

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS

GUSTAVO AKIRA NATI

**RELAÇÃO ENTRE ELEMENTOS DE SOMBREAMENTO E ACESSO
SOLAR EM UM AMBIENTE ESCOLAR EM LONDRINA/PR**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2018

GUSTAVO AKIRA NATI

**RELAÇÃO ENTRE ELEMENTOS DE SOMBREAMENTO E ACESSO
SOLAR EM UM AMBIENTE ESCOLAR EM LONDRINA/PR**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Construções Sustentáveis, do Curso de Pós-Graduação Lato Sensu da Universidade Tecnológica Federal do Paraná,

Orientador: Prof. Dr. Eduardo L. Krüger

CURITIBA

2018



TERMO DE APROVAÇÃO

RELAÇÃO ENTRE ELEMENTOS DE SOMBREAMENTO E ACESSO SOLAR EM UM AMBIENTE ESCOLAR EM LONDRINA/PR

Por

GUSTAVO AKIRA NATI

Esta monografia foi apresentada em 29 / 06 / 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Construções Sustentáveis. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Eduardo Leite Krüger
Orientador

Dra. Cintia Tamura
Membro Titular

Prof. Dr. José A. Cerri
Membro Titular

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso

Dedico este trabalho à minha família e à
minha namorada que me apoiaram nessa
trajetória.

AGRADECIMENTOS

A elaboração deste trabalho de conclusão só foi possível graças ao apoio de toda a minha família, namorada e amigos durante todo o curso. Agradeço também ao meu orientador Prof. Dr. Eduardo L. Krüger pela paciência, compreensão e prestatividade; e aos meus colegas da Pós-Graduação que apoiaram, compartilharam experiências e contribuíram para o progresso e aprendizado durante o Curso de Especialização em Construções Sustentáveis (CECONS).

RESUMO

NATI, Gustavo Akira. **Relação Entre Elementos de Sombreamento e Acesso Solar em um Ambiente Escolar em Londrina/PR**. 2018. 60 f. Monografia (Especialização em Construções Sustentáveis) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, Paraná, 2018.

A qualidade do sistema educacional público brasileiro fornecido pelo Governo, de modo geral, está defasada em relação ao sistema privado. As condições das instalações físicas apresentam-se como uma das características que contribui para isso. A fim de atender esse item, além da infraestrutura básica necessária, o conforto ambiental mostra-se fundamental para satisfação e desempenho dos usuários. Ultimamente, criou-se um projeto padrão para as edificações escolares serem implantadas, de modo a garantir economia, rapidez e prática construtiva. Contudo, por se tratar de projeto padrão, muitas vezes as características locais onde serão implantadas não são consideradas, podendo contribuir negativamente no nível de aprendizado do aluno. A pesquisa foi desenvolvida com auxílio de *software* para elaboração de simulações computacionais nas variadas combinações de horários, dias e possibilidades de orientação solar com aplicação de elementos de sombreamento. Com objetivo de avaliar o comportamento da radiação solar nas diferentes implantações da edificação e contribuir para que o projetista tenha informações que possam auxiliar na fase de projeto e implantação. Foi possível observar que a utilização de *brises soleils* horizontais se demonstrou mais eficaz nas orientações analisadas, para o bloqueio do acesso solar, na cidade de Londrina, Paraná.

Palavras-chave: Acesso Solar. Elementos de Sombreamento. Projeto Padrão Escolar. Simulação Computacional.

ABSTRACT

NATI, Gustavo Akira. **Relation Between Shading Elements and Solar Adit in a Educational Establishment in Londrina / PR.** 2018. 60 p. Monography (Sustainable Buildings Specialization) - Federal Technology University – 2018, Curitiba, Paraná State.

The quality of Brazilian public educational system provided by the Government, in general, is lagged comparing with the private system. The physical facilities conditions are one of the features that contribute to it. In order to meet this item, besides the necessary basic infrastructure, environmental comfort is fundamental for user satisfaction and performance. Lately, a standard project has been created for school buildings to be deployed in order to ensure economy, agility and constructive practice. However, about been a standard project, several times the local characteristics where they will be implemented are not considered, and may contribute negatively in the student's learning level. The research was developed with the support of software for development of computational simulations in varied combinations of timetables, days and possibilities of solar orientation with the application of shading elements. In order to evaluate the behavior of the solar radiation in different deployments of the building and contributing to the draughtsman have information that may assist in the design and implementation stage. It was possible to note that the use of horizontal brises soleils had shown more effective in the orientation analyzed for the solar access blockade, in Londrina city.

Keywords: Solar Adit. Shading Elements. Educational Standard Project. Computer Simulation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Planta Baixa (sem escala) – Módulo 04 Salas	34
Figura 2: Planta Baixa (sem escala) – Sala de Aula	35
Figura 3: Vista externa de uma sala de aula do Padrão 023. Janelasbasculantes, sete (07) folhas, sem elementos de sombreamento	41
Figura 4: Maquete eletrônica de uma sala de aula do Padrão 023, com proteção solar por meio de anteparo vazado	42
Figura 5: Maquete eletrônica de uma sala de aula do Padrão 023, com proteção solar por meio de <i>brises</i> horizontais	42
Figura 6: Maquete eletrônica de uma sala do Padrão 023, com proteção solar por meio de <i>brises</i> verticais	43
Figura 7: Maquete eletrônica de uma sala do Padrão 023, com vegetação como elemento de sombreamento	44
Figura 8 - Simulação sem elementos de sombreamento - Orientação Leste 22 Mar, às 08 hs	45
Figura 9 - Simulação sem elementos de sombreamento - Orientação Oeste 22 Mar, às 16 hs	45
Figura 10 - Simulação sem elementos de sombreamento - Orientação Norte em 21 Jun, às 12hs	45
Figura 11 - Simulação sem elementos de sombreamento - Orientação Leste em 22 Dez, às 08hs.....	45
Figura 12 - Simulação sem elementos de sombreamento - Orientação Oeste em 22 Dez, às 16hs.....	46
Figura 13 - Tratamento com anteparo vazado	48
Figura 14 - Tratamento com <i>brise</i> vertical.....	48
Figura 15 - Tratamento com <i>brise</i> horizontal.....	48
Figura 16 - Tratamento com vegetação externa.....	48
Figura 17 - Tratamento com anteparo vazado	50
Figura 18 - Tratamento com <i>brise</i> vertical.....	50
Figura 19 - Tratamento com <i>brise</i> horizontal.....	50
Figura 20 - Tratamento com vegetação externa.....	50
Figura 21 - Tratamento com anteparo vazado	52

Figura 22 - Tratamento com <i>brise</i> vertical.....	52
Figura 23 - Tratamento com <i>brise</i> horizontal.....	52
Figura 24 - Tratamento com vegetação externa.....	52
Figura 25 - Tratamento com anteparo vazado	54
Figura 26 - Tratamento com <i>brise</i> vertical.....	54
Figura 27 - Tratamento com <i>brise</i> horizontal.....	54
Figura 28 - Tratamento com vegetação externa.....	54
Figura 29 - Tratamento com anteparo vazado	56
Figura 30 - Tratamento com <i>brise</i> vertical.....	56
Figura 31 - Tratamento com <i>brise</i> horizontal.....	56
Figura 32 - Tratamento com vegetação externa.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados de Radiação Solar Incidente sobre Planos Verticais (W/m^2). Latitude: $23^{\circ}30'$ Sul, para os dias 22 de Março e 22 de Setembro (Equinócios).....	37
Tabela 2: Dados de Radiação Solar Incidente sobre Planos Verticais (W/m^2). Latitude: $23^{\circ}30'$ Sul, para o dia 21 de Junho (Solstício de Inverno)	38
Tabela 3: Dados de Radiação Solar Incidente sobre Planos Verticais (W/m^2). Latitude: $23^{\circ}30'$ Sul, para o dia 22 de Dezembro (Solstício de Verão)	38
Tabela 4: Avaliação dos resultados obtidos com as simulações realizadas	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Af	Clima Tropical úmido ou Clima Equatorial
Cfa	Clima Temperado Úmido com Verão Quente
Cfb	Clima Temperado Úmido com Verão Temperado
CO ₂	Dióxido de Carbono
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
KOPPEN	Classificação Climática de Koppen
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Lisboa
lx	Lux
m ²	Metro Quadrado
NBR 15220-3	Norma Brasileira de Desempenho Térmico de Edificações – Zoneamento Bioclimático Brasileiro
PNE	Plano Nacional de Educação
W/m ²	Watt por Metro Quadrado
°C	Graus Celsius

LISTA DE ACRÔNIMOS

ANTAC	Associação Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído
FUNDEPAR	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Educacional
FUNDESCOLA	Fundo de Fortalecimento da Escola
IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
IDEB	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MEC	Ministério da Educação e Cultura

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	CONTEXTO DO TEMA	12
1.1.1	Delimitação do Tema.....	12
1.2	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	12
1.3	OBJETIVOS	13
1.4	JUSTIFICATIVA	14
1.5	ETAPAS DO TRABALHO.....	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	CONCEITOS DE CONFORTO AMBIENTAL	17
2.2	LUZ NATURAL E RADIAÇÃO SOLAR.....	19
2.3	CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO E SUA INFLUÊNCIA NO DESEMPENHO DAS ATIVIDADES ACADÊMICAS.....	22
2.4	ARQUITETURA ESCOLAR.....	24
2.5	ILUMINAÇÃO NAS ESCOLAS.....	25
2.6	ESCOLAS PÚBLICAS NO BRASIL.....	27
2.7	PROJETO PADRÃO	29
3	METODOLOGIA	31
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO.....	32
3.2	OBJETO DE ESTUDO	33
3.3	CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA	36
3.4	PROCEDIMENTO DE SIMULAÇÃO	40
4	RESULTADOS.....	47
5	CONCLUSÕES	57
	REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

A educação é de extrema relevância para o crescimento e desenvolvimento de uma nação. No caso do Brasil, que figura entre os países emergentes com grande potencial de se desenvolver, o sistema educacional tem sua importância cultural e social para formação de cidadãos mais conscientes e uma sociedade mais justa e próspera. A educação pública merece atenção especial, por se tratar de um setor onde, em muitos casos, se apresentam problemas das mais variadas naturezas (DORIGO, 2007).

A arquitetura entra nesse cenário buscando atender aos objetivos econômicos, concepção de funcionalidade, mobiliários, racionalidade construtiva, conforto ambiental, etc. Assim, a arquitetura tem papel fundamental no aumento do desempenho e na formação de pessoas ao tratar as edificações de maneira adequada para as devidas práticas.

De modo a obter maior celeridade na implantação de escolas públicas, projetos padrão foram adotados por não ser necessário processo de licitação para projeto arquitetônico e demais complementares, admitindo apenas ajustes na locação e orientação da edificação no terreno. Contudo, se essa implantação não levar em consideração as características climáticas regionais e especialmente locais, o ambiente escolar pode ter sua qualidade comprometida.

O conforto ambiental aplicado a edificações visa à melhora na qualidade de vida, reduzindo o consumo energético e os impactos na natureza. O conforto visual, térmico e acústico, auxilia para que esse ambiente promova habitabilidade e bem-estar aos usuários.

As diversas situações ambientais externas e internas encontradas em um lugar interferem no desenvolvimento das atividades e na qualidade das tarefas realizadas em seu interior. Dessa maneira, a implantação de escolas públicas por meio de padronização pode afetar o desempenho escolar e a saúde dos alunos, e ainda originar edificações com baixa eficiência energética; se não tiverem a devida atenção aos fatores característicos do local.

O enfoque desse estudo será o acesso solar que incide sobre o projeto padrão modular adotado pelo Governo Estadual e os meios de interferir em sua incidência direta. Considerando o efeito térmico proveniente da radiação solar direta para as

diversas orientações, foi analisada a implementação de elementos de sombreamento nas janelas e seu efeito no ambiente interno de uma sala de aula.

1.1 CONTEXTO DO TEMA

A qualidade das escolas, ao considerar a infraestrutura das edificações, as condições ambientais, os aspectos de conservação e manutenção interfere diretamente no rendimento e interesse dos alunos.

1.1.1 Delimitação do Tema

O tema desta pesquisa está relacionado ao Conforto Ambiental, mais especificamente ao acesso solar e medidas de sombreamento de edificações escolares, em prol da melhoria da qualidade do ambiente interno e, conseqüentemente, no desempenho de atuação dos usuários. Essas alternativas serão estudadas para ambientes escolares do sistema público de ensino implantados por meio de projeto padrão na cidade de Londrina.

1.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O serviço educacional público brasileiro apresenta baixa qualidade das estruturas físicas, com raras exceções. De acordo com pesquisa de Neto (2013), há falta de recursos como energia, água e saneamento e baixo conforto ambiental nas escolas. Além disso, há pouca manutenção e morosidade na contratação de prestação de serviços e compra de equipamentos para melhoria.

Com o uso da sistematização do setor público de educação com projetos padrão, apesar da celeridade na construção, custo e prazo reduzidos, essa padronização muitas vezes não considera as condições de clima, incidências solares

e de ventos locais, o que pode acarretar em ambientes desfavoráveis, no que diz respeito ao bem-estar dos usuários.

Kowaltowski (2011) descreve sobre a despreocupação de um projeto sem considerar a finalidade de uso da edificação:

Ambientes dominados pela iluminação artificial, vidros opacos que impedem a visão do exterior, presença de grades de proteção, monotonia de formas, cores e mobiliário, falta de manutenção, excesso de ordem, rigidez na funcionalidade, falta de personalização e impossibilidade de manipulação pelo usuário são considerados desumanos e, portanto, menos satisfatórios ou apreciados. (KOWALTOWSKI, 2011, p. 44).

A fim de solucionar essa situação, observa-se que a missão não é simples. Toma-se como exemplo o fato de se privilegiar o conforto visual. Para isso, recomenda-se a utilização de grandes esquadrias, tanto para melhorar a iluminação interna, como para obter vista agradável do ambiente externo. Contudo, grandes janelas fazem com que ocorra maior incidência direta de radiação solar, que pode afetar o conforto térmico. Por outro lado, ao manter as esquadrias abertas para auxiliar na ventilação natural e qualidade interna do ar, as cortinas e persianas, que auxiliam no bloqueio da entrada direta da luz do sol, têm de ser abertas pois se movimentam e incomodam as pessoas que estão próximas, além de reduzir a quantidade da ventilação. Sem citar ainda que esses dispositivos estão sujeitos à degradação natural pelo tempo e a atos de vandalismo.

