

DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO EM ESCOLAS PÚBLICAS: ANÁLISE QUALITATIVA DO CENTRO EDUCACIONAL DE PESQUISA APLICADA – CEPA EM MACEIÓ – AL

Maria Regina Alves P. Magnavita (1); Isabela Cristina da S. Passos (2)

(1) Arquiteta, mreginamagnavita@gmail.com

(2) MSc., Professora do Curso de Arquitetura e Urbanismo, isabela.arquitetura@gmail.com
Centro Universitário CESMAC, Arquitetura e Urbanismo, Maceió-AL.

RESUMO

As salas de aula são ambientes de permanência prolongada, portanto, devem proporcionar conforto térmico aos alunos e professores e, principalmente no caso de escolas públicas, deve ser energeticamente eficiente. No Brasil, em especial, onde diversos programas governamentais tem oferecido educação em tempo integral a fim de reduzir as deficiências no aprendizado, o conforto térmico em salas de aula tem se tornado cada vez mais imprescindível. Diante disso, o principal objetivo deste trabalho foi analisar qualitativamente o desempenho térmico e energético da Escola Estadual Maria Rosália Ambrózzio localizada no Centro Educacional de Pesquisa Aplicada – CEPA, em Maceió-AL. Para isto, foram realizadas análises da insolação através de máscaras de sombra e experimentos no heliodon, bem como análise da ventilação natural através de ensaios em mesa d'água, além da classificação do nível de eficiência energética da Envoltória, de acordo com o Regulamento Técnico para Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C, pelo método prescritivo. O uso do heliodon evidenciou a incidência solar direta nas fachadas sem proteção solar e a inadequação de alguns ambientes à incidência solar. O uso da mesa d'água demonstrou que a ausência ou má localização das aberturas pode ter grande interferência na circulação do ar pela edificação, contribuindo de maneira negativa para o desempenho térmico da edificação, que por sua vez pode ocasionar elevados índices de consumo energético. A análise da Envoltória com base no RTQ-C, obteve nível “E”, onde a inexistência de laje nas coberturas de telha de barro acentuou a elevada transmitância térmica das áreas não condicionadas, prejudicando o desempenho térmico e energético da edificação.

Palavras-chave: Desempenho térmico - Eficiência energética - Arquitetura escolar - Simulação física.

ABSTRACT

As classrooms are loitering environments should therefore provide thermal comfort to students and teachers, and especially in the case of public schools, should be energy efficient. In Brazil, in particular, where many government programs has offered full-time education in order to reduce the deficiencies in learning, thermal comfort in classrooms has become increasingly essential. Thus, the main objective was to qualitatively analyze thermal and energy performance of the State School Maria Rosalia Ambrózzio located in Applied Research Educational Center - CEPA in Maceió-AL. For this, the insolation analyzes were performed using shadow masks and experiments in Heliodon and natural ventilation analysis was carried out through experiments at water table equipment. In addition, to rating the energy efficiency level of building envelopment, the prescriptive method of Technical Regulations Energy Efficiency Level of Quality Commercial Buildings, and Public Services - RTQ-C, was applied. The use of Heliodon showed direct sunlight without sunscreen on the facades and the inadequacy of some spaces to sunlight. The use of water table equipment shows that the absence or poor location of the openings may be large interference to air flow around the building, contributing negatively to the thermal performance of it, which in turn can cause high levels of energy consumption. The analysis of building envelopment based on RTQ-C, obtained level "E", where the absence of the slab clay tile roofs stressed the high thermal transmittance of not conditioned areas, damaging the thermal and energetic performance of the building.

Keywords: Thermal Performance - Energy efficiency – School Architecture - physical simulation.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, país de grandes contrastes, a educação em tempo integral vem sendo considerada uma alternativa para elevar os níveis de aprendizagem favorecendo a redução das desigualdades sócio educacionais. A ampliação da permanência dos alunos e professores em salas de aula, acentua a necessidade da existência de ambientes agradáveis, que propiciem conforto térmico aos usuários.

Dentre os programas que adotam este procedimento, há o “Mais Educação” no âmbito federal e o “Geração Saber”, de abrangência estadual. No primeiro, de acordo com o Ministério da Educação – MEC para o ano de 2011, há no Estado de Alagoas, 88 escolas incluídas. Somente em Maceió, são 62 escolas participantes, das quais 08 encontram-se no Centro Educacional de Pesquisa Aplicada – CEPA, o maior complexo educacional público do Estado (BRASIL, 2011).

Em climas amenos, como o de Maceió, as condições de conforto nas edificações escolares podem ser obtidas através de simples técnicas construtivas, que utilizam os elementos naturais do ambiente para o condicionamento e a iluminação do edifício, dispensando o uso de aparelhos de resfriamento artificial, que ocasionam maior consumo energético. Como o uso do ar condicionado apresenta um custo mais elevado, é comum o uso de ventiladores nas salas de aula, principalmente em escolas públicas. Entretanto, estudos comprovam que o uso de ventiladores em escolas públicas pode comprometer a qualidade sonora do ambiente, prejudicando o aprendizado, como afirma Oiticica; Alvino; Silva (2006), em pesquisa realizada na cidade de Maceió. Neste sentido o uso da ventilação natural pode ser uma alternativa eficiente para promover o conforto térmico sem elevar os gastos com energia elétrica e mantendo a qualidade sonora dos espaços.

O aproveitamento dos fatores climáticos locais reflete num melhor desempenho energético das edificações, devido à redução no consumo de energia. A relevância desta questão já foi reconhecida pelo Governo Brasileiro desde 2001 com a promulgação da Lei nº 10.925/2001, visando uma política de conservação e uso racional de energia (BRASIL, 2001).

