

**O DESEMPENHO EM EDIFÍCIOS  
EDUCACIONAIS PÚBLICOS  
DA ANÁLISE AO EXERCÍCIO PROJETUAL**

Trabalho final de graduação  
Amanda Santos Ferreira

**O DESEMPENHO EM EDIFÍCIOS  
EDUCACIONAIS PÚBLICOS**  
DA ANÁLISE AO EXERCÍCIO PROJETUAL

**Orientador**  
Leonardo Marques Monteiro

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo  
Trabalho final de graduação

Julho 2020

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente à minha família por sempre me incentivarem e me apoiarem no caminho que decidi trilhar dentro deste ramo de atuação. À minha mãe por ser minha melhor amiga e minha inspiração enquanto mulher forte que nunca desistiu dos seus sonhos. Ao meu pai por me incentivar a dar sempre o melhor de mim. E ao meu irmão, meu grande amigo, por sempre me ajudar e me apoiar quando precisei.

Aos queridos amigos que a FAU me deu de presente e que fizeram da graduação um período muito especial na minha vida e os anos de POLI muito mais suportáveis. Em especial: Anna Carolina, Beatriz Nascimento, Bruna Kanashiro, Gabriela Petter, Guilherme Reis, Julia Kahvedjian, Julia Luz, Lucas Cunha, Marília de Castro, Melina Moscardini, Pedro Felix, Renata Cruz, Thaís Matos, Victor Sophia, Victor Vital.

Ao time de futsal, onde procurei nos meus primeiros anos de FAU um local para a prática do esporte que tanto gosto, mas que me deu amigas para vida inteira.

Ao Henrique, por sempre me incentivar e me apoiar nos momentos em que mais precisei e pela compreensão pela minha ausência nesses últimos meses de trabalho.

Por fim, gostaria também de fazer um agradecimento especial à professora Joana Carla Soares Gonçalves por me abrir tantas portas e por me despertar o gosto pelo estudo ambiental da arquitetura.

## RESUMO

O acesso à educação é um direito fundamental e que atua como o principal pilar para o desenvolvimento de uma sociedade. Dentro deste contexto, temos no Brasil questões de acesso e condições educacionais constantemente problematizadas. O ambiente físico escolar enquanto local de desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem possui importante papel nesta problemática.

Com base em uma análise cuidadosa dos desafios enfrentados por edifícios de ensino público no Estado de São Paulo, e as crescentes demandas por projetos de qualidade e com desempenho ambiental, o objetivo principal do trabalho é destrinchar metodologias de desenvolvimento de projeto focadas nos edifícios de ensino público, a partir da aplicação em um exercício projetual. A pesquisa busca mostrar as vantagens de se trabalhar com as questões de forma, conforto ambiental, custo e racionalização construtiva desde as etapas de concepção de projeto.

**Palavras-Chave:** Escola, Conforto, Térmica

## ABSTRACT

The access to a good education system is a fundamental right and it is the cornerstone of the development of a society. In this context, we have a lot of issues of access and problematic educational conditions in Brazil. The school environment, as a place of teaching and learning process, plays an important role in this.

Based on the analysis of the challenges faced by public education building in São Paulo, and on the increasing demand for project with environmental performance, the aim of this paper is to work with project development methods focused on educational building, from the application in an specific design exercise. The research aims to show the advantages of working on project decisions such as form, cost, environmental design and constructive rationalization from the design stages of the project.

**Palavras-Chave:** School, Performance, Thermal Confort

# SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	013
<b>1. CONFORTO E DESEMPENHO</b>	017
1.1 A importância de se projetar espaços com qualidade ambiental	019
1.2 As metodologias de projeto	022
1.3 A aplicação nos espaços de ensino e aprendizagem	028
1.4 Contexto brasileiro	032
<b>2. A ARQUITETURA ESCOLAR PAULISTA</b>	035
2.1 - Construção escolar na primeira república (1889-1930)	037
2.2 - O convênio escolar (1950-1959)	046
2.3 - Plano de ação (1959)	052
2.4 - A FDE e o cenário atual	054
2.5 - As conversas	062
<b>3. O ESTUDO DE CASO</b>	075
3.1 - Parâmetros de conforto	078
3.2 - O projeto	086
3.3 - Estudo de cenários	091
<b>4. O EXERCÍCIO PROJETUAL</b>	115
4.1 - O programa arquitetônico	119
4.2 - A escolha do terreno e sua análise físico-climática	120
4.3 - O estudo da forma e geometria	135
4.4 - As diretrizes de projeto e o partido arquitetônico	142
4.5 - As estratégias de projeto	147
<b>CONCLUSÃO</b>	179
<b>REFERÊNCIAS</b>	181
<b>ANEXO</b>	

## INTRODUÇÃO

Durante grande parte de minha graduação, trabalhei com pesquisas e trabalhos associados à questão do desempenho e do conforto ambiental em edifícios e todos os estudos que realizei tiveram como foco edifícios habitacionais e comerciais. Deste modo, vi no trabalho final de graduação a oportunidade de trabalhar com um tema pelo qual me interesse bastante, a questão do desempenho e do conforto, abordando, ao mesmo tempo, uma tipologia de edifício com a qual estamos bastante familiarizados, mas sobre a qual eu gostaria de poder estudar sob um olhar diferente daquele que eu tinha cerca de 10 anos atrás.

Dentro de um contexto atual de descrença na ciência e um descaso com a educação, o tema surgiu como um modo de compreender a importância e o papel do desempenho dos ambientes físicos de ensino-aprendizagem no processo de formação da nossa sociedade.

A proposta inicial do trabalho era a de se trabalhar o desenvolvimento do projeto de uma escola que garantisse não apenas qualidade, como também rapidez na etapa de execução de obra.

No entanto, ao longo do processo, foi possível compreender melhor o contexto no qual o desenvolvimento do projeto destes edifícios está inserido e as reais demandas a serem atendidas. Neste sentido o trabalho focou nas metodologias de projeto e não mais no projeto em si.

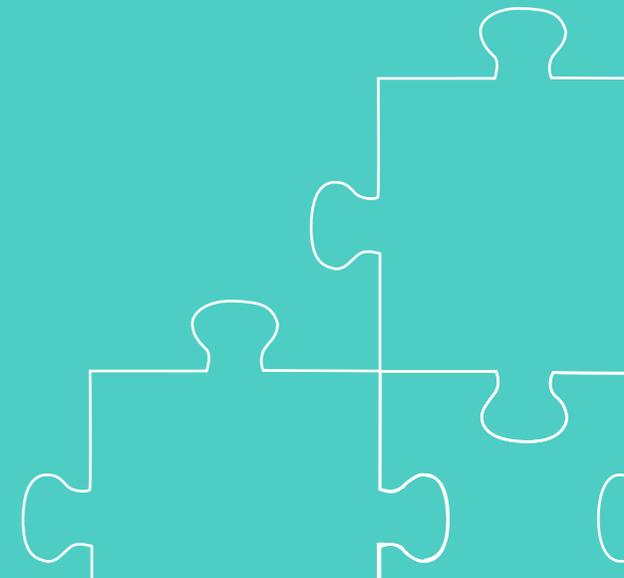
O estudo projetual consistiu no desenvolvimento de estudos preliminares que nortearam o anteprojeto de uma escola, sendo utilizado portanto, como ferramenta de exemplificação da aplicação das metodologias de projeto estudadas com foco no desempenho ambiental e na qualidade de seus espaços.

O trabalho se estrutura, portanto, a partir de uma ampla contextualização, seguida da análise de um estudo de caso. Este estudo foi fundamental para compreender não apenas a influência das soluções arquitetônicas no desempenho do edifício e na percepção do espaço pelos seus usuários, como também os desafios enfrentados por quem usufrui desses espaços e que possuem ligação direta com o contexto em que vive nossa sociedade.

Por fim, foi realizado o estudo projetual, no foi possível aplicar as metodologias de projeto estudadas e entender as diferenças em termos de qualidade de espaço que estes estudos de embasamento para desenvolvimento do projeto, proporcionaram se compararmos ao estudo de caso realizado.

**PARTE 01**  
CONFORTO E DESEMPENHO

---



## 1.1 A IMPORTÂNCIA DE SE PROJETAR ESPAÇOS COM QUALIDADE AMBIENTAL

De acordo com estudos recentes, cerca de 25% do consumo total de energia primária gerada no mundo está diretamente vinculado ao uso e à ocupação de edifícios (Levine et al., 2007). Este índice reflete os desafios enfrentados pelo setor da construção civil em diversos países do mundo, no entanto, pode ser facilmente compreendido quando olhamos para o mercado brasileiro.

O que vemos atualmente é um número considerável de projetos que não atendem às necessidades de conforto de seus usuários e que portanto, exigem um elevado consumo de energia para adaptar as condições climáticas do ambiente interno às exigências destes indivíduos. Este ponto é um reflexo dos desafios enfrentados pelo setor da construção civil. Atualmente, no Brasil, é comum observarmos o direcionamento de grande parte dos recursos do projeto para a etapa de execução de obra e um encurtamento da etapa de elaboração do projeto. Neste cenário temos o desenvolvimento de projetos muitas vezes desvinculados com os desafios associados à sua execução e ao mesmo tempo, despreocupados com a etapa de ocupação do projeto. Neste contexto, os custos de execução de obra são diversas vezes superdimensionados, pois precisam levar em consideração o elevado índice de geração e descarte de resíduos e os retrabalhos e alterações de projeto muitas vezes realizados durante a etapa de obra. Esses desafios se refletem também nos dados referentes à geração de resíduos. De acordo com PINTO; GONZALEZ (2005, p.24), cerca de 61% em massa de todos os resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil possuem origem na construção civil.

Apesar de se tratar de um tema bastante atual, a preocupação com o impacto ambiental dos edifícios durante sua etapa de ocupação não é recente. De acordo com Heschong (2002), há cerca de 50 anos, praticamente todas as escolas e ambientes de trabalho usavam a iluminação natural como principal fonte de luz. Com o barateamento da energia elétrica, a partir de 1950, os estados começaram a abandonar os requisitos (códigos prediais) de taxa mínima de iluminação natural e os projetos, por consequência, passaram a priorizar o uso de luminárias fluorescentes como principal fonte de iluminação.

No entanto, com a crise do petróleo, em 1970, os países dependentes desta fonte de energia foram obrigados a repensar a elevada demanda por energia elétrica. De acordo com Givoni (1994), foi a partir desta crise que as energias renováveis surgiram como uma importante substituta das fontes convencionais de energia e a redução do consumo, como um importante aliado. No Brasil, por sua vez, a preocupação com o elevado consumo energético recebeu maior relevância com a crise de 2001, marcada pelo risco iminente de corte de energia elétrica em todo o país. A crise energética estava ligada à combinação da falta de planejamento no setor e da ausência de investimentos em geração e distribuição de energia, com aumento contínuo do consumo de energia devido ao crescimento populacional. Segundo Mueller (2007), a partir deste momento, pôde ser observado um grande crescimento no número de pesquisas publicadas focadas na questão da economia de energia e na preservação ambiental.

Diante destes desafios, o projeto com qualidade ambiental pode ser compreendido como aquele que se propõe a reduzir seu impacto ambiental a partir de um planejamento adequado de sua etapa de execução e do desenvolvimento de estratégias de projeto que visam garantir o conforto de seus usuários com um baixo consumo de energia. O edifício deve ser projetado para garantir a qualidade de seus espaços, que, além de ser responsável para otimização da produtividade de seus ocupantes, também é fundamental para garantirmos um melhor aproveitamento dos recursos naturais.

## 1.2 AS METODOLOGIAS DE PROJETO

Com base nos pontos apresentados anteriormente, temos na literatura diversos estudos que trabalham com a criação de processos metodológicos que garantam a elaboração de projetos com qualidade ambiental.

Propõe-se, portanto, neste item, o estudo de diferentes processos com o objetivo de compreender e expor criticamente os parâmetros e etapas consideradas, de modo a possibilitar a aplicação destas metodologias no desenvolvimento do projeto deste trabalho e conseqüentemente validá-las, a partir da comparação com o estudo de caso que será apresentado na etapa 3.

Muitas pesquisas concentram-se na investigação de estratégias cognitivas de projeto e suas conseqüências na qualidade de determinado produto durante a elaboração do projeto. Nesta etapa do trabalho em que se propõe o estudo das metodologias já desenvolvidas, é importante verificar também as limitações das estratégias propostas. Devido à grande complexidade do processo projetual, além das constantes atualizações das ferramentas utilizadas em conseqüência do desenvolvimento tecnológico, são grandes as dificuldades de se organizar esse processo em uma metodologia rígida e única. Deste modo, as metodologias consideradas neste trabalho não possuem como intuito o desenvolvimento de um caráter conclusivo e, portanto, o objetivo desta análise se restringe à compreensão das premissas consideradas para aplicação no exercício projetual.

Este trabalho irá focar em dois estudos que merecem bastante atenção, a metodologia desenvolvida por Cecília Mueller (2007) em sua tese de mestrado pela FAUUSP, e a metodologia proposta por Olgyay em 1963.

A escolha destes trabalhos se deu pela grande relevância da obra de Olgyay para o desenvolvimento dos conceitos de arquitetura bioclimática e a proximidade do trabalho desenvolvido por Cecília Mueller com relação aos edifícios de ensino público no Estado de São Paulo.

Relatado este ponto, é importante observar que as metodologias estudadas abordam a relação entre a concepção arquitetônica do projeto e seu desempenho de maneiras distintas. No entanto, trabalham buscando responder algumas perguntas em comum, tais como: O que devo projetar? Que objetivos a arquitetura deve atingir? Como é o clima do local?

Antes de iniciarmos qualquer estudo e esboço do projeto arquitetônico, devemos, primeiramente, compreender muito bem as condições climáticas do local a ser inserido o projeto. De acordo com MUELLER (2007), essa etapa é tão importante quanto qualquer análise do programa arquitetônico.

A importância deste estudo de clima é demonstrada por vários autores, destacando-se: Chandler (1976), Oke (1978), Monteiro (1976), Olgyay (1963), entre outros.

De acordo com Olgyay (1963), é essencial que o projeto seja desenvolvido conjuntamente com as forças da natureza e não contra elas. Isso significa trabalhar de modo a usufruir, da melhor maneira possível, das potencialidades proporcionadas pelas condições climáticas locais. O autor introduz o conceito de uma arquitetura climaticamente adequada, como aquela capaz de amenizar as condições ambientais, aproveitando de forma mais adequada os elementos favoráveis para o conforto humano e, ao mesmo tempo, permitindo o uso racional dos recursos naturais e energéticos.

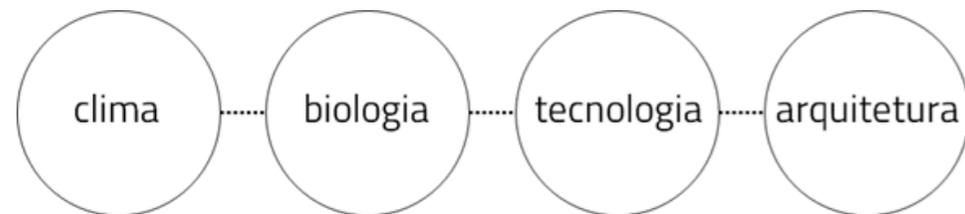
Com base neste conceito, Olgyay foca seu trabalho no estudo de uma me-

todologia para o desenvolvimento dessa arquitetura. De acordo com o autor, essa metodologia pode ser dividida em 4 etapas principais: A primeira delas, é a análise e pesquisa das condições do clima local no qual o projeto está inserido. Nesta etapa, devem ser consideradas variáveis de clima tais como temperatura, radiação, efeitos do vento e umidade relativa, tratando de forma diferenciada os efeitos da umidade, tais como chuva, névoa, neve geada e pressão de vapor.

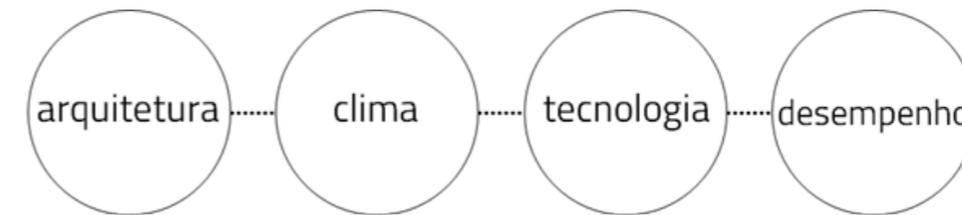
A segunda etapa é avaliar e compreender como as características deste clima impactam nas condições de conforto de seus usuários. A partir deste estudo é possível então desenvolver requisitos de conforto a serem atingidos na elaboração do projeto.

Ainda segundo o autor, a terceira etapa da metodologia por ele desenvolvida consiste na elaboração de soluções que se apliquem visando garantir os requisitos de conforto especificados na etapa anterior. Dentro desta etapa estão inseridos diversos processos de decisão de projeto, tais como a escolha do terreno, sua orientação, as soluções de sombreamento, a forma da edificação, e as condições de ventilação dos ambientes internos.

Por fim, temos a combinação destas soluções de modo a constituir o todo do projeto arquitetônico. As etapas desenvolvidas por Olgyay podem ser resumidas na seguinte sequência:



Outros estudos mais atuais também abordam a questão da análise do clima com bastante ênfase na sua importância enquanto uma das principais etapas do desenvolvimento do projeto arquitetônico. De acordo com MUELLER (2007), é essencial que o arquiteto e os demais envolvidos no projeto utilizem o clima como aliado de sua proposta. As exigências humanas de conforto devem ser atendidas aproveitando-se ao máximo das condições climáticas que o meio pode oferecer. No trabalho de Cecília Mueller (2007), a autora também apresenta uma proposta de sequência de etapas para a elaboração de um projeto com qualidade ambiental, organizada da seguinte maneira:



Na primeira etapa, temos a “Análise do programa arquitetônico”, na qual devem ser estudadas, de maneira bastante cuidadosa, as funções a serem cumpridas pelos espaços que serão propostos.

Rivero (1985) coloca de modo bastante enfático que as exigências térmicas das atividades que serão realizadas dentro dos espaços devem determinar as prioridades e os horários de ocupação dos locais. Portanto, é essencial que estas premissas sejam definidas ainda nesta etapa inicial de projeto. Mueller (2007) ainda coloca que, nesta etapa do processo de criação, uma pesquisa sobre edifícios de mesma tipologia arquitetônica e de programa de necessidades semelhante ajuda a criar um cenário favorável

para o desenvolvimento do projeto.

A segunda etapa identificada pela autora é a “Análise do terreno e entorno”, na qual devemos ter um cuidadoso reconhecimento do terreno no qual o projeto será desenvolvido, assim como uma análise climática da região. Esta fase de diagnóstico climático é uma das mais importantes dentro da metodologia proposta, pois é a partir dela que podemos desenvolver as diretrizes de projeto, visando amenizar as sensações de desconforto possivelmente impostas pelo clima. Como abordado anteriormente, o estudo do clima e do local a ser inserido o edifício é de extrema importância e também está presente na metodologia proposta por Mueller (2007). A análise do clima local consiste na caracterização do clima a partir de algumas variáveis, tais como: insolação, radiação e luz natural na região, ruído.

A “Aplicação da bioclimatologia à arquitetura”, terceira etapa proposta pela autora, consiste no entendimento de como a arquitetura se comporta em relação ao clima externo para que então as estratégias de projeto possam ser desenvolvidas e selecionadas conforme sua aplicação. Espera-se que o clima atue como parte integrante do contexto de projeto, e que a arquitetura seja capaz de atender as exigências humanas de conforto. Esta etapa pode ser destrinchada em sub-itens, tais como: **1.** Obtenção das diretrizes de projeto; **2.** Escolha dos componentes construtivos e **3.** Busca pela forma ótima, de modo a garantir uma maior racionalidade construtiva.

O desenvolvimento das diretrizes de projeto a partir do diagnóstico climático pode ser realizado com o auxílio de Cartas Bioclimáticas ou Programas Computacionais.

A quarta e última etapa proposta pela estratégia desenvolvida por Mueller

(2007), é a avaliação do desempenho do edifício a partir de critérios que utilizam como base parâmetros de conforto.

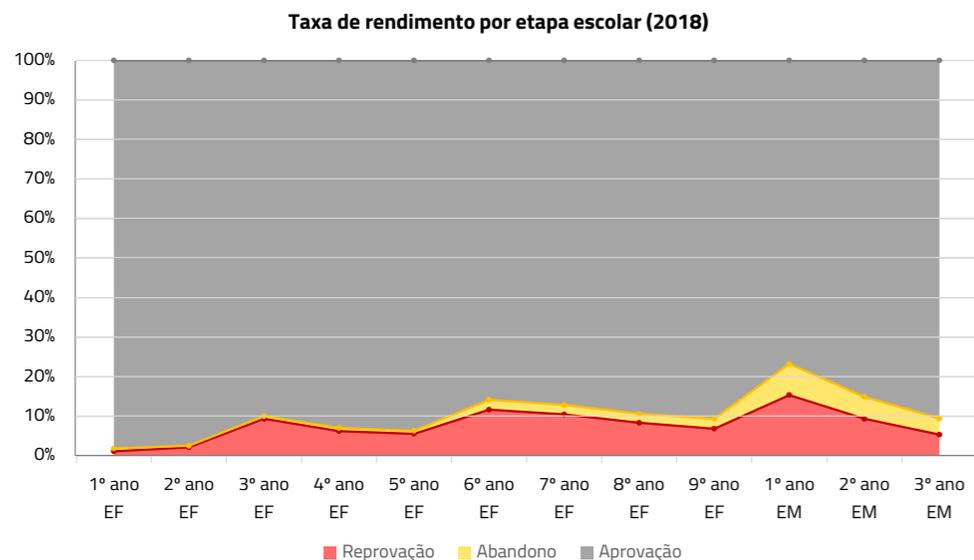
Uma das grandes diferenças observadas nas duas metodologias citadas, é a dinâmica do processo. Na estratégia de projeto utilizada por Mueller (2007), o processo de criação foi se desenvolvendo a partir da alimentação constante de dados. Isso significa que a avaliação de desempenho das soluções é realizada ao longo de todo o processo, de modo a possibilitar o estudo de diferentes possibilidades e soluções a partir de uma análise crítica, antes que a decisão seja tomada. Essa dinâmica é possível devido às diversas evoluções nas tecnologias atualmente utilizadas neste processo e com as quais este trabalho será também desenvolvido.

### 1.3 A APLICAÇÃO NOS ESPAÇOS DE ENSINO E APRENDIZAGEM

Quando nos referimos a espaços de ensino e aprendizagem, a análise de desempenho e conforto ganha ainda mais relevância.

No ambiente escolar, as características da edificação possuem influência direta no desempenho das crianças e, portanto, na sua formação enquanto indivíduos. É nesse espaço que se estabelecem as ligações entre professor e aluno, essenciais para um processo de ensino-aprendizagem de qualidade [1.02]. Além disso, ambientes saudáveis e com características ambientais adequadas podem apresentar uma influência direta não só no aumento da média diária de presença dos alunos e da satisfação e retenção dos professores na escola, como também na redução da evasão escolar, que apresenta índices ainda muito significativos no contexto brasileiro.

[1.01] MUELLER (2007).



[1.01] Gráfico com indicação do rendimento por etapa escolar no ano de 2018, de acordo com dados fornecidos pelo Censo Escolar de 2019.

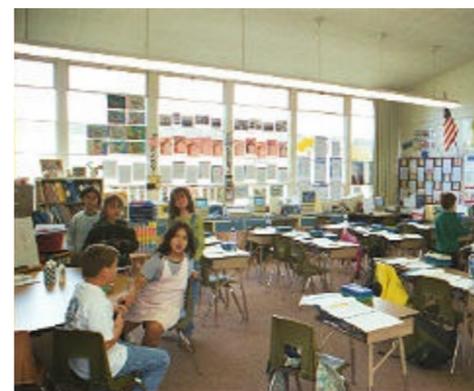
Fonte: Autor.

Estas características podem ser tanto em relação à disposição dos espaços dentro do projeto, e às dimensões e flexibilidade dos ambientes, quanto em relação à aspectos físicos menos palpáveis como temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do ar.

Um estudo realizado pelo Heschong Mahone Group em 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. [1.02] Outros estudos também indicam que salas de aula com maior área de abertura via clarabóias ou janelas com possibilidade de manuseio por parte do usuário resultavam em melhores níveis de desempenho dos alunos do que nos ambientes desprovidos desta característica [1.03]. Essa relação entre a aprendizagem e as condições internas dos ambientes de ensino também é abordada pela EFL (Educational Facilities Laboratories), organização americana cujo objetivo é ajudar escolas a maximizar a qualidade de suas instalações. A EFL associa o desempenho das crianças às características de qualidade do ar, temperatura e umidade, ventilação, iluminação e acústica de salas de aula.

[1.02] HESCHONG MAHONE GROUP (1995).

[1.03] Dudek (2007).



[1.04] Salas de aula com máxima e mínima iluminação natural na Capistrano Unifield School, na Califórnia.

Fonte: HESCHONG MAHONE GROUP. (1995)

[1.04]

Parte 01 - Conforto e desempenho

Apesar da grande importância do tema e da existência de diversos estudos sobre o assunto, a avaliação do desempenho e conforto desses edifícios pode ser uma tarefa complexa. Isso ocorre, pois, a percepção de conforto de seus usuários pode variar bastante dependendo da idade, e da cultura e clima local.

Com relação aos parâmetros ambientais, Despoina Teli (2017) aborda a grande diferença de se trabalhar com edifícios nos quais os principais usuários são crianças. De acordo com a autora, as escolas são ambientes particularmente vulneráveis no que se refere às crescentes mudanças climáticas sobre as quais estamos atualmente suscetíveis, devido à baixa idade de seus ocupantes, a alta densidade ocupacional de seus ambientes e pela limitada gama de possíveis comportamentos que poderiam contribuir para o aumento do conforto térmico nas salas de aula.

Nesta mesma linha de raciocínio, temos diversos estudos que mostram que as temperaturas de conforto para crianças são inferiores às aquelas identificadas para indivíduos adultos. Estudos de campo realizados no Reino Unido durante períodos de verão e de inverno indicam que esta diferença de temperatura entre os índices de conforto de crianças e adultos é por volta de 2°C. Outro estudo realizado em Shiraz no Irã, região com o clima bem mais quente do que o encontrado no Reino Unido, também indicou a mesma diferença de temperatura. O resultado dos estudos indica que, independentemente do clima e da região, as crianças são mais sensíveis às altas temperaturas do que os adultos, o que torna a questão do desempenho e do conforto em ambientes escolares um grande desafio.

Esta diferença na sensação térmica entre crianças e adultos pode ser justificada por parâmetros tanto físicos do organismo quanto psicológicos. Podemos citar, por exemplo, a maior taxa metabólica das crianças por kg de massa corporal e uma menor taxa de transpiração (Despoina Reli, 2017). Sob mesmas condições experimentais e níveis de exercício, foi observado que crianças possuem uma menor taxa de evaporação e, portanto, uma temperatura superficial da pele cerca de 3°C acima da observada em um adulto.

Esses estudos demonstram a elevada importância e o grande desafio que é se trabalhar com o desempenho e o conforto em ambientes cujas demandas dos usuários e as atividades realizadas são diferentes daquelas comumente observadas em outros edifícios.



[1.05] Criança pintando.

Fonte: Instituto Educacional Objetivo. Disponível em: < <http://www.objetivomaraba.com.br/escola.html> >. Acesso em: 10 de maio de 2020.

[1.05]

## 1.4 CONTEXTO BRASILEIRO

Quando olhamos para os edifícios escolares no Brasil, vemos esse desafio se intensificar a partir da combinação com outras questões bastante importantes e comumente observadas em países em desenvolvimento. A escassez de recursos destinados à educação e a violência, muitas vezes bastante presente em regiões de maior vulnerabilidade social, são algumas destas questões. Durante o desenvolvimento deste trabalho, pude visitar algumas escolas municipais e estaduais nas quais foi possível observar o grande descaso ainda muito existente com esses edifícios e que será melhor apresentado no estudo de caso realizado para este trabalho.

Apesar de a história da arquitetura escolar no Brasil retratar diversas preocupações dos órgãos responsáveis pelo planejamento do ensino na elaboração de diretrizes básicas de projeto visando assegurar um mínimo de conforto a seus usuários, existem diversos estudos e avaliações já realizados em edifícios escolares no Brasil, com resultados divulgados em congressos como o ENCAC (Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído) e ENTAC (Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído) que demonstram condições ambientais bastante distantes dos ideais para ambientes escolares. São encontrados ambientes muitas vezes improvisados, com má iluminação, excesso de frio ou calor, má ventilação, trepidações, ruídos entre outras características que são extremamente prejudiciais para o processo de ensino-aprendizagem.



[1.06]

[1.06] Infiltrações em sala de aula da Escola Estadual Professora Flávia Vizibeli Pirró, na zona sul de São Paulo.

**Fonte:** Folha de São Paulo.  
<https://agora.folha.uol.com.br/sao-paulo/2020/02/escola-esta-com-infiltracoes-e-salas-ficam-alagadas-na-zona-sul-de-sp.shtml>



[1.07]

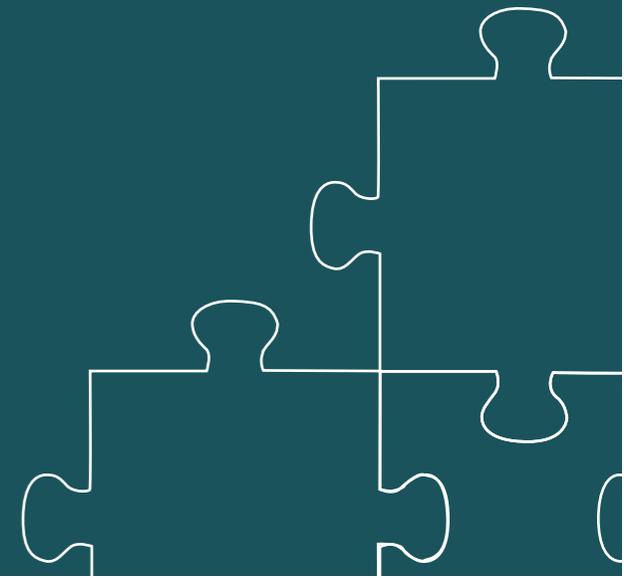
[1.07] Uso de persianas em escola da zona leste de São Paulo para evitar ofuscamento.

**Fonte:** Autor.

## **PARTE 02**

# A ARQUITETURA ESCOLAR PAULISTA

---



## 2.1 CONSTRUÇÃO ESCOLAR NA PRIMEIRA REPÚBLICA (1889-1930)

A educação foi uma das grandes realizações do Regime Republicano em São Paulo, desde seu início em 1889. Tendo em vista a grande taxa de analfabetismo mapeada pelo Censo de 1890, de acordo com a qual apenas 20% da população era capaz de escrever no próprio nome, a República brasileira assumiu a tarefa da educação universal. Para efetivar essa missão, a partir de 1893, foram construídos os primeiros edifícios para os grupos escolares.