1.3 OBJETIVOS

A presente pesquisa busca apresentar alternativas de elementos de sombreamento que promovam melhores condições de bloqueio da incidência solar quanto à iluminação. E apresentar a performance de cada elemento para cada orientação solar previamente designada. O estudo ressalta a importância da orientação solar na implantação de um edifício em relação às condições climáticas da região onde será inserido

1.4 JUSTIFICATIVA

Atualmente, está cada vez mais em destaque a importância da sustentabilidade, eficiência energética, uso consciente de recursos naturais e fontes renováveis de energia nas diversas áreas de atuação.

A construção civil gera impacto na emissão de CO₂, na extração de materiais da natureza e na utilização de água e energia. Portanto é fundamental que a preocupação com o desempenho de uma edificação tenha início desde sua concepção na fase projeto, ou ainda antes, na escolha do terreno. Especificação de materiais, valorização das características locais, orientação solar, utilização de tecnologias inteligentes, dimensionamento e disposição dos ambientes, das aberturas e das fachadas são algumas técnicas utilizadas para uma edificação mais sustentável.

O conforto ambiental está diretamente relacionado com a qualidade de vida das pessoas em geral. As alternativas preconizadas por meio do conforto ambiental são plausíveis em inúmeras situações. Ao se tratar de ambientes escolares, cujas atividades caracterizam-se por longa permanência, esse item exerce uma função muito importante.

Analisar o ambiente escolar é uma necessidade muito importante, pois existe uma grande negligência de escolas públicas e até mesmo de instituições privadas, cujas edificações escolares, na maioria das vezes não contemplam sequer condições básicas de conforto ambiental e de segurança. Isso pode gerar reflexos negativos no aprendizado e desenvolvimento dos alunos. (RIBEIRO, 2004, p. 8).

Os ambientes em que os alunos estão inseridos exercem amplo valor no processo de aprendizado. De acordo com Kowaltowski (1997), apud GODOI (2010), o comportamento dos indivíduos pode ser influenciado pelas condições desfavoráveis de conforto em escolas, como temperaturas elevadas, ruído excessivo, iluminação inadequada, densidade excessiva na sala de aula, equipamentos inadequados à faixa etária atendida, os quais podem influenciar negativamente no desempenho escolar dos alunos podendo causar distúrbios de saúde.

Em países quentes como o Brasil, a preocupação com as janelas não pode ser negligenciada, pois a forma como a radiação solar incide no ambiente pode influenciar na temperatura interna e na qualidade da iluminação e da visão sendo capaz de interferir no desenvolvimento de qualquer tarefa.

A visão que o aluno tem do quadro, do educador e das atividades que está realizando alteram a atenção, o comportamento e o desenvolvimento do educando, interferindo na sua formação e na sua qualificação para o trabalho. Projetos mal elaborados ou implantados de forma errônea podem comprometer a saúde física e psicológica dos usuários, o rendimento escolar dos alunos, além de gerar gastos excessivos com energia elétrica. (DORIGO, 2007, p. 14).

Por se tratar de construção na esfera pública, o mais apropriado seria privilegiar a resistência dos sistemas construtivos da escola, tendo em vista a vida útil e a preservação. Contudo, às vezes o projetista abre mão do conforto, durabilidade e funcionalidade em função de técnicas mais apropriadas, estética e materiais.

Portanto, a justificativa deste estudo é poder promover a melhoria na qualidade do ambiente interno de forma passiva e mais consistente. Pretende-se demonstrar alternativas de tratamento para os efeitos que a radiação solar produz em um ambiente educacional, de modo que possa gerar bem-estar, qualidade sensorial e visual, e ânimo aos estudantes e professores. Em consequência, a assiduidade e o desempenho dos alunos devem ser aprimorados.

1.5 ETAPAS DO TRABALHO

O trabalho foi organizado em cinco (05) capítulos, conforme descritos abaixo:

Capítulo 1:

No primeiro capítulo, é feita uma introdução sobre o assunto do presente estudo, na sequência, são apresentadas as premissas, os objetivos e justificativa.

Capítulo 2:

Nesse capítulo são retratados conceitos e importância do conforto ambiental, radiação solar e luz natural, influência do conforto no desempenho das atividades acadêmicas. Apresenta ainda a situação, de modo geral, das escolas públicas no Brasil, a arquitetura escolar, a iluminação nas escolas e apresentação do projeto padrão 023.

Capítulo 3:

O capítulo 3 apresenta a metodologia, sendo expostas a diversidade de situações, as variáveis envolvidas, localização, orientações, implantação, caracterização do clima/contextualização do problema e o procedimento de simulação.

Capítulo 4:

São demonstrados os resultados obtidos por meio das simulações com aplicação dos elementos de sombreamento nas diversas variações de horários, datas e orientação solar.

Capítulo 5:

Por fim, são apresentadas as considerações finais e conclusões obtidas com os estudos elaborados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CONCEITOS DE CONFORTO AMBIENTAL

As edificações desenvolvidas pelo homem nos primórdios apresentavam variadas formas de aspecto ambiental, ou seja, eram adaptadas às condições climáticas do local onde eram inseridas. Contudo, conforme a sua evolução e o desenvolvimento do conhecimento e da tecnologia, o aproveitamento das condições naturais e o uso racional de recurso e energia passaram a ser não mais prioridades.

No Brasil, por sua cultura de colonização, as edificações locais eram concebidas para o clima europeu e não eram condizentes com as características naturais do país. Ao longo do tempo, os projetos e as edificações começam a ser executadas de acordo com as condições climáticas da região.

No século XIX, após a Revolução Industrial, surgiram nas construções novos materiais e técnicas como os panos de vidro nos países do hemisfério Norte. Devido ao modismo e difusão de um conceito sem análise crítica, passou a ser implementado um estilo “internacionalizado” de construção. Essa situação influenciou também a existência de tecnologias de controle térmico, lumínico artificial e também os avanços da construção civil, como concreto armado, estruturas metálicas, transporte vertical e ventilação mecânica em grande escala. Dessa forma foram surgindo edificações que não consideravam as características do meio exterior.

Durante o século XX, a preocupação com o clima e conforto ambiental, o qual ocorre pelo equilíbrio entre as condições ambientais e o homem, começou a despontar com mais destaque. Assim, a orientação solar, ventilação e preocupação com o calor passaram a fazer parte da concepção dos projetos.

Ao mesmo tempo, neste mesmo período, as obras públicas, por meio do pensamento racionalista, eram desenvolvidas com traços geometrizarantes e conceitos de economia, funcionalidade, eficiência e utilização de *brises soleils* e cobogós. Assim, no final do século XX, são criadas associações e institutos para organizar as diretrizes sobre o conforto ambiental. Em 1987, é fundada a Associação Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído (ANTAC). Também foram criadas pelo Comitê Brasileiro de Construção Civil comissões de estudos para o desenvolvimento de normativas acerca do conforto visual, térmico e acústico.

Kowaltowski (2011) destaca que o conforto visual diz respeito à ausência de ofuscamento, e a um adequado balanceamento entre iluminação natural e artificial, sendo impactado pela presença de proteções internas e/ou externas nas janelas, condições do céu e níveis de iluminação. O Brasil tem ótimo potencial de luminosidade, mas mesmo assim, pelo pouco aproveitamento da iluminação natural, há a necessidade de manter a luz acesa durante o dia. O projeto de arquitetura é, portanto, responsável por permitir a quantidade de luz apropriada para cada ambiente.

Conforto térmico envolve alternativas e elementos de sombreamento, radiação solar, velocidade do ar e condições de ventilação e temperaturas. Uma das funções do ambiente construído é atender ao bem-estar do usuário para que possa realizar suas atividades. O desconforto térmico compromete a disposição e a saúde de quem usufrui do espaço e, além disso, aumenta os custos de operação da edificação com sistemas mecânicos de climatização. Por essa razão, a melhoria das condições térmicas deve ser uma preocupação constante, considerando o clima, a luz, o espaço, o som e os seres-vivos.

Durante quase todo o ano em grande parte do Brasil o clima é quente (Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, 2017). Desse modo, o conforto térmico para os ambientes internos depende da dimensão e localização das aberturas, com possibilidade de ventilação cruzada e utilização de anteparos de modo a proporcionar efeito de sombreamento.

“Em casos de desconforto por temperaturas elevadas, radiação térmica ou falta de ventilação, as consequências podem significar apatia, sonolência e desinteresse pela realização da atividade desenvolvida no ambiente”. (KOWALTOWSKI, 2011). Ao se tratar de ambiente escolar, evitar essas situações é muito importante por influenciar diretamente no desempenho dos discentes e docentes.

A arquitetura escolar e a satisfação do usuário em relação à qualidade do ambiente estão diretamente ligadas ao conforto ambiental, que inclui os aspectos térmico, visual, acústico e funcional proporcionados pelos espaços externos e internos. Além disso, a autora ressalta que essas diretrizes precisam ser avaliadas constantemente por meio de avaliações pós-ocupacionais na utilização dos ambientes, para estabelecer uma relação entre os ambientes escolares e o desempenho acadêmico. (KOWALTOWSKI, 2011, p. 111).

2.2 LUZ NATURAL E RADIAÇÃO SOLAR

Dorigo (2007) defende a importância do aproveitamento da luz natural por meio da correta aplicação de aberturas.

O tratamento da luz por meio do tamanho e a posição das aberturas é um aspecto fundamental para a criação da atmosfera de qualquer espaço, produzindo sensações nos usuários e induzindo seu comportamento, [...]. As características das aberturas sofrem grandes variações conforme o clima e a posição geográfica em que as construções são implantadas. (DORIGO, 2007, p. 18).

Quando a iluminação natural é pensada na fase de projeto, pode-se obter considerável economia de energia elétrica. Ao se tratar do território brasileiro, onde há boa disponibilidade de luz natural, esse aspecto torna-se mais importante. Contudo, o excesso ou o equivocado direcionamento de luz pode causar problemas de iluminação por ofuscamento ou pela má distribuição luminosa a gerar zonas de desconforto visual. Por isso, deve trabalhar elementos com o jogo de luzes, podendo ser diretas, indiretas ou difusas.

A radiação solar varia de acordo com a posição terrestre, que influencia no ângulo de incidência dos raios solares. As regiões mais próximas à linha do Equador além de apresentarem menor variação térmica ao longo do ano, ainda possuem intensidade de irradiação anual superior às regiões mais distantes (PINHO; GALDINO, 2014).

Para Givoni (1992) em climas quentes e úmidos, a proteção solar e a ventilação são as estratégias de maior eficiência quanto a aspectos bioclimáticos, mas às vezes a presença de um elemento para auxiliar a proteção solar pode interferir negativamente na ventilação, e vice-versa. Por isso, é importante analisar as particularidades da finalidade do objeto em questão e sua localização. Por exemplo, é importante apontar as janelas para vistas e para a entrada de iluminação, além disso, quanto mais altas as aberturas, melhor a penetração de luz na edificação. Outra alternativa seria a utilização de vegetação caducifolia de médio e grande porte, que perdem suas folhas no inverno e permitem a entrada dos raios solares em épocas frias. No verão, com a copa mais volumosa, bloqueia a entrada do sol. A utilização de elementos para controle da radiação solar como *brises soleils*, cobogós, muxarabis,

cortinas, persianas, etc. podem ser outro tipo de solução. Kowaltowski (2011) defende a utilização de dispositivos a fim de se obter conforto.

De modo geral, pode-se conseguir conforto térmico aliando alguns itens, como os elementos de sombra (edificações vizinhas, árvores, brises), ventilação eficiente (elementos vazados, como cobogós, meia parede em locais admissíveis, ventilação cruzada, boa relação entre área do ambiente x área de aberturas), conhecimento dos parâmetros ambientais e também uso adequado de equipamentos elétricos (ventiladores de teto, parede, móvel). (KOWALTOWSKI, 2011, p. 139).

Impedir a incidência direta de radiação solar em salas de aula com utilização de *brises*, cortinas ou persianas auxilia na prática de evitar a reflexão excessiva e ofuscamento no quadro negro e carteiras.

A utilização adequada de persianas e cortinas pode evitar a insolação direta, mas pode interferir na qualidade do conforto interno do ambiente devido à redução na ventilação e, além disso, apresenta reduzida vida útil, fácil deprecação, alto custo e lentidão na manutenção (no caso de utilização em edificações públicas). Conforme pesquisas de Kowaltowski (2011), na maioria dos ambientes de trabalho ou estudo, é recomendado que a temperatura fique em aproximadamente 23°C, que haja ventilação cruzada e que as aberturas que recebem insolação direta sejam equipadas com alguma forma de proteção solar, como *brises*, marquises, cortinas, persianas ou toldos, por exemplo. Contudo, esses elementos, principalmente os externos, precisam de estudos específicos e detalhamento técnico para cumprirem suas devidas funções, e devem ser dimensionados conforme orientação solar, latitude e época do ano (FROTA E SCHIFFER, 2001)

Há outras formas de aproveitamento da luz natural utilizando estratégias de projeto na cobertura da edificação. Lanternim, claraboias, *sheds*, domos, mansarda e átrio são alguns exemplos dessas alternativas.

Além desses recursos, a utilização de árvores pode ser bastante vantajosa. O uso de vegetação pode ser uma alternativa eficaz, pois além de auxiliar a bloquear a radiação solar direta, ela também “filtra” o ar ao utilizar a energia solar para a fotossíntese, melhora a qualidade dos ambientes ao redor e auxilia na absorção de ruídos externos. Porém nem sempre há a possibilidade de especificar árvores próximas às aberturas das edificações, por dimensão reduzida de terreno, empecilhos com implantação e outras particularidades do local. No entanto, é aconselhado

sempre que possível que, além das preocupações projetuais, sejam utilizadas árvores nativas ao redor das escolas.

É necessária atenção especial com a entrada de luz natural em ambientes onde haja desenvolvimento de atividades, seja de trabalho ou de ensino. O excesso ou a falta de iluminação pode afetar de várias formas o desempenho da atividade que o usuário estiver desempenhando. As alternativas citadas são essenciais, desde que projetados adequadamente para cada situação: orientação das aberturas, latitude, clima, vegetação ou prédios próximos; além de considerar os usos específicos da edificação.

O aproveitamento dos recursos naturais disponíveis no local auxilia na finalidade de se conseguir índices de eficiência energética. A correta utilização desses elementos acarreta em diminuição dos gastos operacionais de uma edificação e na redução da poluição.