Com relação aos gastos com energia elétrica no CEPA, objeto de estudo deste trabalho, foi divulgado em 2011 que as escolas passariam por uma avaliação de técnicos da Eletrobrás Alagoas (Concessionária de Energia Elétrica local) para averiguar o que poderia ser feito para evitar o desperdício energético e obter a redução nos custos mensais com energia elétrica. De acordo com o então chefe da Unidade de Serviços de Concessionárias da Coordenadoria Especial de Gestão Administrativa, o custo mensal com energia elétrica no CEPA, incluindo edifícios educacionais e administrativos, chega, em média, a R\$ 22.570,50. (MORESI, 2011).

Esta redução de custos é possível principalmente por causa da grande parcela do consumo energético que é destinada à utilização de fontes artificiais de iluminação e ventilação. Maceió, região tropical de clima quente e úmido com ventilação Sudeste predominante na maior parte do ano, possui uma localização que favorece o uso da ventilação natural, possibilitando constantes renovações de ar no ambiente, que geram uma agradável sensação térmica, e o uso da iluminação natural que, associada à aplicação de protetores solares, também contribui para o bem-estar do usuário, bem como para o uso racional da energia elétrica.

Segundo Batiz et al. (2009), durante as décadas de 1960 e 1970, estudos científicos já eram realizados para a análise da relação entre o desempenho térmico e o aprendizado no ambiente escolar. De acordo com Bauman (1991 apud SILVA, 2001), ambientes que proporcionam conforto térmico possibilitam a ampliação da qualidade dos serviços pelo fato do usuário estar mais concentrado em suas atividades, gerando resultados positivos.

Diante da relevância deste tema, evidencia-se a necessidade de estudos, assim como o presente trabalho, envolvendo o aproveitamento dos recursos naturais com relação ao CEPA, que possui condições propícias para o emprego da ventilação natural, visto que não há em seus arredores obstáculos para a passagem do ar, como aglomerados de prédios, o que ocorre na parte baixa da cidade de Maceió, e seus edifícios educacionais encontram-se bem espaçados entre si, permitindo uma livre circulação do ar.

Tais características apontam que a integração entre os recursos naturais e a arquitetura não deve compor apenas construções novas, devendo também adequar antigos edifícios, que apesar do tempo, ainda são muito utilizados pela população, considerando o atual descaso com as escolas públicas na cidade.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é analisar qualitativamente o desempenho térmico e energético de um edifício escolar situado no CEPA - Centro Educacional de Pesquisa Aplicada, na cidade de Maceió – AL, escolhido a partir de fatores bioclimáticos e construtivos, com relação a sua localização e estrutura física.

3. MÉTODO

O método deste trabalho, baseia-se em uma análise qualitativa de um edifício localizado no CEPA - Centro Educacional de Pesquisa Aplicada, na cidade de Maceió-AL. O CEPA é composto por 11 (onze) escolas e por muito tempo foi considerado o maior complexo educacional da América Latina. O projeto é de autoria de Diógenes Rebouças e José Bina Fonyat. Entrou em funcionamento no ano de 1958 (MANHAS, A. et al., 2011).

Para que fosse realizada a escolha do edifício escolar a ser analisado qualitativamente no CEPA, tornou-se necessário um levantamento de algumas condições específicas de cada escola, relevantes para o estudo em questão. Aspectos como orientação, tipo de esquadrias e os materiais empregados na construção possuíram grande peso neste parecer inicial.

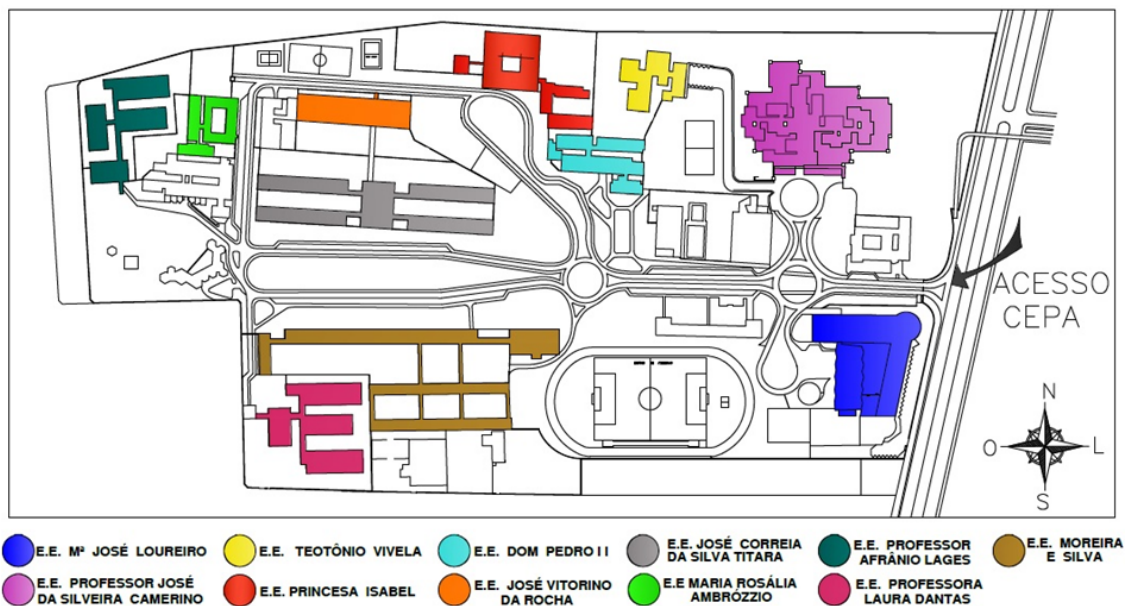


Figura 1: Implantação geral dos edifícios escolares no CEPA - Centro Educacional de Pesquisa Aplicada, na cidade de Maceió-AL. Fonte: Autora, 2013.