Em agosto de 1912, quase 20 anos depois, Cesário Motta Junior inaugura a Escola Normal Modelo, no antigo Largo dos Curros, atualmente conhecida como Praça da República, a partir de um edifício projetado por Ramos de Azevedo e com o currículo escolar organizado por Caetano de Campos. O projeto é bastante representativo do projeto republicano de ensino, e também é citada por Maria Luiza Marcilio na obra História da escola em São Paulo e no Brasil:

*“A Escola Modelo Caetano de Campos foi a mais importante de todas, e, até 1930, serviu de padrão para as demais. Era composta de duas escolas, uma para cada sexo.*

*Foram escolhidas para suas primeiras regentes duas notáveis educadoras, responsáveis pelo rumo inovador que imprimiram às duas escolas e ainda pela introdução de métodos e de organização americanos em nosso meio. A professora Maria Guilhermina Loureiro de Andrade havia estudado nos Estados Unidos, durante quatro anos, novos sistemas de ensino, e Miss Márcia Priscila Brown, educadora norte-americana, trazida ao Brasil por Horácio Lane, para lecionar no Mackenzie College, fora em seu país diretora de uma Escola Normal em Saint Louis, Massachussets” [2.01]*

[2.01] MARCILIO (2005)

De acordo com Maria Luiza Marcilio, em São Paulo, os institutos de ensino e de pesquisa foram os mais respeitados em toda a Federação. Esse grande desenvolvimento científico, tecnológico e educacional é justificado pela autora como decorrência de fatores não exclusivamente econômicos. Com o extraordinário desenvolvimento da produção cafeeira na região, houve um grande desenvolvimento do transporte ferroviário, único capaz na época de viabilizar o grande escoamento da produção nas fazendas de café para os portos de embarque a partir de uma mão-de-obra predominantemente estrangeira. Outro fator citado como de extrema importância para as iniciativas paulistas no desenvolvimento educacional local é a vitória brasileira na Guerra do Paraguai (1865-1870) na qual se constatou o grande despreparo das forças armadas para suas funções. Esta precariedade das massas brasileiras para o trabalho qualificado moderno, induziu setores mais conscientes das classes dirigentes a apelar para a importação maciça de mão-de-obra capaz de substituir a escrava e oriundos de um sistema econômico-social mais evoluído.

Dentro deste contexto, e dada a inexistência no país de um quadro técnico de nível superior necessários para o aparelhamento do Estado, os primeiros professores da Escola Politécnica e os arquitetos encarregados de projetar as primeiras escolas, foram estrangeiros em sua maioria. Esses arquitetos de formação acadêmica bastante sólida, trouxeram para São Paulo os pensamentos e os modos de projetar de suas escolas de origem, todas elas com influência do ensino francês.

São três os tratados de arquitetura utilizados e estudados por estes arquitetos: o Tratado de Arquitetura de Leonce Reynaud, o Tratado de Julian Guadet e o Tratado do belga Louis Cloquet.

É possível observar uma unanimidade entre os três tratadistas propondo um diálogo dentro do projeto arquitetônico entre as necessidades e as liberdades (imaginação), nunca inteiramente resolvido.

Tendo em vista estas preocupações e a formação intelectual dos arquitetos em atuação na cidade de São Paulo, estes profissionais passam a propor, em sua permanência na cidade contemporânea do século XIX, alguns princípios projetuais que são então aplicados nos edifícios escolares:

- » O primeiro princípio foi a constante busca pela simetria e o metucioso estudo métrico dos volumes e geometrias.
- » O segundo princípio era o de propor cada volume estudado cuidadosamente para cada uso. Estes volumes eram então reunidos e “costurados” a partir de espaços de circulação.

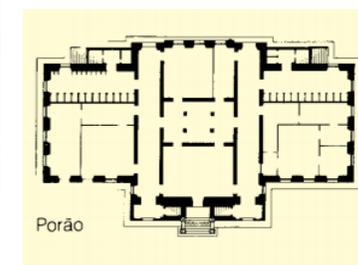
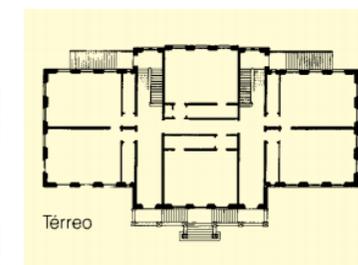
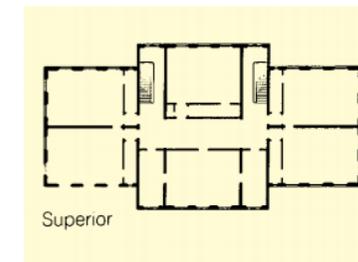
Dentro destes princípios, Cloquet recomenda, em seu tratado de 1898, uma padronização nos volumes e áreas dos ambientes em edifícios escolares. O autor propõe recomendações de projeto a partir das quais se dá a entender uma já preocupação com a questão do conforto do usuário e com a salubridade do ambiente interno.

Cloquet propõe uma área de 1,25 m<sup>2</sup> por aluno dentro de uma sala de aula, o que resulta em uma área total de cerca de 48 m<sup>2</sup> para uma sala com 30 alunos. Além disso, se propunha a previsão de salas de aula retangulares, de modo a aumentar a superfície de iluminação natural na face de maior dimensão e diminuir a profundidade da sala em relação à fonte de luz natural. Em muitos casos, podemos notar o uso de retângulos com dimensões 6 x 8 metros para estes ambientes. Visando também garantir uma adequada iluminação natural aos ambientes internos, Cloquet também propunha um pé-direito mínimo de 4 metros. Até a meados da década de 1940, as escolas paulistas apresentam pé-direito entre 3,60 e 4 metros.

Um exemplo importante de projeto desenvolvido no período é a Escola Modelo da Luz que, de acordo com Corrêa; Neves; Mello (1991), é o primeiro edifício escolar projetado com os traços da arquitetura imponente e eclética marcante da época e sob autoria do arquiteto Ramos de Azevedo. O projeto conta com salas de aula amplas em formato retangular e janelas grandes e altas, dimensionadas de modo a garantir condições de ventilação e iluminação natural, conforme exigências do Código Sanitário vigente. [2.02]

Neste período, podemos observar projetos arquitetônicos para edifícios de ensino com o uso de uma mesma tipologia construtiva para diferentes regiões e municípios. A preocupação de diferenciação entre os projetos se restringia basicamente às modificação e detalhamentos dos componentes de fachada e ornamentos, garantindo sempre a imponência dos edifícios, marcante deste período. Essas características podem também ser observadas em diversos projetos escolares desenvolvidos durante esta época, dentre eles, o da Escola Modelo Preliminar de Itapetininga (1895) e o do Grupo Escolar de Amparo (1897).

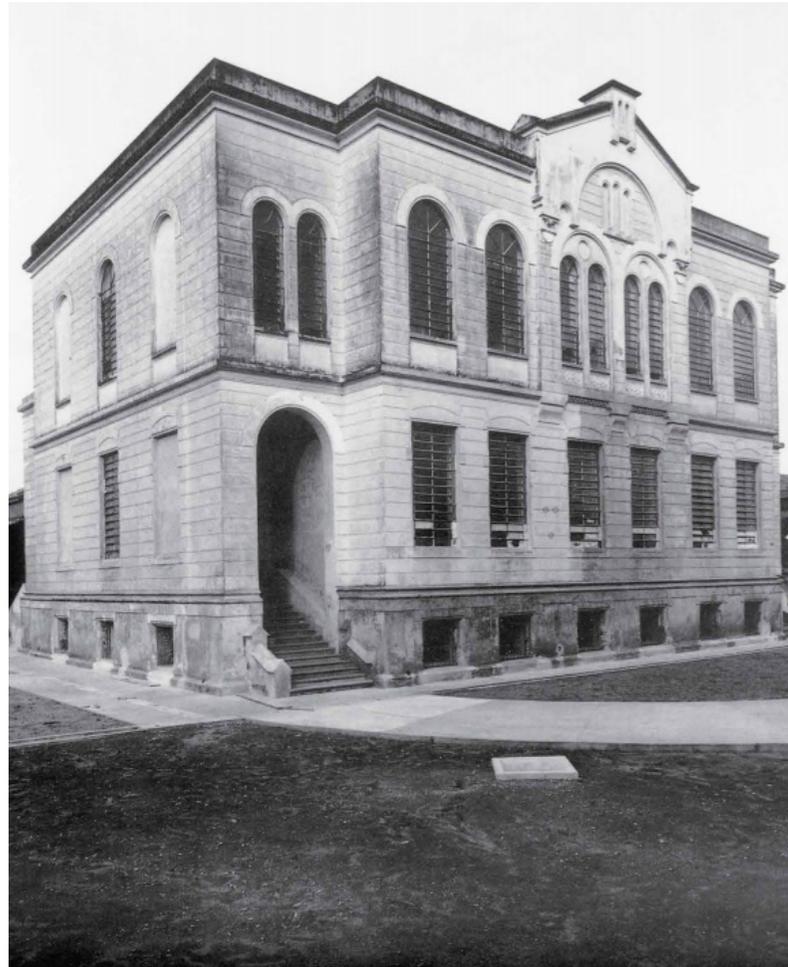
[2.02] KOWALTOWSKI, Doris C.  
C. K (2011).



[2.03]

[2.03] Escola Modelo da Luz  
(1893).

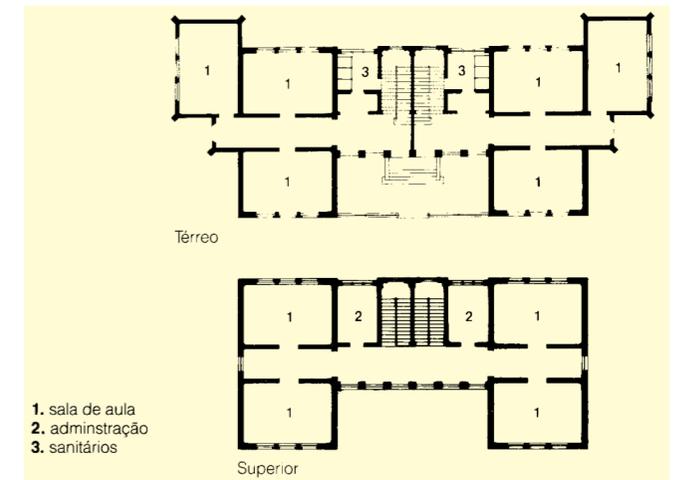
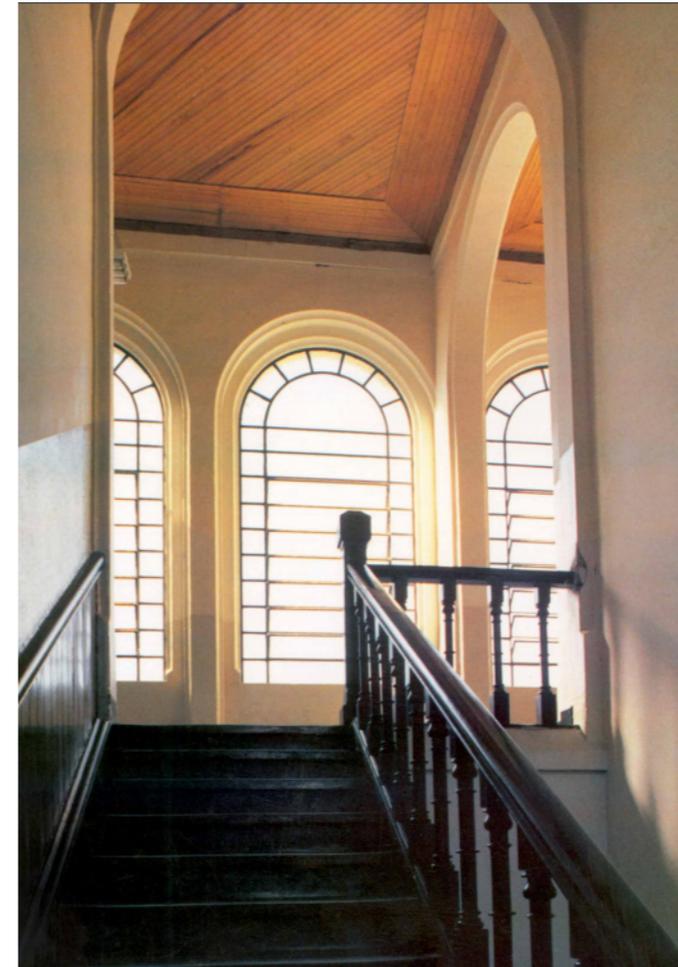
Fonte: CORRÊA, Maria; NEVES,  
Heila; MELLO, Mirela. (1991)



[2.04]

[2.04] Escola Modelo Preliminar de Itapetininga (1895)

Fonte: CORRÊA, Maria; NEVES, Heila; MELLO, Mirela. (1991)



[2.05]

[2.05] Grupo Escolar de Amparo (1897)

Fonte: CORRÊA, Maria; NEVES, Heila; MELLO, Mirela. (1991)

Temos também outras obras nas quais constam recomendações visando uma maior qualidade do espaço interno nos edifícios escolares. Mauro Álvaro de Souza Camargo, em sua obra *Projectos de grupos, escolas reunidas e ruraes*, de 1920, detalha e dimensiona os ambientes de sala de aula, as áreas de iluminação e ventilação natural, a largura dos corredores, as instalações sanitárias (conforme requisitos do Código Sanitário do Estado de São Paulo), e a largura e dimensões aconselháveis para as escadas. Mas nada se fala sobre as necessidades didáticas a serem atendidas além daquelas que se podem atender nas salas de aula.

A grande questão é que, até 1930, poucas escolas foram realmente implementadas e, portanto, o Estado passou a deixar evidente sua dificuldade em alterar as configurações sociopolíticas brasileiras. O Estado não dispunha de instrumentos políticos e de condições para responder às transformações geradas pela crescente industrialização e urbanização do país. Dentro deste contexto é possível notar um grande desequilíbrio entre as oportunidades de acesso da população ao sistema público de ensino. Em 1927, por exemplo, o número de matrículas globais em todo o território nacional era de 1.780.000 para uma população total em idade escolar de 4,7 milhões. No nível secundário, para uma população em idade escolar de 4.350.000, o número de alunos matriculados não excedia os 52.000.

Apesar de o número de escolas ter crescido consideravelmente do começo do século XIX até a década de 1930, este crescimento não foi suficiente para garantir a implantação de uma rede educacional que universalizasse a educação no âmbito social.

A realidade é que, apesar das escolas públicas serem destinadas a toda a população, a grande maioria delas estava localizada em bairros mais urbanizados da cidade onde moravam grupos da sociedade brasileira que apoiavam as elites republicanas. Esta política, portanto, favorecia apenas as classes altas e médias urbanas, enquanto a população que vivia no campo ou nos bairros mais distantes dos centros urbanos, não eram atendidas.

Tendo em vista estes impasses em que vivia a educação no Brasil nos anos 1920, surgiu um novo projeto político-pedagógico conhecido como Escola Nova.

Ester Buffa e Gelson de Almeida Pinto descrevem os edifícios deste período da seguinte forma:

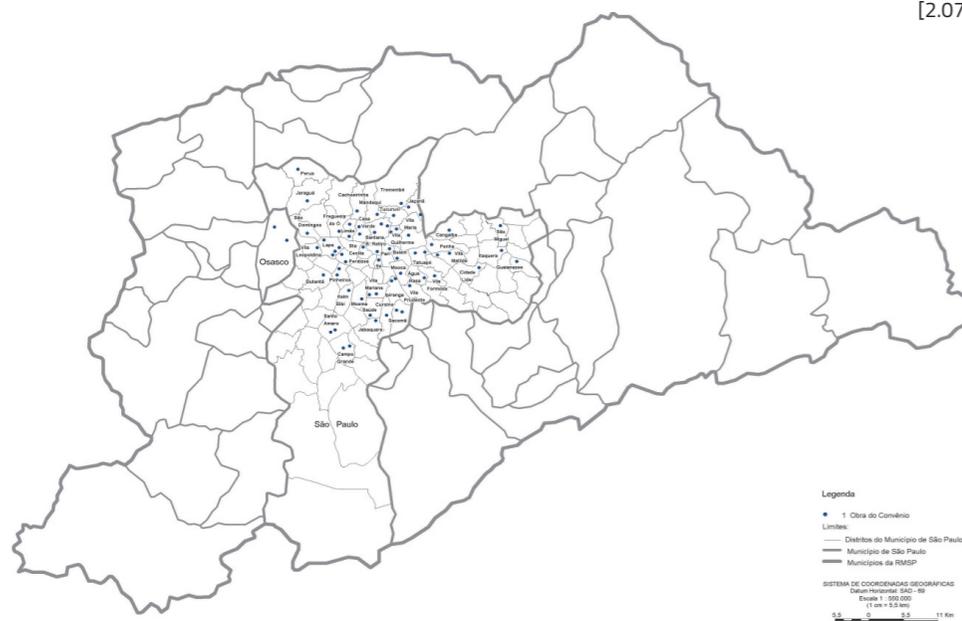
*“...fachada grandiosa, hall de entrada primoroso, escadarias, duas alas, uma para meninos, outra para meninas, eixo simétrico, pátio interno, acabamento com materiais nobres, portas com bandeiras, janelas verticais grandes e pesadas, carteiras para dois alunos relógio redondo com algarismos romanos e pêndulo, professoras competentes, diretor severo, recreio, exames escritos e orais, entrada e saída da escola, festas cívicas, hino nacional, hasteamento de bandeiras e declamação de poesias, uniforme azul e branco, caixa escolar, boletim de nota de comportamento e aplicação, medalhas de honra ao mérito aos melhores alunos, orfeão, cartilha, livro de leitura, brincadeiras, medo, alegria.”* [2.06]

[2.06] BUFFA, Ester; PINTO, Gelson (2002).

## 2.2 O CONVÊNIO ESCOLAR (1950-1959)

Tendo em vista a grande defasagem entre o número de alunos e o número de vagas escolares disponíveis em São Paulo e já abordada anteriormente, foi assinado, em 1949, um convênio entre a Prefeitura da capital e o Governo do Estado de São Paulo que visava ampliar a oferta por escolas na capital. Este convênio garantia que a Prefeitura de São Paulo cumprisse os percentuais de investimento na educação fixados pela então Constituição de 1946. A partir dele, a Prefeitura de São Paulo se comprometia a aplicar, no sistema de educação, 20% do total de recursos arrecadados. Desta porcentagem, 72% deveria ser investido na construção, aquisição, adaptação e conservação de edifícios destinados ao ensino público.

[2.07]



[2.07] Obras realizadas durante o convênio escolar na cidade de São Paulo.

Fonte: FERREIRA, Avany; MELLO, Mirela. (2006)

O acordo se concretizou em fins de 1948 com a criação da Comissão Executiva do Convênio Escolar, encarregada de realizar o planejamento e a viabilização de projetos não só escolares como também de equipamentos públicos urbanos. O Convênio Escolar vigorou até 1959 e resultou na construção de cerca de 70 edifícios escolares, 500 galpões provisórios, 30 bibliotecas, 90 recantos infantis e 20 parques infantis, além de diversas reformas e trabalhos de restauração em edifícios já existentes.

Durante este período, houve um importante processo de renovação da arquitetura escolar paulista. Este processo teve início nas discussões desenvolvidas a partir das propostas de Anísio Teixeira em torno de uma nova concepção de escola, denominada "Escola Nova". Este novo conceito desenvolvido por Anísio em parceria com Hélio Duarte ganhou corpo em Salvador, por meio do Centro Educacional Carneiro Ribeiro. No entanto, apenas desdobrou-se enquanto política educacional efetiva em São Paulo, durante o período do Convênio Escolar, no qual Hélio passou a coordenar a construção de novas escolas.

Uma das principais idéias que revigoraram durante o Convênio Escolar foi a quebra do caráter monumental dos edifícios escolares que marcava as construções do período republicano até a década de 1920. A monumentalidade foi substituída por uma escala mais humana, mais focada nas necessidades individuais dos alunos. Hélio Duarte propôs um programa arquitetônico que criasse ambientes com o conforto necessário para as atividades nele desenvolvidas, com atenção para a iluminação, a ventilação, a dimensão das carteiras, e às necessidades didáticas de cada faixa etária.

Do ponto de vista arquitetônico, o conjunto de escolas construídas neste período, apresentavam um projeto simples, com o uso de materiais de acordo com a arquitetura moderna. A disposição e as dimensões dos espaços demonstravam a preocupação com a integração constante dos alunos, um dos principais cuidados desta nova arquitetura:

*“A Escola Nova procurava formar hábitos de vida, de comportamento, de trabalho e de julgamento moral e intelectual em todos os brasileiros, sem selecionar e excluir, valorizando sempre no processo de aprendizagem a relação entre a idade da criança e a classe à qual deveria pertencer. Tratava-se, portanto, de criar condições para que os alunos aprendessem a responder demandas sociais já determinadas. Do ponto de vista arquitetônico a escola mantinha suas antigas formas de inserção na comunidade, salvo algumas raras exceções, ou seja, existia uma separação entre externo e interno.” [2.08]*

Apesar dos princípios desta nova concepção de arquitetura escolar, muitas das construções desenvolvidas durante este período não apresentaram o desempenho esperado. Tendo em vista as ambiciosas metas definidas quanto à agilidade no processo de construção de novas escolas e as até então limitações em se utilizar sistemas estruturais industrializados no Brasil, tornou-se muito difícil o detalhamento cuidadoso do grande número de projetos previstos a curto prazo, o que acabou sendo responsável pela criação de muitos projetos com baixa qualidade construtiva, na qual faltava detalhamento e especificações dos materiais de acabamento.

[2.08] FERREIRA, Avany; MELLO, Mirela. (2006)

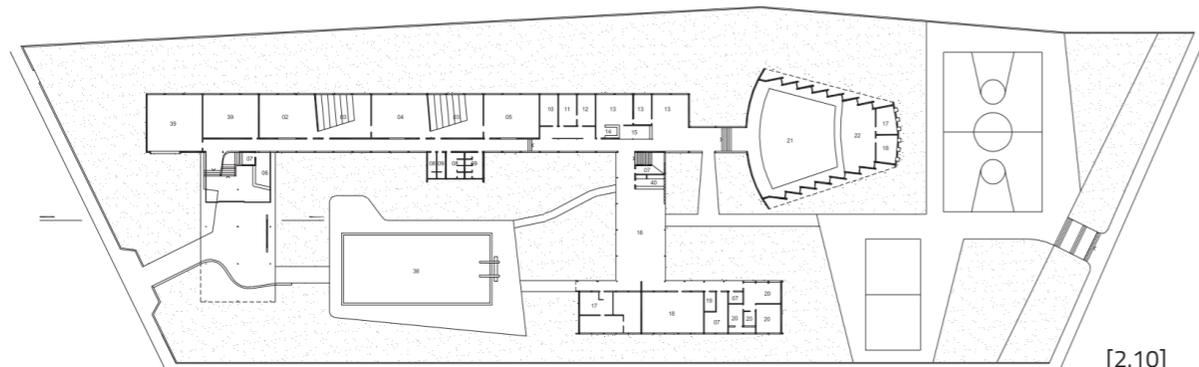
De acordo com Kowaltowski (2011), a arquitetura externa destes edifícios, representava a consolidação da modernidade a partir das formas geométricas simples e do concreto aparente, no entanto, internamente, muitos detalhes importantes eram negligenciados, como por exemplo, a alocação dos ambientes de biblioteca entre os de salas de aula, os sanitários distantes das salas e o conforto térmico, acústico e luminoso, muitas vezes preteridos em função da forma.

[2.09]



[2.09] EE. Nossa Senhora da Penha - Eduardo Corona

Fonte: FERREIRA, Avany; MELLO, Mirela. (2006)

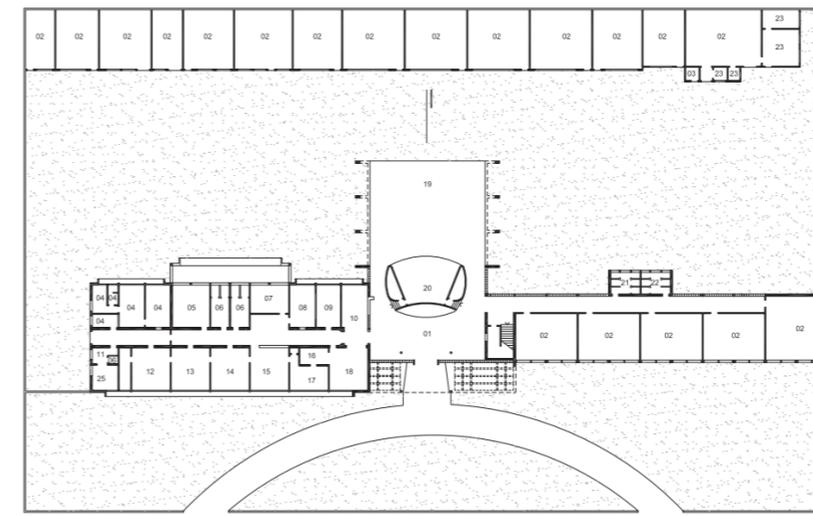


IMPLANTAÇÃO/TÉRREO  
1:750

[2.10]

[2.10] EE. Doutor Octávio Mendes, 1951.

Fonte: FERREIRA, Avany; MELLO, Mirela. (2006)

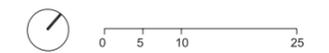


IMPLANTAÇÃO/TÉRREO  
1:750

[2.11]



PRIMEIRO PAVIMENTO  
1:750



[2.11] EE. Prudente de Moraes - Hélio de Queiroz Duarte.

Fonte: FERREIRA, Avany; MELLO, Mirela. (2006)

### 2.3 PLANO DE AÇÃO (1959)

Em 1959, Carvalho Pinto assume o governo do Estado de São Paulo e estabelece, a partir do Plano de Ação para sua gestão de 1959 a 1963, metas, prioridades e prazos a serem cumpridos em diversos setores administrativos. Na área da educação, o Plano de Ação definiu a construção de cerca 7 mil salas de aula destinadas ao ensino primário e 1.100 ao ensino secundário e normal <sup>[2.12]</sup>, de modo a atender a crescente demanda, originada principalmente da migração da população do campo para o meio urbano. A partir daí, é criado o Fece (Fundação para o Desenvolvimento da Educação), visando atender as demandas de construção, ampliação e equipamentos de prédios escolares de ensino público primário e secundário do Estado. O Fece atuou, nos seus primeiros anos, paralelamente ao Ipesp (Instituto de Previdência do Estado de São Paulo), ao qual ficou destinada a elaboração de projetos e a execução das construções escolares.

[2.12] FERREIRA, Avany; MELLO, Mirela. (2006)



Em setembro de 1959, é firmado um acordo entre o governo do Estado e o IAB (Instituto de Arquitetos do Brasil) para que os projetos executados durante a gestão Carvalho Pinto fossem realizados por escritórios paulistas de arquitetura.

Com a criação do acordo, a participação dos arquitetos no processo de desenvolvimento dos projetos, atuou como uma alternativa aos projetos padronizados que, por vezes, resultavam em gastos desnecessários tanto na etapa de execução de obra quanto durante sua ocupação, devido à desconsideração de aspectos específicos do local de implantação do projeto, como por exemplo, a topografia, a insolação, a disponibilidade de infraestrutura, dentre outros. Além disso, a participação dos arquitetos nas obras públicas resultou no enriquecimento do processo projetual, e no desenvolvimento de uma arquitetura de melhor qualidade. Durante esse período, vários projetos se destacaram por seu caráter inovador, muitos deles sob autoria de Villanova Artigas, Carlos Cascaldi, Paulo Mendes da Rocha e João de Gennaro.

Como elementos comuns aos principais projetos desenvolvidos durante este período, temos a criação de ambientes de dimensões generosas, com grandes vãos e que se organizam a partir de diferentes níveis capazes de criar uma interação entre volumes de distintas funções.

Neste período, é proposta a concentração das atividades referentes aos edifícios escolares em um único órgão, visando otimizar e agilizar as atividades internas necessárias às obras de expansão e de manutenção destes edifícios. A partir daí, em 1966, o Fece passa a centralizar as atividades relativas à construção de edifícios escolares, sendo posteriormente sucedido pela Conesp e depois, pela FDE. <sup>[2.13]</sup>

[2.13] FERREIRA, Avany; MELLO, Mirela. (2006)

## 2.4 A FDE E O CENÁRIO ATUAL

Em 1976, a Conesp (Companhia de Construções Escolares do Estado de São Paulo) assume a responsabilidades pelas escolas paulistas e em 1987, a FDE (Fundação para o Desenvolvimento da Educação) passa a ser o órgão responsável por esse setor. A FDE foi criada em um contexto de demanda por vagas nas escolas públicas semelhante ao cenário observado nos anos anteriores. Ao mesmo tempo, havia uma grande necessidade de melhoria na qualidade de ensino, visto os ainda expressivos índices de analfabetismo e de evasão escolar no Estado de São Paulo. Dentro deste contexto, a FDE é criada com o intuito de atuar tanto na área pedagógica, quanto na de recursos físicos escolares.

### Elementos pré-fabricados

A partir de 2003, a FDE começa a adotar o sistema pré-fabricado como solução estrutural para os edifícios escolares. Os principais fatores que influenciaram essa decisão foram a crescente demanda em algumas regiões específicas e a indisponibilidade de terrenos nos grandes centros urbanos, devido ao grande adensamento destas regiões e da topografia complexa dos terrenos remanescentes. A solução estrutural padronizada em sistema pré-fabricado de concreto e estrutura metálica aliada com a atuação conjunta do órgão público e dos escritórios de arquitetura, representou o desenvolvimento de projetos com alta qualidade espacial e uma grande diversidade de soluções arquitetônicas.



[2.14]

[2.14] EE. Doutor Telêmaco Paioli  
Melges, 2004 - Una Arquitetos.

Fonte: FERREIRA, Avany; MELLO,  
Mirela (2006)



[2.15]

[2.15] EE. Doutor Telêmaco Paioli  
Melges, 2004 - Una Arquitetos.

Fonte: FERREIRA, Avany; MELLO,  
Mirela (2006)

Além da agilidade de execução associada ao sistema construtivo pré-fabricado, este mesmo permite um maior controle tecnológico da produção e a conseqüente otimização do uso de recursos e mão-de-obra.