A implantação da edificação, a orientação e seu formato contribuem para otimizar o seu aquecimento nos períodos frios, por meio da incidência da radiação solar. Além disso, a cor externa também apresenta papel importante na absorção de calor, assim como as cores internas influenciam a distribuição da radiação solar.

Para isso, há várias formas de se trabalhar almejando melhor aproveitamento dos recursos naturais. As possibilidades do uso da ventilação e iluminação natural e, conseqüentemente, a economia energética, podem e devem ser mensuradas na fase de projeto. Contudo, é evidente que o fato de se aproveitar da melhor forma as incidências locais (luz natural e vento) não necessariamente vai resultar no abandono de sistemas artificiais. Os mecanismos artificiais auxiliarão as técnicas construtivas que se beneficiam dos recursos naturais e vice-versa.

No que diz respeito a escolas, a eficiência energética, radiação solar e a iluminação e ventilação natural têm influência direta no desempenho dos alunos e na capacidade de aprendizado, devido ao bem-estar gerado pela melhor qualidade do ambiente frequentado e por questões de salubridade.

Um estudo desenvolvido pelo Hescong Mahone Group (1999), demonstrou que os estudantes em salas de aula com mais iluminação natural (adequadamente filtrada) trabalhavam de maneira 20% mais eficiente nos testes de matemática e 26% nos testes de leitura. (Dudek, 2007 apud KOWALTOLSKI, 2011, p. 113).

Com objetivo de conseguir maior claridade possível, podem-se utilizar janelas com grandes dimensões, porém esse fato, quando aliado à orientação equivocada das mesmas, acarreta no aumento indesejável da temperatura interna em razão da incidência solar. Em regiões em que há presença da estação de inverno, Dorigo (2007) descreve:

Durante os períodos frios do ano o calor proporcionado pelo sol é desejável para o aquecimento do espaço interno, ao passo que em períodos de calor o sombreamento proporcionado por elementos naturais ou construídos é necessário para que se consiga condições de conforto. (DORIGO, 2007, p. 58).

Esses elementos, externos ou internos, devem ser analisados e empregados para garantir a qualidade da iluminação de um ambiente, promovendo a proteção da insolação direta. Dessa forma, consegue-se evitar ofuscamentos e incidência de luz solar direta nos planos de trabalho, como carteiras, lousas, etc. Uma boa condição de ensino precisa necessariamente considerar metas relevantes para um ambiente escolar como conforto, sustentabilidade, eficiência energética, saúde e segurança dos usuários.

2.3 CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO E SUA INFLUÊNCIA NO DESEMPENHO DAS ATIVIDADES ACADÊMICAS

O comportamento dos indivíduos pode ser influenciado pelas condições do ambiente onde eles se encontram. Devido à importância do ambiente construído no tipo de atividade a ser realizada, o processo construtivo muitas vezes tem prioridade frente aos resultados do espaço para o conforto do homem. Dorigo (2007) evidencia a relação da qualidade do ambiente e o desempenho das atividades.

A cada vez maior diversificação das atividades realizadas em um mesmo espaço fez com que os requisitos da produção colocassem a iluminação como dependente de critérios essencialmente racionalistas. Com o passar dos anos, percebeu-se que o aumento da produtividade e da eficiência dos usuários de um espaço estava diretamente ligado ao conforto e à melhoria da qualidade ambiental dos recintos. (DORIGO, 2007, p. 19).

Em caso de aspectos desfavoráveis de conforto, como iluminação inadequada, temperaturas elevadas, alto nível de ruídos e quantidade excessiva de

usuários no interior do recinto, tais fatores podem influenciar negativamente no desempenho das atividades realizadas, além de causar problemas na saúde dos mesmos, devido à baixa taxa de ventilação, causando insalubridade, por exemplo.

Ao se tratar de cultura e educação, os usuários necessitam de um ambiente digno, onde possam usufruir de conforto e habitabilidade. Essas características refletem no desenvolvimento da sociedade, pois o sistema educacional e cultural está diretamente ligado ao progresso de um país.

A cultura fornece ao indivíduo os sistemas simbólicos de representação da realidade e dá subsídios para reinterpretação de informações e conceitos. O pensamento origina-se na movimentação, no interesse, na necessidade, no impulso, no afeto e na emoção. A interação social e a linguagem são decisivas para o desenvolvimento. (KOWALTOWSKI, 2011, p. 28).

A educação pode influenciar na posição social do ser humano, por ser responsável pela inserção do homem na sociedade, pois o aprendizado está diretamente relacionado ao desempenho das funções sociais na comunidade, cidade ou país. O ambiente escolar deve apresentar atributos e valores no procedimento de projeto, de modo a refletir na qualidade do desempenho escolar.

Cabe ao arquiteto compreender o programa de necessidades, visto que há variações nas atividades de acordo com a faixa etária, além de respeitar e atender a linha pedagógica de cada instituição. O arquiteto deve atentar-se para a visualização do espaço como suporte físico para o desenvolvimento das atividades. A iluminação, a temperatura, a qualidade do ar e o tratamento acústico interferem no ambiente construído, e no caso de escolas, afetam no desempenho dos alunos (KOWALTOWSKI, 2011).

O bom funcionamento de um ambiente escolar depende da qualidade do projeto, das técnicas construtivas, mobiliário e da conscientização do público o utiliza. O processo de aprendizado está ligado às relações visuais e sonoras postas em sala de aula e seu espaço físico, que influenciam diretamente o desempenho dos discentes e sua formação profissional e social.

O aluno é o principal usuário da escola. A função dos professores e demais profissionais relacionados é atender às necessidades dos alunos. Desta forma, é importante também que os funcionários tenham um ambiente de trabalho adequado e que promova sensação de bem-estar.

Na rede pública de ensino predomina uma arquitetura simples implantada em terrenos restritos ou em locais não apropriados. Os prédios escolares consistem em salas de aulas tradicionais, sem flexibilidade e atividades acadêmicas padronizadas.

Conforme a evolução da sociedade e o padrão de vida cada vez mais urbanizado, nota-se que a preocupação no atendimento da demanda é apenas quantitativa. Pensando somente em acolher as crianças e adolescentes, sem dar a devida atenção à qualidade do serviço oferecido.

Nos anos 70, foi adotada no país a metodologia de construção de escolas da rede pública de ensino de acordo com um padrão único. Esse princípio não considera as diversas situações climáticas e topográficas em que são implantadas.

Considerando que as condições ambientais presentes em determinado localização interferem no desempenho das atividades e na qualidade das tarefas, nota-se que o processo de ampliação da rede pública de ensino por meio da repetição de uma tipologia padrão, pode afetar diretamente o rendimento escolar e a saúde dos alunos, e ainda provocar o aparecimento de edificações com baixa eficiência energética.

De acordo com informações coletadas no Instituto Paranaense de Desenvolvimento Educacional (Fundepar), no Paraná, foi desenvolvido pela própria Fundepar um projeto padrão em 2000, denominado Padrão 023. O projeto passou a ser utilizado na rede pública de ensino do estado apresentando as mesmas vantagens e desvantagens anteriormente citadas a que projetos padrão estão sujeitos.

2.4 ARQUITETURA ESCOLAR

De acordo com Kowaltowski (2001, apud GODOI, 2010), “por proporcionar condições de ensino à população, a edificação escolar é um equipamento de significativa importância no contexto social, cultural e econômico de um país”.

A qualidade almejada do projeto de edificações escolares está ligada à correspondência do projeto com exigências funcionais, pedagógicas, formais, de flexibilidade, habitabilidade, sistema estrutural e escolha de materiais adequados, racionalização construtiva e economia. (GODOI, 2010, p. 1).

Dentre essas exigências, a habitabilidade está ligada aos conceitos pedagógicos, considerando a satisfação das necessidades emocionais, físicas e intelectuais do aluno. Refere-se também aos fenômenos ambientais que atuam sobre os ocupantes dos espaços construídos, influenciando no bem-estar e percepção. No que diz respeito às necessidades físicas, devem ser consideradas as condições de conforto térmico, iluminação adequada e acústica. O ambiente físico escolar tem, portanto, ação fundamental no processo de ensino e aprendizagem (KOWALTOWSKI, 2011).

De acordo com estudos de Godoi (2010), no final do século XIX, educadores e políticos se mobilizaram para evidenciar a importância do ensino, indicando que as edificações e ambientes escolares deveriam ser arejados e agradáveis para cumprir sua real função de ser escola, uma vez que outrora o ato de lecionar era realizado em ambientes destinados a outras finalidades, que eram adaptadas para o ensino.

A arquitetura escolar deve considerar, entre outros fatores, espaços convidativos e agradáveis, iluminação natural sem ofuscamento, especificação de cores adequadas, detalhamento de acabamentos, aproveitamento do lote, estratégias de sustentabilidade como reutilização de águas pluviais, utilização de materiais recicláveis, especificação de vegetação regional para fins de sombreamento, entre outros. No entanto, o foco do presente estudo não é propor um novo projeto para escolas, mas apontar algum tipo de melhoria para a metodologia atualmente aplicada na rede pública de ensino.

Para a edificação escolar, o arquiteto deve ter sensibilidade para compreender os conteúdos pedagógicos de modo a atender às exigências sociais e educacionais, pois o desempenho do aluno também é influenciado pela edificação, as instalações e sua relação com o entorno. Portanto, a educação de qualidade é fruto de um ambiente de ensino com diversos componentes para aprofundar o aprendizado dos alunos.

2.5 ILUMINAÇÃO NAS ESCOLAS

Projetos bem elaborados e implantados de forma eficiente têm impacto direto sobre a saúde física e psicológica dos usuários. Ao se tratar de ambiente escolar, o aprendizado está diretamente relacionado ao conforto oferecido por este. É nesse

contexto que o sistema de iluminação natural se faz relevante, pois interfere direta e indiretamente na visualização das atividades realizadas pelo aluno, do quadro, do professor; influencia o comportamento e atenção em sala e o futuro desenvolvimento do aluno quanto à formação e qualificação profissional, além de evitar gastos desnecessários com iluminação artificial.

Existe uma grande falha nos critérios que abrangem a criação e execução dos projetos para implantação em construções escolares. Inexistência de padrões que estabeleçam dimensões de áreas envidraçadas, descrição dos materiais utilizados na construção, disposição das aberturas e orientação das fachadas são alguns exemplos. Conseqüentemente, o resultado final do ambiente, a qualidade do aprendizado bem como a formação individual e sua inserção social podem ser prejudicadas.

Faz-se necessário projetar ambientes com condições de iluminação de qualidade que proporcione reflexão adequada da luz para promover o aprendizado, evitar o cansaço visual e manter o discente atento. A incidência solar e sua distribuição nos espaços de permanência são fatores fundamentais em ambientes escolares, pois o desempenho dos alunos está diretamente ligado a um projeto onde a iluminação solar adentre no ambiente sendo distribuída de maneira adequada.

Um ambiente de qualidade necessita de luz apropriada, que se faz tão necessária quanto uma ventilação adequada. Dessa forma, a orientação das aberturas e distribuição de luz natural nos ambientes de salas de aula devem ser premissas de projeto. A construção escolar foi regulamentada considerando fatores como higiene, iluminação natural dentro das salas, manutenção e ventilação. Essas orientações foram compiladas no Regulamento da Diretoria Geral da Saúde Pública em 1929 (DORIGO, 2007, p. 33).

No caso das escolas, faz-se necessário atentar para o possível obscurecimento provocado pela incidência do sol de maneira inadequada sobre carteiras, mesas e quadro negro.

Como a arquitetura escolar teve início na Europa, foram publicadas na Inglaterra, no século XIX, recomendações que indicavam que as salas de aula deveriam ser providas de grandes janelas para ventilação e iluminação natural, demonstrando preocupação com a saúde dos estudantes. Pelo fato de a Inglaterra estar no hemisfério Norte, era recomendada a orientação norte para as aberturas das

salas de aula. Dessa forma se conseguia obter uma luminosidade uniforme e ausência de ofuscamento no plano de trabalho e na lousa (KOWALTOWSKI, 2011).

O conforto visual é importante para a saúde e a produtividade das pessoas, principalmente em edifícios educativos, por seu uso diurno e pelo tipo de função realizada. A maioria das atividades desenvolvidas em sala de aula demanda percepção visual adequada, o que depende, necessariamente, de luz em quantidade suficiente e com qualidade (Alvarez, 1995, apud KOWALTOWSKI, 2011, p. 147).

Dudek (2007, apud KOWALTOWSKI, 2011) afirma que “uma adequada estratégia de iluminação natural nas escolas deve proporcionar uma quantidade de luz suficiente onde necessário, para assegurar que não haja desconforto visual”. Em avaliações pós-ocupação para salas de aula, grande parte das queixas dos alunos referente à incidência solar é a reflexão veladora, ou seja, um ofuscamento refletido que dá a falsa percepção de que o texto está apagado em algumas partes do quadro negro. Essa sensação é causada pela radiação direta no objeto.

2.6 ESCOLAS PÚBLICAS NO BRASIL

A educação exerce papel de extrema importância para o desenvolvimento de uma nação. Para Kowaltowski (2011), deve haver mais incentivo na educação:

As questões educacionais têm desencadeado muitas discussões no Brasil, sua qualidade é constantemente questionada, principalmente pelas avaliações desempenho dos alunos das escolas públicas. Elas demonstram a necessidade de tratar a educação como prioridade, dada sua importância social na preparação dos indivíduos para a vida adulta e para a construção de uma sociedade mais justa e humana. (KOWALTOWSKI, 2011, p. 11).

A tendência em educação nos países em desenvolvimento é aumentar o número de alunos, o que acarretou impactos ao sistema educacional, pois requer recursos humanos e materiais. A educação de massa necessita de organização e administração inovadora para atender com qualidade a população, o que nem sempre é feito nas políticas públicas em vigor. (KOWALTOWSKI, 2011, p. 29).

Uma das justificativas para adoção da implantação de projetos padrão foi devido ao aumento da população e a alta demanda para atendimento de ambientes de ensino; pois a grande quantidade de indivíduos pode afetar no comportamento dos

mesmos de modo a provocar sensação de sufocamento e fobia. Essa circunstância é agravada pela taxa de ocupação em determinado ambiente, além da disposição do layout do mobiliário, quantidade e direcionamento de iluminação.

Além de maior agilidade na implantação, a padronização também visa à redução de custos devido à baixa disponibilidade de recursos. De acordo com dados do movimento “Todos pela Educação” e conforme índices do Censo Escolar de 2015, itens como esgotamento sanitário foram constatados em apenas 38% das escolas públicas do país (Ministério da Educação, 2015). Ou seja, se os recursos financeiros para investimentos em componentes básicos como esgoto são escassos; para construção, reforma ou ampliação a situação é ainda mais complicada.