Com base neste parecer inicial foi escolhido um dos edifícios para realização da análise qualitativa do desempenho térmico e energético. Nesta segunda etapa foram utilizados os seguintes procedimentos metodológicos: análise de insolação através do heliodon; análise da ventilação natural através do uso da mesa d'água; e por fim, a análise do nível de eficiência da envoltória em conformidade com o RTQ-C, através do método prescritivo. Estes procedimentos serão melhor descritos a seguir.

3.1 Análise preliminar do complexo de escolas do CEPA e escolha do edifício

A análise preliminar considerou os seguintes aspectos: orientação solar; tipos de proteção solar existentes na edificação; tipos de aberturas; cor da fachada e uso de ar condicionado. Com base nos dados levantados, o edifício educacional que apresentou maior número de pontos negativos, foi a Escola Estadual Maria Rosália Ambrózzio, sendo esta a escolhida para a análise qualitativa desempenho térmico e energético.



Figura 2: Fachada Leste da Escola escolhida: Escola Estadual Maria Rosália Ambrózzio.
Fonte: Autora, 2013.

3.2 Análise da incidência solar e a eficiência dos protetores solares existentes no edifício através do Heliodon

O uso do Heliodon tem como função simular a ação das diferentes posições solares durante as diferentes horas do dia e períodos do ano em qualquer lugar entre o hemisfério Norte e Sul. Este artifício auxilia o projetista em decisões determinantes para o projeto, retificando-o antes de sua construção ou contribuindo para o estudo do desempenho da edificação (DINIZ; CARUSO, 2011).

Sendo assim, foi confeccionada a maquete do edifício na escala de 1/200 em isopor branco para a melhor visualização das sombras. O heliodon utilizado foi o modelo de analemas pertencente ao laboratório de Conforto do Centro Universitário CESMAC (Figura 3). Para a realização das simulações, foram determinadas três relevantes épocas do ano, e três horários em cada período: Solstício de Verão, Equinócio e Solstício de Inverno. Os horários escolhidos foram 09h, 12h e 15h.

Normalmente, durante o Solstício de Inverno, e Solstício de Verão, as salas de aula estariam vazias, devido ao período de férias escolares. Porém, no caso do CEPA, complexo pertencente à rede pública de ensino do Estado de Alagoas, e por conta das greves dos educadores do ensino público, é comum que o período letivo se estenda até o dia 30 de Dezembro.

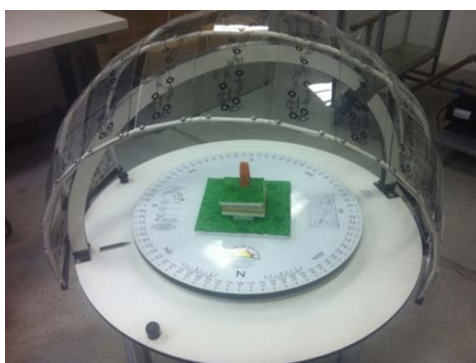


Figura 3: Heliodon de Analemas do laboratório de conforto do Centro Universitário CESMAC.
Fonte: Autora, 2013.

3.3 Análise do desempenho da ventilação natural em Mesa d'água

A ventilação natural ocorre por meio da passagem do ar através dos edifícios, e somente quando houver aberturas com diferentes níveis de pressão para sua entrada e saída. Partindo deste princípio, a simulação deste fenômeno através da mesa d'água ocorre de maneira similar.

Seu uso se dá por meio da passagem de uma fina lâmina de água acrescida de um indicador (contraste), que por ser um material fluido, simula a ação do vento quando percorre um canal plano e homogêneo, que é a mesa, onde é inserida a maquete, com aberturas e divisões internas que servirão de

obstáculos para a passagem da água, revelando o percurso do fluxo de ar e, por consequência, as áreas ventiladas (BLESMAAN, 1990 apud TOLEDO; PEREIRA, 2003).

Para a análise foi confeccionada uma maquete da planta baixa do edifício em plástico de cor preta. Foram simulados os ventos predominantes em Maceió, sendo o mais constante o Sudeste e em seguida o Leste, durante todo o ano. Também foram simulados os ventos Nordeste e Sul, que atuam durante o verão e o inverno, respectivamente.

3.4 Análise do nível de eficiência da envoltória de edificações comerciais, de serviços e públicas, conforme o método prescritivo proposto pelo RTQ-C.

O desempenho energético das edificações pode ser avaliado de acordo com os parâmetros e métodos adotados pelo Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), que fornece uma classificação de edifícios considerando os sistemas de envoltória, iluminação e condicionamento de ar (BRASIL, 2013).

Este método tem caráter voluntário e sua aplicação se dá por meio de dois métodos: o prescritivo e a simulação. A Avaliação pelo método prescritivo ocorre através da equação geral de qualificação do nível de eficiência do edifício e as bonificações (quando existentes) são agregadas aos sistemas. Os pré-requisitos são imprescindíveis e podem reduzir o nível da edificação quando não são atingidos. Cada sistema possui um peso pré-determinado, que estabelece 30% à envoltória, 30% à iluminação e 40% ao condicionamento de ar. Estes sistemas somados à bonificação, quando existente, constituem o cálculo da equação geral (BRASIL, 2013).