Como podemos observar ao longo do contexto histórico dos projetos escolares no Estado de São Paulo, sempre existiu uma grande demanda que era incapaz de ser suprida. Essa incapacidade do processo como um todo pode ser justificada pela grande burocracia existente e por sua falta de eficiência durante tanto a etapa de elaboração e desenvolvimento dos projetos, quanto na etapa de execução da obra. Deste modo, a adoção de um sistema construtivo pré-fabricado e modular, proposto pela FDE a partir de 2003, representou um grande salto na busca por construções mais eficientes do ponto de vista tanto do uso de recursos quanto do tempo de execução. Isso ocorre, pois, um controle tecnológico mais rigoroso, associado a um projeto pensado tanto para sua execução quanto para sua ocupação, é responsável não só pela redução dos resíduos de obra e de seus custos totais, e pela otimização dos prazos de execução, como também pela diminuição do consumo de energia já na sua etapa de uso.

Neste sentido, podemos observar que houve uma significativa queda na demanda pela construção de novas escolas e um redirecionamento deste investimento para a manutenção e adequação de edifícios escolares já existentes.

Um reflexo desta redução na demanda foi a reestruturação proposta em 2015 pela Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, para reorganização do ensino escolar. De acordo com o então secretário da Educação, o número de alunos caiu de 6 milhões nos anos 90 para 3,8 milhões em 2015, devido à redução na taxa de natalidade e à absorção de alunos pelas redes municipais e particulares. Neste sentido, a reorganização do ensino

apresentou como justificativa o melhor aproveitamento de ambientes de salas de aula antes ociosos. Essa proposta de reestruturação não foi para frente, no entanto, demonstra a mudança no foco com relação aos projetos de edifícios de ensino público no Estado de São Paulo.

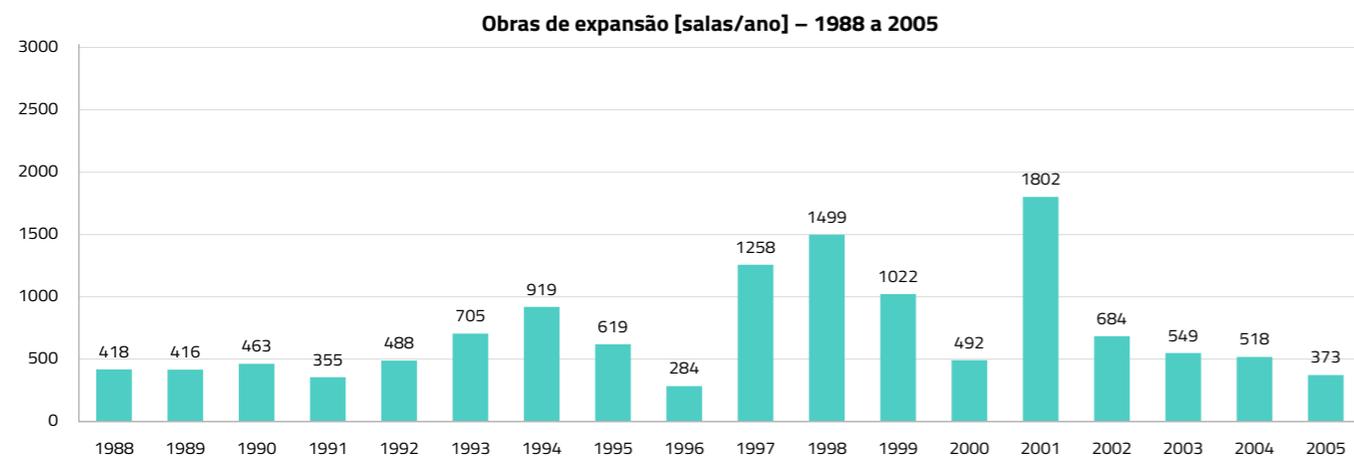
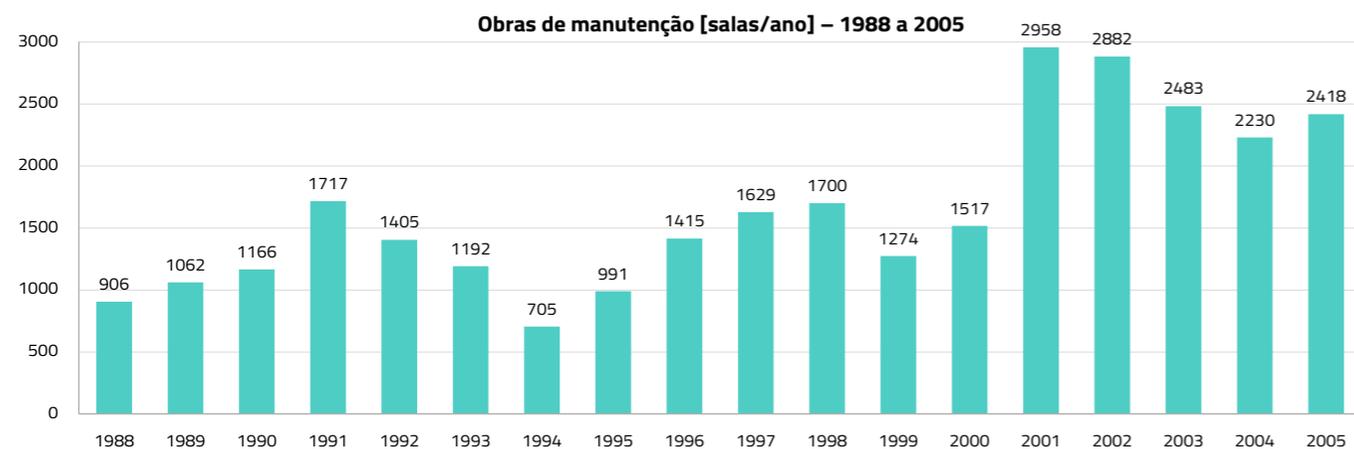
Obras realizadas em edifícios da rede pública de ensino  
do Estado de São Paulo - 2010 a 2019



[2.16]

[2.16] Gráfico com o número de novas vagas criadas, obras realizadas e ampliações de edifícios escolares no Estado de São Paulo de 2010 a 2019.

Fonte: FDE.  
Montagem gráfica: Autor.



[2.17]

[2.17] Gráficos com obras realizadas no Estado de São Paulo de 1988 a 2005.

Fonte: FERREIRA, Avany; MELLO, Mirela (2006).

Montagem gráfica: Autor.

## Conforto e desempenho

Dentro deste novo contexto, também pudemos observar que grande parte das escolas construídas nas duas últimas décadas são assinadas por escritórios renomados e trabalham com alguns conceitos desenvolvidos pela Escola Nova, como a criação de amplos espaços de convivência e a maior comunicação entre os diferentes usos dentro da escola. Além disso, propõe-se trabalhar com soluções que visam um maior conforto dos usuários, como por exemplo, o estudo da orientação do edifício, o sombreamento, e a ventilação natural dos espaços internos.

No começo da atuação da FDE enquanto órgão responsável pelo setor, a questão do consumo de energia e do desempenho dos projetos escolares era responsabilidade única e de iniciativa de cada escritório. Portanto, não havia uma preocupação clara da instituição quanto a estes requisitos. As soluções de projeto marcadas pelo uso de elementos de sombreamento de fachada, como brises e cobogós, já estavam presentes, no entanto, de uma forma ainda não sistematizada. Foi a partir de 2007 que a FDE começou a sistematizar as solicitações de conforto ambiental em seus projetos.

Essas solicitações seguem diversos conceitos associados ao uso sustentável de recursos na construção de prédios escolares como:

- » Aumento da área vegetada com recuperação do microclima original;
- » Redução da taxa de impermeabilidade do solo pelo replantio de espécies nativas e incentivo à utilização de pavimentos permeáveis;
- » Utilização de energias alternativas com incentivo à utilização de energia solar;
- » Otimização da eficiência energética;

- » Maximização da iluminação e ventilação naturais;
- » Aumento da eficiência dos projetos de iluminação artificial;
- » Especificação de materiais e componentes em conformidade as normas técnicas ou certificadas e que utilizem pouca energia em sua produção, transporte e utilização;
- » Especificação de materiais menos tóxicos (como tintas, selantes, revestimentos, entre outros);
- » Incentivo ao desenvolvimento de produtos e sistemas que necessitem de pouca manutenção;
- » Incremento da adoção de produtos industrializados, pré-fabricados, pré-montados e modulados;
- » Promoção do aumento da eficácia da ventilação e do conforto térmico;
- » Promoção da otimização da luz natural nas edificações;
- » Reestruturação dos editais de licitação com a incorporação de exigências de ações de sustentabilidade e responsabilidade social na qualificação das empresas. [2.18]

[2.18] Sustentabilidade - Conceitos Trabalhados. FDE. Disponível em: <<https://www.fde.sp.gov.br/PagePublic/Interna.aspx?codigo-Menu=222>>. Acesso em: 10 de julho de 2020.

## Catálogos da FDE

Os projetos sob responsabilidade da FDE são terceirizados a escritórios de arquitetura que ficam responsáveis pela elaboração do projeto como um todo. Cabe à equipe de Gerência de Projetos da FDE analisar o produto e verificar se ele está de acordo com as exigências da Secretaria de Estado da Educação (SEE), e com os Catálogos Técnicos da FDE. Os catálogos técnicos são documentos de especificação de ambientes, mobiliário, layout, componentes e serviços que são desenvolvidos e atualizados continuamente pela equipe técnica da FDE, para garantir a conformidade dos projetos às Normas Técnicas e à legislação vigente.

Atualmente, a FDE encontra-se em um processo de transição no qual as diretrizes de sustentabilidade vêm sendo elaboradas de modo a fazerem parte destes catálogos técnicos. Essas diretrizes dizem respeito tanto ao estudo de fontes de energia renovável e ao consumo energético do edifício, quanto a questões ligadas diretamente ao conforto de seus usuários.



[2.19] Catálogos Técnicos. FDE. Disponível em: <<https://produtos-tecnicos.fde.sp.gov.br/Pages/CatalogosTecnicos/Default.aspx>>. Acesso em: 12 de julho de 2020.

## 2.5 AS CONVERSAS

Para compreender melhor o atual contexto das construções escolares públicas no Estado de São Paulo, foi fundamental entrar em contato com pessoas que possuíssem participação direta neste setor. Durante o desenvolvimento do trabalho, tive a oportunidade de conversar com agentes que possuem atuação em etapas bastante distintas do processo. Essa etapa do projeto foi fundamental para compreendermos não apenas os processos metodológicos associados ao desenvolvimento dos projetos de arquitetura de edifícios escolares, como também os desafios enfrentados por quem ocupa os espaços projetados. Dentro desta linha, tive a oportunidade de conversar com usuários de projetos da FDE, com membros de consultorias ambientais com experiência em projetos da FDE e, por fim, com um funcionário responsável pelo gerenciamento destes projetos.

### Usuários

Para que se possa realizar um projeto com qualidade ambiental e que atenda às demandas de seus usuários, é fundamental compreendermos quem irá utilizar os espaços e as atividades que serão executadas nestes ambientes. Tendo em vista este argumento, o início desta etapa de trabalho se deu a partir de visitas em edifícios escolares projetados e executados durante o período de atuação da FDE, para ouvir dos próprios usuários suas percepções a respeito do espaço que frequentam.

Neste processo, tive a oportunidade de visitar a Escola Estadual Professor Mário M. Dantas de Aquino, localizada em Ferraz de Vasconcelos, no extremo leste da cidade de São Paulo. Nesta visita, fui recebida pelo diretor da escola, que me apresentou o edifício de modo muito atencioso, e me

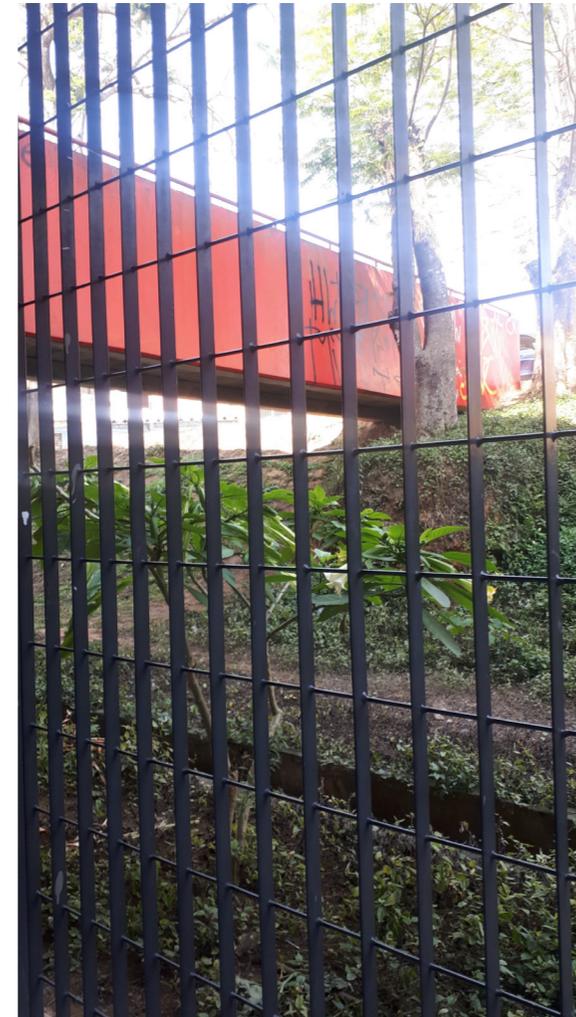
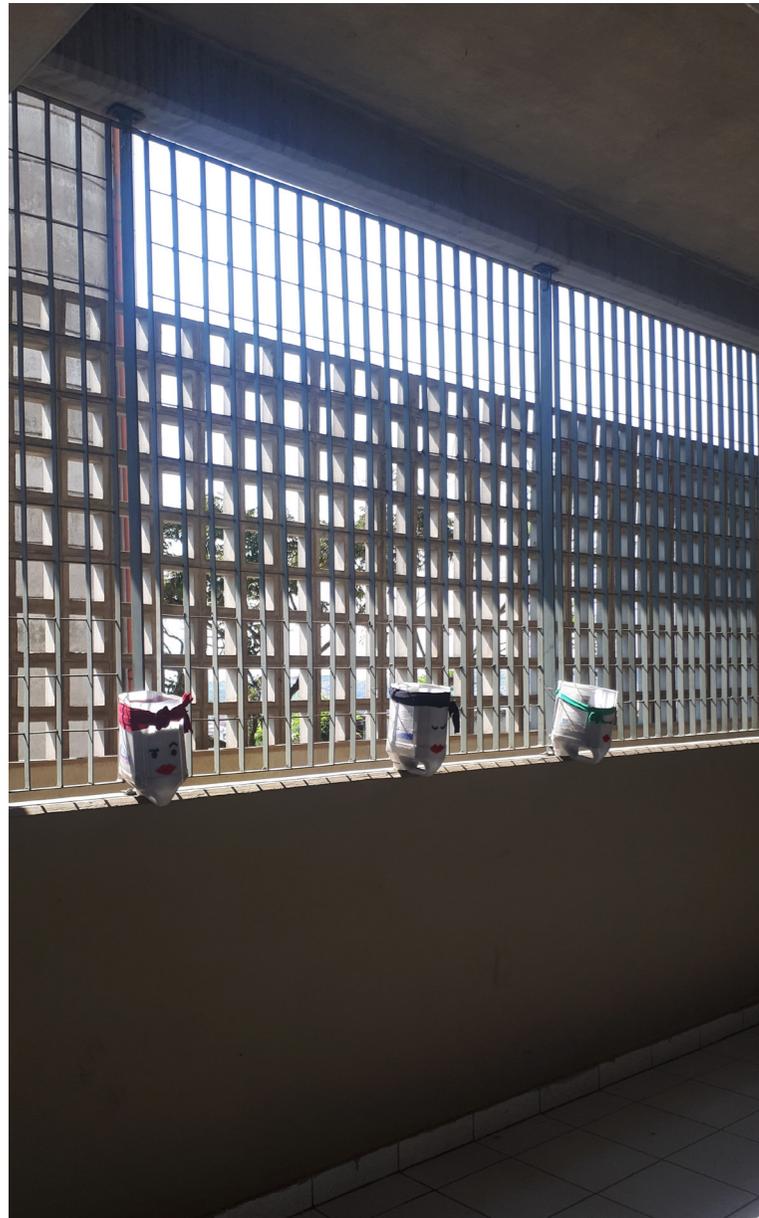
mostrou os diferentes desafios enfrentados por quem estuda e trabalha em suas dependências.

A Escola Estadual Professor Mário M. Dantas de Aquino foi projetada pelo escritório Apiacás Arquitetos e teve sua construção concluída em 2007. Este edifício foi escolhido como um dos objetos deste estudo, pois representa um padrão de arquitetura bastante encontrado nos edifícios de ensino público construídos na primeira década do século XXI no Estado de São Paulo.

A partir de entrevista com o diretor da escola, foi possível compreender os desafios que acabam não apenas comprometendo a qualidade do espaço, mas muitas vezes também colocando em risco seus estudantes. Dentre os principais desafios levantados, podemos citar:

» **Risco de queda das crianças:** O projeto foi desenvolvido de modo a garantir a maior comunicação possível entre os espaços de convívio. No entanto, devido à faixa etária das crianças que frequentam a escola, os espaços abertos acabaram criando grande riscos de queda por parte das crianças. Deste modo, a escola teve que instalar grades de proteção que, além de comprometer a estética do projeto, reduz a quantidade e qualidade da luz natural que incide nos ambientes internos;

» **Segurança:** Por estarem localizadas em regiões de grande vulnerabilidade social, a grande parte dos projetos de escolas públicas no Estado de São Paulo adotam algumas medidas para reduzir o risco de furtos e a entrada de pessoas desconhecidas. Nesses projetos, são especificadas esquadrias basculantes com pequenos vãos de ventilação, o que acaba comprometendo não só o conforto térmico dos usuários, como também a iluminação destes ambientes internos.



[2.20]

[2.20] Gradis de proteção na Escola Estadual Professor Mário M. Dantas de Aquino.

Fonte: Autor

Além disso, muitos dos espaços abertos propostos pelo projeto apresentam riscos com relação a entrada de pessoas desconhecidas. Para resolver este problema, também foram instaladas grades de proteção em alguns ambientes do pavimento térreo e inferior.

» **Manutenção:** De acordo com o diretor da escola, a questão da falta de recursos e de manutenção é um dos principais desafios enfrentados. Atualmente, a escola segue com sua principal área externa de convívio das crianças interditada, por conta do corrente desprendimento dos elementos em concreto armado que compõe a estrutura dos cobogós.

Além disso, muitos dos caixilhos basculante possuem seu funcionamento limitado também por conta da falta de manutenção destes elementos, o que faz com que não haja controle adequado por parte de seus usuários sobre a ventilação dos ambientes.



[2.21]

[2.21] Esquadrias com pequenos vãos de vidro.

Fonte: Autor



[2.22]

[2.22] Desprendimento dos elementos do cobogó.

Fonte: Autor

Estes desafios se refletem diretamente no desempenho do projeto. De acordo com o diretor da escola, nos períodos de verão, os ambientes de sala de aula são bastante quentes e abafados, enquanto, no interno, bastante frios. Além disso, os espaços internos de convívio estão bastante suscetíveis às condições climáticas externas e, portanto, sua qualidade é comprometida em períodos de chuva severa e de temperaturas baixas.

No processo de desenvolvimento do projeto de um edifício escolar, portanto, devem ser considerados não apenas os desafios associados diretamente ao uso do edifício, como também os desafios referentes às condições de orçamento/manutenção e segurança específicos dos projetos de escolas públicas no Estado de São Paulo.

### Consultoria e Coordenação

Nesta etapa de trabalho, tive também a oportunidade de conversar com uma profissional que atuou como consultora ambiental em diferentes projetos da FDE e com o gerente de projetos do grupo Bureau Veritas, empresa líder do Consórcio Gestor PRI-JHE, e responsável pelo gerenciamento de projetos na FDE. Estes contatos foram muito importantes para termos uma visão interna dos processos.

De acordo com a consultora, os principais desafios enfrentados por quem atua no desenvolvimento destes projetos são as restrições estabelecidas não só pelos catálogos da FDE, como também pelas questões de vandalismo e orçamento.

Por outro lado, temos uma preocupação bastante grande por parte da FDE em desenvolver projetos com qualidade. Atualmente, a FDE encontra-se em um processo de transição no qual as diretrizes de sustentabilidade vêm sendo elaboradas e atualizadas nos cadernos técnicos. De acordo com o nosso contato, os catálogos são constantemente atualizados para abranger uma maior gama de possíveis abordagens e soluções projetuais. Apesar de suas limitações, estes documentos são de extrema importância, pois consideram soluções já utilizadas em projetos anteriores e que foram desenvolvidas pensando nos desafios específicos deste tipo de edificação. Além disso, os catálogos técnicos são de grande importância para garantir o atendimento de requisitos de caráter normativo.

Com relação aos desafios de caráter orçamentário e segurança, podemos observar, por exemplo, que em uma grande parte dos projetos da FDE, evita-se o uso de forros, apesar de seu bom desempenho em termos de qualidade acústica, justamente por conta da questão do vandalismo. Outro ponto que se encaixa bem nesta análise é a contratação da construtora que irá realizar o projeto com base exclusivamente do preço. Deste modo, grande parte dos problemas encontrados no projeto da EE, dentre eles as janelas emperradas e a queda dos elementos de cobogó, podem ser associados à falta de competência técnica da empresa contratada.

O padrão de arquitetura presente no projeto da Escola Esta-

dual Professor Mário M. Dantas de Aquino e encontrado em outros edifícios escolares da mesma época, pode ser observado nos projetos apresentados a seguir.

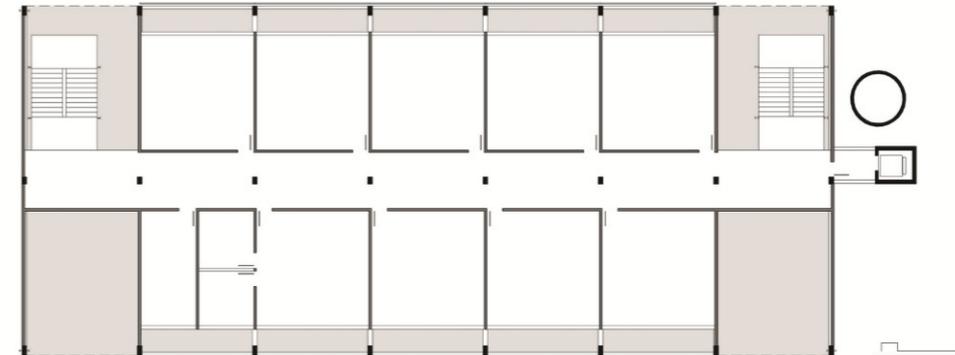


[2.23]

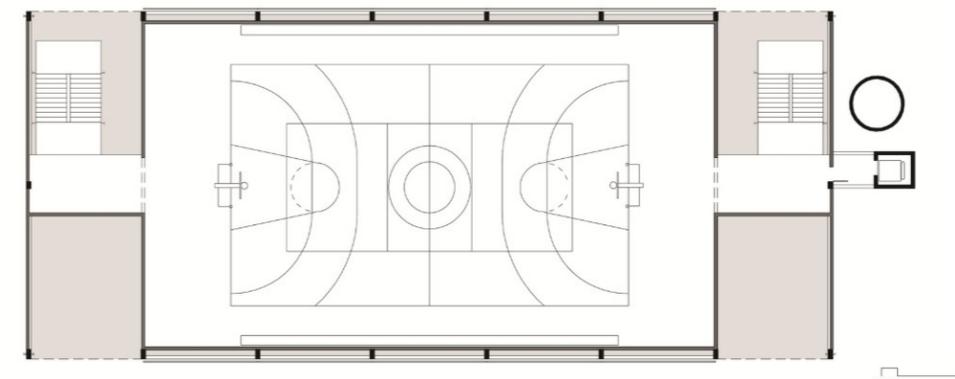
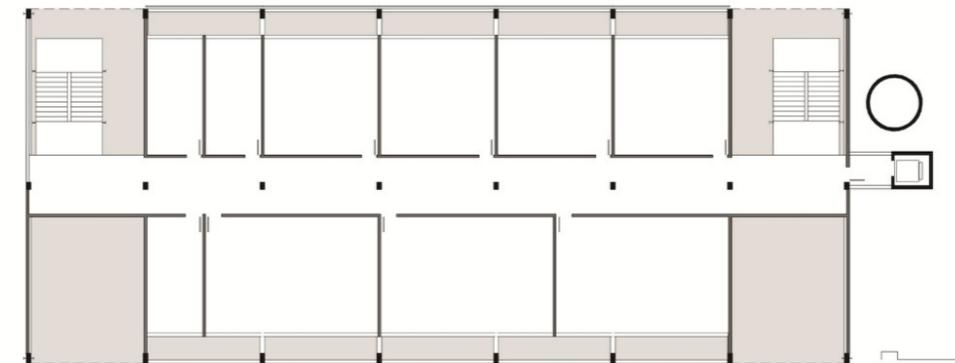


[2.23] EE. Doutor Telêmaco Paioli Melges, 2004 - Una Arquitetos.

Fonte: FRACALOSSI, Igor. Escola Estadual Telêmaco Melges / UNA Arquitetos. Archidaily.



[2.24]



[2.24] EE. Doutor Telêmaco Paioli Melges, 2004 - Una Arquitetos.

Fonte: FRACALOSSI, Igor. Escola Estadual Telêmaco Melges / UNA Arquitetos. Archidaily.

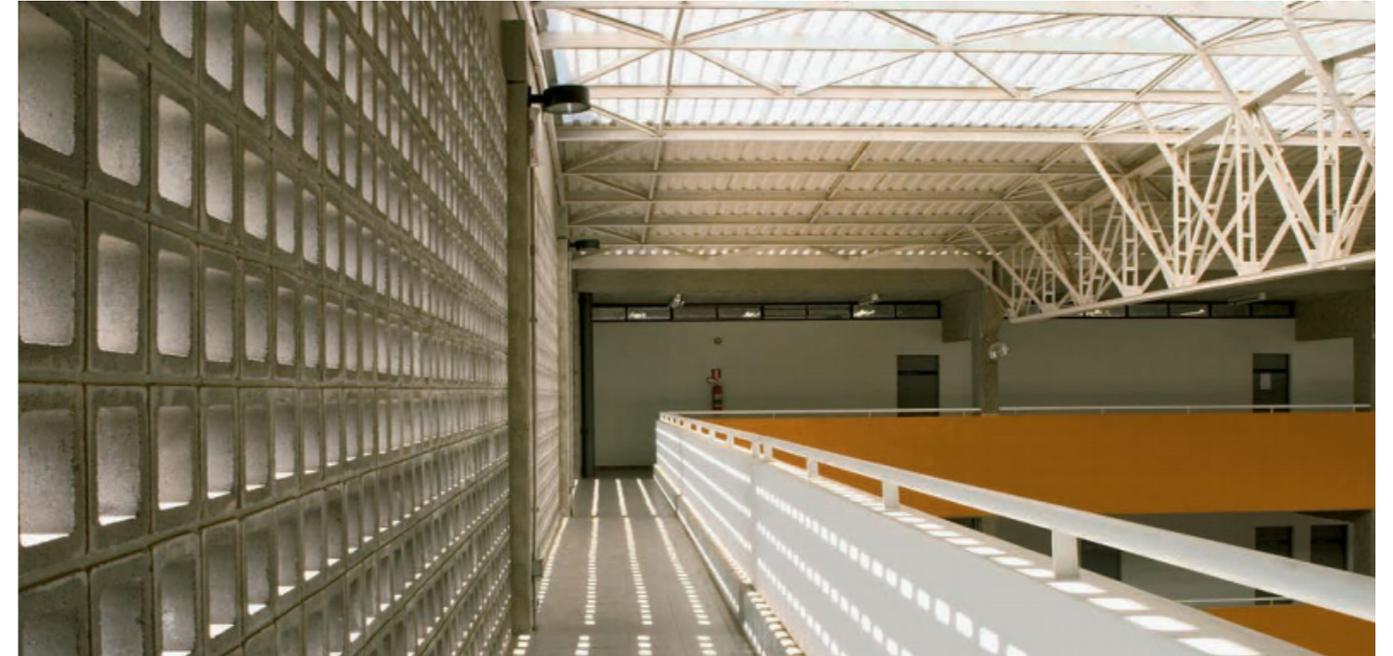


[2.25]



[2.25] EE. Campinas F1, 2003 -  
MMBB Arquitetos.

Fonte: KON, Nelson. Escola de En-  
sino Fundamental FDE Campinas  
F1 / MMBB Arquitetos. Archidaily.



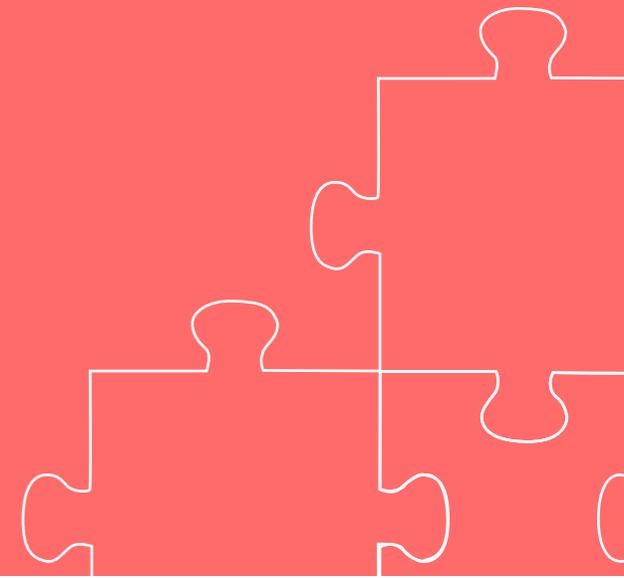
[2.26]

[2.26] EE. Campinas F1, 2003 -  
MMBB Arquitetos.

Fonte: KON, Nelson. Escola de En-  
sino Fundamental FDE Campinas  
F1 / MMBB Arquitetos. Archidaily.

**PARTE 03**  
ESTUDO DE CASO

---





[3.01] E.E Professor Mário Dantas de Aquino.

**Fonte:** PARENTE, Fran. FDE - Escola Parque Dourado V/ Apicás Arquitetos. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/01-3326/fde-escola-parque-dourado-v-apicás-arquitetos>>. Acesso em: 12 de maio de 2020.

O estudo da Escola Estadual Professor Mário M Dantas de Aquino, foi muito importante para compreendermos melhor as percepções de conforto dos usuários nos edifícios escolares, assim como os desafios de projeto enfrentados para essa tipologia específica de edifício. A visita em campo e a conversa com o diretor da escola, nos abriu a oportunidade de estudar o motivo pelo qual os ambientes de ensino deste projeto não apresentam o desempenho esperado e a influência das soluções de projeto na performance deste edifício.

Tendo em vista estas considerações, decidiu-se utilizar então a Escola Estadual Professor Mário M Dantas de Aquino, como o objeto de um estudo cuja relevância se estende para muito além de um único projeto. Este edifício foi escolhido, como já citado anteriormente, por se tratar de um projeto cujas características correspondem bem aos padrões de edificação escolar bastante presentes nos projetos da FDE da primeira década do século XXI e, portanto, as questões discutidas aqui também podem ser utilizadas como base para análise de outros projetos.