É frequentemente debatida a questão do investimento em educação no Brasil. Os recursos monetários fazem muita diferença, quando são insuficientes, as escolas mal conseguem funcionar.

Em análise das edificações escolares do ensino público, verifica-se que as mesmas não passaram por um adequado processo arquitetônico e apresentam um nível baixo de conforto, muitas vezes com superlotação das salas. A criança e adolescente devem dispor de atmosfera adequada para concentração e dedicação no aprendizado. Assim como os alunos, os professores também necessitam de recursos, ambientes, materiais e infraestrutura necessária para desenvolver seus respectivos trabalhos.

Reflexo dessa situação do setor público brasileiro de que o desempenho dos alunos pode ser afetado pela falta de infraestrutura de qualidade é o dado a seguir.

De acordo com o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb), mais de 65% dos alunos brasileiros no 5º ano da escola pública não sabem reconhecer um quadrado, um triângulo ou um círculo. Entre os alunos do 9º ano, cerca de 90% não aprenderam a converter uma medida dada em metros para centímetro, por exemplo (Secretaria da Educação de Pernambuco, 2015). A implementação do Ideb auxilia na avaliação da qualidade da educação.

Má formação de educadores, falta de estrutura, não se pode julgar apenas uma raiz do problema, é possível que seja um conjunto de fatores que levam a esses dados alarmantes. Contudo, promover um ambiente mais favorável onde os usuários sintam-se seguros e respeitados é a base para alavancar esses índices.

O professor é um agente determinante na educação das crianças. Por isso, ele deve ter um ambiente de trabalho favorável, onde possa sentir-se bem motivado para desempenhar sua função.

No Brasil, a desigualdade tem ligação direta com a infraestrutura das escolas. Instituições com estruturas mais adequadas são mais eficientes e obtém melhor desempenho.

Conforme dados do Censo Escolar, em alguns estados um percentual considerável de escolas apresenta condições de infraestrutura muito ruins. Professores de turmas avaliadas na Prova Brasil relatam problemas de más condições nas salas de aula, além de índices consideráveis de depredação em móveis, equipamentos e estrutura física das escolas (Ministério da Educação, 2015).

A criança tem direito a uma educação de qualidade. Para tanto, é necessária uma infraestrutura escolar de qualidade e mais investimentos que sejam realizados com eficiência. União, Estados e Municípios precisam trabalhar juntos, definindo políticas públicas que atendam a essas escolas que apresentam piores condições físicas.

2.7 PROJETO PADRÃO

Uma prática comum em projetos de instituições públicas como escolas, creches e hospitais é a utilização de projeto padrão aliado a um programa de necessidades estipulados pelos órgãos administrativos. A otimização de projeto é caracterizada pela escolha do melhor projeto para determinada situação com a finalidade de auxiliar o projetista na seleção de um projeto em consonância à solução do problema proposto.

Por se tratar de processo público, que enfrenta burocracias necessárias para captação, liberação de verba e processos licitatórios, a padronização em edificações públicas apresenta grandes vantagens na redução de tempo e custo na elaboração de projeto e economia devido à produção em larga escala, além de utilizar mão de obra especializada e resultar em menos falhas, pelo fato de serem construções em série. Além disso, pelo fato de ser modular, facilita a flexibilidade nos ambientes, algo

importante devido à variedade de atividades. Esse recurso possibilita a modificação de layout devido às variadas funções e a ampliação das áreas construídas.

Por outro lado, há pontos negativos, o que não garante unanimidade para os adeptos dessa metodologia de implantação de edificações públicas. A padronização raramente leva em consideração as condições locais existentes, de modo a promover um ambiente desfavorável em conforto ambiental para os usuários. Embora haja críticas, os projetos padrão continuam sendo implantados em grande parte dos programas das instituições brasileiras, pois a racionalização mostrou-se suficiente para suprir a demanda de novas escolas, reformas ou ampliações da rede de pública de ensino.

O Fundo de Fortalecimento da Escola (Fundescola) juntamente com o Ministério da Educação (MEC) publicou recomendações e diretrizes para construções e adequações de escolas públicas, em 2002. Exemplos de como projetar estratégias para impedir a entrada direta de radiação solar, evitar reflexos no quadro negro, situar aberturas de iluminação natural do lado esquerdo da sala em relação ao quadro (de modo a evitar que os alunos destros, a grande maioria, produzam sombra no caderno com o próprio braço, durante a escrita), entre outros, auxiliaram para que a arquitetura escolar e os projetos padrão pudessem proporcionar melhores condições internas aos usuários.

Grande parte dos projetos das escolas da rede pública de ensino é construída pela repetição de módulos para os variados ambientes como salas de aula, administração, sanitário, etc. No Estado do Paraná, atualmente adotam-se os projetos estandardizados desenvolvidos pela Fundepar, Padrão 023, 025 ou 026, por exemplo. São desenvolvidos em módulos padronizados de acordo com a necessidade da quantidade de alunos e dimensões do terreno em que será implantada.

3 METODOLOGIA

O estudo abrange a verificação do espaço físico interno do ambiente no que se refere ao acesso solar em diversas orientações cardeais. O procedimento metodológico utilizado foi por meio de simulação computacional, com utilização de sala de aula do projeto Padrão 023, materiais didáticos referenciais, pesquisa documental e presencial.

Foi feita consulta junto às instituições competentes relacionadas à área da educação para ratificação da implantação do projeto Padrão 023 e sua real importância. Além deste, são utilizados também o Padrão 025 e 026 na rede pública de ensino. A partir de então, foram levantadas junto ao Instituto de Paranaense de Desenvolvimento Educacional (Fundepar), o qual desenvolveu o projeto, informações complementares que possibilitassem a elaboração do projeto em meio digital.

O projeto Padrão pesquisado é bastante utilizado na rede pública de ensino no Paraná e constitui a configuração do complexo escolar como um todo. Para efeito do estudo, foi considerada a análise de uma sala de aula para verificação das diferentes situações em relação às orientações de implantação e às alternativas mitigadoras para melhor solução em cada caso.

A simulação computacional foi realizada com o *software* Google SketchUp 2017, um programa de fácil manuseio, interativo e com resultados eficientes. Este *software* possibilita que o objeto de estudo desenvolvido em 3D (maquete digital) seja submetido a configurações de implantação e sombreamento distintas. Com esse modelo virtual, que possui as mesmas propriedades dimensionais da edificação do projeto padrão, é possível verificar inúmeras possibilidades de análise, por meio de combinações de orientações da edificação com datas e horários de acordo com as condições reais do local de implantação.

O estudo foi feito para a cidade de Londrina, PR, porém, por se tratar de um projeto padrão, foi realizado em lote fictício, devido a diversas variedades de situações. Desse modo, não foi escolhido um terreno em particular. Com base nos dados de radiação solar apresentados por Frota e Schiffer (2001), verificaram-se os horários e os meses que apresentaram índices altos de irradiância solar por fachada vertical correspondente. Valores indicando 500 W/m^2 na fachada são considerados situação problema quanto a ganhos térmicos e valores acima de 600 W/m^2 , como

situação limite, ou seja, os períodos do ano em que ocorre maior incidência de radiação solar, conforme classificação de Pereira e Souza (2008). Para a latitude da cidade em questão, portanto, tais limites representarão as ocasiões que necessitam de maior proteção em relação ao sol.

De acordo com esses dados e devido às inúmeras possibilidades de orientações para implantação dos edifícios, foram adotadas as posições nas quais as faces das janelas estivessem voltadas exatamente ao norte, ao sul, leste e oeste. A partir de então, foi elaborada a simulação nas datas e horários em que a edificação receberá maior incidência de radiação, de acordo com Frota e Schiffer (2001), para a cidade de Londrina.

A primeira análise foi desenvolvida com nenhum tipo de anteparo nas janelas, para verificar a real condição da sala de aula, sem qualquer tratamento nas aberturas. Na sequência, foram levantados alguns elementos que pudessem agir como forma de sombreamento, obstruindo a incidência direta do sol no ambiente. Selecionados os dispositivos que foram considerados os mais viáveis, pelo custo-benefício, eficiência, formas de aplicação e durabilidade, aplicou-se os mesmos nas diversas situações de data e hora preestabelecidas e verificou-se o comportamento dos mesmos nas determinadas ocasiões.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO

As variadas combinações de incidência dos ventos, iluminação, orientação solar e fontes sonoras externas impedem que haja um projeto padrão ótimo. Porém com a normatização o ideal é que se tente mitigar ao máximo as adversidades que possam vir a ser enfrentadas devido à utilização dessa metodologia. De acordo com Barros (2002, apud DORIGO, 2007), “o principal aspecto ignorado pelos projetos padrão é a implantação”.

A topografia, as propriedades do solo, o formato do terreno, os ventos dominantes e a incidência solar são fatores específicos para cada situação. Deste modo, ajustes são necessários para proteção solar nas aberturas a fim de obter critérios de radiação e carga térmica adequada, sem que haja prejuízo na entrada da ventilação natural no ambiente.

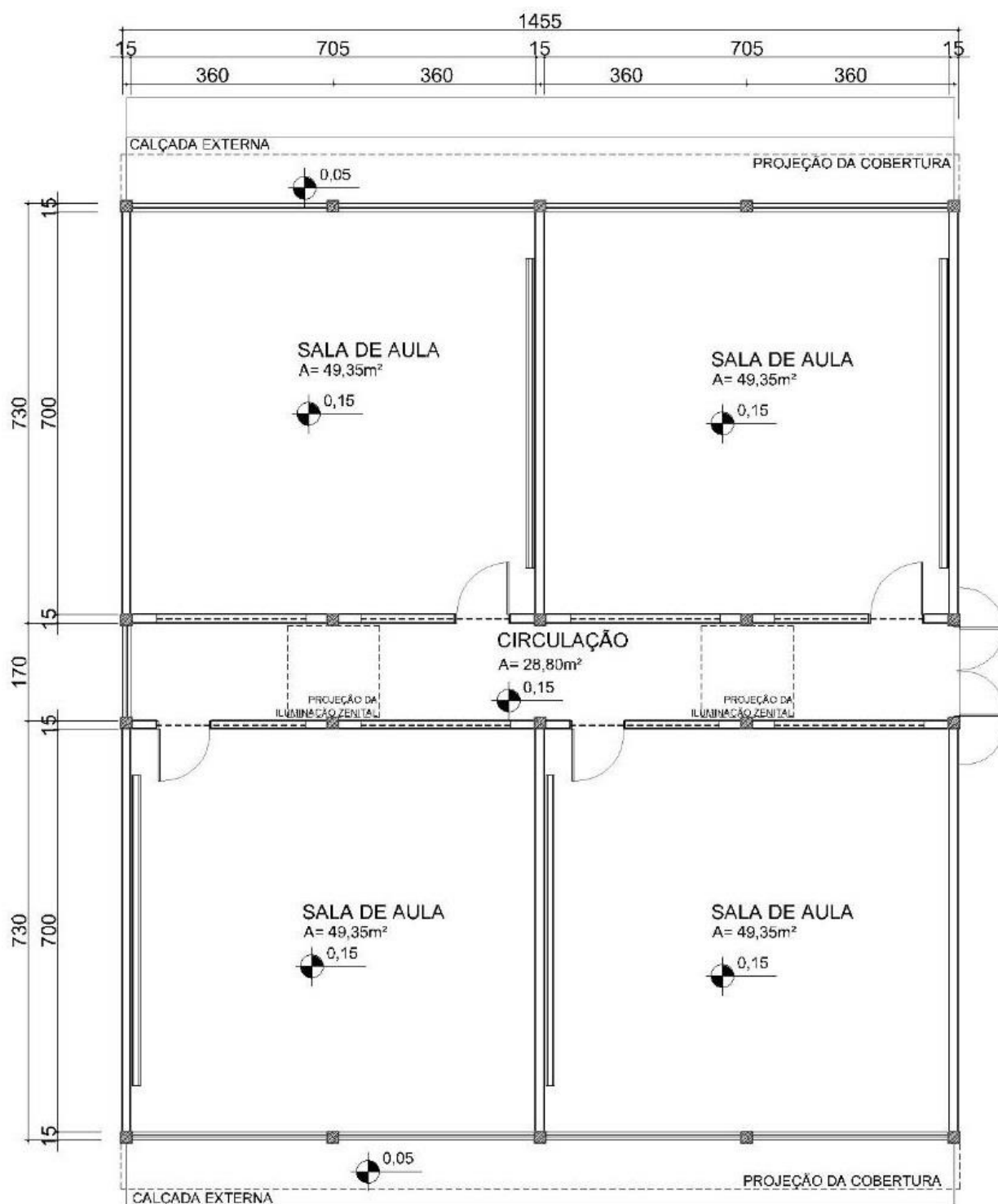
No caso do Paraná, onde a variação da faixa de latitudes é de 3°, considerada baixa, a análise da radiação solar no interior das salas de aula para as diversas possibilidades de orientação solar não apresenta desvios consideráveis.

Apesar disso, o Estado apresenta três tipos de Zonas Bioclimáticas, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR 15220 (2003). Assim, a edificação escolar Padrão 023 deve passar por estudos a respeito de implantação a fim de atender aos critérios de habitabilidade, considerando as características da Zona Bioclimática 1, Zona Bioclimática 2 e Zona Bioclimática 3, presentes no estado.