O resultado desta equação indica o nível de eficiência geral da edificação que, de acordo com a pontuação, pode ser classificado, de maneira decrescente desde o mais eficiente até o menos eficiente, em “A”, “B”, “C”, “D” e “E”, respectivamente. Para este estudo, foram levantadas as informações do projeto da escola e inseridos os dados na ferramenta online WebPrescritivo para avaliação da Envoltória.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Análise da Insolação

Essa experiência revelou que as fachadas situadas ao Norte e Leste (Figura 4) recebem predominantemente o sol da manhã, que não causa tanto desconforto quanto aquele da tarde, o qual na maioria das vezes atinge o Oeste, direção que possui algumas salas de aula e que recebe incidência solar com maior frequência que as demais fachadas no período da tarde. Ao sul, na maioria dos horários investigados, as fachadas encontravam-se parcialmente ou totalmente sombreadas (Figura 5).

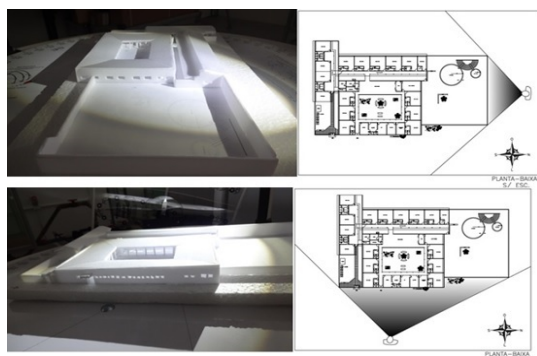


Figura 4 – Fachadas Norte e Leste, respectivamente, no Solstício de Inverno, às 15h
Fonte: Autora, 2013.

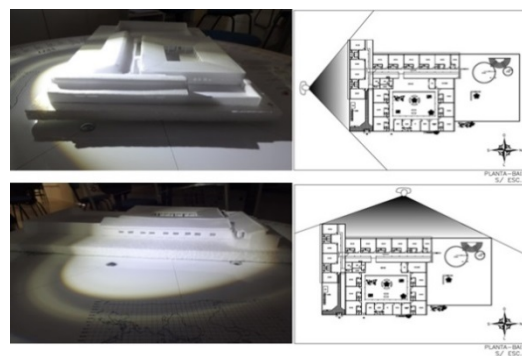


Figura 5 – Fachadas Sul e Oeste, respectivamente, no Solstício de Inverno, às 15h
Fonte: Autora, 2013.

O pátio também é uma área que muitas vezes recebe os raios solares da tarde, diminuindo as possibilidades de que neste horário haja atividades externas típicas de instituições escolares infantis. Outro ponto importante é o fato de que os beirais, nem sempre conseguem suprir as necessidades de proteção, mas que há grande disparidade de resultados entre as fachadas com alguma e aquelas com nenhum tipo de proteção. O uso da circulação aberta, funcionando como varandas consegue proteger as fachadas internas, evitando a incidência solar, tanto nas paredes das fachadas como em suas aberturas. O bloco com o maior número de fachadas externas sem beirais, o principal e maior, é justamente aquele que se situa mais a frente,

não se beneficiando do sombreamento que muitas vezes é projetado pelos demais blocos encontrados no entorno.

Com relação aos aspectos práticos, devido ao tamanho do edifício educacional, a maquete não foi abrangida em sua totalidade pelo foco de luz, havendo a necessidade de um remanejamento do modelo reduzido a cada análise de fachadas. Também é importante destacar que se buscou um equilíbrio de iluminação, onde se pudesse ter uma boa visão da incidência do foco de luz sobre a maquete, já que sua superfície é branca e a luz era intensamente refletida, ocultando os detalhes da maquete.

O equilíbrio de luminosidade para a realização do procedimento só foi possível pelo fato da simulação ter sido realizada ainda de dia, oferecendo iluminação natural, dosada através da abertura ou fechamento de esquadrias. Para melhor compreender o desempenho da insolação, optou-se por também analisar a edificação por meio da carta solar (Figura 6).

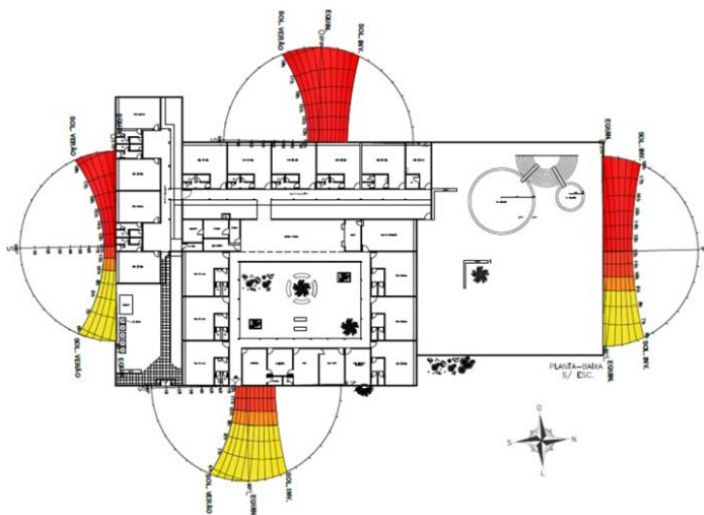


Figura 6 - Uso da Carta Solar nas fachadas da Escola Estadual Maria Rosália Ambrózzio.
Fonte: Autora, 2013.

Esta análise indicou que a forte incidência solar nas fachadas ao Oeste, no período da tarde, atinge grande parte das salas de aula, que, por serem ambientes de permanência prolongada, acentua a necessidade do uso de proteções solares. No entanto, das quatro fachadas ao Oeste mais expostas, apenas duas possuem proteção solar, sendo em ambos os casos beirais. As demais fachadas revelam insolações parciais e, em alguns casos, também fazem uso do beiral como proteção solar.