O estudo se baseou na análise de diferentes cenários aplicados ao projeto da Escola Estadual Professor Mário M Dantas de Aquino. O principal objetivo deste estudo foi o de compreender a influência de diferentes parâmetros de projeto no desempenho térmico e lumínico do edifício.

### 3.1 PARÂMETROS DE CONFORTO

Para realizar uma análise na qual consigamos verificar se os resultados obtidos no estudo apresentam conforto ou não a seus usuários, são utilizados critérios, como parâmetros de conforto, para a avaliação do desempenho do edifício. Neste estudo, trabalharemos com parâmetros de conforto térmico e lumínico.

#### Parâmetros de conforto térmico

Para análise de conforto térmico em edifícios ventilados naturalmente, temos algumas normas nacionais e internacionais que trabalham com a definição de parâmetros de conforto.

Entre as normas nacionais, temos a Norma de Desempenho (NBR 15575) que se aplica exclusivamente a edifícios habitacionais. De acordo com esse documento, a análise de desempenho térmico pode ser realizada a partir de dois métodos de avaliação:

- » Análise das propriedades de Transmitância Térmica (U) e Capacidade Térmica (CT) das fachadas e coberturas do edifício, através de um cálculo prescritivo.
- » Análise dos valores mínimos e máximos de temperatura nos ambientes de permanência prolongada para condições de verão e de inverno

A partir destas análises, o desempenho térmico dos ambientes pode ser classificado como Médio, Intermediário ou Superior, conforme tabelas a seguir:

#### Critérios de verão

NÍVEL DE DESEMPENHO	CRITÉRIO	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
<b>M</b>	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$
<b>I</b>	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2\text{ °C})$	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 1\text{ °C})$
<b>S</b>	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 4\text{ °C})$	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2\text{ °C})$

T<sub>i,máx.</sub> é o valor diário máximo da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.  
T<sub>e,máx.</sub> é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.  
NOTA Zonas Bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15.220-3.

[3.02]

[3.02] Critérios de desempenho para período de verão.

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2013).

#### Critérios de inverno

NÍVEL DE DESEMPENHO	CRITÉRIO	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
<b>M</b>	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 3\text{ °C})$	Nestas zonas, este critério não precisa ser verificado
<b>I</b>	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 5\text{ °C})$	
<b>S</b>	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 7\text{ °C})$	

T<sub>i,mín.</sub> é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.  
T<sub>e,mín.</sub> é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.  
NOTA Zonas Bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15.220-3.

[3.03]

[3.03] Critérios de desempenho para período de inverno.

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2013).

Como podemos observar, os critérios estabelecidos pela NBR 15575 para análise de desempenho térmico de edificações são bastante limitados.

Quando olhamos para o primeiro método, referente à análise das propriedades de Transmitância Térmica e Capacidade Térmica, podemos observar que ele desconsidera não só os ganhos internos de calor, como também o sombreamento das superfícies externas. Além disso, quando trabalhamos com edifícios com grandes panos de vidro, a desconsideração das propriedades térmicas dos materiais não opacos pode resultar em um desvio de resultado bastante significativo.

O segundo método, por sua vez, trabalha com a análise de temperaturas limite, no entanto, desconsidera outras variáveis físicas e condições do espaço interno que podem ter influência direta sobre as condições de conforto dos usuários.

Deste modo, a NBR 15575 não será utilizada como base para o estudo que será realizado neste trabalho, portanto será necessário utilizar outro método de avaliação.

Além desta norma nacional, temos também diversos regulamentos técnicos internacionais que trabalham com critérios de desempenho térmico de edifícios e que poderão ser melhor aplicados neste estudo.

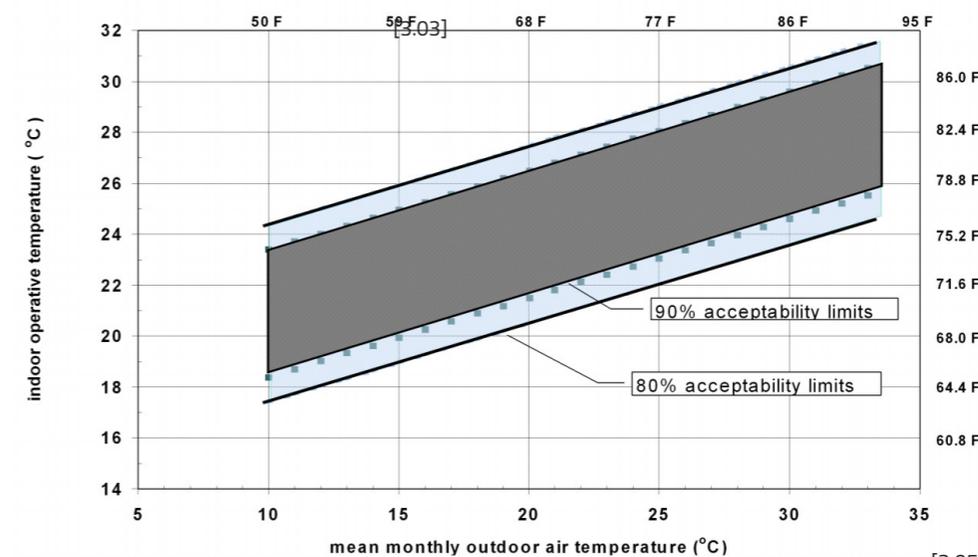
Dentro desta gama de regulamentos, temos a ASHRAE 55-2013: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy que estabelece faixas de conforto com base no Modelo Adaptativo.

Neste modelo, os critérios de conforto são estabelecidos a partir de pesquisas de campo, utilizando como variáveis ambientais os seguintes parâmetros: temperatura, umidade, velocidade do ar e temperatura de globo.

O modelo foi desenvolvido cruzando o levantamento desses parâmetros com a percepção dos usuários, levantadas a partir de respostas obtidas com escalas previamente desenvolvidas para esta finalidade. A partir dos dados obtidos, foi então realizada uma análise estatística para encontrar a relação entre as respostas e os valores medidos experimentalmente. O produto deste estudo são valores de temperatura interna de conforto, expressos em função da temperatura exterior. A partir destes valores, o Modelo Adaptativo foi desenvolvido com base no gráfico abaixo, com os dados de temperatura operativa interior em função da temperatura média exterior exponencialmente ponderada. O gráfico apresenta uma banda de tolerância em torno de uma linha central definida pela equação:

$$T_i = 0,33 \cdot T_{rm} + 18,8 \quad [3.04]$$

[3.04] ASHRAE 55-2013 (2013).



[3.05] Faixa de temperatura operacional aceitável para espaços naturalmente condicionados.

Fonte: ASHRAE 55-2013 (2013).

De acordo com a ASHRAE Standard 55-2013, quando temos uma porcentagem acima de 80% dos indivíduos em situação de conforto, é possível afirmar que o ambiente é termicamente confortável.

Quando olhamos para ambientes escolares, no entanto, temos requisitos de conforto distintos dos comumente observados em outras edificações, como apresentado na primeira etapa do trabalho. Utilizando como base os estudos acerca do tema do conforto térmico em edifícios escolares, é possível observar que considerar para a análise desses edifícios os modelos de conforto desenvolvidos até então poderia resultar em uma avaliação irreal e, portanto, com baixo valor de análise. Portanto, foram também analisados estudos realizados especificamente para esta tipologia de edifício.

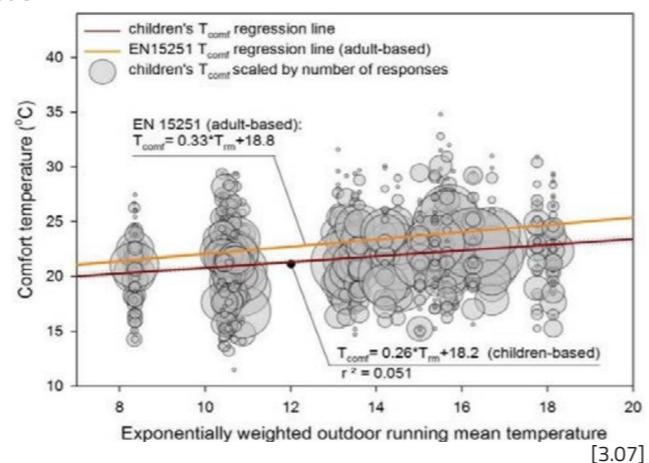
Um dos estudos que será utilizado como base foi realizado no Reino Unido [3.06], e desenvolvido a partir do voto de crianças em uma escala de 7 pontos de sensação térmica (muito frio, frio, um pouco frio, ok, um pouco quente, quente e muito quente). Ao mesmo tempo foram medidas, em campo, os dados de temperatura operativa ( $T_a$ ) e umidade relativa (RH) do ambiente interno, tirados em um intervalo de 5 minutos.

Foi obtido um total de 2784 votos de sensação térmica e as correspondentes temperaturas operativas internas tiradas no momento da pesquisa. Como produto do estudo, foi tirada uma equação que se assemelha bastante com a equação do Modelo Adaptativo, mas que, no entanto, possui valores limite de temperatura interna inferiores aos apresentados pelo modelo.

[3.06] TELI, Despoin (2017).

[3.07] Gráfico comparando as faixas de temperatura definidas pelo Modelo Adaptativo e as definidas para edifícios escolares.

Fonte: TELI, Despoin (2017).



No gráfico observado, temos a inserção dos dados obtidos, sendo o tamanho dos círculos baseado no número de votos de sensações térmicas para cada temperatura de conforto. Como podemos observar, a linha de regressão apresentada pelo modelo é inferior à linha de conforto definida pelo Modelo Adaptativo utilizado pela ASHRAE 55.

$$T_{conf} = 0,26 \cdot T_m + 18,2$$

[3.08]

[3.08] TELI, Despoin (2017).

Este estudo foi analisado visando compreender o processo de formulação do modelo de conforto para edifícios escolares. No entanto, de acordo com Humphreys (2012), estudos de conforto realizados em um local específico não devem ser generalizados e aplicados em outras localidades nas quais o estudo não foi realizado, uma vez que diferem em termos de contexto, cultura e clima. Deste modo, as necessidades de conforto e as expectativas dos habitantes das duas localidades podem não ser as mesmas.

Deste modo, para considerar as necessidades de conforto específicas para edifícios escolares no Estado de São Paulo, seria necessário o desenvolvimento de um modelo específico para a região de estudo. No entanto, por não se tratar do foco deste trabalho, serão utilizados como base para os critérios de desempenho térmico os dois modelos: o Modelo Adaptativo e o Modelo para edifícios escolares.

### Parâmetros de conforto lumínico

Como pudemos observar anteriormente, as condições de iluminância gerais no ambiente de estudo possuem influência direta sobre o desempenho dos estudantes. De acordo com Corbella e Yannas (2003), o conforto lumínico destes ambientes está diretamente associado aos seguintes parâmetros: campo visual, adaptação e contraste.

Atualmente, existem diversos métodos e ferramentas que foram desenvolvidas para calcular e avaliar a iluminação natural. Dentre estes métodos, podemos citar: Método dos Lúmens, Fator de Luz Diurna (FLD), Transferidores de Iluminação Natural BRS, Método do Fluxo Dividido, Relógio de Sol, dentre outros.

No Brasil, esse desempenho pode ser avaliado a partir da *NBRISO/CIE 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho* que substituiu a *NBR 5413: Iluminância de Interiores* em 2013. A norma estabelece diferentes parâmetros para avaliação da qualidade de iluminação nestes ambientes. Neste trabalho, no entanto, essa avaliação será realizada a partir de valores de iluminância. Para ambientes com atividades de ler e escrever, a norma define um nível mínimo de iluminância de 500 lux, valor que será utilizado como base para o estudo deste trabalho.



[3.09]

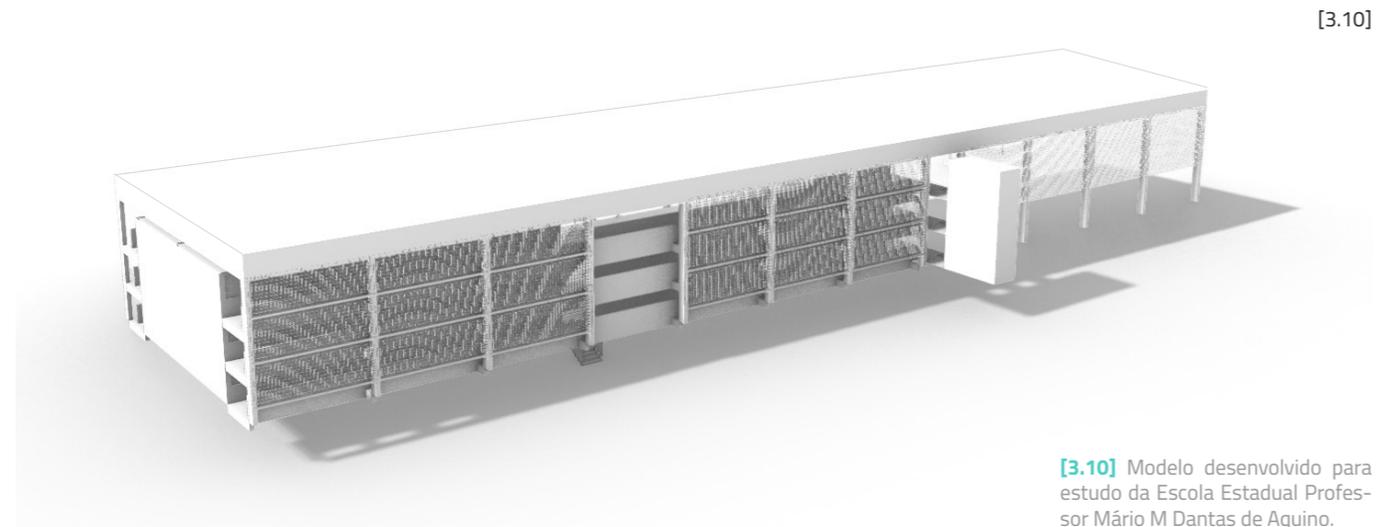
[3.09] Sala de aula no Colégio Franciscano João XXIII.

Fonte: Colégio Franciscano João XXIII. Disponível em: <<https://www.cfj23.com/infraestrutura/salas-de-aula>>. Acesso em: 10 de julho de 2020.

### 3.2 O PROJETO

A Escola Estadual Professor Mário M Dantas de Aquino está localizada na região de Ferraz de Vasconcelos, no extremo leste da cidade de São Paulo. O projeto se localiza nas proximidades da Avenida Governador Jânio Quadros em uma grande quadra já existente na qual temos um conjunto habitacional e outras duas escolas também pertencentes à FDE.

Os edifícios do entorno próximo ao edifício são majoritariamente baixos, de uso residencial e comercial. Os edifícios do conjunto habitacional, por sua vez, apesar de possuírem um gabarito mais elevado, então localizados em uma cota mais baixa do terreno, portanto, possuem também pouca influência sobre as condições de sol no projeto.



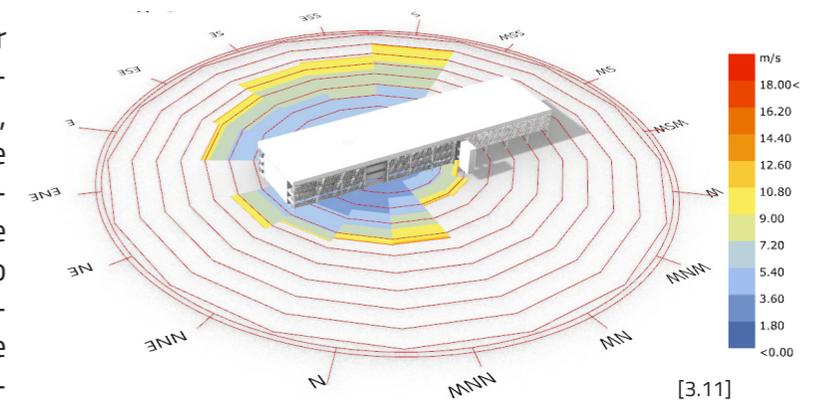
[3.10]

[3.10] Modelo desenvolvido para estudo da Escola Estadual Professor Mário M Dantas de Aquino.

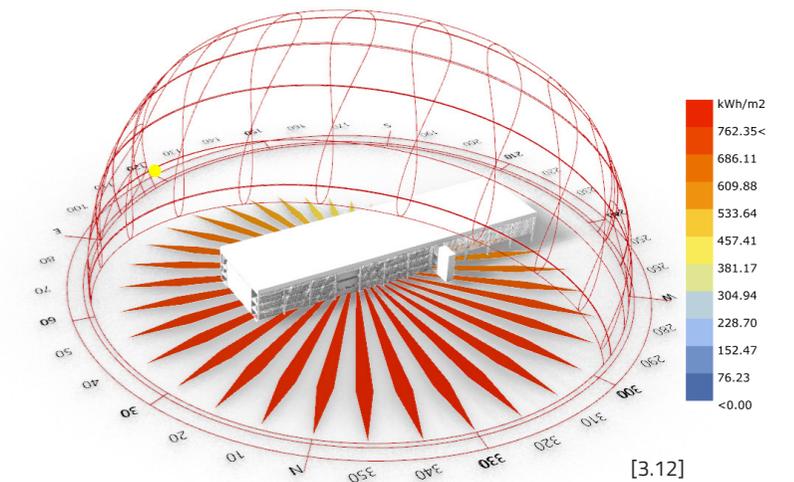
Fonte: Autor.

O edifício da Escola Estadual Professor Mário M Dantas de Aquino possui orientação favorável aos ventos predominantes, o que é de grande interesse quando se propõe trabalhar com ambientes naturalmente ventilados. Seus maiores panos de fachada, no entanto, possuem orientação sudeste e noroeste, sendo a fachada noroeste a que recebe maior quantidade de radiação solar. Temos, portanto, a necessidade de se trabalhar esta fachada com mais cautela, devido aos grandes ganhos de calor por radiação solar associados à essa orientação. É exatamente neste caminho que o projeto se propõe a trabalhar, a partir do uso dos cobogós em concreto armado como elementos de sombreamento.

O projeto se propõe a trabalhar com amplos ambientes de convívios naturalmente ventilados e centralizados na planta do projeto, além do sombreamento das aberturas a partir de elementos vazados em concreto armado (cobogós).



[3.11]



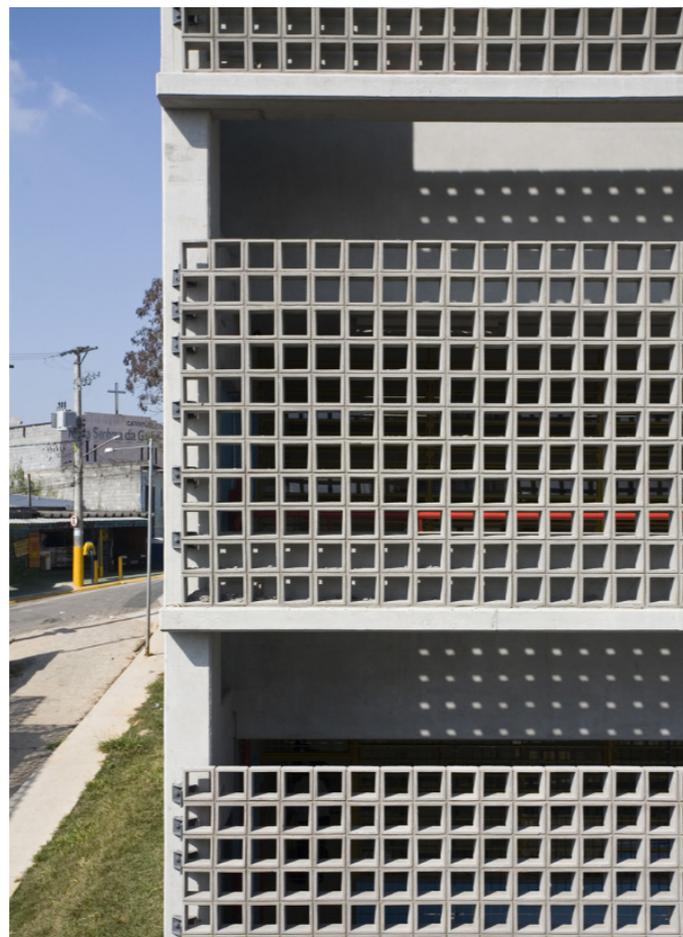
[3.12]

[3.11] Rosa de ventos obtida a partir da análise do arquivo climático no Grasshopper/Ladybug.  
Fonte: Autor.

[3.12] Radiação total em kWh/m<sup>2</sup> obtida a partir da análise do arquivo climático no Grasshopper/Ladybug.  
Fonte: Autor.

O programa arquitetônico proposto com 15 salas de aula, 2 salas de reforço, 3 salas especiais, pátio e quadra coberta, foi distribuído em três pavimentos. Devido ao desnível existente no terreno de implantação do projeto, os ambientes de refeitório, sanitários e administração foram dispostos no piso intermediário, com acesso direto ao nível da rua, e os demais ambientes de uso dos alunos, divididos entre o piso inferior e o piso superior.

Nos ambientes de salas de aula, temos as aberturas voltadas para os corredores de acesso e dispostas em apenas uma das paredes. Essas aberturas são sombreadas pelo próprio corredor de circulação dos alunos, que possui largura de 2,43m e, em sua fachada com orientação noroeste, por uma estrutura de cobogós que compõe a estética do edifício.



[3.13]

[3.13] Fachada em cobogó.

Fonte: PARENTE, Fran. FDE - Escola Parque Dourado V/ Apicás Arquitetos. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/01-3326/fde-escola-parque-dourado-v-apicás-arquitetos>>. Acesso em: 12 de maio de 2020.



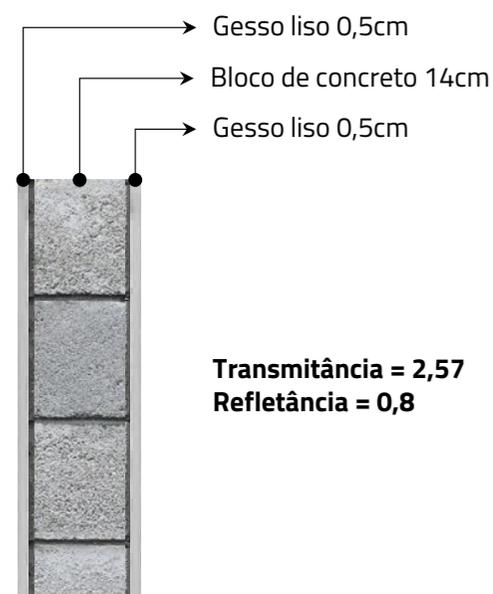
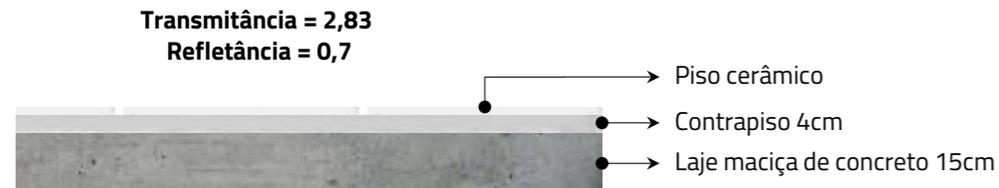
[3.14]

[3.14] Fachada em cobogó.

Fonte: PARENTE, Fran. FDE - Escola Parque Dourado V/ Apicás Arquitetos. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/01-3326/fde-escola-parque-dourado-v-apicás-arquitetos>>. Acesso em: 12 de maio de 2020.

O projeto é composto por um sistema estrutural tipo viga-pilar em concreto armado, com os seguintes sistemas de vedação vertical e horizontal, que também apresentam influência direta sobre o desempenho do edifício:

[3.15]



Foram utilizados no projeto paredes em bloco de concreto 14cm com revestimento em gesso liso em ambas as faces e lajes maciças de concreto armado com revestimento cerâmico.

[3.15] Sistemas de vedação vertical e horizontal com respectivos valores de transmitância térmica e refletância.

Fonte: Autor.

### 3.3 ESTUDO DE CENÁRIOS

Para compreender melhor a influência das soluções de projeto no desempenho do edifício, foram realizados estudos de cenários organizados em duas seguintes frentes: a dimensão das salas e o estudo do sombreamento.

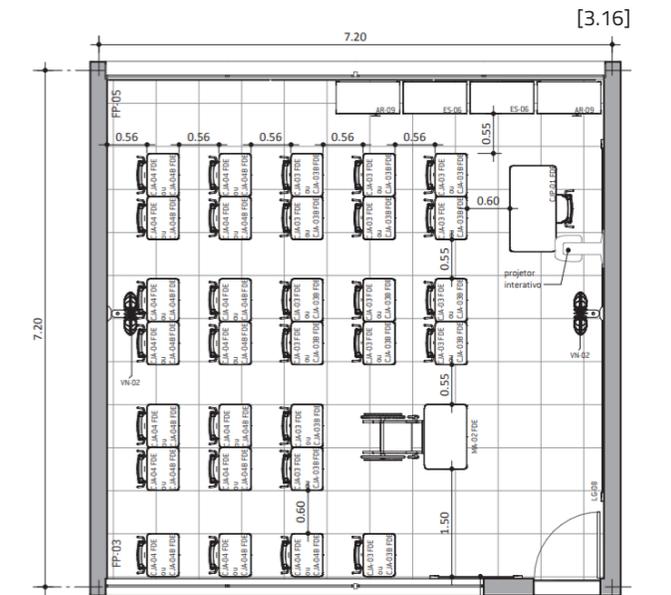
As simulações foram realizadas com o uso do Grasshopper e seus plugins Honeybee e do Ladybug. O arquivo climático utilizado para análise dos dados de clima e das simulações foi do tipo TRY (Test Reference Year) que representam um ano de dados médios para um local específico, abrangendo variáveis de temperatura de bulbo seco, temperatura de orvalho, umidade relativa do ar, direção e velocidades dos ventos, nebulosidade, pressão barométrica e radiação solar.

#### Dimensão das salas

Os ambientes projetados para o edifício seguem uma modularidade padrão da FDE e que respeita o sistema construtivo em alvenaria de bloco de concreto estabelecido para o projeto. Esse modelo também é aplicado para os ambientes de sala de aula, que possuem dimensão padrão de 7,20mx7,20m, conforme catálogo técnico da FDE.

[3.16] Modelo de sala de aula utilizado no projeto e especificado nos Cadernos Técnicos da FDE.

Fonte: FDE.



Para estudar as condições de conforto do projeto, as primeiras análises realizadas foram desenvolvidas visando compreender a influência dessas dimensões de salas de aula para o desempenho do ambiente. Foram estudados três cenários:

- » **Cenário 01:** Corredor com 3 salas de aula de cada lado (condição atual);
- » **Cenário 02:** Corredor com 2 salas de aula de cada lado;
- » **Cenário 03:** Corredor com 5 salas de aula de cada lado.

Para essa análise, foram consideradas as seguintes fontes internas de calor:

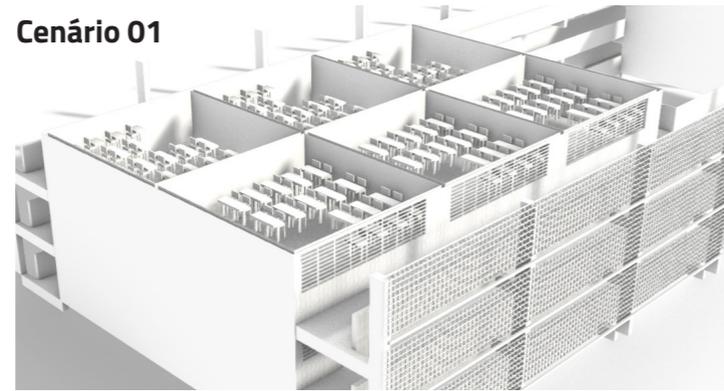
- » **Ocupação:** 65W
- » **Luminárias:** 3W/m<sup>2</sup>
- » **Computador:** 180W [3.17]

[3.17] Mesquita, 1977.

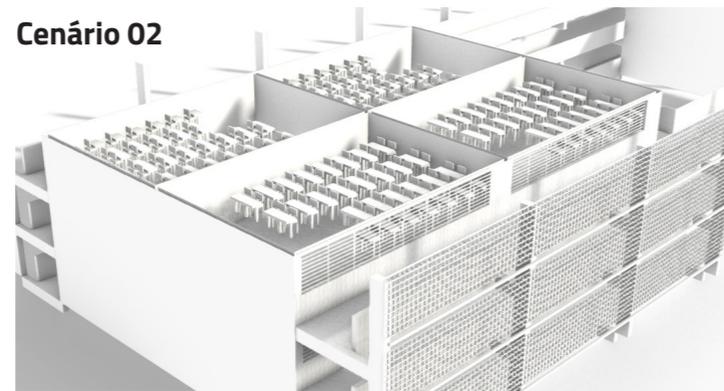
[3.18] Cenários estudados considerando diferentes dimensões de sala de aula.

Fonte: Autor.