3.2 OBJETO DE ESTUDO

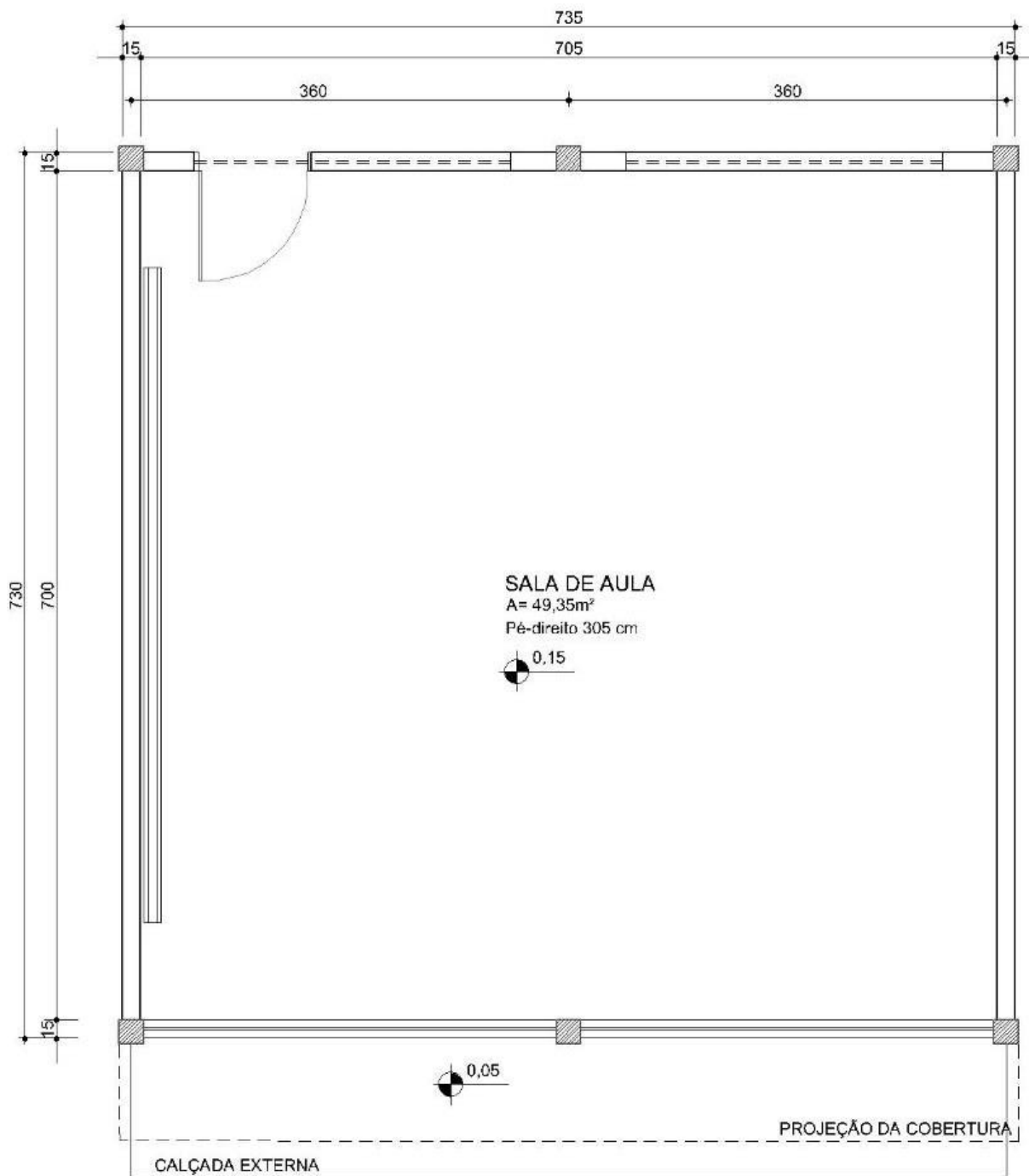
O objeto de estudo desta pesquisa será o Projeto Padrão 023. Essa tipologia foi desenvolvida em diversos módulos, de forma a permitir a junção dos mesmos de acordo com a implantação de cada escola. Foi verificado junto à Fundepar, a importância e nível de utilização desse padrão 023. A seguir são apresentadas as plantas de um módulo utilizado no projeto padrão 023 (Figura 1) e a planta de uma sala de aula desse módulo, Figura 2. Nestas representações gráficas não há indicação do Norte, pois não há regra de implantação do projeto no terreno, ou seja, permite orientação livre.

Figura 1: Planta Baixa (sem escala) – Módulo 04 Salas



Fonte: Fundepar (2017)

Figura 2: Planta Baixa (sem escala) – Sala de Aula



Fonte: Fundepar (2017)

3.3 CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA

O Estado do Paraná está localizado na região Sul do Brasil. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010), o Estado do Paraná possui uma área de pouco mais de 199 mil km², onde vive uma população de mais de 10 milhões de habitantes.

Londrina é a segunda maior cidade do Paraná, desempenhando um importante papel para o desenvolvimento do estado. Está localizada na região norte do Paraná e possui uma área territorial de aproximadamente 1,6 km², onde abriga mais de 500 mil habitantes. Ocupa uma posição geográfica situada a 23°18'37" de Latitude Sul e 50°09'46" de Longitude Oeste.

Para a região de Londrina, inserida na classificação da Zona Bioclimática 3, conforme as principais diretrizes construtivas recomendadas pela NBR 15220, os projetos arquitetônicos, de modo geral, devem ser desenvolvidos de forma a apresentar aberturas médias para ventilação e permitir o sol durante o inverno. Com parede leve refletora e cobertura leve isolada; aquecimento solar da edificação no inverno com vedações internas pesadas. No verão, recomenda-se ventilação cruzada. Deve apresentar orientação e implantação correta da edificação e se atentar à cor externa, a fim de auxiliar no aquecimento por meio da radiação solar. Além disso, é importante promover a renovação do ar interno por ar externo com ventilação dos ambientes.

Conforme Frota e Schiffer (2001), para a região de latitude 23°30', muito próxima à cidade de Londrina, há os períodos críticos em relação à incidência de radiação solar. De acordo com classificação de Pereira e Souza (2008), níveis acima de 600 W/m², sobre planos verticais, indicam as datas e horários em que determinada orientação de fachada está sujeita a maior radiação, em alguns casos inclusive ultrapassam os 700 W/m². Os períodos mais preocupantes são dia 22 de dezembro, às 08 horas para orientação Leste e 16 horas para orientação Oeste. Dia 22 de Março ou Setembro, às 08 horas para orientação Leste e 16 horas para orientação Oeste. E no dia 21 de Junho às 12 horas para orientação Norte.

A Tabela 1 indica os índices de radiação solar, em W/m², sobre planos verticais e horizontais, para cidades com Latitude 23°30' Sul, em diversos horários referente aos dias 22 de Março e 22 de Setembro.

Tabela 1: Dados de Radiação Solar Incidente sobre Planos Verticais (W/m²). Latitude: 23°30' Sul, para os dias 22 de Março e 22 de Setembro (Equinócios)

	06h	07h	08h	09h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	
S	0	28	45	53	60	63	63	63	60	53	45	28	0	março 22 / setembro 22
SE	16	288	386	313	163	63	63	63	60	53	45	28	0	
E	23	441	673	667	531	316	63	63	60	53	45	28	0	
NE	16	351	591	661	624	513	341	155	60	53	45	28	0	
N	0	73	190	290	386	446	453	446	386	290	190	73	0	
NW	0	28	45	53	60	155	341	513	624	661	591	351	16	
W	0	28	45	53	60	63	63	316	531	667	673	441	23	
SW	0	28	45	53	60	63	63	63	163	313	386	288	16	
H	0	155	418	667	751	983	1029	983	751	667	418	155	0	

Fonte: Adaptado de Frota e Schiffer et al. (2001)

Legenda:

- Orientações avaliadas
- Horários com maior radiação – Situações Limite
- Horário com maior radiação – Situação Problema

Do mesmo modo, a Tabela 2 apresenta os índices de radiação solar ao longo do dia para o dia 21 de Junho.

Tabela 2: Dados de Radiação Solar Incidente sobre Planos Verticais (W/m²). Latitude: 23°30' Sul, para o dia 21 de Junho (Solstício de Inverno)

	06h	07h	08h	09h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	
S	—	8	30	45	50	53	55	53	50	45	30	8	—	junho 21
SE	—	36	112	56	50	53	55	53	50	45	30	8	—	
E	—	90	395	501	424	261	55	53	50	45	30	8	—	
NE	—	96	478	679	708	643	515	349	180	45	30	8	—	
N	—	51	289	485	607	679	705	679	607	485	289	51	—	
NW	—	8	30	45	180	349	515	643	708	679	478	96	—	
W	—	8	30	45	50	53	55	261	424	501	395	90	—	
SW	—	8	30	45	50	53	55	53	50	56	112	36	—	
H	—	21	182	395	573	675	716	675	573	395	182	21	—	

Fonte: Adaptado de Frota e Schiffer et al. (2001)

Legenda:

- Orientações avaliadas
- Horários com maior radiação – Situações Limite
- Horário com maior radiação – Situação Problema

A Tabela 3, para o dia 22 de Dezembro, de acordo com Frota e Schiffer (2001). Estas referências foram utilizadas como base pois os índices apresentados referem-se à latitude 23°30', muito próxima à latitude de Londrina – PR.

Tabela 3: Dados de Radiação Solar Incidente sobre Planos Verticais (W/m²). Latitude: 23°30' Sul, para o dia 22 de Dezembro (Solstício de Verão)

	06h	07h	08h	09h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	
S	114	208	195	151	106	74	63	74	106	151	195	208	114	dezembro 22
SE	255	560	615	549	410	244	63	68	63	58	50	40	20	
E	276	608	704	659	511	311	63	68	63	58	50	40	20	
NE	121	323	410	417	349	235	65	68	63	58	50	40	20	
N	20	40	50	58	63	68	66	68	63	58	50	40	20	
NW	20	40	50	58	63	68	65	235	349	417	410	323	121	
W	20	40	50	58	63	68	63	311	511	659	704	608	276	
SW	20	40	50	58	63	68	63	244	410	549	615	560	255	
H	81	317	575	811	990	1108	1138	1108	990	811	575	317	81	

Fonte: Adaptado de Frota e Schiffer et al. (2001)

Legenda:

- Orientações avaliadas

- Horários com maior radiação – Situações Limite
 Horário com maior radiação – Situação Problema

Pereira e Souza (2008) consideram válidos esses valores de radiação, desde que a relação entre área da abertura da(s) janela(s) e a área de piso do ambiente atenda uma proporção inferior a 0,25 (25%). Dessa forma, a seguir é apresentado o cálculo demonstrando que a situação do objeto de estudo se enquadra nessa classificação, conforme equação 1.

(eq. 1)

$$\frac{\text{Área de aberturas}}{\text{Área de piso}} < 0,25$$

Sendo que as dimensões da janela são 3,40 × 1,50 m (*Largura × Altura*);

Logo, a área bruta de uma (01) janela = 5,10 m²;

Descontando a área do caixilho, obtêm-se 3,98 m² de área útil;

No ambiente em estudo há duas (02) janelas com as mesmas dimensões, portanto, (2,00 × 3,98), assim a área total útil de aberturas = **7,96 m²**;

Para a área de piso: 7,00 × 7,05 m (*Largura × Comprimento*);

Logo, a área de piso interno do ambiente = **49,35 m²**

Ao inserir na Equação 1 esses valores obtidos apresentados acima, tem-se que:

(eq. 2)

$\frac{7,96}{49,35} = 0,16$

Conforme verificado na Equação 2, obtêm-se que 0,16 é inferior ao índice referência pré-estipulado por Pereira e Souza (2008). Assim, os valores limites e críticos se enquadram para as análises do estudo.

Dessa forma, as salas de aula foram analisadas com simulações para as datas mencionadas, orientadas nas posições com a janela voltada ao Norte, Sul, Leste e Oeste, nos horários citados, relativos à posição geográfica de Londrina (Latitude 23°18'37" S e Longitude 51°09'46" W).

3.4 PROCEDIMENTO DE SIMULAÇÃO

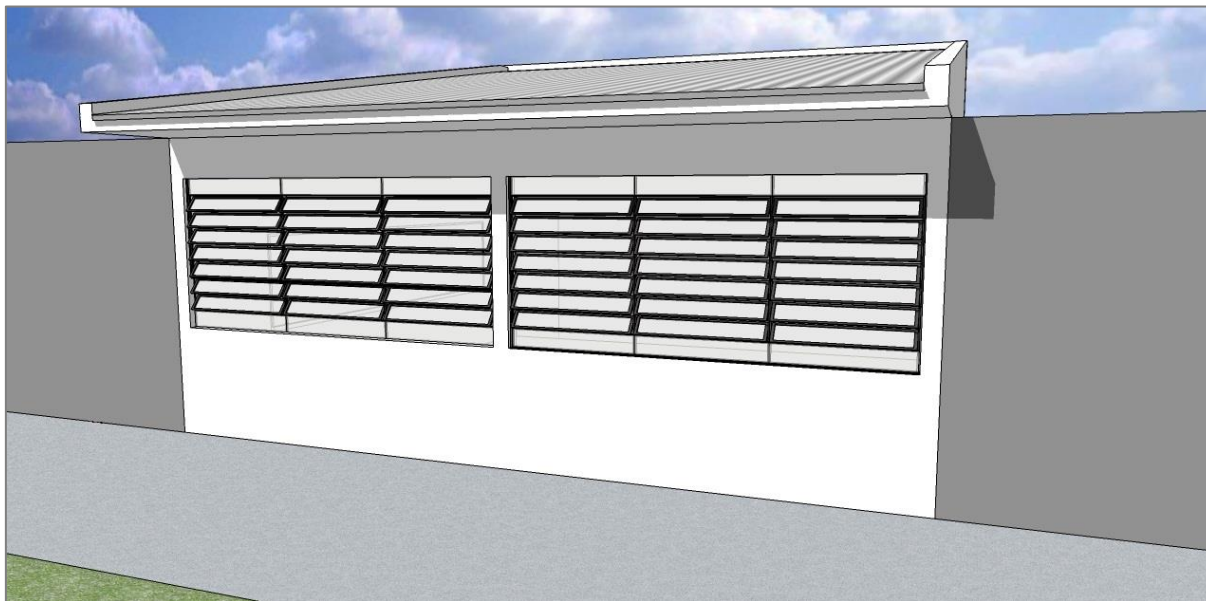
A fim de garantir uma arquitetura de boa qualidade e reduzir o consumo de energia, o projeto arquitetônico deve ser adaptado ao clima da região e a escolha dos materiais deve ser condizente à essa região (BERALDO, 2006).

O projeto Padrão 023, desenvolvido pela Fundepar, resulta da evolução e adaptação de outros projetos padrão anteriores, que surgiram da intenção de que a normatização em edificações escolares atenda à necessidade de construir em menor custo e prazo, e maior qualidade técnica construtiva. O Padrão 023 consiste em um complexo geral de escola constituído por diversos módulos. O módulo de salas de aula, por sua vez, é composto por números pares de salas de aula.

Dessa forma, uma unidade de sala de aula que compõe esse módulo foi representada em maquete digital. O *software* Google SketchUp 2017 serviu como base para a simulação, utilizado para elaboração do modelo computacional com as mesmas características físicas dimensionais do projeto (sem considerar tipos de acabamento, cores e texturas de materiais) e submetido às simulações com as variadas combinações de orientação das fachadas, data e horário, para a cidade de Londrina; com aplicação de elementos externos, com base na vida útil, manutenção e funcionalidade.