Ao Sul e ao Leste, nos blocos posterior e lateral, há aberturas altas e sem fechamento, semelhante aos Sheds, protegidas por beirais, como mostra o corte transversal ilustrado na Figura 7. Para melhor analisar a eficiência desta proteção solar existente, também foi feito uso da carta solar, porém desta vez, um estudo baseado na eficiência da proteção solar.

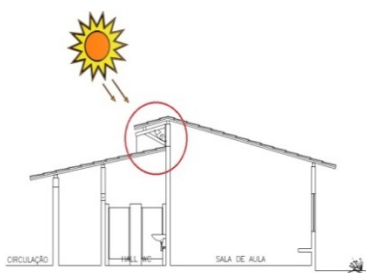


Figura 7 - Indicação da abertura em análise.
Fonte: Autora, 2013.

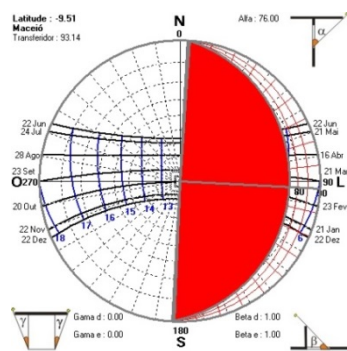


Figura 8 - Análise do desempenho da proteção solar voltada para o Leste.
Fonte: SOL-AR, 2005.

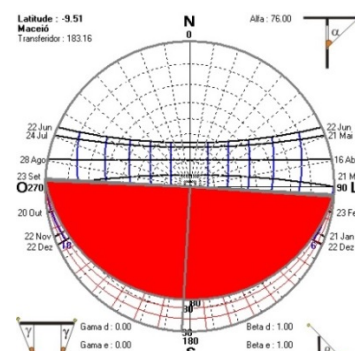


Figura 9 - Análise do desempenho da proteção solar voltada para o Sul.
Fonte: SOL-AR, 2005.

Conforme as características das aberturas, o ângulo Gama foi considerado nulo, visto que a cobertura acompanha toda a abertura, até se extinguirem paralelamente. Desta forma, o ângulo Gama pode ser considerado “infinito”.

Portanto, de acordo com o nível de insolação de cada fachada, esta proteção solar apresentara um desempenho que atende bem as necessidades da fachada Leste, visto que, com base no período em que o sol incide na fachada e aquele em que a proteção solar está proporcionando sombreamento, apenas no início da manhã, por cerca de 40min ocorre incidência solar.

No caso da proteção solar voltada à fachada Sul, a proteção também apresenta um bom desempenho, pois, durante o período de insolação da fachada Sul, o sombreamento ocorre das 06h às 17h50min, aproximadamente. Assim sendo, apenas durante o final da tarde, por cerca de 10 min, ocorre incidência solar. Através das análises, é possível perceber que a abertura com proteção solar voltada para o Leste é mais exposta à incidência solar que aquela voltada ao Sul, que apresentou um melhor desempenho, proporcionando um sombreamento mais prolongado durante o período de insolação.

4.2 Análise da Ventilação Natural

Com o uso da mesa d'água, que tem como finalidade de compreender o percurso dos ventos diante da edificação, foram simulados quatro ventos: o Nordeste, o Leste, o Sudeste e o Sul (Figura 10). A maquete utilizada desconsiderou as aberturas altas de banheiros, visto que estas não interferem para o conforto dos ambientes e existem visando uma questão higiênica.

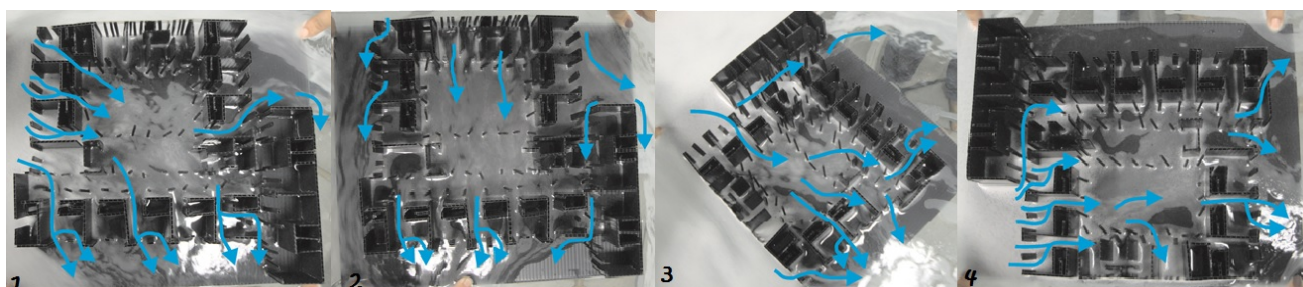


Figura 10 – Simulação dos ventos Nordeste (1), Leste (2), Sudeste (3) e Sul (4).
Fonte: Autora, 2013.

Através das simulações com a mesa d'água, percebe-se que há espaços mal ventilados por conta da locação das aberturas, onde deveria ter sido empregado o uso da ventilação cruzada para um melhor aproveitamento da ventilação natural.

A ausência de aberturas no bloco lateral é evidente, o vento acaba por fazer um contorno do bloco, já que não há aberturas nas suas fachadas Sul e Leste que permitam sua circulação nas salas de aula. Este pode ser considerado o bloco mais carente de ventilação, por conta da falta de aberturas. O vento Leste poderia ser mais bem aproveitado pelo bloco principal e maior se em sua fachada houvesse janelas maiores ao invés de aberturas altas, estreitas e pequenas, já que esta é uma direção provida de ventilação.