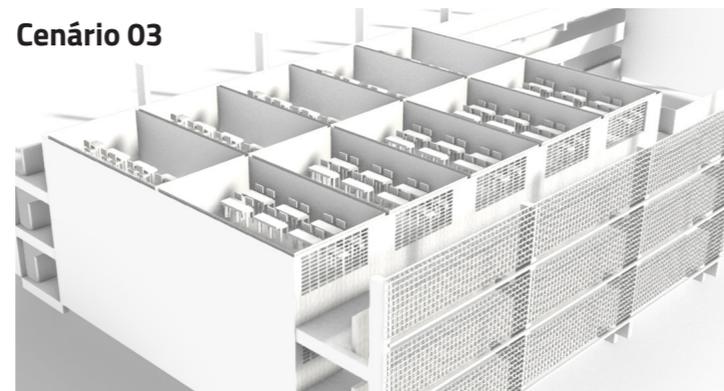
### Cenário 01



### Cenário 02

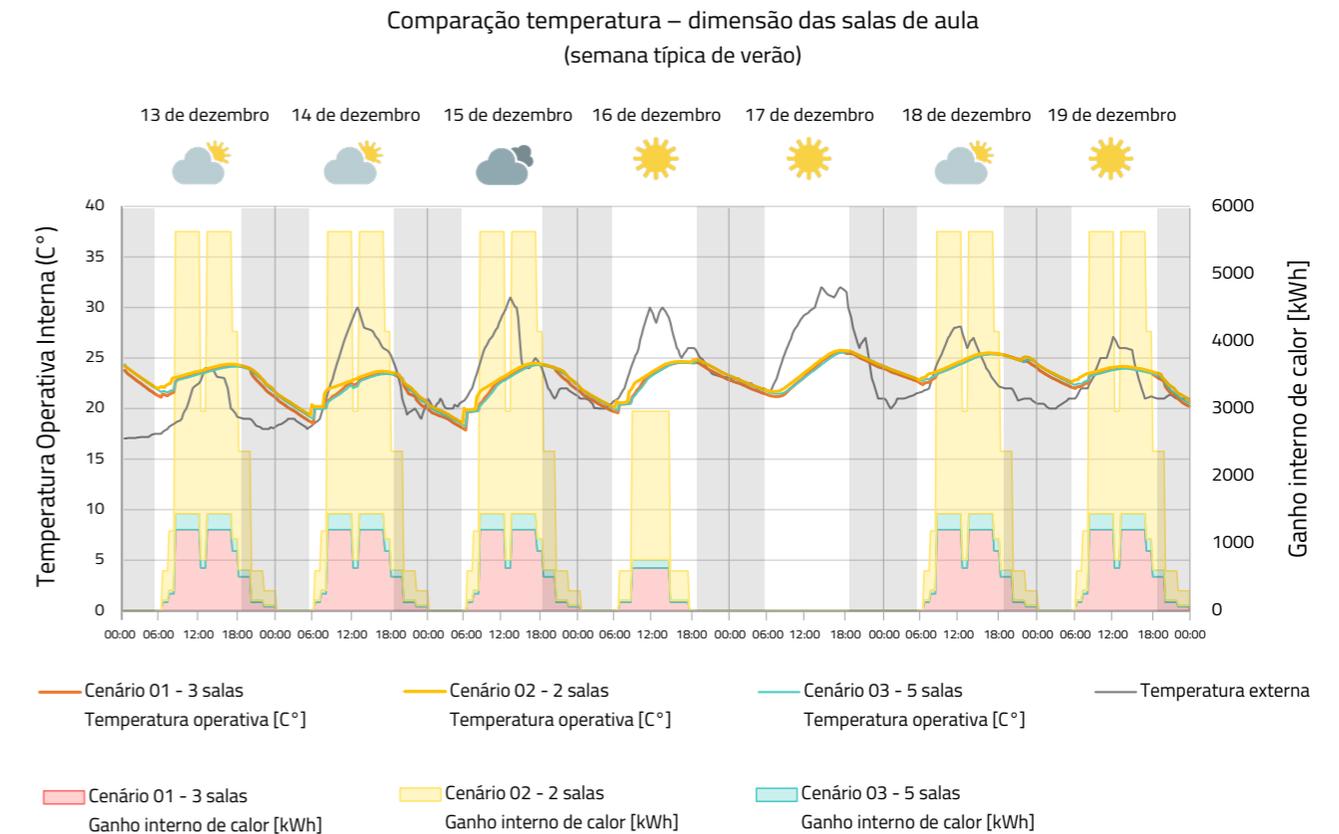


### Cenário 03



[3.18]

Para a análise de desempenho térmico, foram gerados gráficos, a partir dos resultados obtidos com as simulações, que mostram o comportamento da temperatura interna dos ambientes de sala de aula em uma semana típica de verão.



[3.19] Perfil de temperaturas internas para diferentes dimensões de salas de aula.

Fonte: Autor.

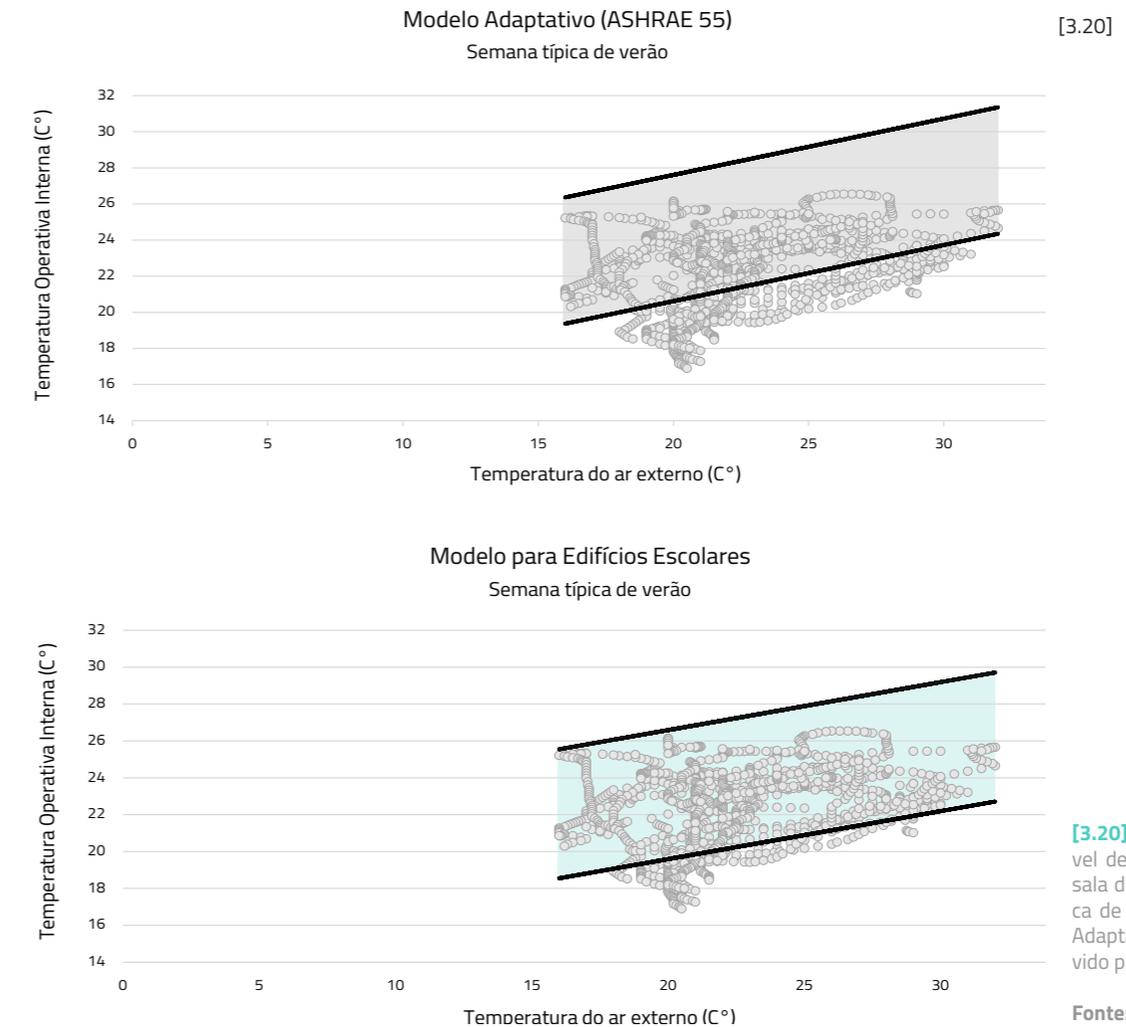
[3.19]

Como podemos observar, com o aumento no tamanho das salas de aula, temos uma maior densidade de estudantes por  $m^2$ , devido às configurações e dimensões de mobiliário segundo catálogo técnico da FDE. É possível também notar que nos três cenários, a temperatura interna destes ambientes sofre um “achamento” e, portanto, não possui os picos de temperatura observados no ambiente externo. Tal fato pode ser justificado primeiramente pela atuação natural da massa térmica, que, apesar de pouca neste projeto, possui influência importante e, principalmente, por conta do grande sombreamento que existe nas duas fachadas principais do edifício.

Podemos também observar que com a redução no número de salas de aula, temos um aumento de suas dimensões e, portanto, do volume total de ar do ambiente. Neste caso, apesar de termos um aumento no ganho de calor por radiação, por conta da maior área de suas superfícies expostas, e um aumento significativo na taxa de ocupação do ambiente e, portanto, nos ganhos de calor internos, foram observados resultados bastante próximos entre os três cenários estudados. Podemos observar, no entanto, que existe um pequeno “engordamento” na curva de temperatura para o Cenário 02, no qual temos salas de aula mais amplas. Isso ocorre pois o tempo necessário para esquentar ou esfriar uma quantidade de ar maior é, portanto, também superior se compararmos a um ambiente de menores dimensões.

Para o cenário atual, podemos observar que, no período de verão analisado no gráfico anterior, temos que 70% das temperaturas observadas atendem às faixas de conforto estabelecidas pelo Modelo Adaptativo. É possível observar também, uma quantidade razoável de temperaturas abaixo do limite inferior desta faixa. Se alterarmos a linha de regressão deste gráfico pela linha obtida no estudo de Teli (2017), o que nota-se, é

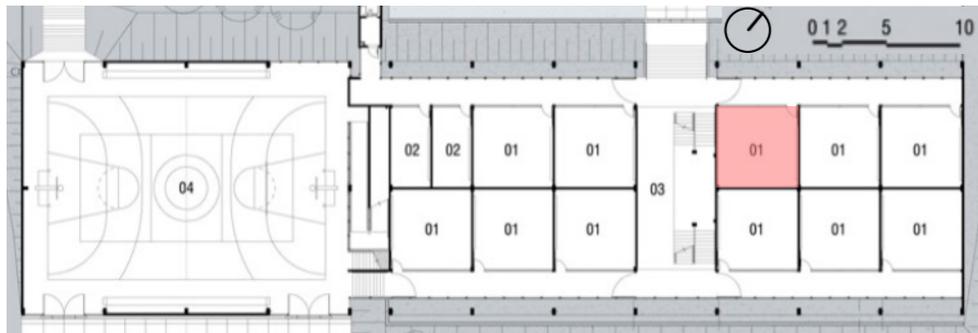
que há um aumento desta porcentagem de horas dentro da faixa de conforto de 70% para 93%, devido à redução das temperaturas de conforto.



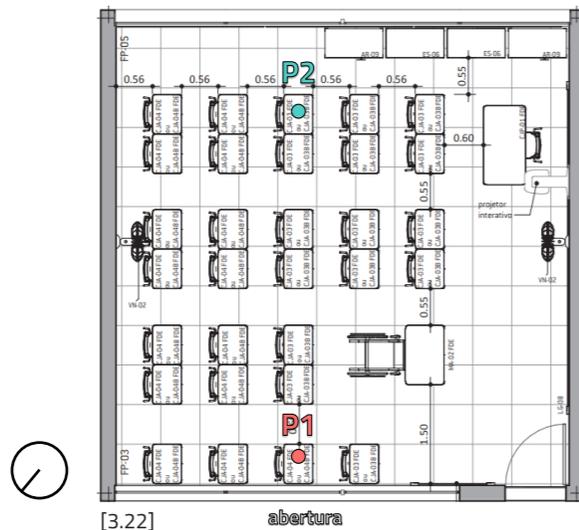
[3.20] Gráficos para análise do nível de conforto dos ambientes de sala de aula, em uma semana típica de verão, com base no Modelo Adaptativo e no Modelo desenvolvido por Teli (2017).

Fonte: Autor.

Para avaliarmos o desempenho destes ambientes, é essencial que sejam também verificados os requisitos de iluminação natural. Para análise deste critério, foram feitas simulações de iluminância na altura do plano de trabalho dos estudantes em diferentes horas do dia e analisados os valores obtidos para dois pontos específicos: um mais afastado da janela e outro, mais próximo à abertura.



[3.21]



[3.22]

**[3.21]** Recorte de planta nível 96,47m com indicação do ambiente estudado para análise simplificada de desempenho lumínico.

**Fonte:** PARENTE, Fran. FDE - Escola Parque Dourado V/ Apicâs Arquitetos. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/01-3326/fde-escola-parque-dourado-v-apicacs-arquitetos>>. Acesso em: 12 de maio de 2020.

**Montagem:** Autor.

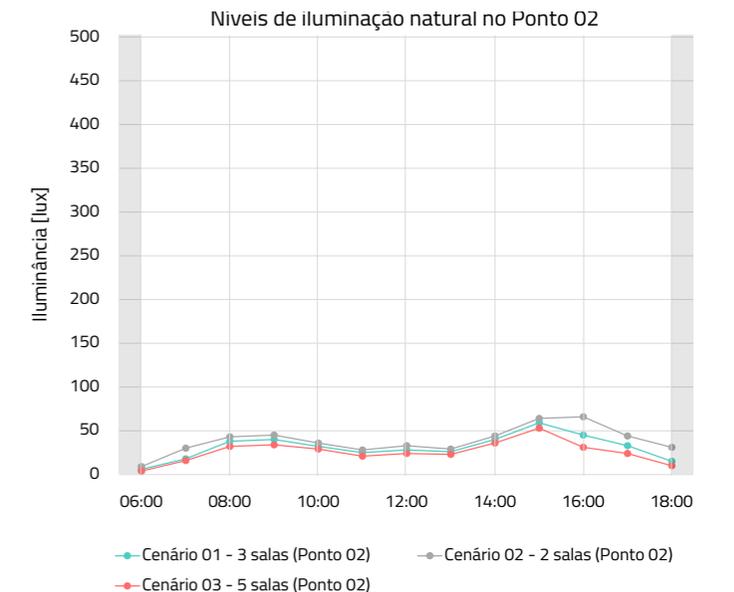
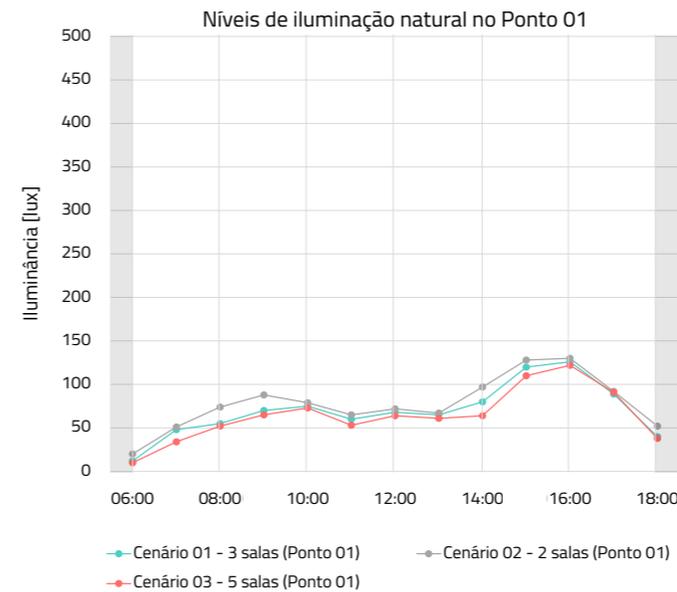
**[3.22]** Indicação dos pontos estudados.

**Fonte:** FDE.

**Montagem:** Autor

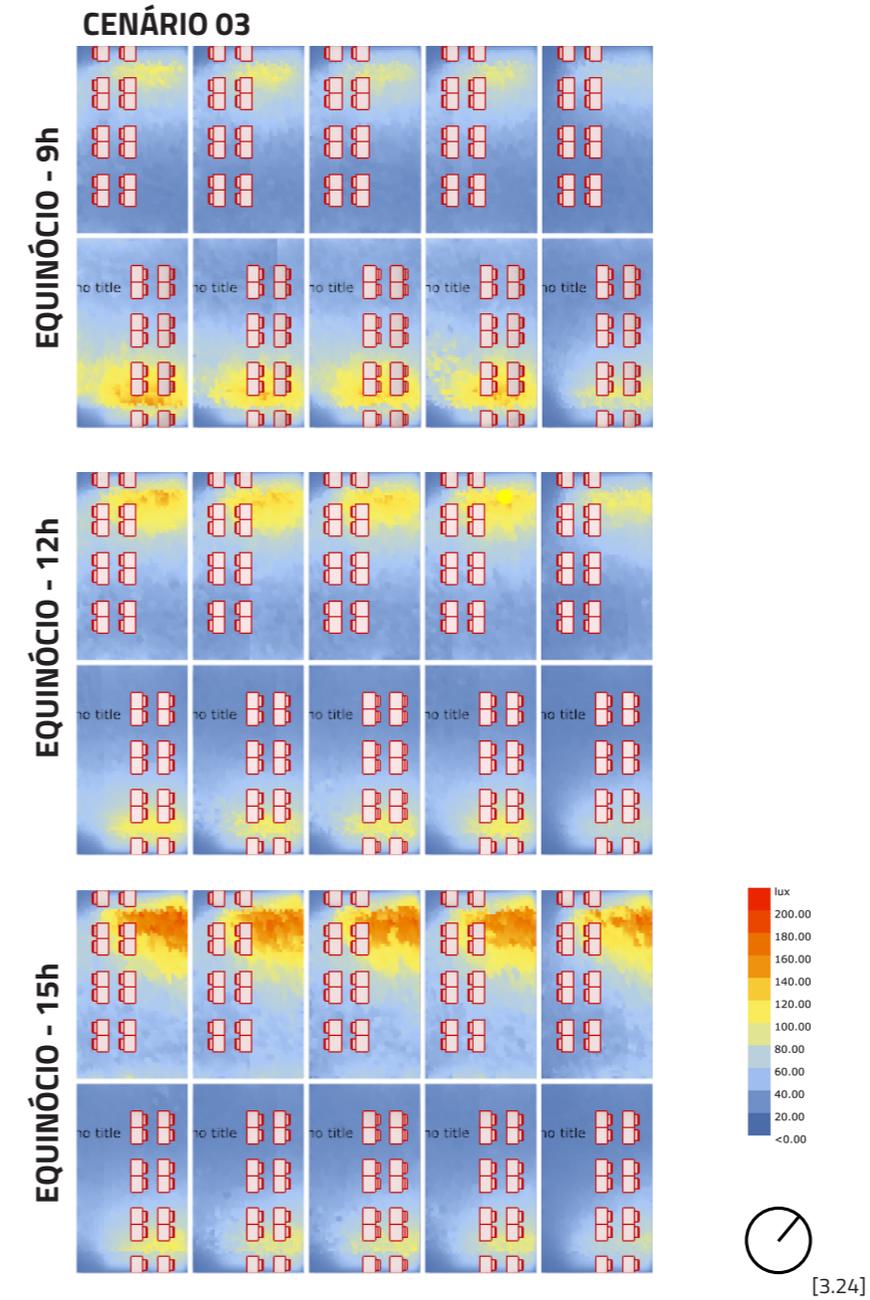
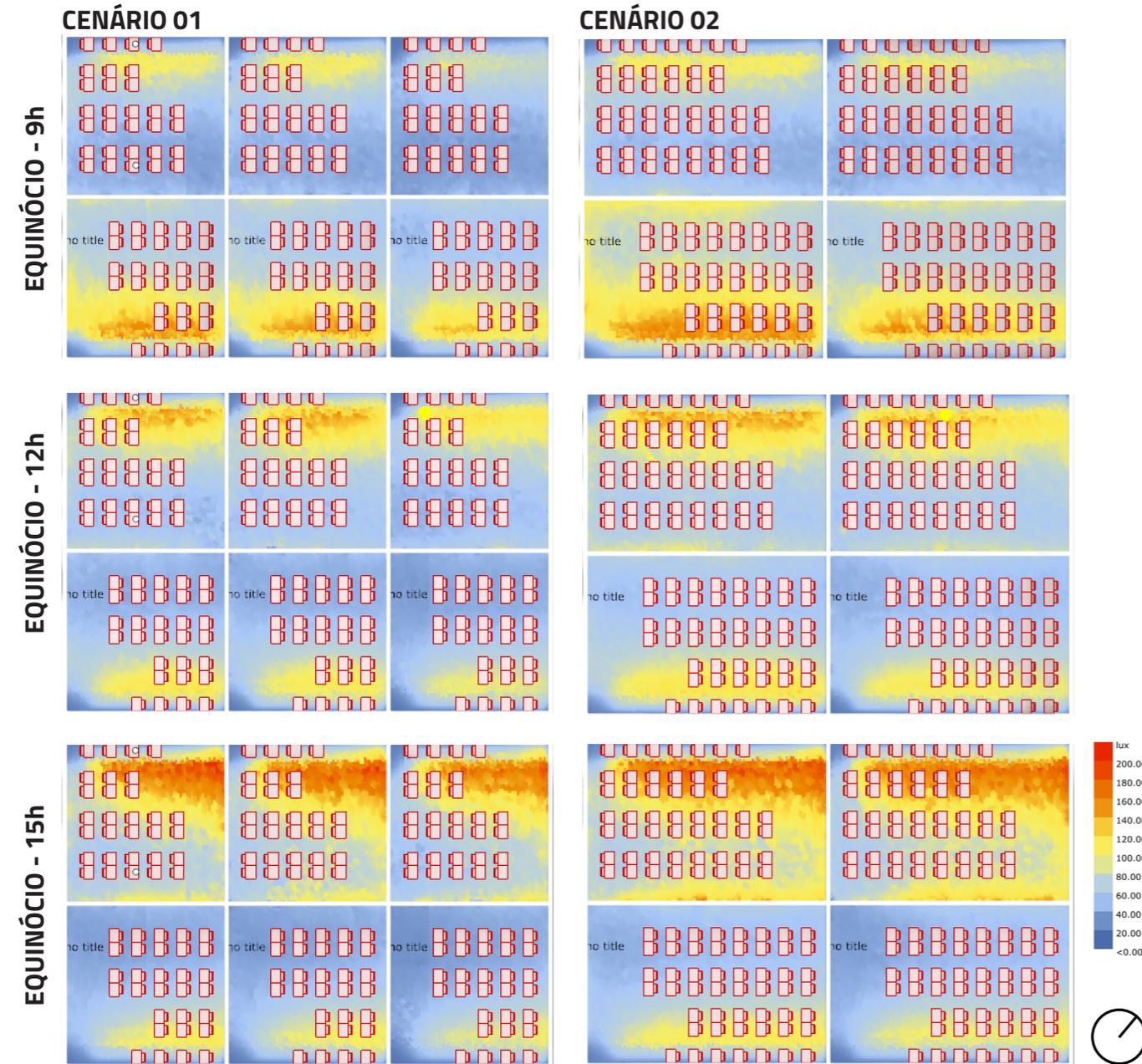
Quando observamos os resultados destes estudos, podemos verificar que o aumento dos ambientes de sala de aula resulta em valores também maiores em termos de iluminação natural, devido à maior área total de abertura. No entanto, nos três cenários estudados, é possível notar que os dois pontos analisados para as salas com orientação noroeste apresentam valores de iluminância bastante baixos e insuficientes para a realização das atividades de estudo. Deste modo, é necessário o uso de iluminação artificial em todos os períodos do dia em que temos a utilização da sala como ambiente de estudo.

Nos estudos apresentados nas próximas páginas, podemos observar um pouco melhor o comportamento da luz natural neste ambiente nos seguintes períodos: solstício de inverno, solstício de verão e no equinócio.



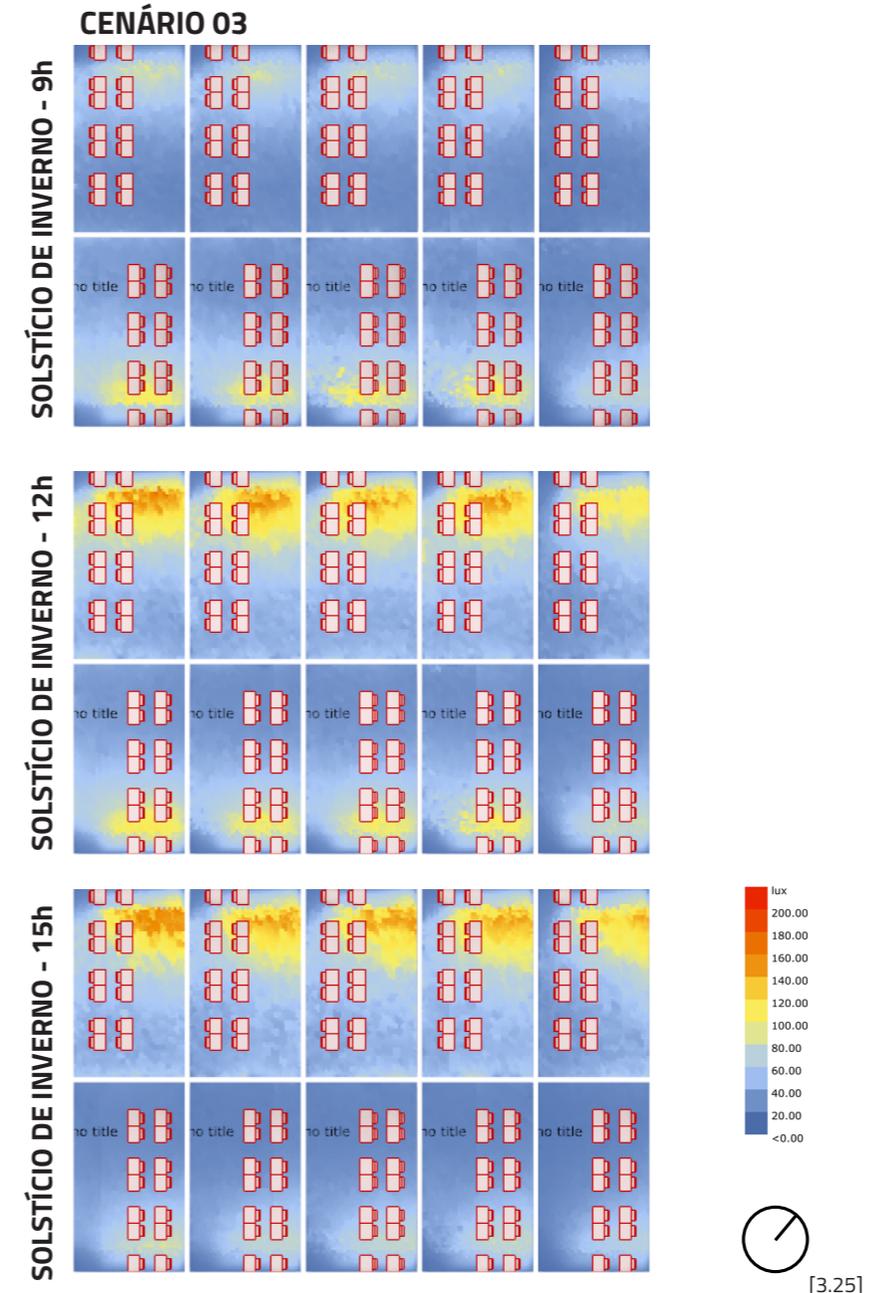
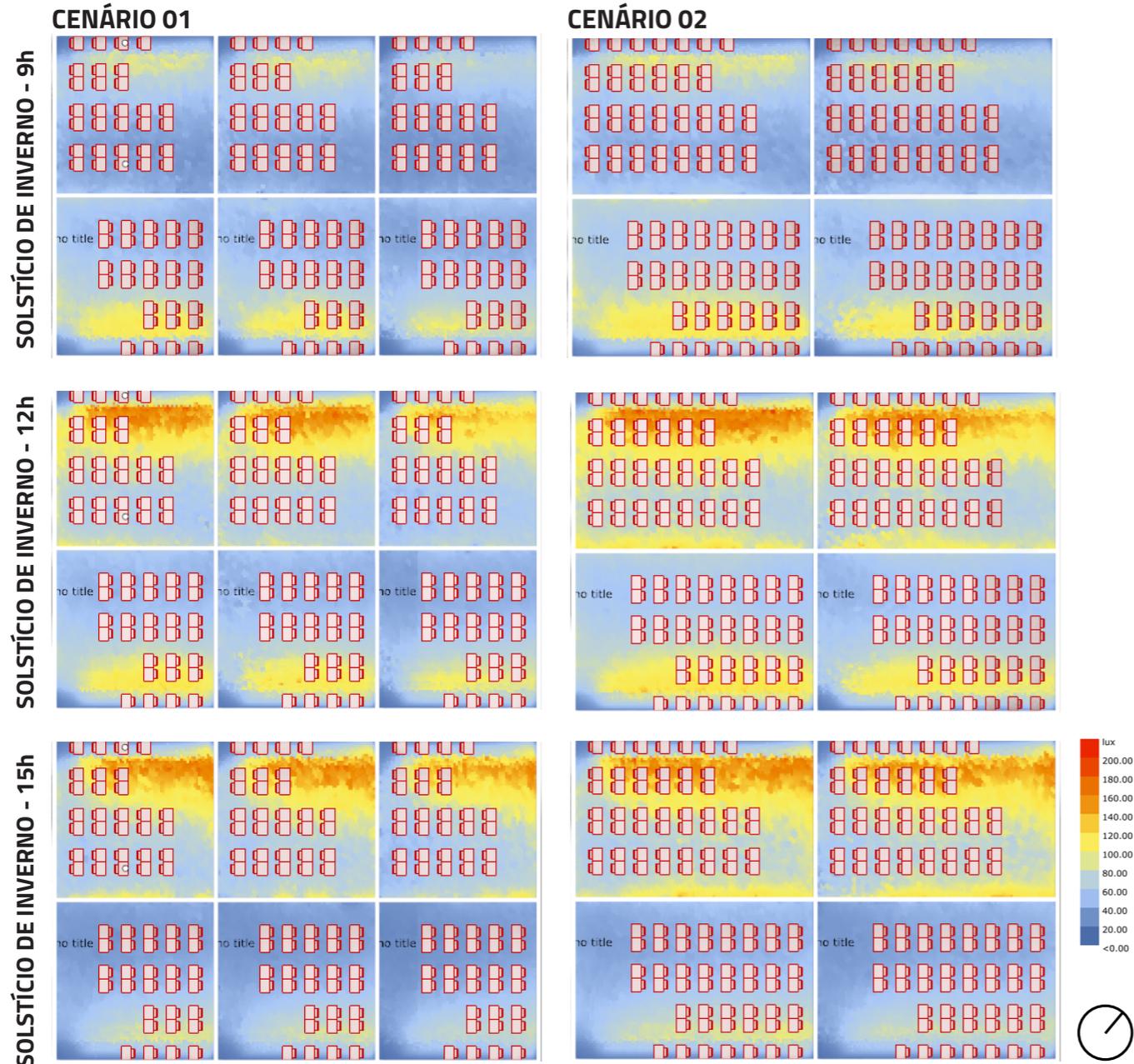
[3.23]