A Figura 3 representa a maquete eletrônica da vista externa de uma sala de aula do Padrão 023, objeto de estudo. Conforme imagem, o projeto original é constituído por duas (02) janelas com folhas basculantes. Não há elementos externos de sombreamento no Projeto Padrão 023.

Figura 3: Vista externa de uma sala de aula do Padrão 023. Janelas basculantes, sete (07) folhas, sem elementos de sombreamento



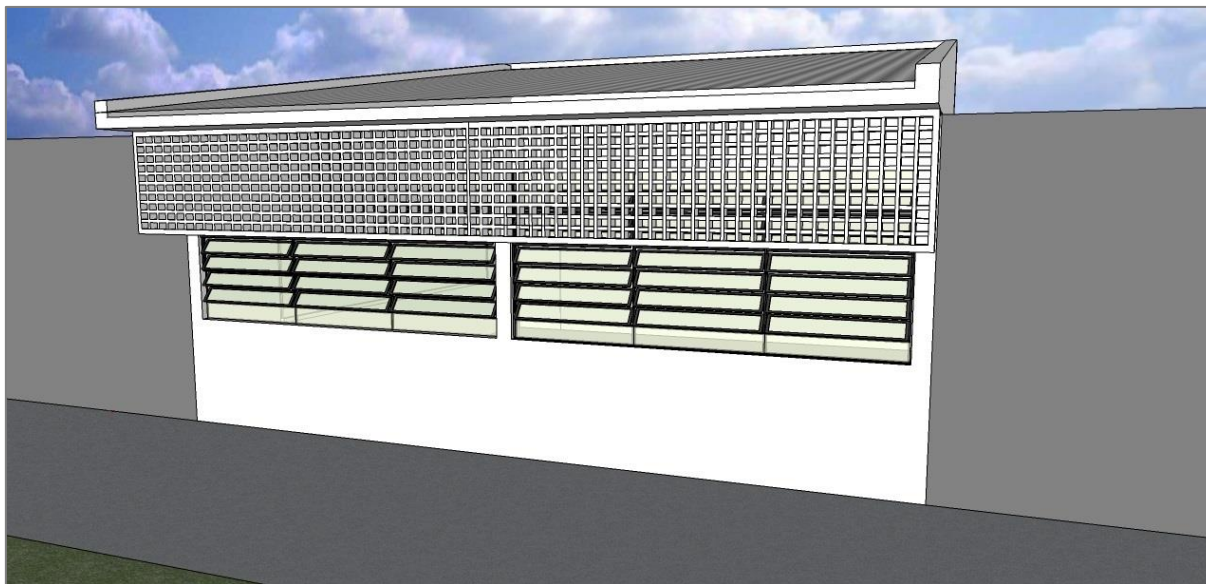
Fonte: Software Google SketchUp v. 2015, Autoria própria

Foram levantados diversos tipos de elementos que auxiliam na função de sombreamento e iluminação indireta como *brises*, muxarabis, cobogós, marquise, elementos vazados, lanternim, claraboia, pérgolas, *shed* e domos. Por meio dos recursos deste *software*, é possível que o ambiente seja simulado com os diversos tipos de elementos de proteção, para se analisar previamente o comportamento do efeito de sombreamento gerado por eles. Assim, alguns elementos foram considerados mais adequados ao se avaliar durabilidade, necessidade de manutenção e resistência do sistema, e são apresentados sendo incorporados ao ambiente de uma sala de aula.

Quatro opções de elementos demonstraram melhor desempenho em relação ao sombreamento promovido. Dessa forma, foram elaborados estudos mais detalhados com os horários e datas pré-determinadas para análise, com aplicação desses elementos.

A Figura 4 demonstra a aplicação de um anteparo vazado, aplicado ao longo de toda a extensão da fachada, medindo 7,35x1,00 m.

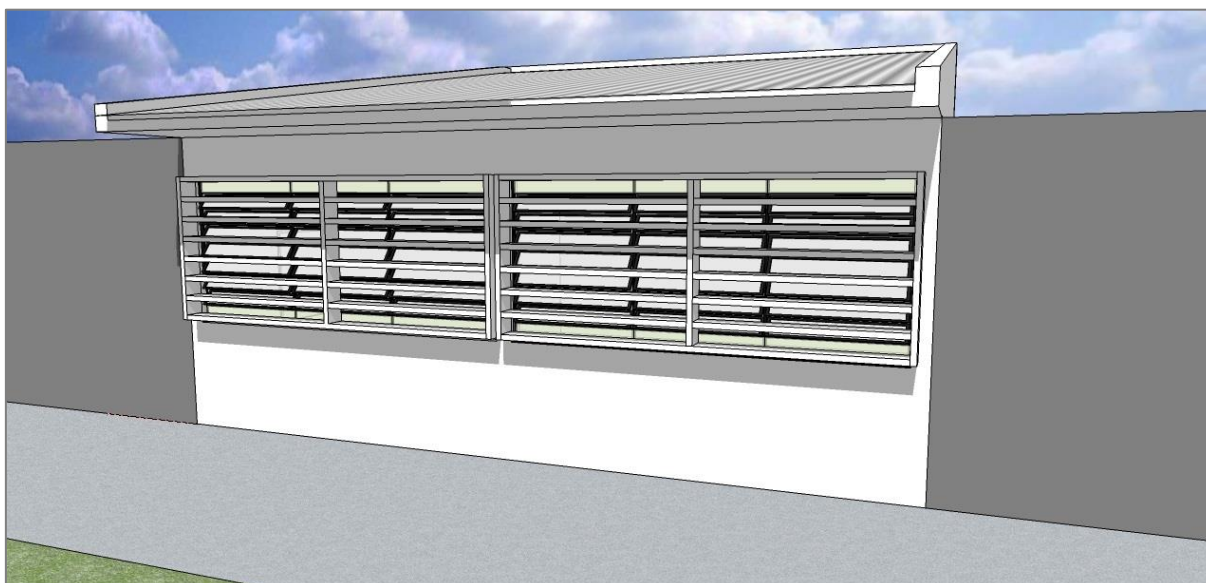
Figura 4: Maquete eletrônica de uma sala de aula do Padrão 023, com proteção solar por meio de anteparo vazado



Fonte: Software Google SketchUp v. 2015, Autoria própria

A Figura 5 representa o modelo com aplicação de *brises* horizontais em cada janela, com medidas de 3,55x1,50 m, com 0,20 m de largura e 0,15 m de espaçamento entre as aletas.

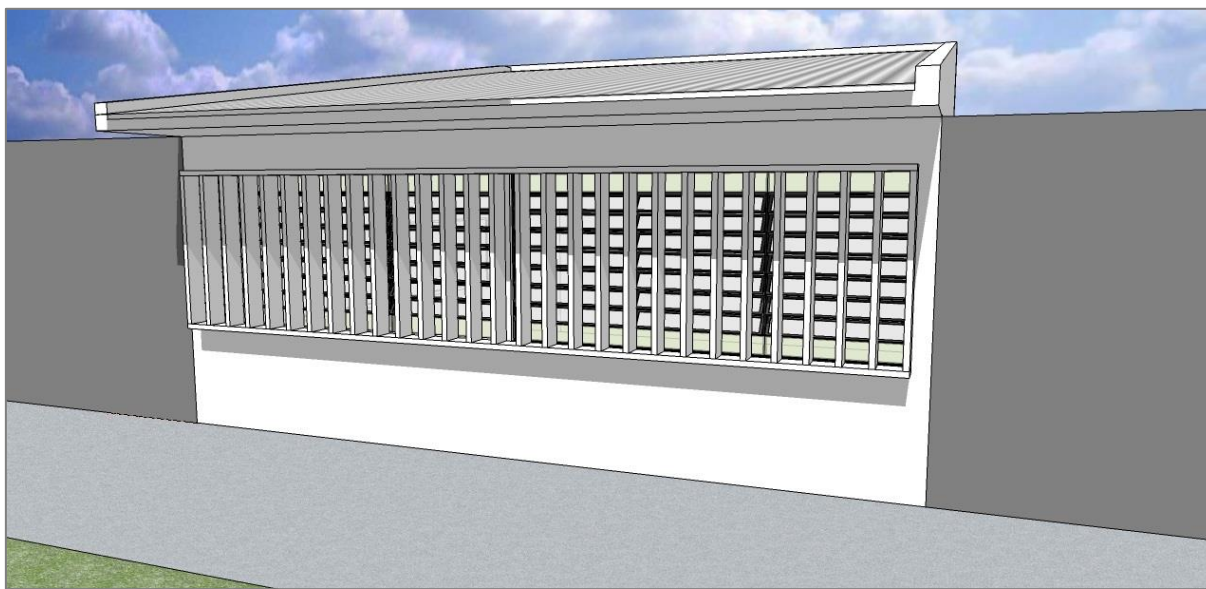
Figura 5: Maquete eletrônica de uma sala de aula do Padrão 023, com proteção solar por meio de *brises* horizontais



Fonte: Software Google SketchUp v. 2015, Autoria própria

A simulação representada na Figura 6 tem aplicação de *brises* verticais (7,05x1,60 m, com 0,20 m de profundidade e espaçamento de 0,20 m entre os *brises*) ao longo das esquadrias.

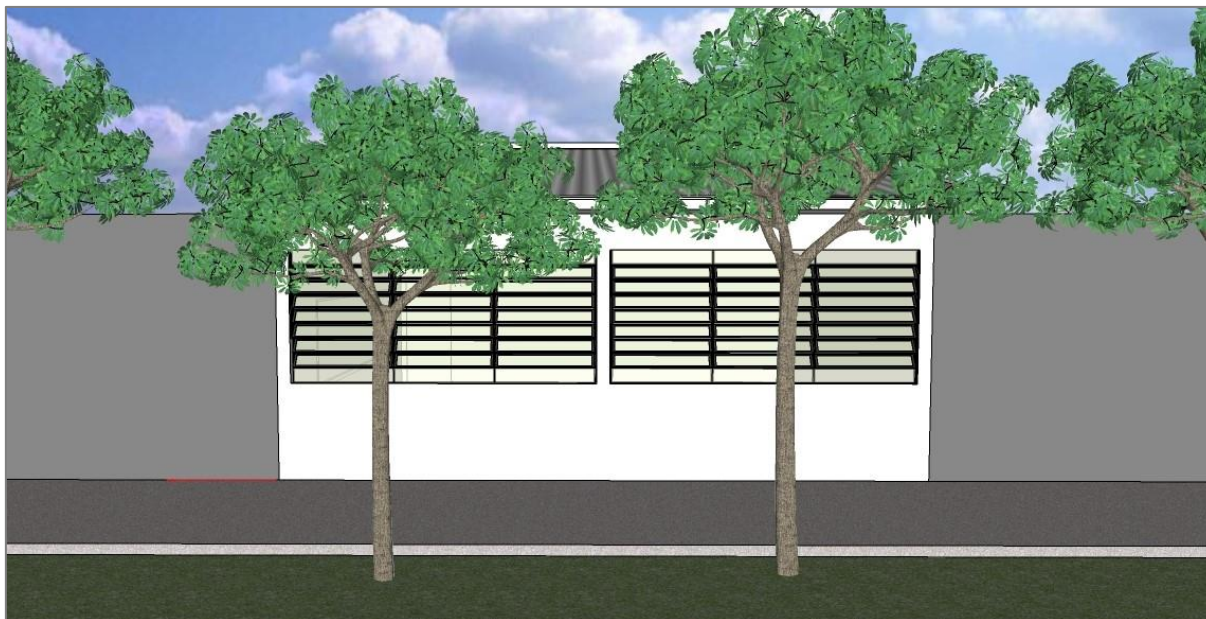
Figura 6: Maquete eletrônica de uma sala do Padrão 023, com proteção solar por meio de *brises* verticais



Fonte: *Software Google SketchUp v. 2015*, Autoria própria

Por fim, a proposta utilizando a vegetação como elemento de sombreamento, distanciada a 3 m das aberturas das janelas, com porte aproximado de 3 m de altura, conforme Figura 7. Nesta simulação utilizando vegetação, não há elementos fixos do lado externo da edificação como nas situações anteriores.

Figura 7: Maquete eletrônica de uma sala do Padrão 023, com vegetação como elemento de sombreamento



Fonte: *Software Google SketchUp v. 2015*, Autoria própria

O objetivo desta análise é buscar um recurso de sombreamento que seja apropriado para melhorar as condições de conforto em sala de aula de escola pública, na região de Londrina.

Para fins de simulação, foi considerada uma condição de céu aberto, sem nuvens para as variadas situações. A primeira etapa foi modelar o projeto de uma sala de aula que compõe o projeto padrão e fazer a simulação nas orientações, datas e horários estipulados, sem nenhum tipo de tratamento nas janelas, nem iluminação artificial, de modo a conseguir uma análise mais realista.

Primeiramente foram feitas as simulações de vistas internas do ambiente sem qualquer tipo de aplicação de elemento de sombreamento para demonstrar o comportamento da radiação solar, em datas, períodos e orientações cardeais pré-estabelecidas, para a cidade de Londrina.

A Figura 8 representa a vista interna da situação sem elementos de sombreamento, para a orientação Leste, no dia 22 de Março, às 08 horas. Do mesmo modo, a Figura 9 demonstra a situação sem elementos de sombreamento para a orientação Oeste em 22 de Março, às 16 horas. A Figura 10 é o resultado da situação sem elementos de sombreamento elaborada para o dia 21 de Junho, às 12 horas, para orientação Norte. A Figura 11 representa a situação sem elementos de sombreamento feita para o dia 22 de Dezembro, às 08 horas para orientação Leste.

