor horizontal infinito, obtiveram respostas satisfatórias, dado que o sombreamento das aberturas previsto e determinado pela carta solar foram equivalentes, quando a maquete volumétrica foi submetida ao heliodon.

Portanto as estratégias usadas mostraram-se eficazes para o conforto térmico da construção, além disso, salientou a importância de integrar o conforto térmico à disciplina de projeto, tornando os projetos eficientes termicamente.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575 – 4**: Edificações habitacionais - Desempenho Parte 4: Sistema de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR15220-3**: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento Bioclimático brasileiras e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2003.

BITTENCOURT, Leonardo. **Introdução à ventilação natural**. Maceió: EDUFAL, 2008.

BLESSMANN, J. **Aerodinâmica das construções**. Porto Alegre: Sagra, 1990.

CARMELOSSI, Gustavo Masteguin; CASTRO, Adriana Petito de Almeida Silva. Projeto, construção e utilização de um heliodon alternativo-estudo em maquetes física e virtual. Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 14, 2017, Balneário do Camboriú. **Anais...** Balneário Do Camboriú: ENCAC, 2017.

COSTA, Luciana Correia do Nascimento. **Aproveitamento da ventilação natural nas habitações: um estudo de caso na cidade de Aracaju – SE.** São Paulo: FAUUSP, 2009. 272 p.

Frota, Anésia Barros. **Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo** / Anésia Barros Frota, Sueli Ramos Schiffer. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). **Normais climatológicas.** 2010. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>>. Acesso em: 11/06/2018.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. **Eficiência energética na arquitetura.** São Paulo, Brasil: PW Editores, 1997.

Data do recebimento: 10 de setembro de 2017

Data da avaliação: 23 de novembro de 2017

Data de aceite: 12 de dezembro de 2017

1 Graduanda do curso de Arquitetura e Urbanismo – UNIT/AL. E-mail: elda_karina@hotmail.com

2 Graduanda do curso de Arquitetura e Urbanismo – UNIT/AL. E-mail: gabriela_marinho@outlook.com.br

3 Graduanda do curso de Arquitetura e Urbanismo – UNIT/AL. E-mail: thayrlascs@outlook.com

4 Professora do curso de Arquitetura e Urbanismo – UNIT/AL. E-mail: sammea.ribeiro@souunit.com.br