**[3.23]** Gráficos de nível de iluminação natural nos pontos estudados  
**Fonte:** Autor.



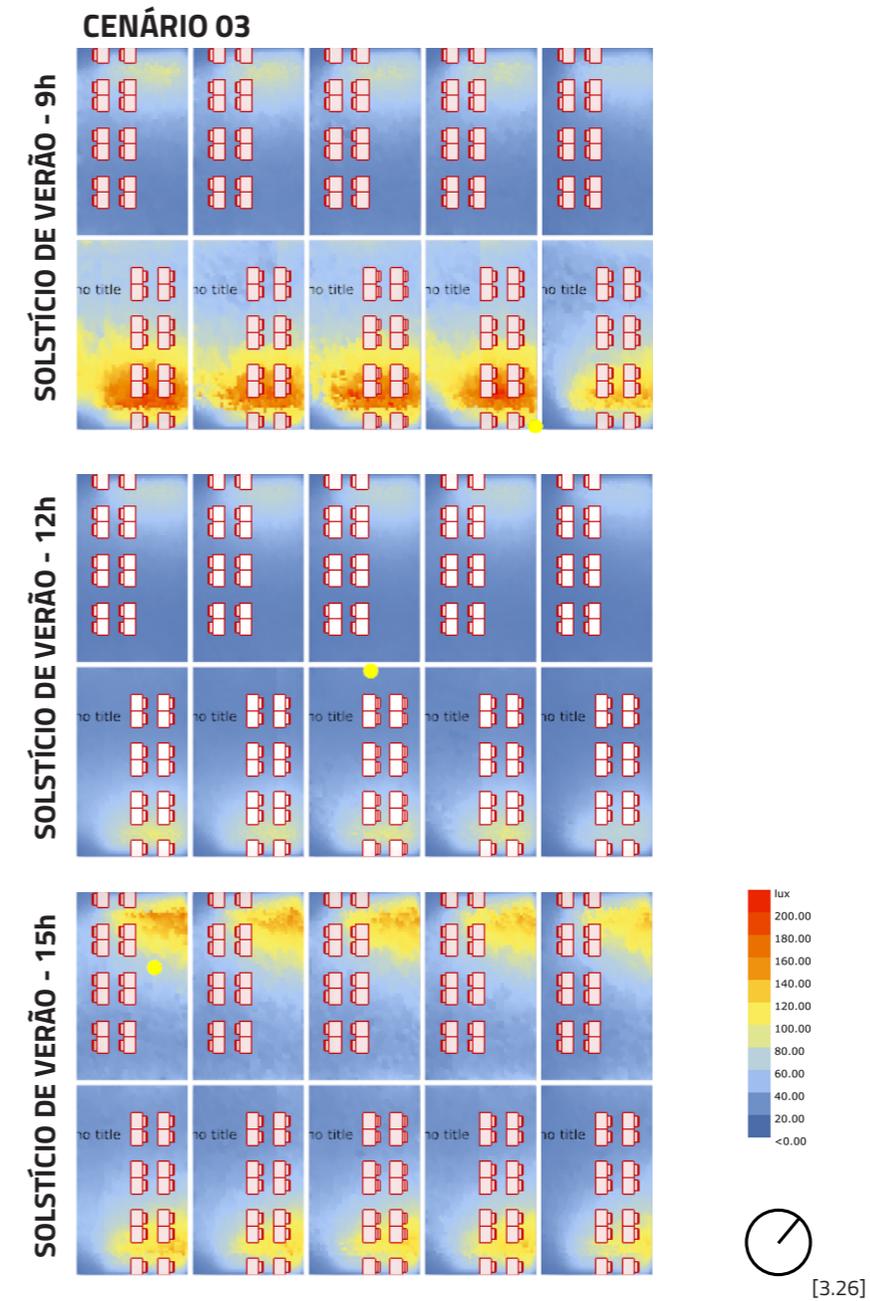
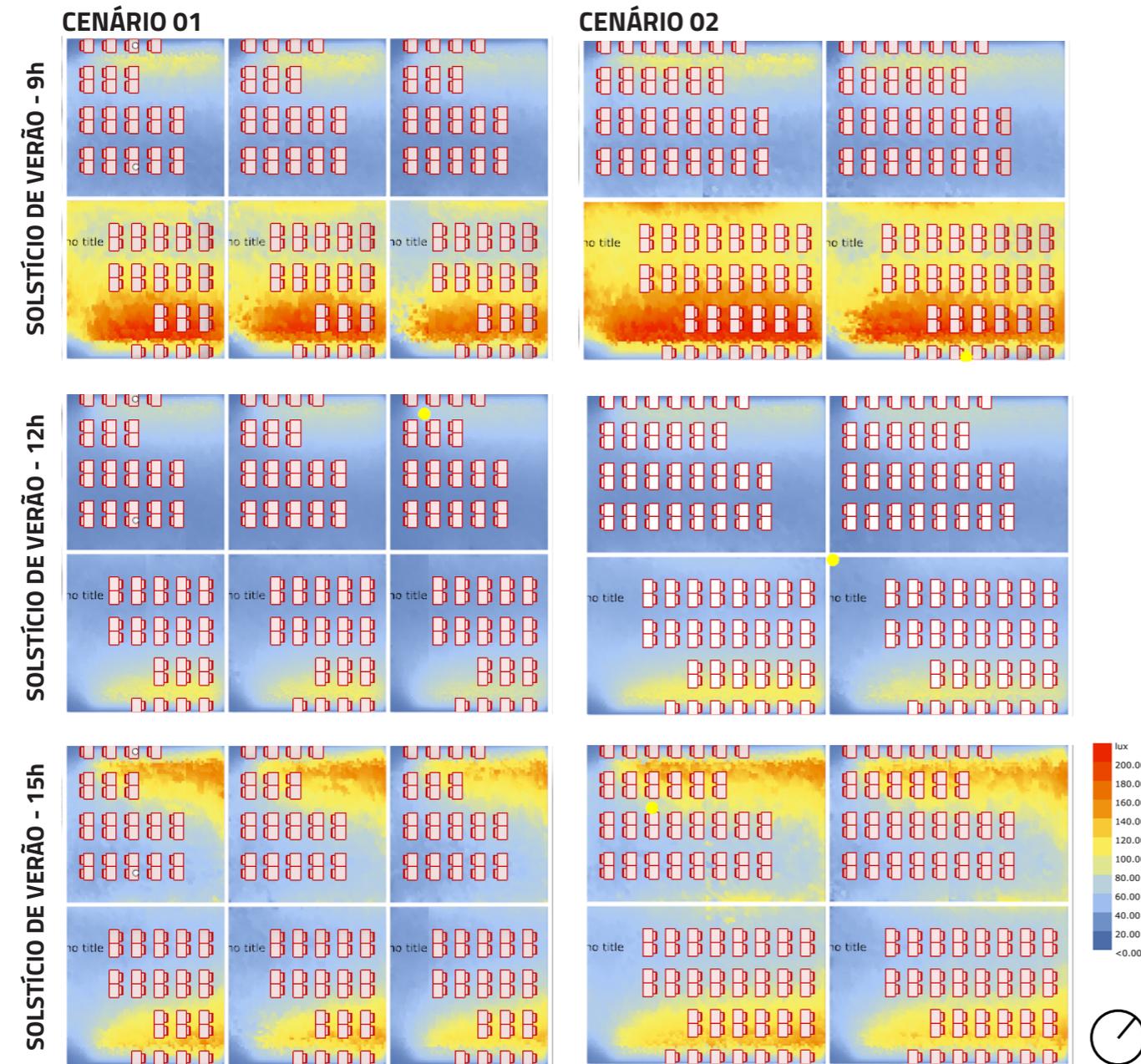
[3.24] Simulações realizadas para compreensão do comportamento da luz natural no ambiente estudado no período de equinócio.

Fonte: Autor.



[3.25] Simulações realizadas para compreensão do comportamento da luz natural no ambiente estudado no período de solstício de inverno.

Fonte: Autor.



[3.26] Simulações realizadas para compreensão do comportamento da luz natural no ambiente estudado no período de solstício de verão.

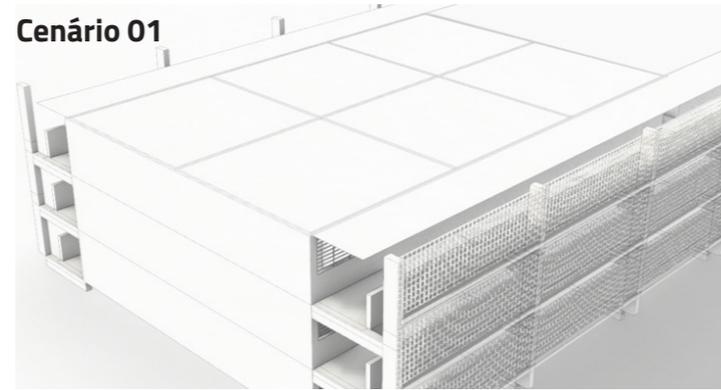
Fonte: Autor.

## Sombreamento

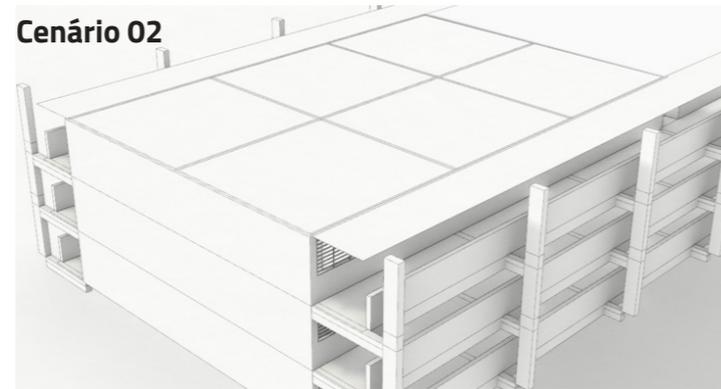
Como pudemos verificar, as salas com orientação noroeste, possuem um desempenho tanto térmico quanto lumínico muito influenciados pelo sistema de sombreamento adotado. Deste modo, para compreender a influência dos elementos de sombreamento trabalhados no projeto, foram estudados três diferentes cenários:

- » **Cenário 01:** Condição atual;
- » **Cenário 02:** Sem o sombreamento proporcionado pela extensão da cobertura;
- » **Cenário 03:** Sem cobogó.

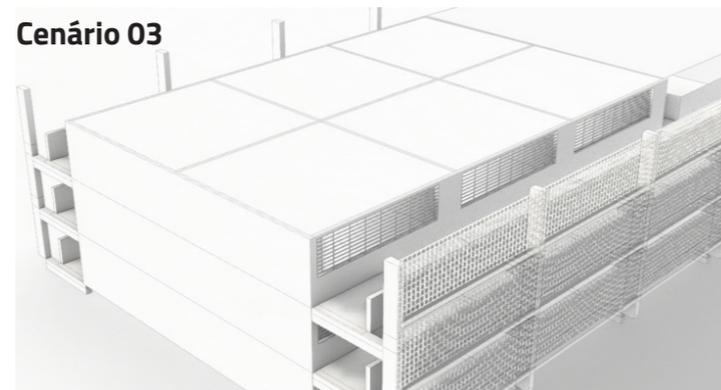
### Cenário 01



### Cenário 02



### Cenário 03



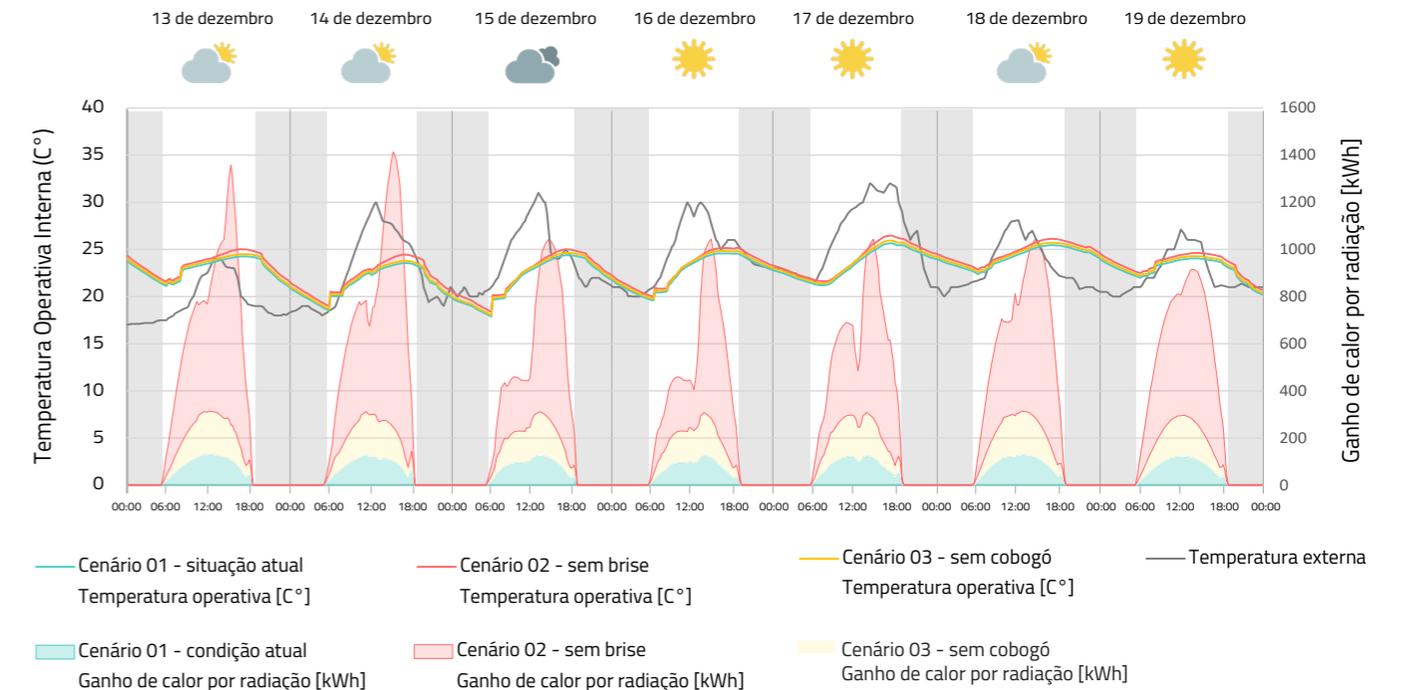
[3.25] Cenários estudados considerando diferentes dimensões de sala de aula.

Fonte: Autor.

[3.25]

Para a análise de desempenho térmico, foram gerados gráficos, a partir dos resultados obtidos com as simulações, que mostram o comportamento da temperatura interna dos ambientes de sala de aula em uma semana típica de verão e a diferença de ganho de calor por radiação solar associada aos diferentes cenários estudados.

### Comparação temperatura – sombreamento das salas de aula (semana típica de verão)



[3.26] Perfil de temperaturas internas para diferentes sombreamentos de fachada para as salas de aula.

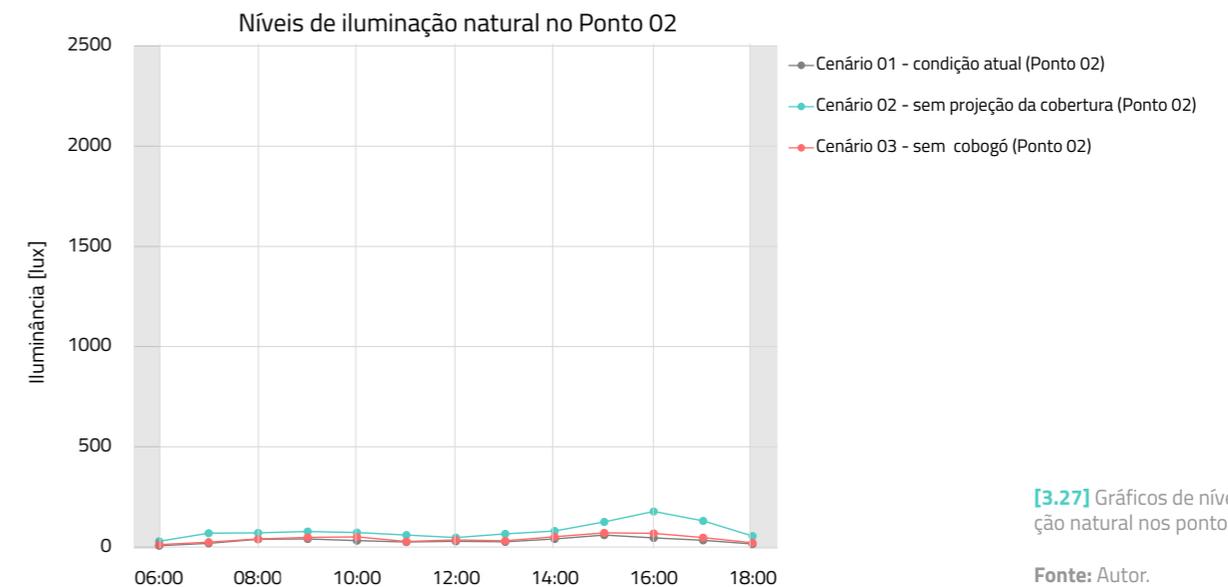
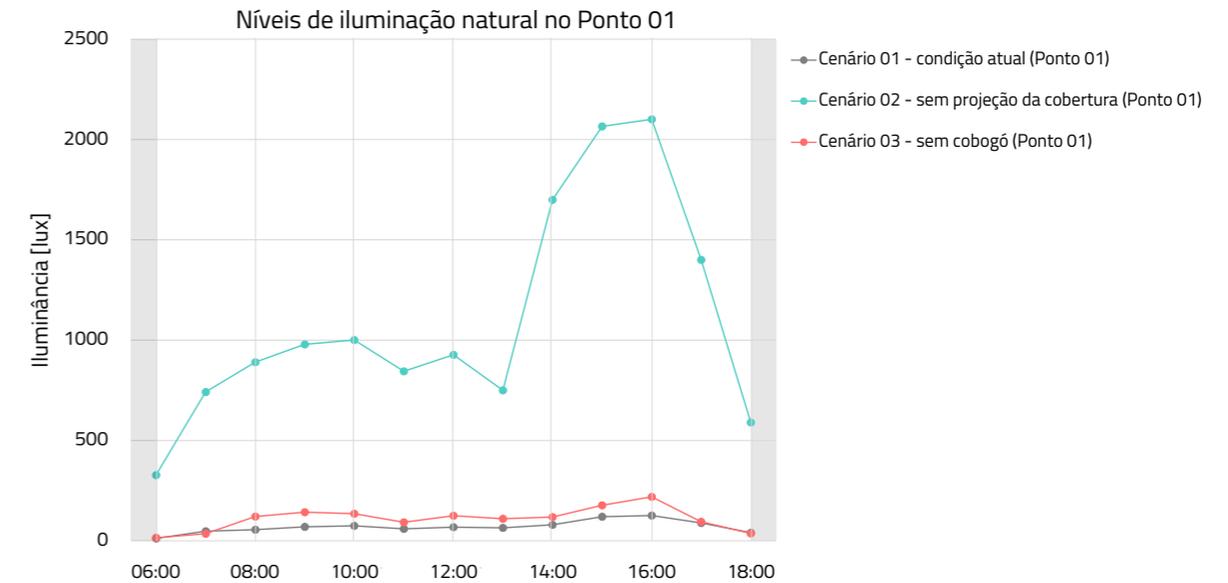
Fonte: Autor.

[3.26]

O que podemos observar nesta análise é uma influência mais significativa do sombreamento proporcionado pelo cobertura (Cenário 02) nos ganhos de calor por radiação solar e, conseqüentemente, no perfil da temperatura interna do ambiente. Este perfil, no entanto, se assemelha bastante ao apresentado pelo cenário real, com um pequeno crescimento nos picos de temperatura.

Para avaliarmos o desempenho destes ambientes, como na análise anterior, também foram estudados requisitos de iluminação natural. Os mesmos dois pontos do item anterior foram reavaliados considerando os diferentes cenários de sombreamento de fachada.

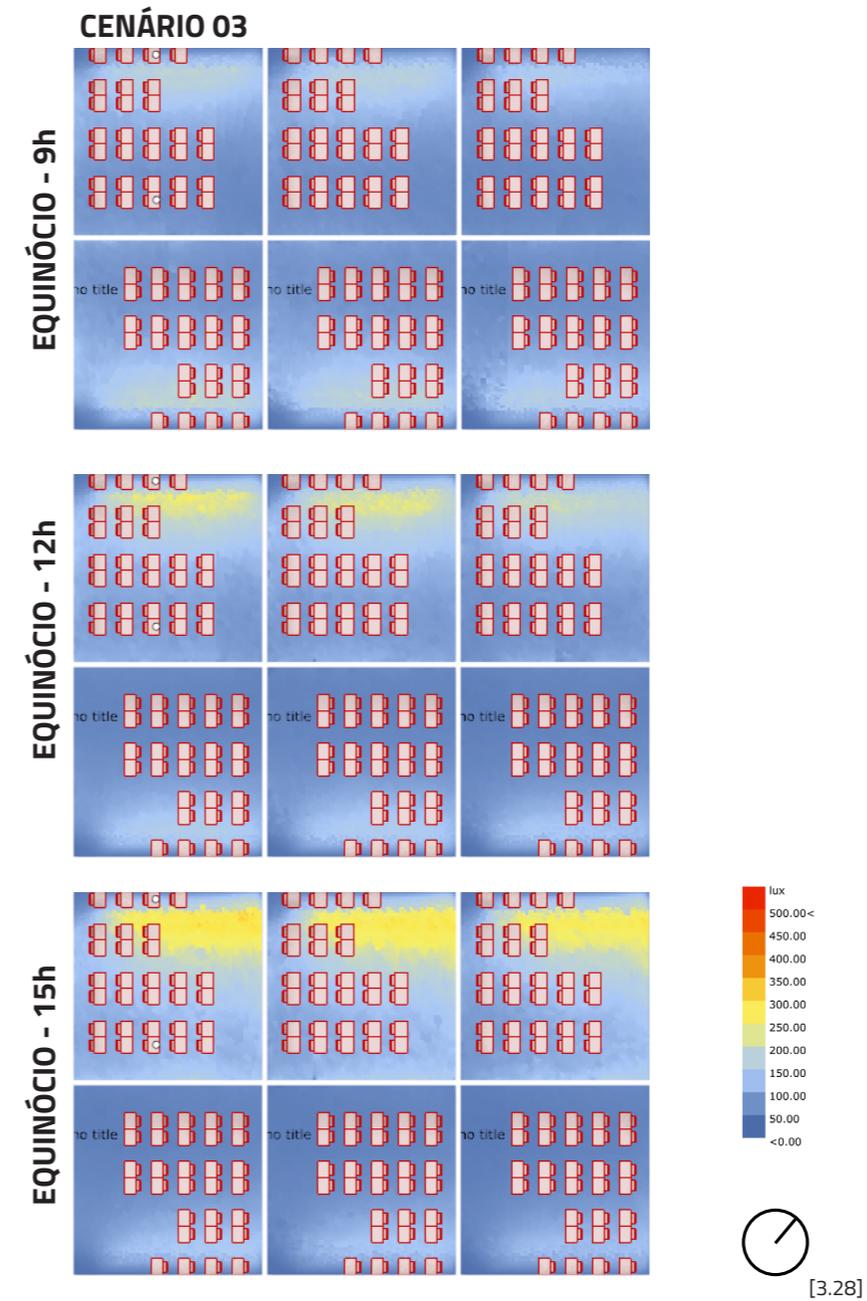
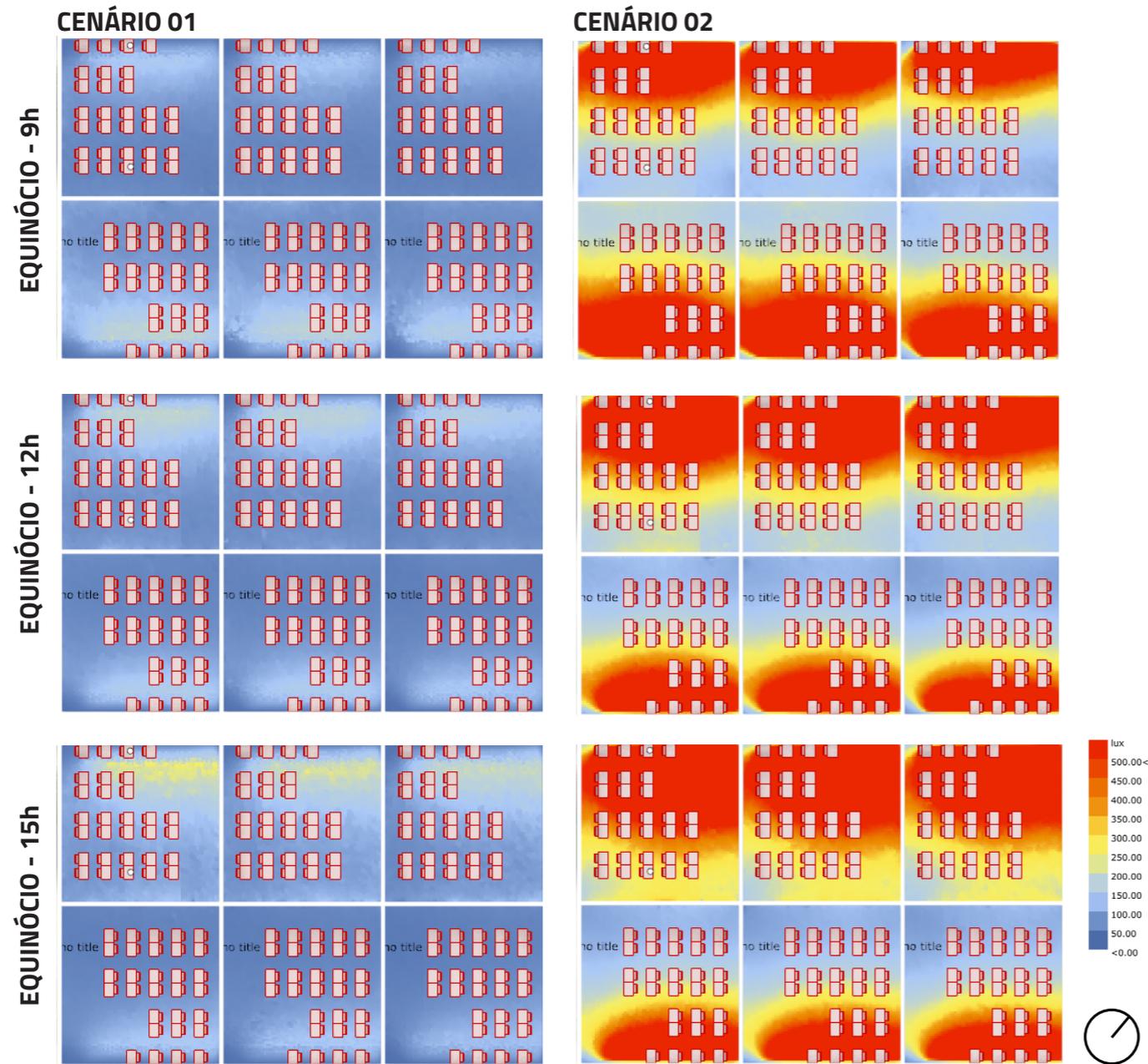
Quando observamos os resultados destes estudos, podemos verificar que o sombreamento proporcionado pelo sistema de cobertura, possui também uma influência grande nos níveis de iluminação natural do ambiente. Nos gráficos a seguir, nos quais temos a análise desses níveis durante o solstício de verão, podemos observar que no Ponto 01 (mais próximo da janela), há um aumento significativo nos valores obtidos. No entanto, quando analisamos o Ponto 02 (mais afastado da janela), nota-se que os níveis de iluminação natural seguem baixo. Tal constatação mostra que, apesar de termos um aumento geral nos níveis de iluminação natural, há uma má distribuição dessa luz no ambiente, na qual observam-se pontos com excesso de iluminação e outros, com carência da mesma.