Da mesma forma, a Figura 12 demonstra a configuração para o dia 22 de Dezembro, às 16 horas, orientação Oeste, sem elementos de sombreamento. Conforme imagens a seguir:

Situação sem elementos de sombreamento

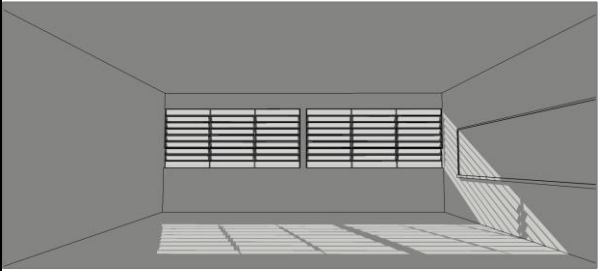
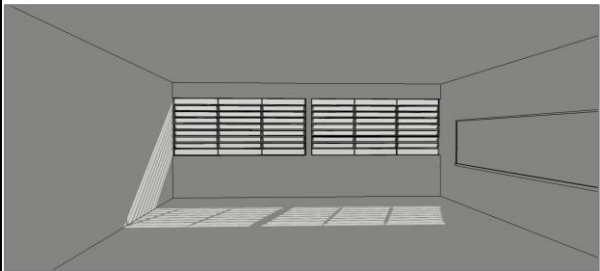
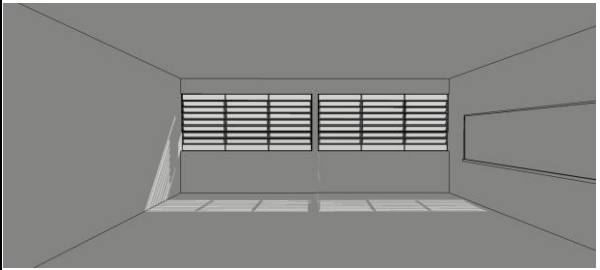
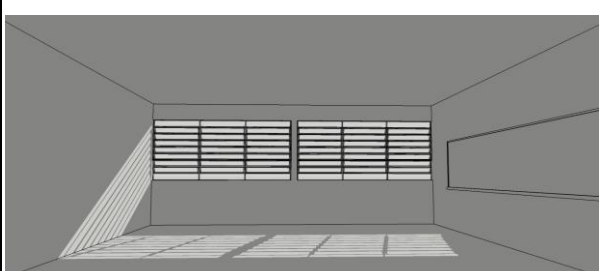
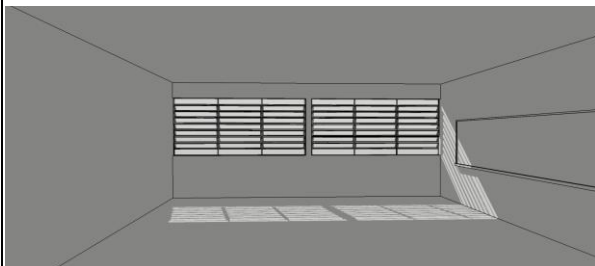
<p>Figura 8</p>  <p>Fonte: A autoria própria</p>	<p>Orientação Leste em 22 Mar, às 08hs</p>
<p>Figura 9</p>  <p>Fonte: A autoria própria</p>	<p>Orientação Oeste em 22 Mar, às 16hs</p>
<p>Figura 10</p>  <p>Fonte: A autoria própria</p>	<p>Orientação Norte em 21 Jun, às 12hs</p>
<p>Figura 11</p>  <p>Fonte: A autoria própria</p>	<p>Orientação Leste em 22 Dez, às 08hs</p>

Figura 12



Fonte: Aatoria própria

Orientação Oeste em 22 Dez, às 16hs

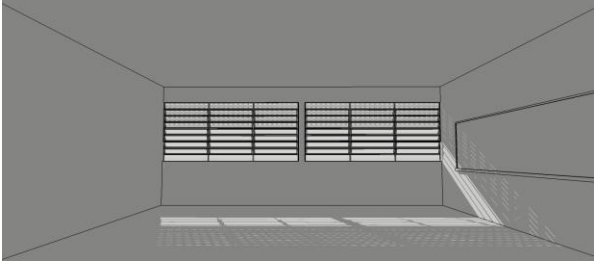
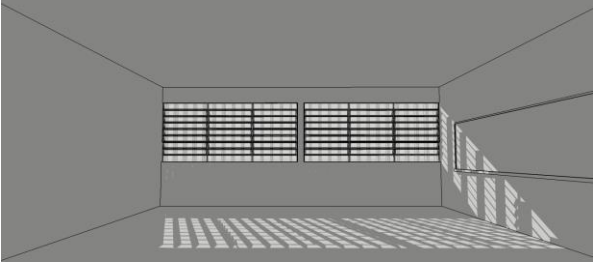
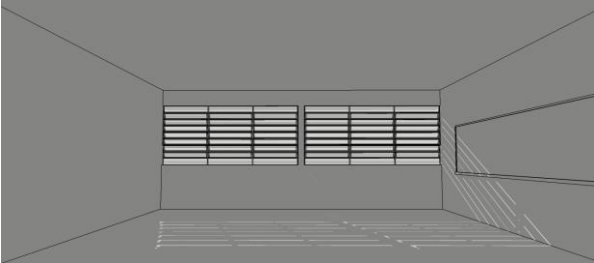
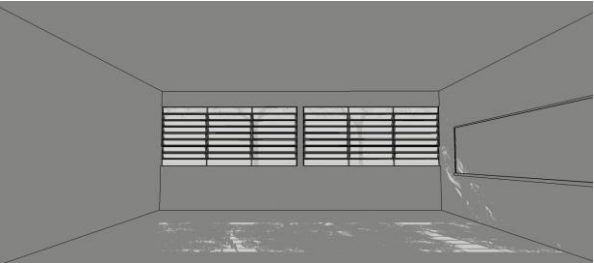
4 RESULTADOS

Para proceder às análises, devido aos diversos ângulos de orientação, foi considerada a planta com janelas voltadas exatamente para o Leste, Norte e Oeste, respectivamente. Para a fachada Sul não há valores acima de 600 W/m², de acordo com classificação de Pereira e Souza (2008), dessa forma não foi considerado necessário tratamento.

Na sequência, foram aplicados os elementos estudados e considerados mais viáveis para todas as orientações previstas, nas mesmas datas e horários críticos analisados. Foram identificados os aspectos de radiação solar e o tipo de insolação da fachada para definir o tipo de proteção solar mais adequado às necessidades de obstrução da incidência direta do sol. Com essa combinação de possibilidades, chegou-se a uma verificação ideal para cada orientação da edificação.

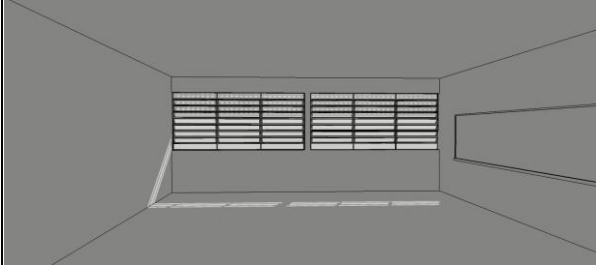
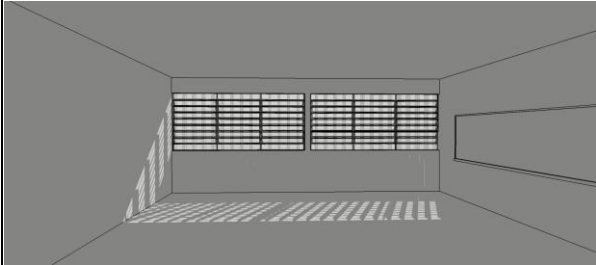
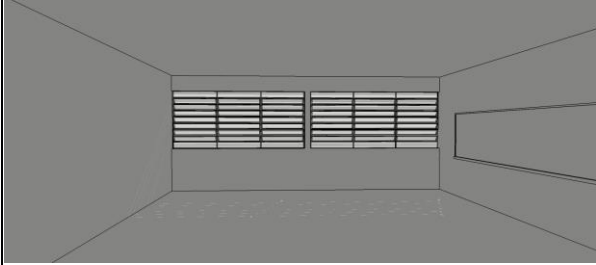
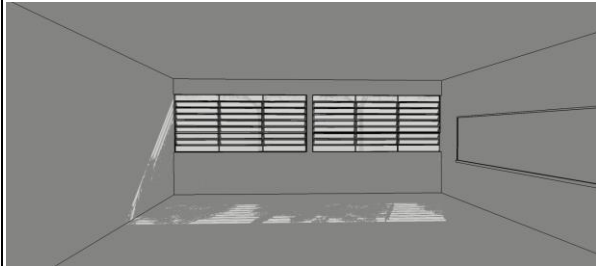
Foram elaboradas simulações para o dia 22 de Março, às 08 horas, na orientação Leste (representada pela letra “E”), por ser o horário onde foi detectada radiação solar mais intensa. Esse conjunto de condições apresentou o mesmo comportamento da situação de 22 de Setembro, às 08 horas, na orientação Leste (representada pela letra “E”, conforme apresentado na Tabela 1). O estudo foi realizado com aplicação de anteparo vazado representada na Figura 13. A Figura 14 demonstra a simulação com aplicação de *brise* vertical. A Figura 15 representa a utilização de *brise* horizontal no modelo e a Figura 16 representa a simulação utilizando vegetação externa natural como elemento de sombreamento, conforme imagens a seguir:

Leste, 22 de Março às 08h

<p data-bbox="475 405 587 439">Figura 13</p>  <p data-bbox="400 719 662 752">Fonte: Autoria própria</p>	<p data-bbox="938 568 1342 602">Tratamento com anteparado vazado</p>
<p data-bbox="475 786 587 819">Figura 14</p>  <p data-bbox="400 1099 662 1133">Fonte: Autoria própria</p>	<p data-bbox="963 927 1316 960">Tratamento com brise vertical</p>
<p data-bbox="475 1167 587 1200">Figura 15</p>  <p data-bbox="400 1480 662 1514">Fonte: Autoria própria</p>	<p data-bbox="948 1308 1332 1341">Tratamento com <i>brise</i> horizontal</p>
<p data-bbox="475 1547 587 1581">Figura 16</p>  <p data-bbox="400 1861 662 1895">Fonte: Autoria própria</p>	<p data-bbox="927 1688 1353 1722">Tratamento com vegetação externa</p>

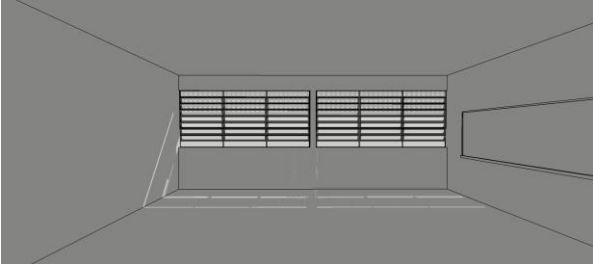
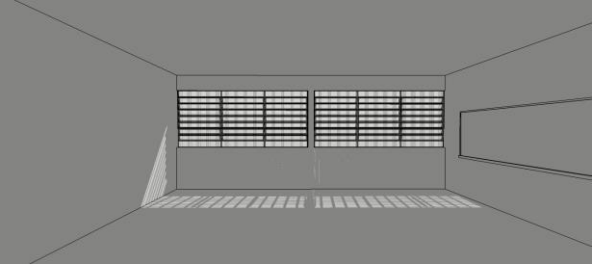
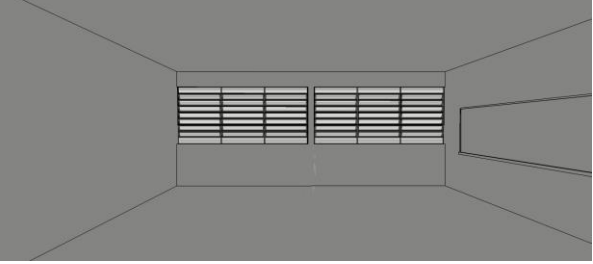
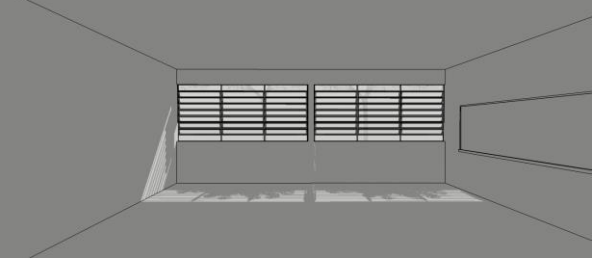
Do mesmo modo, seguem imagens da simulação para orientação cardinal Oeste, no dia 22 de Março, às 16 horas. Conforme apresentado na Tabela 1, condições que recebem maior nível de radiação solar. A Figura 17 apresenta a simulação elaborada com aplicação de anteparo vazado, a Figura 18 demonstra a simulação utilizando o *brise* vertical, já a Figura 19 representa a utilização de *brise* horizontal no modelo e, por fim, a Figura 20 apresenta o resultado da simulação utilizando vegetação externa natural. Observou-se que o estudo apresentou resultado semelhante para o dia 22 de Setembro, às 16 horas, na orientação Oeste (representada pela letra “W”, de acordo com apresentado na Tabela 1).

Oeste, 22 de Março às 16h

<p data-bbox="475 349 587 383">Figura 17</p>  <p data-bbox="400 667 662 701">Fonte: Autoria própria</p>	<p data-bbox="938 512 1342 546">Tratamento com anteparo vazado</p>
<p data-bbox="475 732 587 766">Figura 18</p>  <p data-bbox="400 1052 662 1086">Fonte: Autoria própria</p>	<p data-bbox="963 878 1316 911">Tratamento com brise vertical</p>
<p data-bbox="475 1115 587 1149">Figura 19</p>  <p data-bbox="400 1433 662 1467">Fonte: Autoria própria</p>	<p data-bbox="948 1263 1332 1296">Tratamento com <i>brise</i> horizontal</p>
<p data-bbox="475 1498 587 1532">Figura 20</p>  <p data-bbox="400 1814 662 1848">Fonte: Autoria própria</p>	<p data-bbox="927 1644 1353 1677">Tratamento com vegetação externa</p>

As imagens a seguir demonstram os estudos realizados para a orientação Norte, no dia 21 de Junho, às 12 horas, que apresentou índice elevado de radiação solar, conforme Tabela 2 apresentada. A Figura 21 representa a simulação utilizando anteparo vazado. A Figura 22 apresenta o resultado do modelo com aplicação de *brise* vertical, a Figura 23 representa a utilização *brise* horizontal e a Figura 24 demonstra o resultado da simulação utilizando vegetação externa como elemento de sombreamento.