O pátio é uma área aberta que ajuda na circulação do vento, livrando-o de obstáculos que obstruiriam sua passagem, assim como a circulação aberta, que facilita e amplia o alcance da ventilação natural.

Ao contrário do Heliodon de Analemas, a mesa d'água oferece um espaço adequado para a escala da maquete adotada, sendo possível demonstrar as potencialidades e carências do edifício com relação ao uso da ventilação natural. A limitação encontrada foi o fato da Mesa d'água simular apenas bidimensionalmente a ventilação perante as edificações. Os blocos posterior e lateral desta escola possuem uma alta abertura sem fechamento, a qual necessitou ser simulada através de um corte da edificação, separadamente (Figura 11).

De acordo com a simulação realizada, o vento que chega pela cobertura, tende a acompanhá-la, onde possui maior fluxo e percorre em menor intensidade o interior da sala de aula (Figura 12).



Figura 11 - Detalhe da abertura alta sem fechamento encontrada em dois blocos da Escola Estadual Maria Rosália Ambrózzio.

Fonte: Autora, 2013.

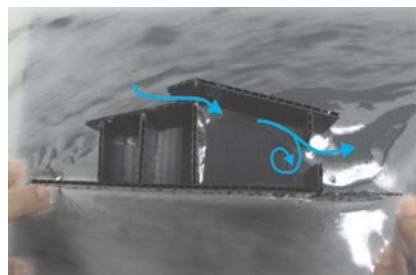


Figura 12 - Simulação do trajeto do vento através da abertura.
Fonte: Autora, 2013.

Pelo fato do maior fluxo da ventilação percorrer um trajeto de altura elevada, com relação à altura das crianças, principalmente quando se encontram sentadas durante a execução de suas atividades cotidianas, sua contribuição para a melhoria do conforto térmico é reduzida, pois o seu escoamento, devido ao seu acesso elevado, é desviado para uma altura maior que a desejada. A área próxima à abertura por onde o vento escoa, também recebe ventilação, porém, com menor intensidade. Entretanto, o fato de existir uma corrente de ar circulando na sala de aula, mesmo que em altura elevada, proporciona uma melhor sensação térmica.

4.3 Análise da Eficiência Energética da Envoltória

O recurso empregado para esta análise foi o método prescritivo de acordo com o RTQ-C, onde primeiramente, foi identificada a Zona Bioclimática referente à cidade de Maceió, que de acordo com a ABNT (2005), é a ZB-8.

Em seguida foram calculadas as diversas áreas fundamentais para que se obtenham as variáveis aplicadas no cálculo da equação que determinará o nível de eficiência alcançado. Porém, antes da aplicação dos resultados na equação, o RTQ-C determina três pré-requisitos específicos: transmitância térmica da cobertura e paredes exteriores, cores e absorvância de superfícies e iluminação zenital (BRASIL, 2009).

A partir daí, foi calculada a área da envoltória (A_{env}), que se dá através da soma da área de projeção da cobertura (A_{pCOB}) juntamente com o percentual de abertura da fachada (PA_{Ft}), constituído por uma média ponderada através da relação entre a soma da área das fachadas e suas respectivas áreas de abertura, onde são consideradas aberturas apenas os fechamentos transparentes e translúcidos, que possibilitem a passagem da luz.

4.3.1 Nível de Eficiência Energética da Envoltória

Através do cálculo destas variáveis integrantes da envoltória, o nível de eficiência foi calculado através do WebPrescritivo, ferramenta criada pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEE).

WebPrescritivo
 Ferramenta de Avaliação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais pelo Método Prescritivo do RTQ-C

Envoltória

Pré-requisitos

U_{COB-AC} 1.79 W/(m²K) q_{COB} 77 %
 $U_{COB-ANC}$ 3.21 W/(m²K) CT_{PAR} 152 kJ/(m²K)
 U_{PAR} 2.43 W/(m²K) q_{PAR} 30 %
 PAZ 0 % FS 0

Localização
 Zona Bioclimática ZB 8 Cidade Maceió AL

Dados Dimensionais da Edificação

A_{TOT} 1370.83 m² FA 1.00
 A_{PCOB} 1370.83 m²
 A_{PE} 1370.83 m²
 V_{TOT} 3614.6382 m³ FF 0.72
 A_{ENV} 2606.33 m²

Características das Aberturas

FS 0.86
 PA_{FT} 1.6 %
 PA_{FO} 1.6 %
 AVS 17.5 °
 AHS 45 °

Calcular Eficiência Limpar

Figura 13 - Variáveis da envoltória inseridas no WebPrescritivo.
 Fonte: LABEEEE, 2013.

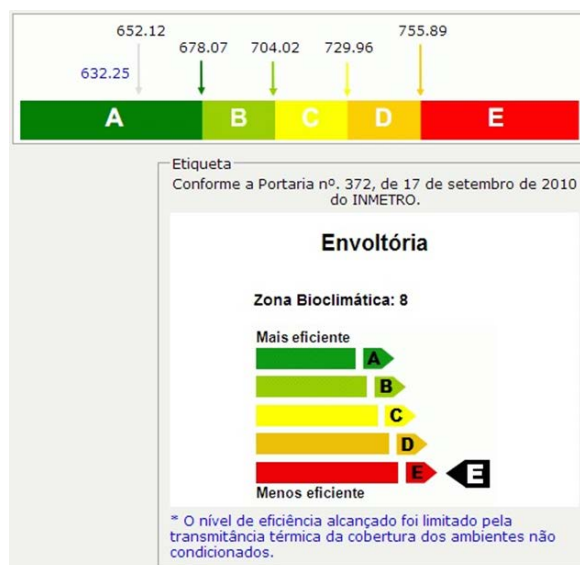


Figura 14 - Pontuação e classificação da Envoltória.
 Fonte: LABEEEE 2013.