[3.27]

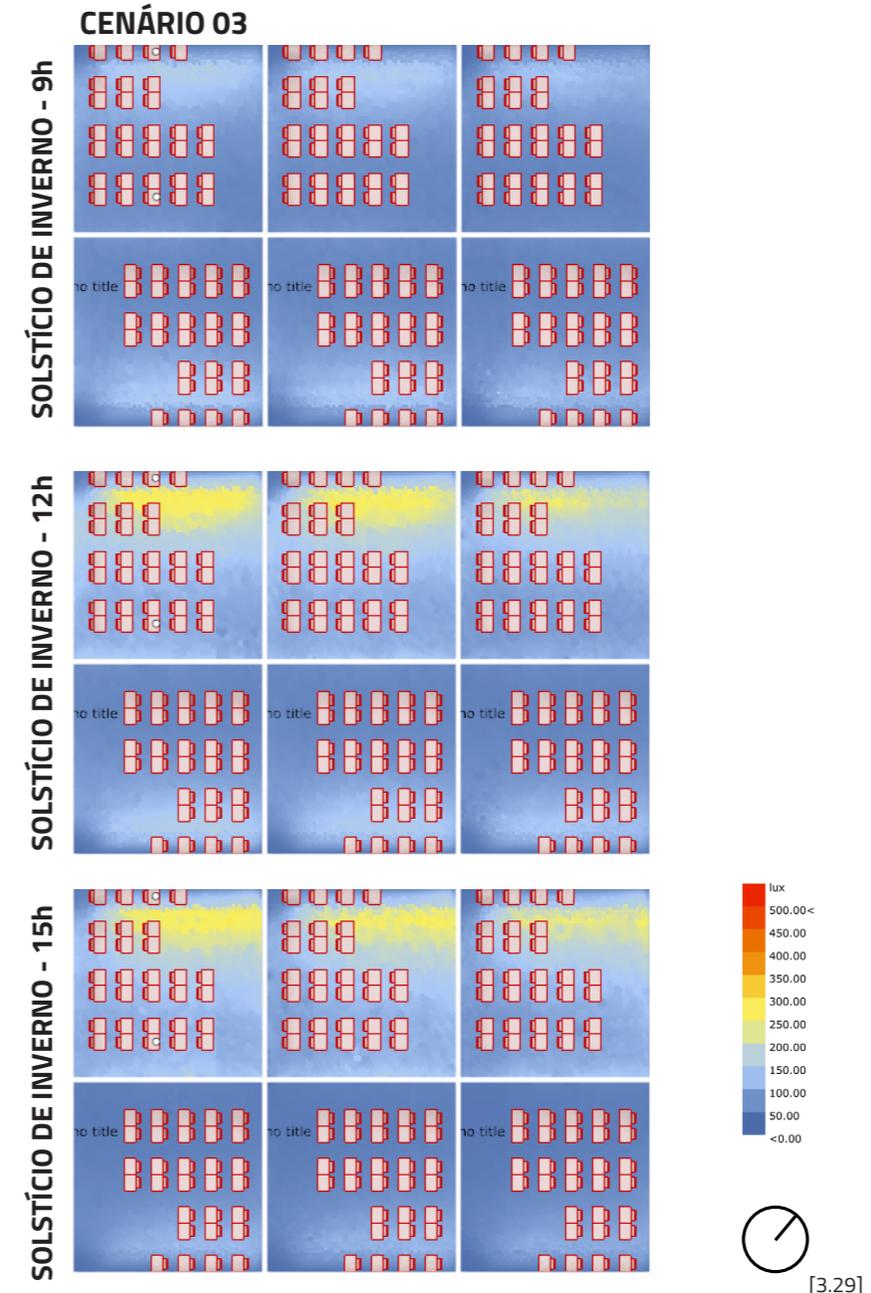
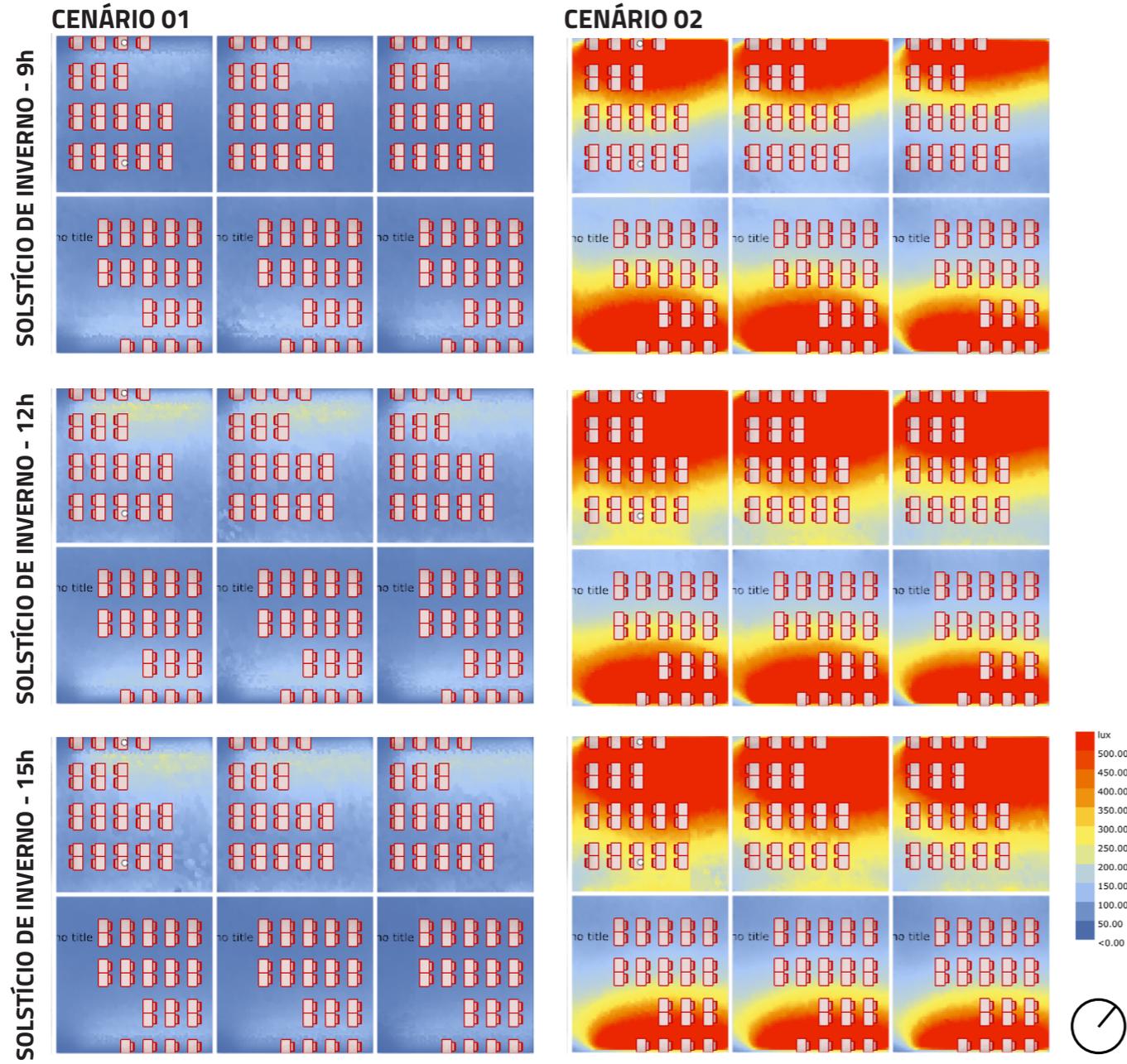
[3.27] Gráficos de nível de iluminação natural nos pontos estudados

Fonte: Autor.



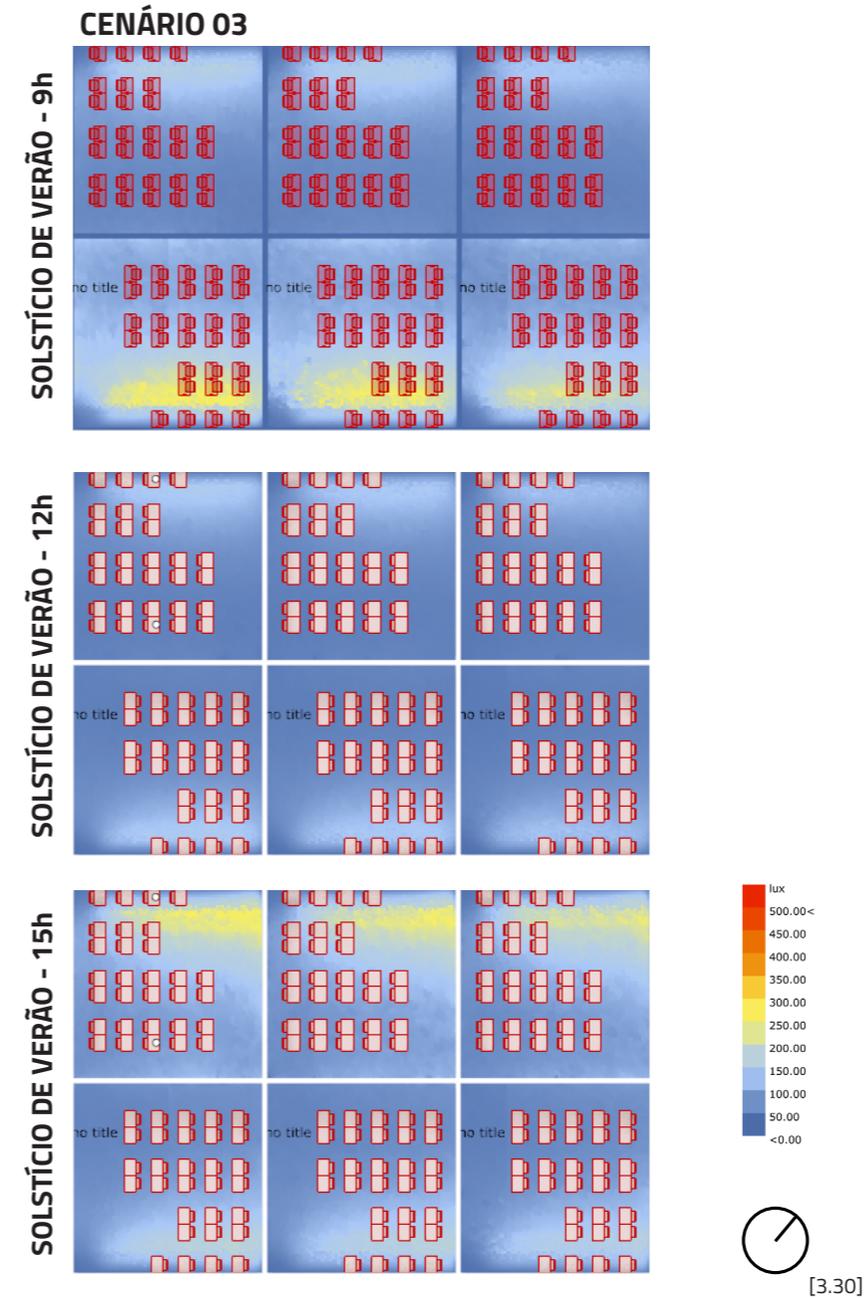
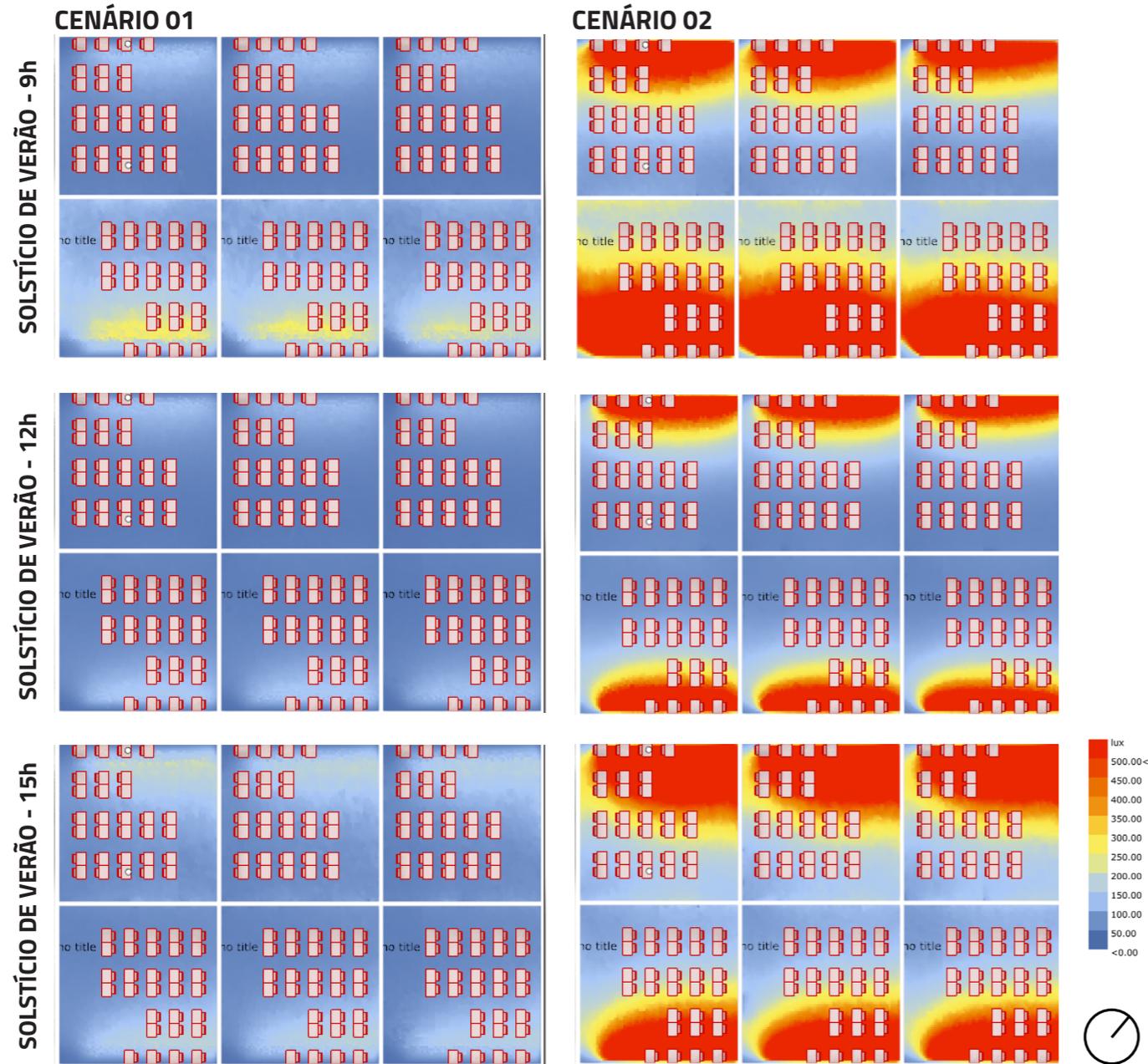
[3.28] Simulações realizadas para compreensão do comportamento da luz natural no ambiente estudado no período de equinócio.

Fonte: Autor.



[3.29] Simulações realizadas para compreensão do comportamento da luz natural no ambiente estudado no período de solstício de inverno.

Fonte: Autor.



[3.30] Simulações realizadas para compreensão do comportamento da luz natural no ambiente estudado no período de solstício de verão.

Fonte: Autor.



A partir dos estudos realizados ao longo do desenvolvimento deste trabalho, é de extrema importância utilizarmos de um exercício projetual para aplicar as metodologias e conceitos estudados.

O exercício projetual proposto pelo trabalho consiste no desenvolvimento de estudos preliminares que norteiam o anteprojeto de uma escola, de modo a exemplificar a aplicação de metodologias de projeto estudadas anteriormente e com base nos desafios existentes em projetos de ensino público no Estado de São Paulo. O objetivo principal desta etapa é o de compreender as reais diferenças em termos de qualidade de projeto, que a utilização dessas estratégias proporciona.

O processo de tomada de decisão a partir do qual o projeto deste trabalho se desenvolveu, utiliza como base as metodologias estudadas e apresentadas anteriormente. Assim como propõe Olgyay (1963) e Mueller (2007), o projeto foi elaborado a partir da análise inicial do clima no qual o edifício será inserido e nas demandas de conforto específicas para a tipologia de edificação escolhida, Escola de Ensino Fundamental.

No entanto, de modo alternativo ao que propõe Olgyay (1963), aqui, o processo de desenvolvimento do projeto teve como um dos pilares o programa arquitetônico, se assemelhando mais, portanto, à estratégia apresentada por Mueller (2007). Outro importante pilar da metodologia utilizada, foram premissas de desempenho térmico, lumínico e acústico estabelecidas com base na análise do clima local e nas demandas de conforto exigidas pelo uso da edificação. Por fim, temos como um terceiro pilar, o desempenho do edifício não apenas no que diz respeito à etapa de ocupação como também à etapa de execução de obra.

Por se tratar de um processo que se retroalimenta ao longo de seu desenvolvimento e que, portanto, não está organizado de modo linear, para

facilitar o seu entendimento, esta etapa do trabalho foi organizada da seguinte forma:



A primeira etapa deste processo foi a definição do programa arquitetônico, com base nos projetos desenvolvidos atualmente pela FDE e com base no estudo de caso realizado. Após a definição do programa, foi escolhido o terreno de implantação do projeto e realizada uma análise físico-climática para compreender os desafios a serem trabalhados. Esta análise foi fundamental para entendermos as estratégias que deveriam ser tomadas para contornarmos as dificuldades e aproveitarmos da melhor forma possível as características físicas do terreno. A partir desta análise, e ainda sem um partido arquitetônico definido, foram realizados diversos esboços de projeto que serviram como base para os primeiros estudos de formas e geometrias para o trabalho. A partir daí, foi possível então desenvolver um partido arquitetônico e estratégias de projeto que foram sendo aprimorados ao longo do processo. Por fim, podemos colocar a etapa de proposição e de avaliação das estratégias de projeto.

#### 4.1 O PROGRAMA ARQUITETÔNICO

Dentro do processo metodológico, é fundamental que antes de conceber e desenhar as primeiras concepções e ideias de um projeto, seja definido o programa arquitetônico com o qual iremos trabalhar. Esse programa deve ser analisado, verificando as funções que serão realizadas em cada um dos espaços previstos, assim como a hierarquia entre as atividades desempenhadas, as necessidade de acesso, etc.

Para o exercício projetual deste trabalho, será utilizado como base as recomendações de programa arquitetônico desenvolvidas pela FDE. Esse programa é constituído pelas seguintes conjuntos funcionais:

**Administração:** diretoria, secretaria, almoxarifado, sala dos professores, sala de material didático, sanitários administrativos, coordenação pedagógica;

**Vivência:** refeitório, cantina, cozinha, sanitário de alunos, grêmio, depósitos, quadra coberta, recreio coberto;

**Serviços:** depósitos de material de limpeza, sanitário de funcionários;

**Pedagógico:** salas de leitura, salas de aula, laboratórios, sala de uso múltiplo, salas de reforços.

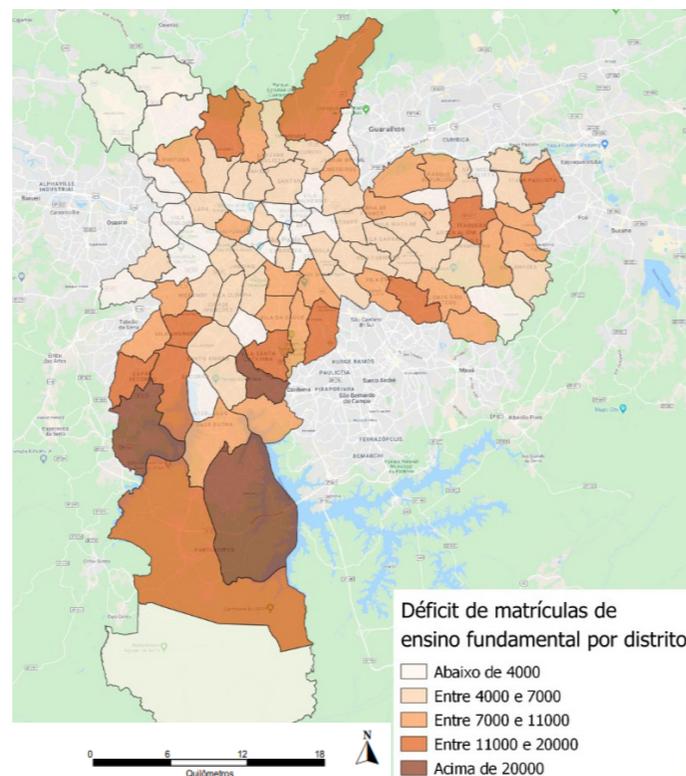
Cada um desses conjuntos apresenta exigências específicas de acordo com a atividade desenvolvida no ambiente. Neste trabalho, daremos foco aos ambientes pedagógicos, por apresentarem requisitos mais rígidos no que diz respeito ao desempenho térmico, lumínico e acústico de seu interior.

## 4.2 A ESCOLHA DO TERRENO E SUA ANÁLISE FÍSICO-CLIMÁTICA

### A escolha do terreno

Para a definição da região e do terreno em que o projeto seria desenvolvido, foram levantados diversos dados censitários que nos pudessem embasar a decisão com base nas necessidades específicas da região.

Primeiramente, foram levantados dados de, população em idade escolar (6 a 14 anos) e número total de matrículas para esta faixa de idade em cada um dos distritos da cidade de São Paulo a partir do Censo Escolar de 2019 [4.01]. A partir deste levantamento, foi possível desenvolver o gráfico ao lado que apresenta a diferença entre o número de crianças em idade escolar e o número de matrículas realizada para cada um dos distritos da cidade de São Paulo.



[4.02]

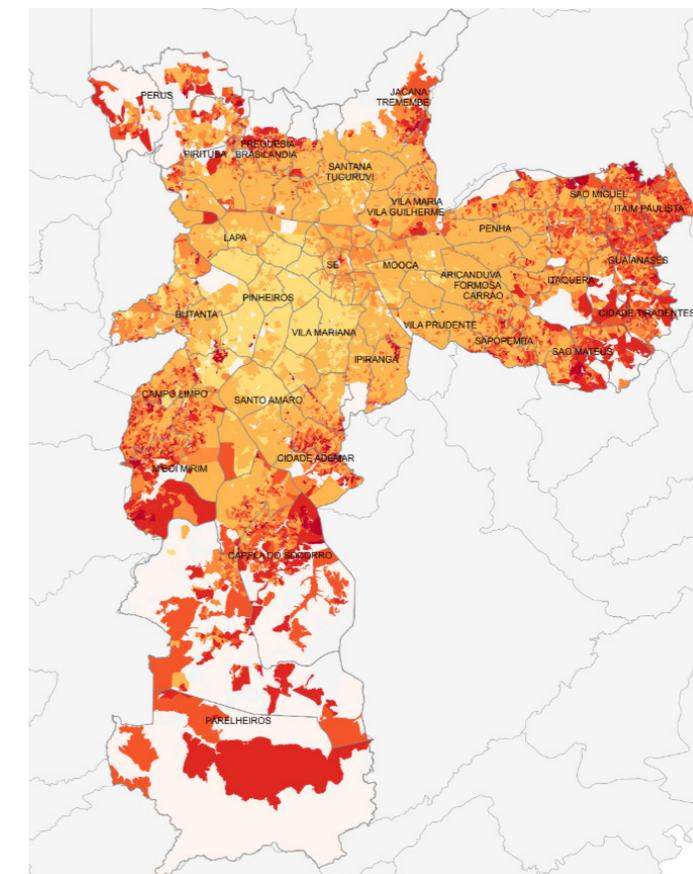
[4.01] O Censo Escolar é um instrumento de coleta de informações estatísticas da educação brasileira coordenado pelo Inep e realizado em regime de colaboração entre as secretarias estaduais e municipais de educação.

[4.02] Mapa com déficit de matrículas de ensino fundamental por distrito.

Fonte: Autor.

Além deste índice, também foi levado em consideração o Índice Paulista de Vulnerabilidade Social de 2010, desenvolvido pela fundação Seade com base no Censo Demográfico do ano referência. Para o Índice de Vulnerabilidade Social, são considerados os seguintes indicadores demográficos e socioeconômicos:

- » Renda domiciliar per capita;
- » Rendimento médio da mulher responsável pelo domicílio;
- » % de domicílios com renda domiciliar per capita de até 1/2 salários mínimos;
- » % de domicílios com renda per capita até 1/4 salários mínimos;
- » % de pessoas responsáveis pelo domicílio alfabetizadas;
- » % de pessoas responsáveis de 10 a 29 anos;
- » % de mulheres responsáveis de 10 a 29 anos;
- » Idade média das pessoas responsáveis;
- » % de crianças de 0 a 5 anos de idade.



Legenda

Grupos em Áreas de Vulnerabilidade

- 0 - Sem Classificação
- 1 - Baixíssima Vulnerabilidade
- 2 - Vulnerabilidade Muito Baixa
- 3 - Vulnerabilidade Baixa
- 4 - Vulnerabilidade Média
- 5 - Vulnerabilidade Alta
- 6 - Vulnerabilidade Muito Alta

Convenções Cartográficas

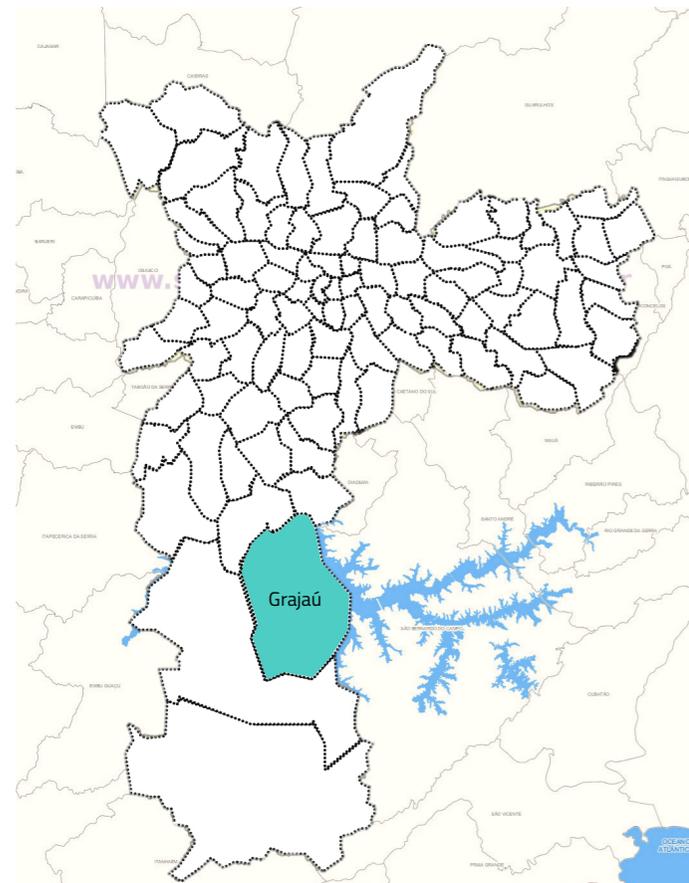
- Distritos
- Prefeituras Regionais
- Outros Municípios

[4.03]

[4.03] Mapa dados de vulnerabilidade de acordo com critérios estabelecidos pelo Índice Paulista de Vulnerabilidade Social.

Fonte: Centro de Geoprocessamento e Estatística (CGEO). Prefeitura da Cidade de São Paulo

A partir destes levantamentos, foi possível selecionar a região em que o exercício projetual seria desenvolvido. A região escolhida foi a de Grajaú, por apresentar o maior déficit escolar (diferença entre o número de crianças em idade escolar e o número de matrículas realizadas) dentre os distritos da cidade de São Paulo analisados e um alto índice de vulnerabilidade social. O projeto, portanto, surge como uma oportunidade de proporcionar uma estrutura de ensino, lazer e cultura para a comunidade.



[4.04]

[4.04] Mapa com indicação do distrito no qual iremos trabalhar.

Fonte: Autor.

### A análise do terreno e seu entorno

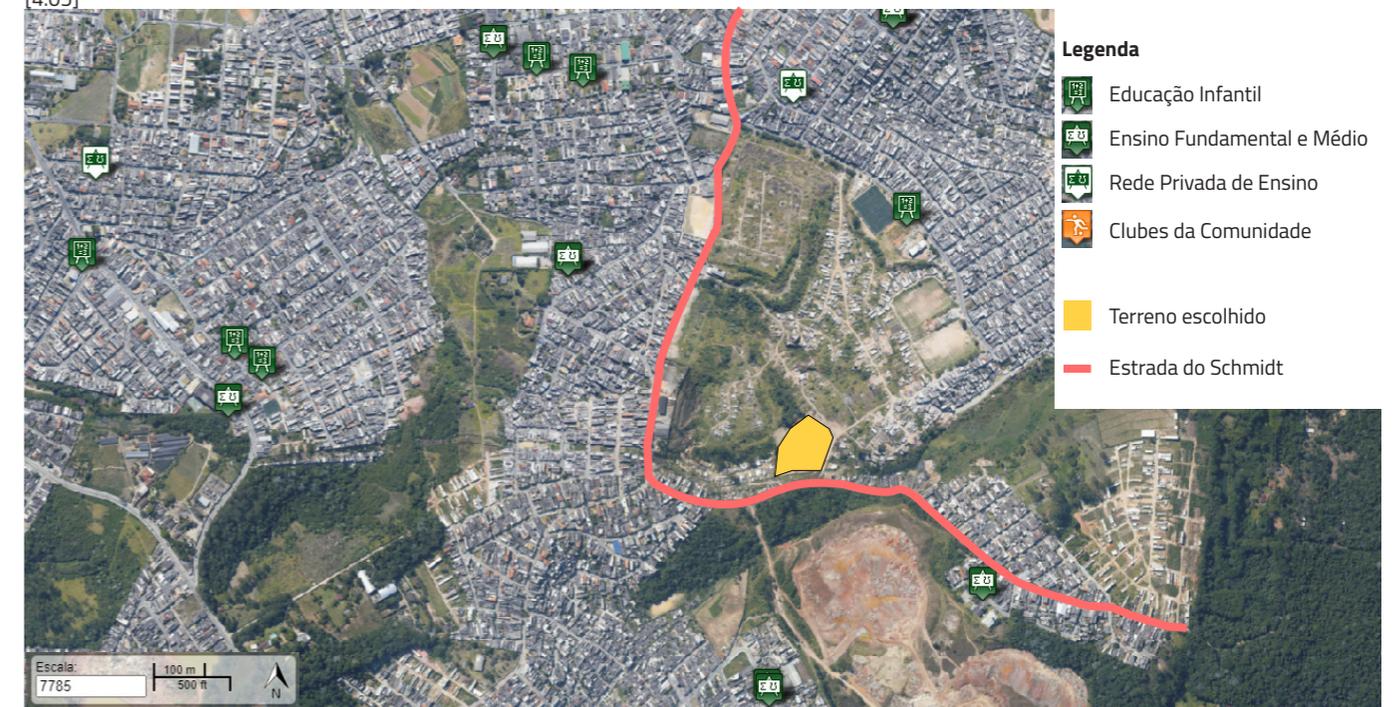
O terreno escolhido para o exercício de projeto está localizado nas proximidades da Represa Billings, em uma região de uso predominantemente residencial de baixo padrão. O terreno é circundado por estreitas vias em terra batida, com baixo fluxo de automóveis e uma via principal, a Estrada do Schmidt que interliga um trecho bastante urbanizado da região com as proximidades da Represa Billings.

A região apresenta uma baixa disponibilidade de serviços e equipamentos públicos que por sua vez estão distribuídas por suas áreas mais adensadas, deixando a região mais próxima da represa sem acesso aos principais serviços.

[4.05] Mapa com distribuição dos equipamentos de saúde e esporte.

Fonte: Geosampa.  
Montagem: Autor.

[4.05]



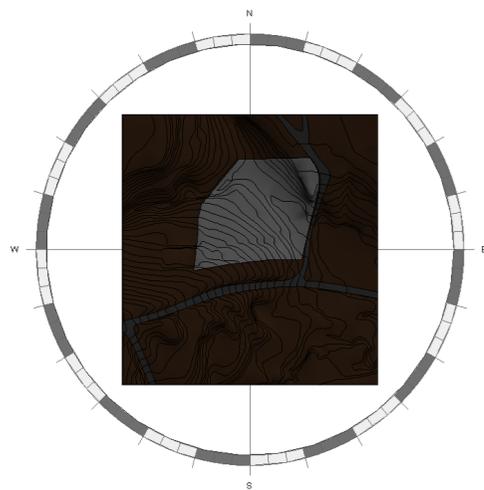
A partir de visitas de campo e análises de mapas e fotografias online, foi possível identificar as principais características do terreno escolhido para o projeto, segundo os seguintes itens: serviços, topografia, insolação, ventos, ruídos, acessos, entre outros.

Em termos de topografia, foi possível observar que o terreno, que tem uma área total de 9.050 m<sup>2</sup>, possui um desnível bastante grande entre suas extremidades, apresentando uma diferença de 15

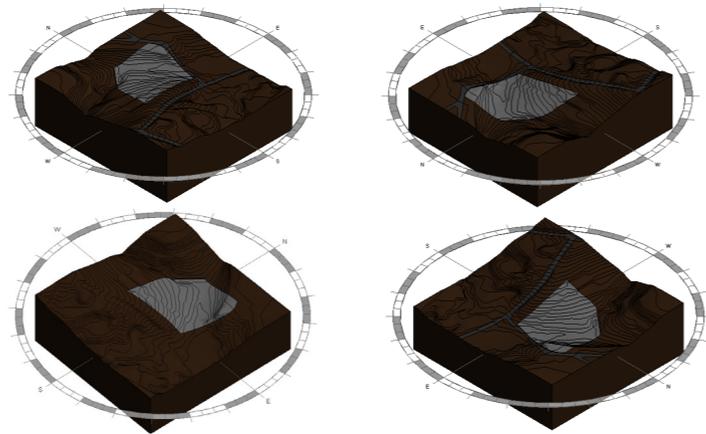


[4.07]

metros entre sua cota mais baixa e sua cota mais elevada. Que representa aqui o principal desafio que deverá ser enfrentado no desenvolvimento do exercício projetual. Outro desafio que deverá ser trabalhado com cuidado, é a questão da insolação do edifício, uma vez que, um entorno com gabarito baixo apesar de garantir um bom acesso do terreno à luz natural, também garante uma maior incidência de radiação solar. Este pontos serão melhor trabalhados nos itens a seguir.