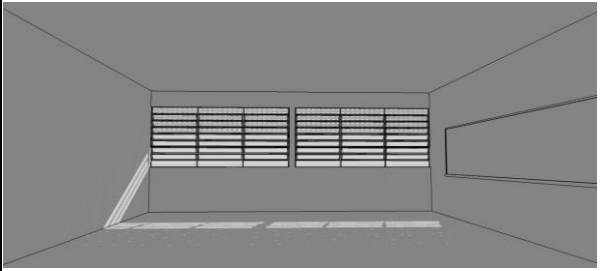
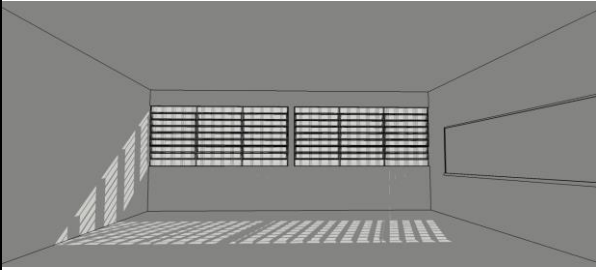
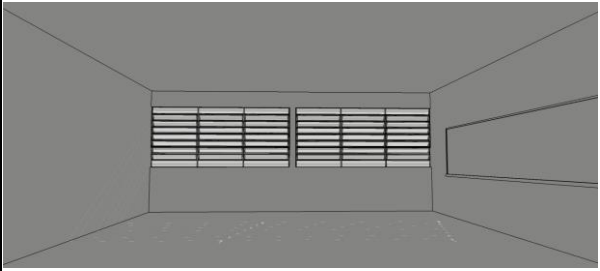
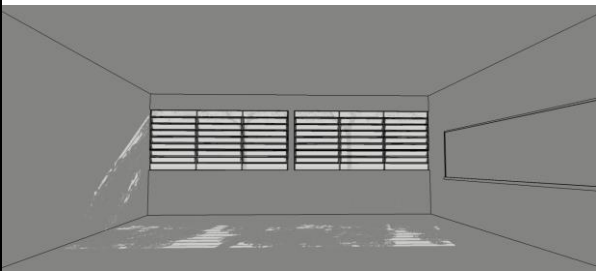
Norte, 21 de Junho às 12h

<p data-bbox="475 297 587 324">Figura 21</p>  <p data-bbox="400 611 663 638">Fonte: Autorial própria</p>	<p data-bbox="938 461 1342 488">Tratamento com anteparo vazado</p>
<p data-bbox="475 685 587 712">Figura 22</p>  <p data-bbox="400 994 663 1021">Fonte: Autorial própria</p>	<p data-bbox="963 826 1316 853">Tratamento com brise vertical</p>
<p data-bbox="475 1072 587 1099">Figura 23</p>  <p data-bbox="400 1377 663 1404">Fonte: Autorial própria</p>	<p data-bbox="948 1209 1332 1236">Tratamento com <i>brise</i> horizontal</p>
<p data-bbox="475 1460 587 1487">Figura 24</p>  <p data-bbox="400 1765 663 1792">Fonte: Autorial própria</p>	<p data-bbox="927 1592 1353 1619">Tratamento com vegetação externa</p>

Do mesmo modo, as simulações feitas para o dia 22 de Dezembro, às 08 horas, para a orientação Leste, com aplicação dos diversos tipos de elementos de sombreamento. Na Figura 25, pode-se observar o comportamento da simulação

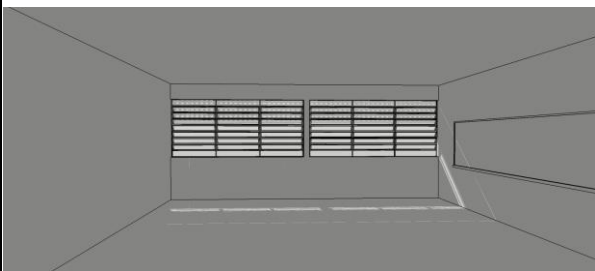
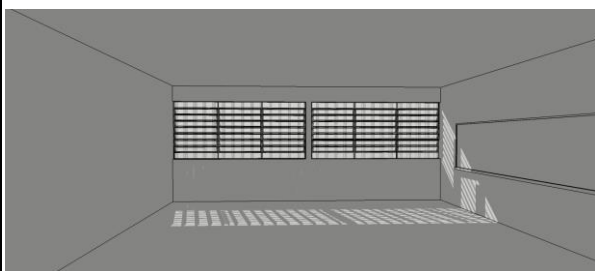
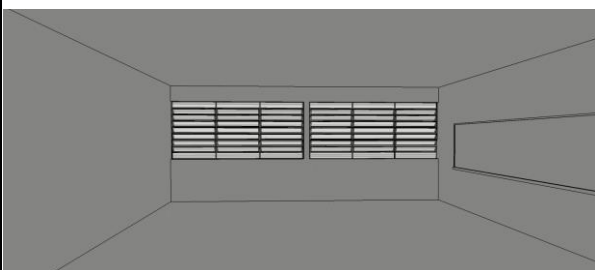
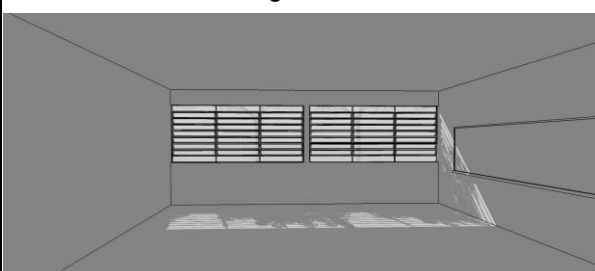
quando da aplicação de anteparo vazado. A Figura 26 representa a utilização de *brise* vertical no modelo. Já a Figura 27 apresenta a vista interna do modelo simulado com a aplicação de *brise* horizontal. Por fim, a Figura 28 demonstra o resultado da simulação com a utilização de vegetação externa. Os resultados das simulações seguem abaixo:

Leste, 22 de Dezembro, às 08h

<p data-bbox="475 297 587 324">Figura 25</p>  <p data-bbox="400 611 663 638">Fonte: Autorial própria</p>	<p data-bbox="938 461 1342 488">Tratamento com anteparo vazado</p>
<p data-bbox="475 678 587 705">Figura 26</p>  <p data-bbox="400 992 663 1019">Fonte: Autorial própria</p>	<p data-bbox="962 824 1318 851">Tratamento com brise vertical</p>
<p data-bbox="475 1059 587 1086">Figura 27</p>  <p data-bbox="400 1373 663 1400">Fonte: Autorial própria</p>	<p data-bbox="946 1205 1334 1232">Tratamento com <i>brise</i> horizontal</p>
<p data-bbox="475 1440 587 1467">Figura 28</p>  <p data-bbox="400 1753 663 1780">Fonte: Autorial própria</p>	<p data-bbox="930 1585 1350 1612">Tratamento com vegetação externa</p>

Por fim, o resultado das simulações elaboradas para orientação Oeste, dia 22 de Dezembro, às 16 horas, por ser o horário onde foi detectado radiação solar mais intensa. A Figura 29 representa a vista interna do estudo realizado com aplicação de anteparo vazado. A Figura 30 demonstra a simulação com utilização de *brise* vertical. Já a Figura 31 apresenta o resultado do modelo com aplicação de *brise* horizontal como elemento de sombreamento. E a Figura 32 representa a simulação do modelo com utilização de vegetação natural externa, conforme imagens a seguir:

Oeste, 22 de Dezembro às 16h

<p>Figura 29</p>  <p>Fonte: A autoria própria</p>	<p>Tratamento com anteparado vazado</p>
<p>Figura 30</p>  <p>Fonte: A autoria própria</p>	<p>Tratamento com brise vertical</p>
<p>Figura 31</p>  <p>Fonte: A autoria própria</p>	<p>Tratamento com <i>brise</i> horizontal</p>
<p>Figura 32</p>  <p>Fonte: A autoria própria</p>	<p>Tratamento com vegetação externa</p>

Dessa forma, observou-se que a utilização do *brise* horizontal mostrou eficácia em todas as situações avaliadas, como forma de tratamento da insolação direta da radiação solar. Ressaltando que a análise é referente ao bloqueio do acesso solar.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados, observou-se que, mesmo em projetos padrão que apresentam alguns fatores desfavoráveis como a não avaliação das condições locais, como o clima, terreno, incidência solar e dos ventos, é possível adequá-los às características encontradas em cada situação, para se alcançar as demandas de conforto não apenas em questões de orientação da implantação. Dessa forma, são demonstradas informações que podem servir de auxílio para melhorar a qualidade interna do ambiente, e também as orientações que proporcionam condições melhores no que diz respeito à radiação solar e conforto térmico.

Para o cenário de Londrina, cidade tomada como referência, nas orientações Leste, Norte e Oeste, para as datas e horários considerados críticos, foi possível obter resultados favoráveis com utilização de *brises soleis* horizontais, como elementos para controle da radiação solar direta. Para a face Sul, foi verificado não ser necessário qualquer tipo de tratamento passivo de sombreamento nas aberturas. Portanto, a utilização de dispositivos de sombreamento nas aberturas, projetados com os devidos embasamentos, restringiu a quantidade de incidência solar direta no interior do ambiente.

Conforme Tabela 4, é possível verificar o grau de eficiência de sombreamento dos elementos analisados nas datas, horários e orientação solar estipuladas.

Tabela 4: Avaliação dos resultados obtidos com as simulações realizadas

		ELEMENTOS DE SOMBREAMENTO			
		Anteparo Vazado 7,35x1,00m	Brise Vertical 7,05x1,60m	Brise Horizontal 3,55x1,50m	Vegetação Externa
DATA / HORÁRIO / ORIENTAÇÃO SOLAR	22 Mar e 22 Set, às 08h - Leste	Médio	Baixo	Alto	Alto
	22 Mar e 22 Set, às 16h - Oeste	Médio	Baixo	Alto	Médio
	21 Jun, às 12h - Norte	Alto	Baixo	Alto	Baixo
	22 Dez, às 08h - Leste	Médio	Baixo	Alto	Médio
	22 Dez, às 16h - Oeste	Alto	Baixo	Alto	Baixo

Fonte: Autoria própria.

Para fins de comparação, o grau de eficiência foi classificado em três níveis. O nível “alto” representa alto índice de eficácia relacionado ao efeito de sombreamento, o nível “médio” indica um índice intermediário de sombra gerada pelos elementos e nível “baixo” representa um fraco índice de sombreamento. É importante ressaltar que o presente estudo é referente apenas ao caráter do efeito de sombreamento e acesso solar, não considerando aspectos térmicos de períodos do ano onde é necessário maior aquecimento interno dos ambientes.

Cada orientação deve ser tratada com atenção específica e estudo direcionado. Com a simulação do programa é possível demonstrar a real eficiência dos elementos de proteção solar levantados, para reduzir ao máximo, de forma passiva, o nível de acesso solar direta nas salas de aula

Os dados obtidos permitem contribuir para que o projetista tenha informações que possam auxiliar na fase de projeto e implantação, de tal forma que consiga se adequar às características do terreno e do entorno. Desse modo é possível promover melhor qualidade do ambiente interno da sala de aula, e, conseqüentemente aumentar a assiduidade dos alunos, melhorar o desempenho dos mesmos e dos professores.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Desempenho Térmico de Edificações. Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social**: NBR15220-3 de 04/2005. Rio de Janeiro, 2003. 23 f.

BERALDO, Juliano C. **Eficiência energética em edifícios: avaliação de uma proposta de regulamento de desempenho térmico para a arquitetura do estado de São Paulo**. 2006. 283 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

DORIGO, Adriano L.; SUGA, Mauro; KRÜGER, Eduardo L. **Avaliação do desempenho luminoso de edificações escolares conforme sua orientação solar**. XI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC), 2006, Florianópolis, 2006.

DORIGO, Adriano L. **Condições de luz natural em ambientes escolares – Estudo do projeto padrão 023 da rede pública de ensino do estado do Paraná**. 2007. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

FROTA, Anésia B.; SCHIFFER, Sueli R. **Manual de Conforto Térmico**. São Paulo: Studio Nobel, 5ª ed., 2001. 243 f.

GODOI, Gisele. **Conforto térmico nas edificações escolares públicas: análise da implantação do Projeto Padrão 023 da rede pública de ensino do estado do Paraná**. 2010. Curso de Especialização em Construção de Obras Públicas, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

GRAÇA, V. A. C.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; PETRECHE, J. R. D.; YEE, C. L. **Otimização de projetos das escolas da rede estadual de São Paulo considerando conforto ambiental**. In: VI Encontro Nacional e III Encontro LatinoAmericano Sobre Conforto No Ambiente Construído, 2001, São Pedro, SP.2001.

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K.; PINA, S. A. M. G.; RUSCHEL, R. C.; LABAKI, L. C.; BERTOLI, S. R.; FILHO, F. B. **O conforto no ambiente escolar: elementos para intervenções de melhoria**. In: IX Encontro Nacional De Tecnologia No Ambiente Construído, 2002, Foz do Iguaçu: ENTAC, 2002.

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. **Arquitetura Escolar: O Projeto do Ambiente de Ensino**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 1997.

NETO, Joaquim J. S.; JESUS, Girlene R.; KARINO Camila A.; ANDRADE Dalton F. **Uma escala para media a infraestrutura escolar**. Estudos em Avaliação Educacional, São Paulo, 2013.

PEREIRA, I. M.; SOUZA, R. V. G. **Proteção Solar em Edificações Residenciais e Comerciais – Desenvolvimento de Metodologia**. XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC), 2008. Fortaleza, 2008 v.1.

PINHO, João T.; GALDINO, Marco A. **Manual de Engenharia Para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, RJ, Março de 2014.

RIBEIRO, Solange L. **Espaço escolar: um elemento (in)visível no currículo**. Sitientibus, Feira de Santana, 2004.

VAINER, Bruna C. **Escola de educação infantil e ensino fundamental: abordagem Montessori**. 2016. 141 f. Monografia (Graduação) – Curso de Arquitetura e Urbanismo, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Cartas climáticas do Paraná**. 2000. Disponível em <<http://www.iapar.br>>. Acesso em Outubro de 2017.

PORTAL DE PERIÓDICOS CAPES/MEC. Disponível em <www.periodicos.capes.gov.br>. Acesso em Outubro de 2017.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **Normalização em conforto ambiental**. 2003. Disponível em <<http://www.labeee.ufsc.br>>. Acesso em Outubro de 2017

LONDRINA. Secretaria de Planejamento. **Perfil de Londrina 2017**. Disponível em: <<http://www.londrina.pr.gov.br>>. 2017. Acesso em Novembro de 2017.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO EDUCACIONAL DO PARANÁ – FUNDEPAR. Disponível em <<http://www.fundepar.pr.gov.br>>. Acesso em Janeiro de 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **IBGE Censo (2010)**.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO – MEC. **Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) - Prova Brasil (2015)**.