A Envoltória da Escola Estadual Maria Rosália Ambrózzio obteve nível “E”, menor índice de eficiência energética para o sistema. O WebPrescritivo destacou a elevada transmitância térmica da cobertura, referente às áreas não condicionadas (Figuras 13 e 14). O agravante neste caso foi a cobertura com telhas de barro e sem forro, encontrada em dois blocos, dos três pertencentes a esta Escola Estadual.

4.3.2 Sugestão para melhoria do nível de eficiência energética

Através do uso de materiais com comportamento térmico de acordo com o meio onde a edificação está inserida, o nível de eficiência pode alcançar uma classificação satisfatória.

Como o fator relevante indicado pelo WebPrescritivo está ligado ao material da cobertura, o primeiro passo para reduzir a carga térmica do ambiente e elevar a classificação consiste na substituição deste material.

A cobertura indicada substituiria aquelas existentes em todas as edificações, tanto as de barro como as de fibrocimento. É constituída por telhas metálicas, com pintura branca, e poliestireno em um sistema “sanduíche” (telha + isolante + telha) sobre a laje pré-moldada, já existente em uma das edificações pertencentes à escola. O isolante (poliestireno) confere propriedades termoacústicas a esta cobertura, fator importante quando se trata de uma escola, principalmente destinada à educação infantil.

Considerando esta proposta, realizou-se uma nova análise no WebPrescritivo, modificando os dados da cobertura referentes à transmitância e absorvância:

WebPrescritivo
 Ferramenta de Avaliação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais pelo Método Prescritivo do RTQ-C

Envoltória

Pré-requisitos

U_{COB-AC} 0.65 W/(m²K) α_{COB} 40 %
 $U_{COB-AIC}$ 0.65 W/(m²K) CT_{PAR} 152 kJ/(m²K)
 U_{PAR} 2.43 W/(m²K) α_{PAR} 30 %
 PAZ 0 % FS 0

Localização
 Zona Bioclimática ZB 8 Cidade Maceió AL

Dados Dimensionais da Edificação

A_{TOT} 1370.83 m² FA: 1.00
 A_{COB} 1370.83 m²
 A_{PE} 1370.83 m²
 V_{TOT} 3614.6382 m³ FF: 0.72
 A_{ENV} 2606.33 m²

Características das Aberturas

FS 0.86
 PAF_T 1.6 %
 PAF_O 1.6 %
 AVS 17.5 °
 AHS 45 °

Calcular Eficiência Limpar

Figura 15 - Variáveis da envoltória inseridas no WebPrescritivo considerando o uso da coberta indicada. Fonte: LABEEE, 2013.

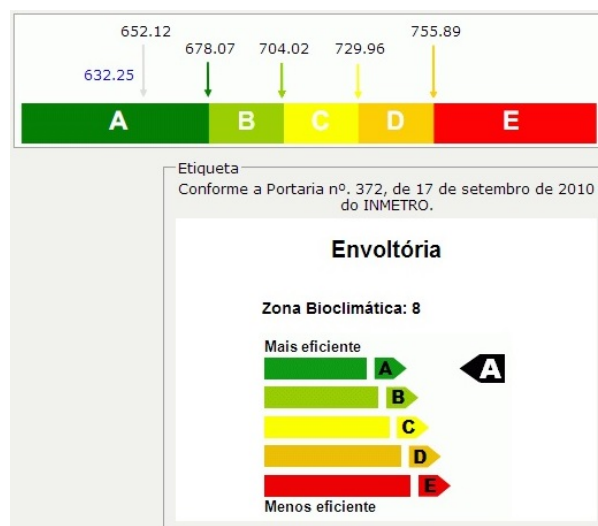


Figura 16 - Pontuação e classificação da Envoltória considerando o uso da coberta indicada. Fonte: LABEEE, 2013.

Com a alteração do material da cobertura, além do uso da laje pré-moldada, a classificação da envoltória alcançou nível máximo de eficiência energética para o sistema, como mostram as Figuras 15 e 16, demonstrando que, apenas com esta modificação, já é possível alcançar um comportamento térmico apropriado.

Portanto, o material empregado demonstrou-se eficiente devido a sua característica isolante, que bloqueia a troca de calor entre ambiente interno e externo, além de possuir propriedades acústicas, oferecendo uma considerável melhoria no desempenho ambiental.

5. CONCLUSÕES

Com relação às simulações em modelos reduzidos da Escola Estadual Maria Rosália Ambrózzio, a principal vantagem identificada, foi a liberdade de manusear a maquete e o equipamento, tornando a análise mais dinâmica e participativa.

O uso do “heliodon”, utilizado para simular o trajeto solar, revelou as áreas de insolação, inconstantes durante diferentes épocas do ano e horários, evidenciou a incidência solar direta nas fachadas sem proteção solar e a inadequação de alguns ambientes à incidência solar, como por exemplo, as salas de aula situadas ao Oeste e o pátio que, durante as épocas e horários simulados, apresentou forte insolação.

O uso da “mesa d’água”, com o modelo reduzido da planta-baixa, ocasionou certa limitação à análise, pois, devido à bidimensionalidade do modelo, não foi possível avaliar a passagem da ventilação através de aberturas mais elevadas que as demais, necessitando de uma nova simulação, desta vez a partir de um corte transversal. Este equipamento que contribuiu para a simulação do comportamento da ventilação natural demonstrou que a ausência ou a má localização das aberturas pode ter grande interferência na circulação do ar pela edificação, contribuindo de maneira negativa para o desempenho térmico da edificação, que por sua vez pode ocasionar elevados índices de consumo energético.

A análise da Envoltória com base no RTQ-C, que obteve nível “E”, revelou que algumas peculiaridades projetuais são determinantes para a classificação. As tipologias e soluções arquitetônicas empregadas são capazes de interferir positiva ou negativamente. No caso desta análise, foi possível perceber

que a inexistência de laje nas coberturas de telha de barro acentuou a elevada transmitância térmica das áreas não condicionadas, prejudicando o desempenho térmico da edificação.

Algumas exigências do RTQ-C, como o fato da grande maioria das aberturas, que não são compostas de materiais translúcidos, não se classificarem como aberturas e as poucas consideradas situarem-se ao Oeste, não demonstraram possuir grande influência na classificação “E” da Envoltória. Por outro lado, constata-se que, a substituição da cobertura existente por coberta com telha metálica e material isolante e, além do uso de laje pré-moldada, elevaria o nível de eficiência de “E” para “A”. Isto demonstra o quanto uma alteração de material adequado influi no desempenho da envoltória.

Sendo assim, verifica-se que, principalmente onde há atividades de grande permanência, como no caso das edificações escolares, além das estratégias bioclimáticas, a cautelosa definição dos materiais a serem empregados é algo necessário às edificações, principalmente no caso de escolas públicas, onde há limitação econômica por parte do poder público e frequente uso de materiais padronizados e, muitas vezes inapropriados para o clima local.

Portanto, ressalta-se a importância da busca de soluções que intensifiquem os níveis de conforto das salas de aula, através do uso de recursos naturais, visto que fatores como o desconforto térmico podem prejudicar o desempenho da aprendizagem nas atividades cotidianas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.
- BATIZ, E. C.; GOEDERT, J.; MORSCH, J. J.; KASMIRSKI-JR, P.; VENSKE, R. Avaliação do conforto térmico no aprendizado: estudo de caso sobre influência na atenção e memória. **Revista Produção**, v. 19, n. 3, p. 477-488. ISSN 0103-6513. São Paulo, 2009. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132009000300006&script=sci_arttext > Acesso em: 03 Abr. 2013.
- BRASIL. Lei n. 10295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Lex: **Diário Oficial da União**, Brasília, 2001. Disponível em: < www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/L10295.htm > Acesso em: 26 Mar. 2013.
- BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Manual para Aplicação dos Regulamentos: RTQ-C e RAC-C. v. 4**. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/eletrobras/etiquetagem/downloads.php>> Acesso em: 02 Jun. 2013.
- BRASIL, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 53, de 27 de fevereiro de 2009**. Regulamento Técnico da Qualidade para a Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Brasília, DF, 2009.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Lista das escolas participantes do programa Mais Educação**. 2011. Disponível em : <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=16728:secretarias-e-escolas-mais-educacao&catid=195:seb-educacao-basica&Itemid=1120> Acesso em: 13 Mar. 2013.
- DINIZ, Luciana Nemer; CARUSO, Ana Carolina Freitas Braga. **Maquetes para heliodon**. In: ENCAC (XI Encontro nacional e VII Encontro latino-americano de conforto no ambiente construído). Artigo técnico, 2011, Búzios, RJ, 2011. 9 p.
- MANHAS, Adriana Capretz Borges da Silva; MANHAS, Max Paulo Giacheto; SILVA, Lucas Queiroz da; LIMA, Taiane Gonçalves de. **Conhecer para preservar: a documentação de complexos escolares em Maceió (AL) em um portal de arquitetura de interesse histórico, técnico e artístico**. In: 9º Seminário docomomo brasil. Interdisciplinaridade e experiências em documentação e preservação do patrimônio recente. Brasília, Junho de 2011. Disponível em: < http://www.docomomo.org.br/seminario%209%20pdfs/172_M02_RM-ConhecerParaPreservar-ART_AdrianaManhas.pdf >. Acesso em: 25 Set. 2013.
- TOLEDO, Alexandre Márcio; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. **O potencial da mesa d’água para a visualização analógica da ventilação natural em edifícios**. In: Encontro nacional de conforto no ambiente construído, IV ENCAC/COTEDI. Anais. Curitiba, PR. 2003. Disponível em: < <http://www.labcon.ufsc.br/publicacoes/15.pdf> > Acesso em 23 Maio 2013.
- MORESI, Ricardo. Secretaria de Estado da Comunicação. Governo de Alagoas. **Escolas do Cepa serão beneficiadas com ação de eficiência energética**. 2011. Disponível em: < <http://www.educacao.al.gov.br/comunicacao/sala-de-imprensa/noticias/janeiro/novembro/escolas-do-cepa-serao-beneficiadas-com-acao-de-eficiencia-energetica> > Acesso em: 13 Mar. 2013. LABEEE 2013.
- OITICICA, Maria Lúcia Gondim da Rosa; ALVINO, Ivan Lamenha; SILVA, Luiz Bueno da. **Interferência dos ventiladores na qualidade acústica das salas de aula da rede pública de ensino fundamental da cidade de Maceió-AL**. In: XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2006, Fortaleza. Disponível em: < www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR500335_7307.pdf > Acesso em: 01 Abr. 2013.
- SILVA, Luiz Bueno da. **Análise da relação entre Produtividade e conforto térmico: o caso dos digitadores do centro de processamento de dados da Caixa Econômica Federal de Pernambuco**. Florianópolis, 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina – Repositório de Conteúdo Digital. Disponível em: < <http://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/81915> > Acesso em: 02 Abr. 2013.