[4.08]



[4.07] Mapa com implantação do terreno de estudo.  
Fonte: Geosampa.

[4.08] Representação da declividade acentuada do terreno.  
Fonte: Autor.

## A análise de ruído do entorno

Como pontuado anteriormente, o terreno foco do projeto está localizado em uma região predominantemente residencial, com alguns comércios locais pontualmente distribuídos. Inserido neste contextc

Por se tratar de uma via com fluxo de caminhões de pequeno porte e de linhas de ônibus, a Estrada do Schmidt pode ser considerada a principal fonte de ruído do projeto. Além disso, assim como o terreno, a estrada apresenta um acentuado aclive, que acaba por demandar, por parte dos veículos que ali passam, uma força maior para o desenvolvimento da subida.

Com base nestes pontos, o projeto deverá ser desenvolvido de modo a garantir um bom afastamento dos edifícios em relação à Estrada do Schmidt e o posicionamento dos ambientes de sala de aula também distantes desta via.

Apesar de não termos a existência de grandes fontes de ruído no entorno, optou-se pela realização de simulações simples de propagação sonora a partir das quais foram obtidas estimativas dos níveis de pressão sonora incidentes nas fachadas do edifício, a partir do software CadnaA. Para o desenvolvimento deste estudo, foi realizado um esboço volumétrico inicial para os blocos do projeto e modeladas as características físicas do entorno imediato, tais como topografia e geometria das casa e edifícios vizinhos. A partir dos resultados obtidos, foi possível então definir a classe de ruído das respectivas fachadas, de acordo com requisitos definidos pela NBR

15575-4. Apesar da Norma de Desempenho se aplicar exclusivamente a edifícios habitacionais, o método de classificação proposto é uma boa forma de se avaliar as condições de ruído às quais o projeto estará exposto.

A classificação de ruído irá definir as exigências de desempenho acústico para os sistemas de fachada e cobertura do projeto. Se temos pouco ruído externo, o critério de desempenho que será aplicado a esses sistemas será menos rigoroso. Por outro lado, quando temos ambientes externos com maior índice de ruído, esses critérios tornam-se mais exigentes. <sup>[4.09]</sup>

Podemos observar abaixo os níveis de pressão sonora equivalente de cada classe de ruído.



[4.10]

[4.09] Manual Proacústica para Classe de Ruído de Edificações Habitacionais (2017).

[4.10] Modelagem geométrica do entorno e do esboço de projeto.

Fonte: Autor.

CLASSE DE RÚIDO	NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE $L_{Aeq,T}$ - dB
I	≤ 60
II	61 a 65
III	66 a 70

Em todos os ambientes internos, sob as condições dos ruídos originados internamente. Entende-se por fontes de ruído interno, todas aquelas cujo som

São apresentados a seguir os resultados obtidos para o estudo. Como podemos observar, conforme a análise inicial do entorno já previa, a principal fonte de ruído à qual o terreno está exposto é a Estrada do Schmidt e, portanto, as fachadas de número 1, 2 e 4 apresentam níveis de pressão sonora equivalente maiores. No entanto, todas as fachadas estudadas para o esboço inicial de projeto apresentaram Classe de Ruído I, o que significa uma baixa agressividade do ponto de vista de ruído por parte de seu entorno.

Fachada	Leaq máx. obtido [dB]	Classe de Ruído
1	48 dB	Classe I
2	42 dB	Classe I
3	38 dB	Classe I
4	47 dB	Classe I
5	42 dB	Classe I
6	40 dB	Classe I
7	37 dB	Classe I
8	37 dB	Classe I
9	40 dB	Classe I
10	36 dB	Classe I
11	44 dB	Classe I
12	45 dB	Classe I

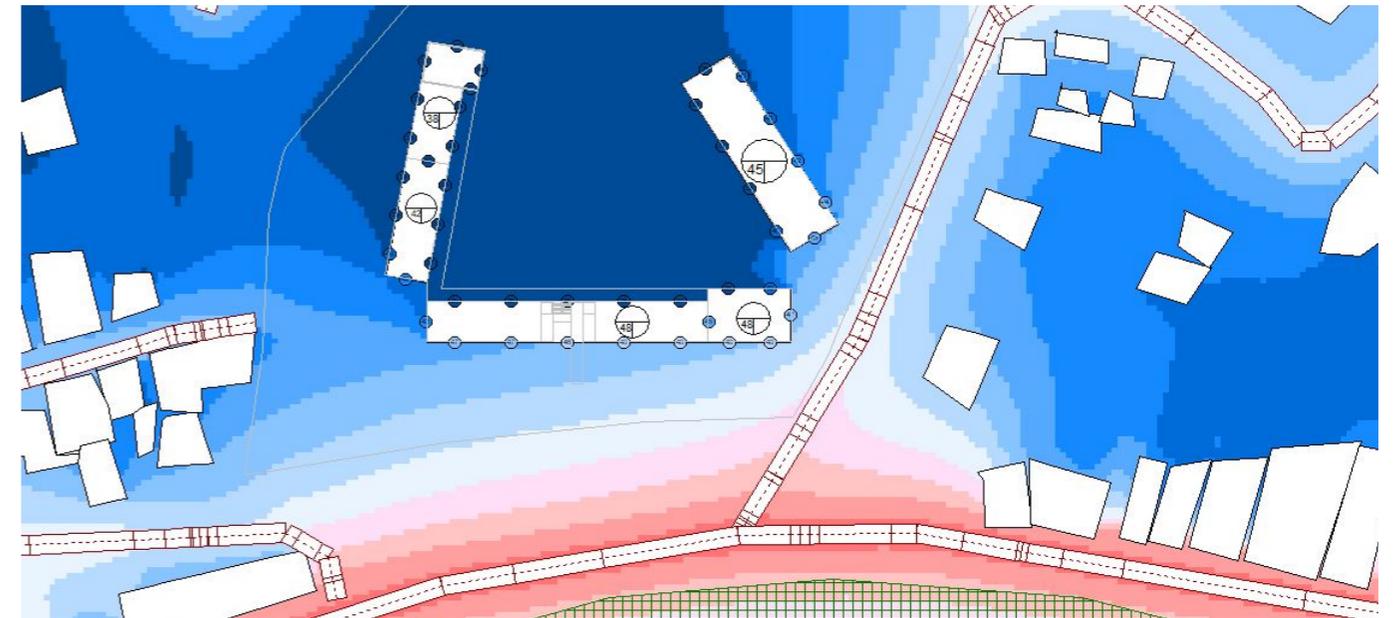
[4.12]

[4.11] Tabela com níveis de pressão sonora equivalentes incidentes nas fachadas das edificações para cada classe de ruído.

Fonte: Manual Proacústica para Classe de Ruído de Edificações Habitacionais (2017).

[4.12] Tabela com Classe de Ruído de cada uma das fachadas previstas no esboço inicial de projeto.

Fonte: Autor.



[4.13]



[4.14]

[4.13] Representação da propagação sonora no entorno imediato obtida a partir do software CadnaA.

Fonte: Autor.

[4.14] Numeração das fachadas.

Fonte: Autor.

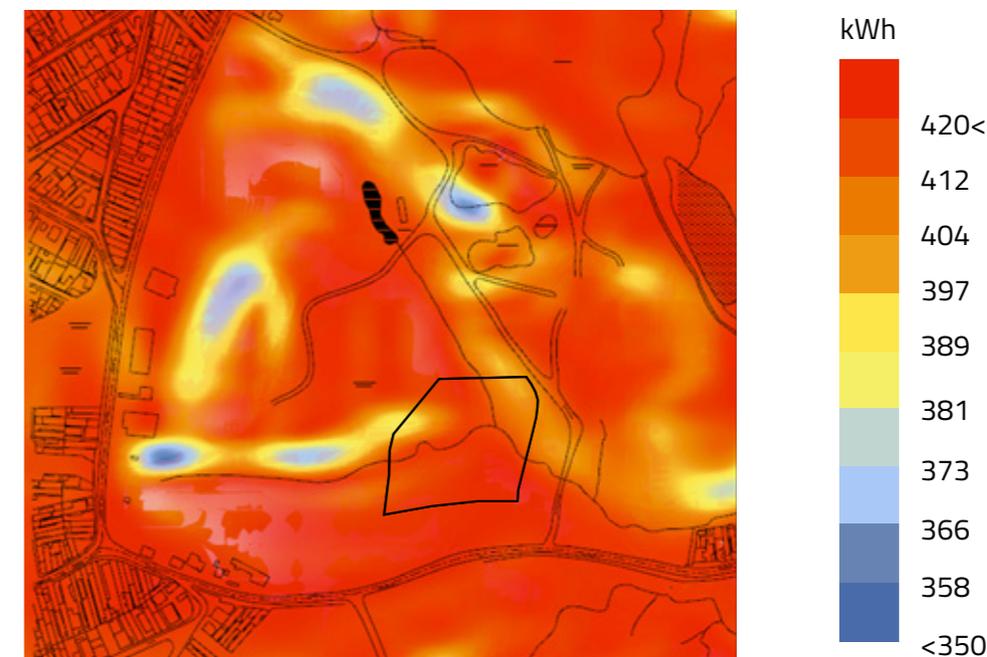
produzido resulte da atividade normal do edifício, como por exemplo conversas nas salas adjacentes, passagem de pessoas nos corredores, manuseio de equipamentos, movimentação de mobiliários, entre outros.

Deste modo, a disposição e configuração dos espaços internos do projeto devem ser pensados de modo a garantir um maior conforto acústico, considerando tanto os ruídos externos quanto os de origem interna. Para tanto, deve-se garantir uma disposição que possibilite o afastamento entre os ambientes cujas atividades desenvolvidas necessitam de uma maior concentração e os ambientes com atividades de maior geração de ruído.

### A análise da insolação do terreno

O terreno possui as orientações norte/sul/leste/oeste como suas principais, no entanto, seus limites apresentam uma certa irregularidade que se assemelha bastante com as ruas sinuosas de seu entorno.

Por se tratar de um terreno inserido em uma região predominantemente residencial de baixo padrão, e com gabarito também baixo, o entorno edificado não produz sombras no terreno. No entanto, como observado anteriormente, o terreno apresenta um desnível considerado que gera certo sombreamento sobre as superfícies do terreno de estudo que, apesar de sua baixa influência sobre a radiação incidente no terreno, deve ser considerada na etapa inicial de concepção do projeto.



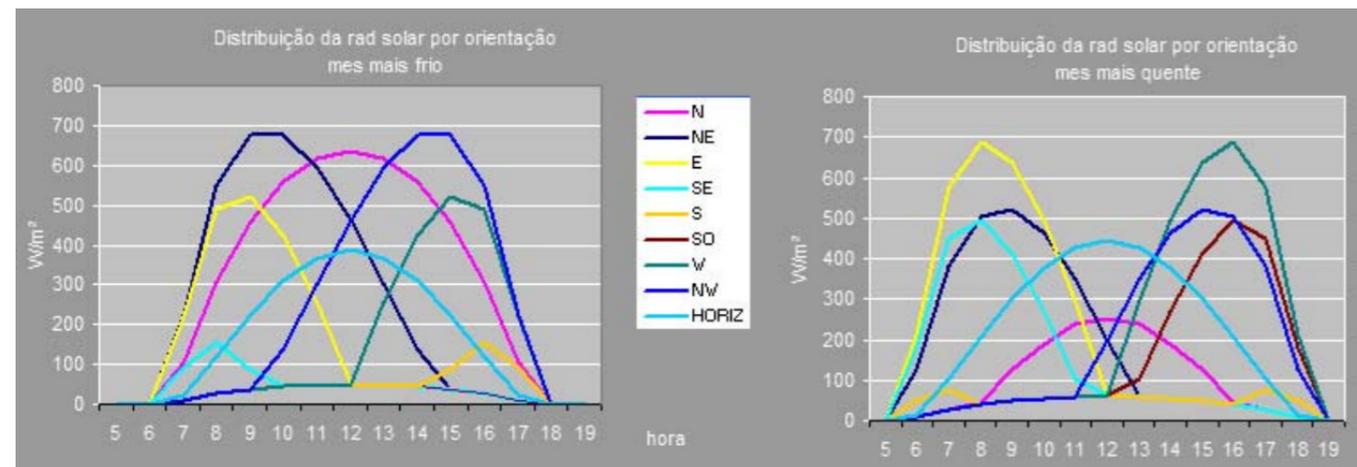
[4.15] Influência da topografia na quantidade de radiação solar incidente no terreno.

Fonte: Autor.

[4.15]

A ausência de grandes obstáculos à insolação da escola atua neste estudo como um desafio para o exercício projetual que deverá ser trabalhado e pensado considerando uma elevada incidência solar sobre o edifício e, portanto, a submissão do mesmo a um grande ganho de calor por radiação.

Para avaliar o impacto da insolação em cada uma das orientações do terreno, foram realizadas análises da distribuição de radiação solar incidentes nas diferentes orientações. Temos abaixo a análise destes valores para meses mais frios e meses mais quentes do ano.



Além desta análise, foram trabalhados os dados climáticos presentes no arquivo climático formato .TRY que será utilizado para as simulações. O conjunto de imagens obtidas contém as Rosas de Radiação total do terreno e demonstram a quantidade de radiação proveniente das diferentes orientações.

[4.16]

[4.16] Radiação solar por orientação para São Paulo.

Fonte: MUELLER (2007).

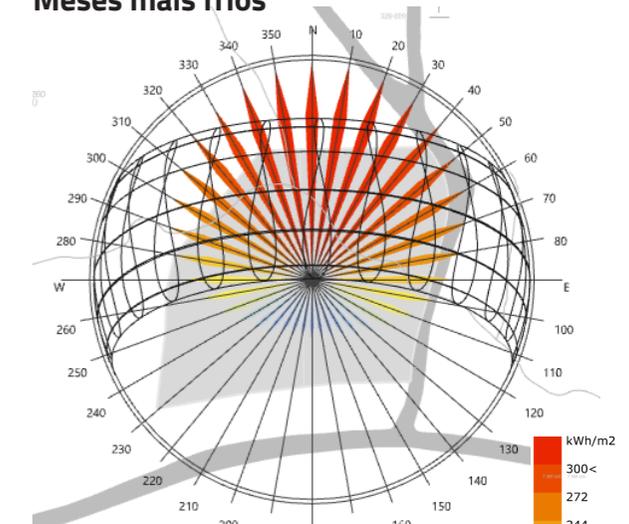
A partir das duas análises, podemos observar que as fachadas com orientação leste, oeste, nordeste e noroeste são as que apresentam uma radiação incidente mais expressiva nos meses mais quentes, enquanto a fachada norte recebe uma radiação solar mais intensa nos meses mais frios, nos quais os ângulos de incidência do sol são menores. É possível observar também que as radiações diretas também estão concentradas nestas mesmas orientações, com uma expressividade maior na fachada leste nos meses mais quentes, e norte nos meses mais frios.

Por mais simplificados que sejam estes estudos, eles já são de extrema importância para que o projeto possa ser concebido de modo a aproveitar, da maneira mais eficiente possível, a radiação solar incidente nos meses mais frios e barrar essa mesma radiação nos meses mais quentes do ano. Com base nesses estudos, foi possível já pensar em algumas disposições do projeto nas quais pudéssemos trabalhar de modo a usufruir das potencialidades proporcionadas pelas condições climáticas locais.

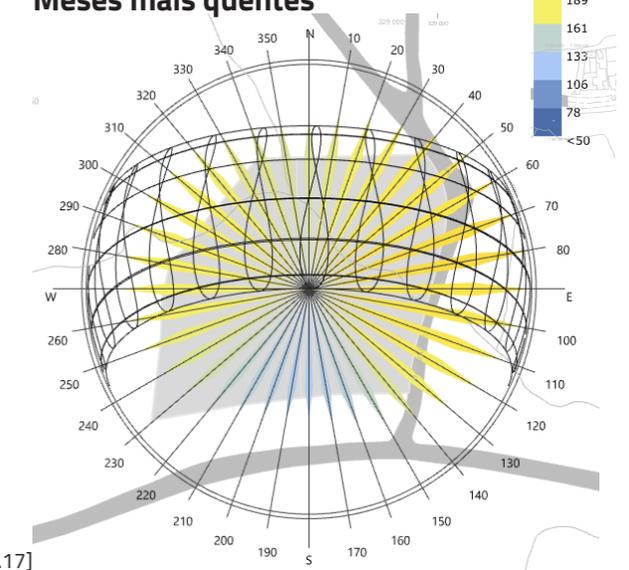
[4.17] Rosas de radiação solar obtidas com Ladybug para Grasshopper.

Fonte: Autor.

### Meses mais frios



### Meses mais quentes



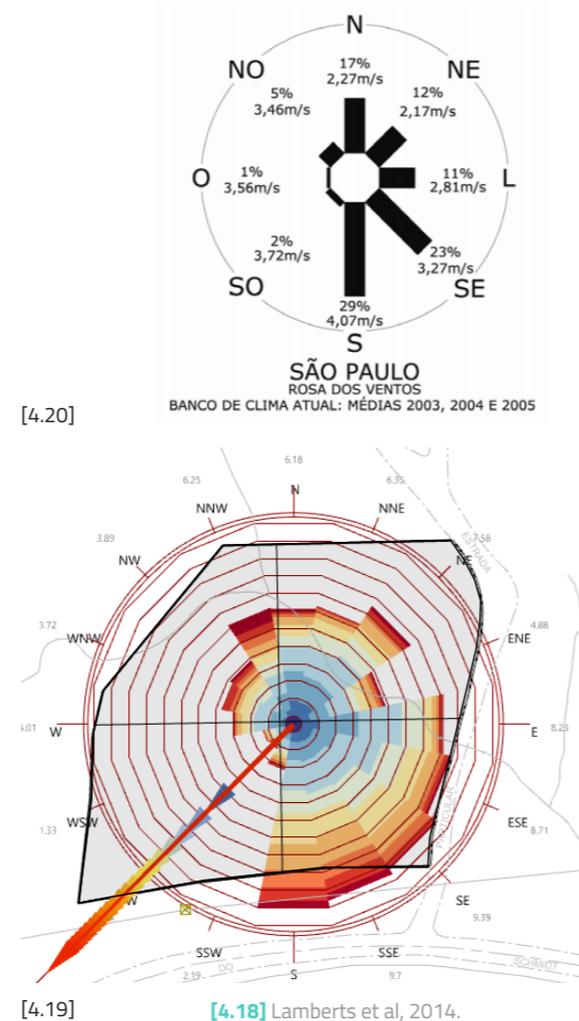
[4.17]

## A análise dos ventos

Assim como as demais análises realizadas anteriormente, para que seja possível desenvolver um projeto com o desempenho desejado, é essencial que também sejam avaliadas as condições de vento às quais o terreno de estudo está submetido. A análise destes dados é importante para auxiliar o projetista na colocação de aberturas de forma a aproveitar o vento fresco no período mais quente e evitar o vento forte no período frio.<sup>[4.18]</sup>

Um instrumento que pode servir como ferramenta para essa análise são os diagramas do tipo “rosa-dos-ventos” que demonstram as estatísticas sobre o vento, reunidas ao longo do tempo. Essas medidas incluem velocidade do vento, direção e frequência, e são essenciais para estudar e prever as condições de vento na região.

Assim como os outros parâmetros, os dados de vento de São Paulo foram obtidos a partir do arquivo climático formato .TRY no aeroporto de Congonhas e demonstram um predomínio dos ventos originados na direção Sul, Sudeste e Leste, o que favorece uma implantação com predominância de aberturas na direção norte-sul.



[4.18] Lamberts et al, 2014.

[4.19] Rosa de ventos obtidas com Ladybug para Grasshopper.

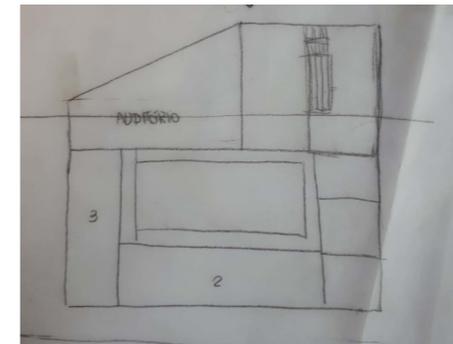
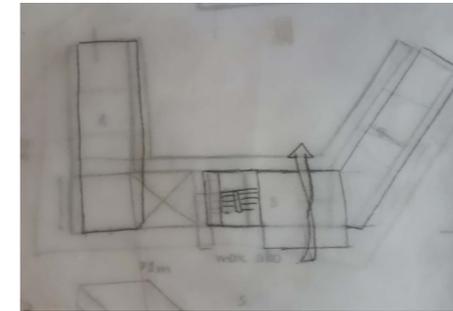
Fonte: Autor

[4.20] Frequência de ocorrência da direção e velocidade do vento ao longo do ano de referência.

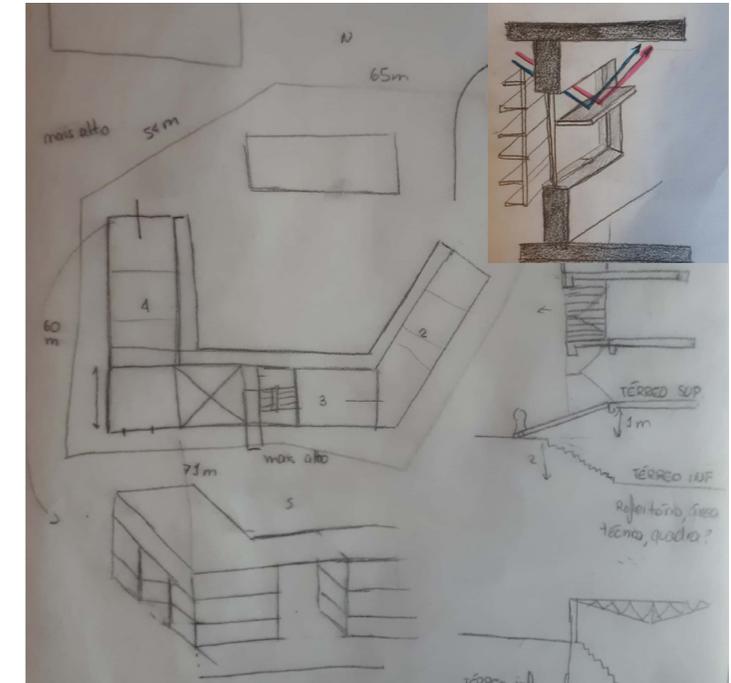
Fonte: De Benedetto (2006).

## 4.3 O ESTUDO DA FORMA E DA GEOMETRIA

A partir da análise do terreno e do programa arquitetônico, foi possível criar alguns esboços de projeto que foram extremamente importantes para o desenvolvimento de um partido arquitetônico.



[4.21]



[4.21] Esboços iniciais desenvolvidos para a realização dos primeiros estudos.

Fonte: Autor

A partir desses esboços iniciais, foram realizados estudos para compreender como as variáveis climáticas encontradas no terreno interagem com a concepção inicial do projeto. Esses estudos preliminares se restringiram à duas análises principais que serão apresentadas a seguir.

### Estudo de sombreamento do pátio descoberto

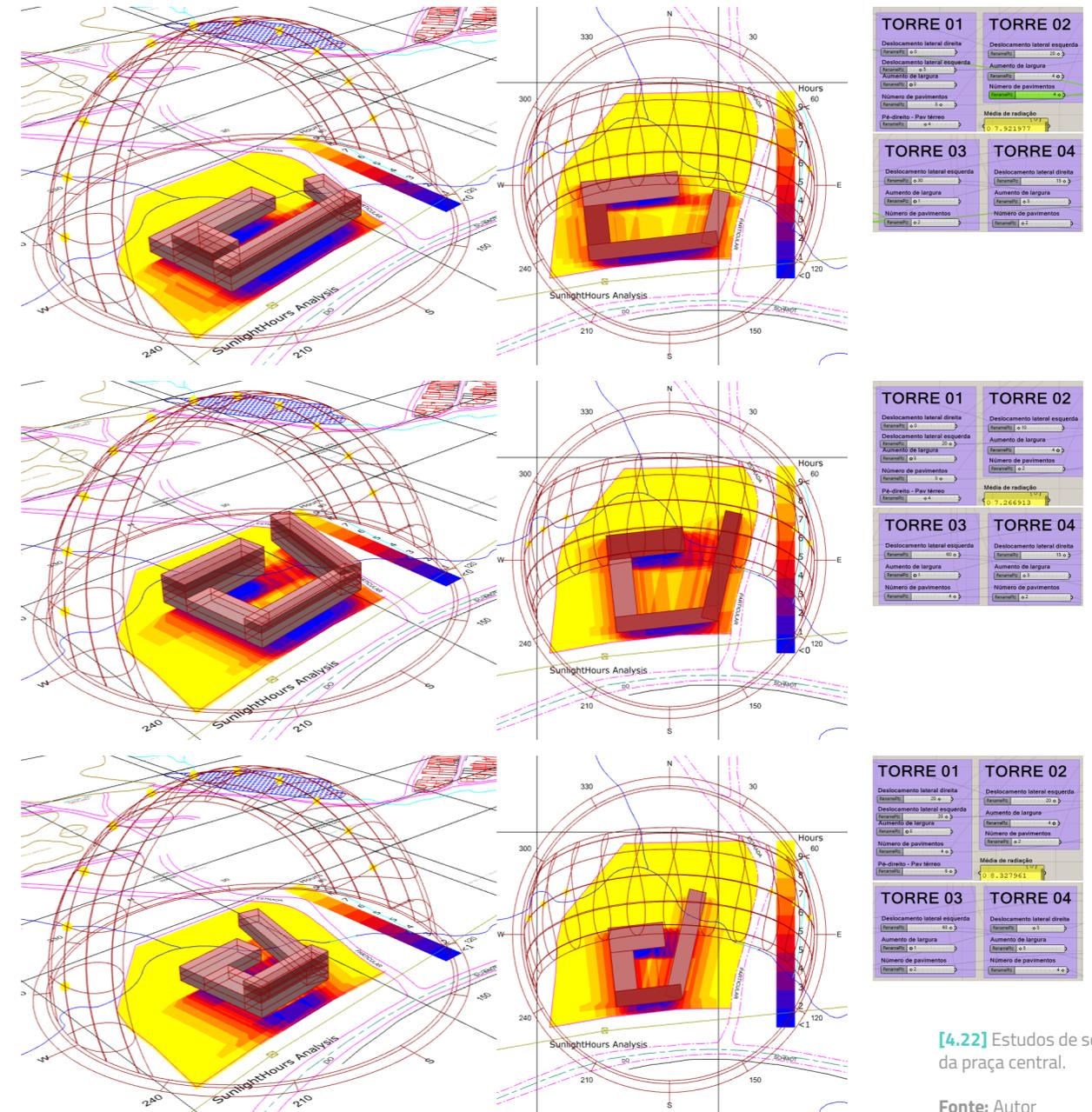
O primeiro estudo realizado teve como intuito compreender como a geometria, o posicionamento e a orientação desses edifícios possuem influência sobre a qualidade do pátio externo, proposto para o projeto. Esse estudo foi realizado a partir da análise do número de horas em um total de 24h nas quais temos incidência solar sobre a área descoberta do terreno. Como o objetivo do estudo é analisar de maneira simplificada a influência da geometria do projeto sobre essas áreas externas, a declividade do terreno foi desconsiderada neste estudo inicial.

Ao todo, foram simulados 60 cenários desenvolvidos a partir da variação da altura, largura e comprimento dos edifícios, assim como seu ângulo em relação aos limites do terreno.

Como podemos observar, devido ao posicionamento inicial proposto para os edifícios, a variação na altura do Bloco 01 apresenta influência desprezível sobre o sombreamento do pátio descoberto. Por outro lado, se modificarmos esse mesmo parâmetro nos demais edifícios, notamos uma alteração mais significativa no sombreamento desta mesma área.

Ao mesmo tempo, foi possível observar que a variação no comprimento do Bloco 01 e a consequente variação no distanciamento entre os blocos 02 e 03 possui grande efeito sobre a incidência solar na área de estudo.

É possível verificar que, mesmo com a grande alteração das variáveis estudadas, não foi observado um número grande de cenários nos quais a alteração desses parâmetros geométricos resultou em um sombreamento excessivo do pátio. Portanto, esse parâmetro de decisão nos fornece uma grande liberdade para trabalharmos com a forma dos edifícios.



[4.22] Estudos de sombreamento da praça central.

Fonte: Autor

### Estudo de radiação solar nas fachadas

Foi então realizado um segundo estudo desenvolvido a partir do esboço inicial de projeto e que possuiu como intuito observar a influência da modificação destes mesmos volumes sobre a radiação solar incidente nas fachadas dos edifícios. Neste estudo, foram feitas simulações de radiação solar nos planos de cobertura e fachada cujos resultados puderam ser melhor compreendidos a partir da análise conjunta com a rosa de radiação total extraída do banco de clima.

Assim como no estudo anterior, também foram verificados 60 diferentes cenários que nos confirmaram a análise anteriormente realizada de que as fachadas com orientação leste e oeste devem ser trabalhadas com cuidado, por conta da grande incidência solar nos períodos mais quentes do ano.

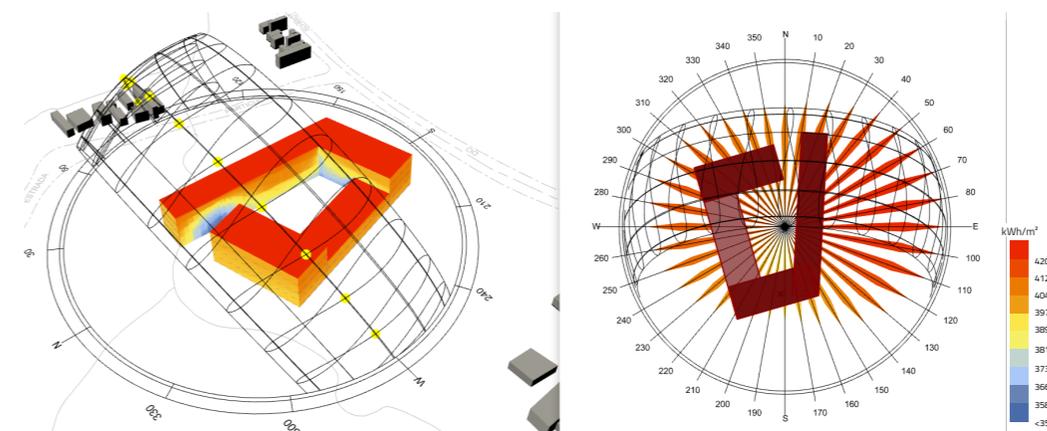
Podemos observar também que nas fachadas leste e oeste voltadas para o centro do terreno, temos uma grande influência da variação da altura dos edifícios opostos à estas superfícies sobre a quantidade de radiação solar recebida pela fachada. Nota-se também uma grande influência da altura dos edifícios sobre as variáveis estudadas.

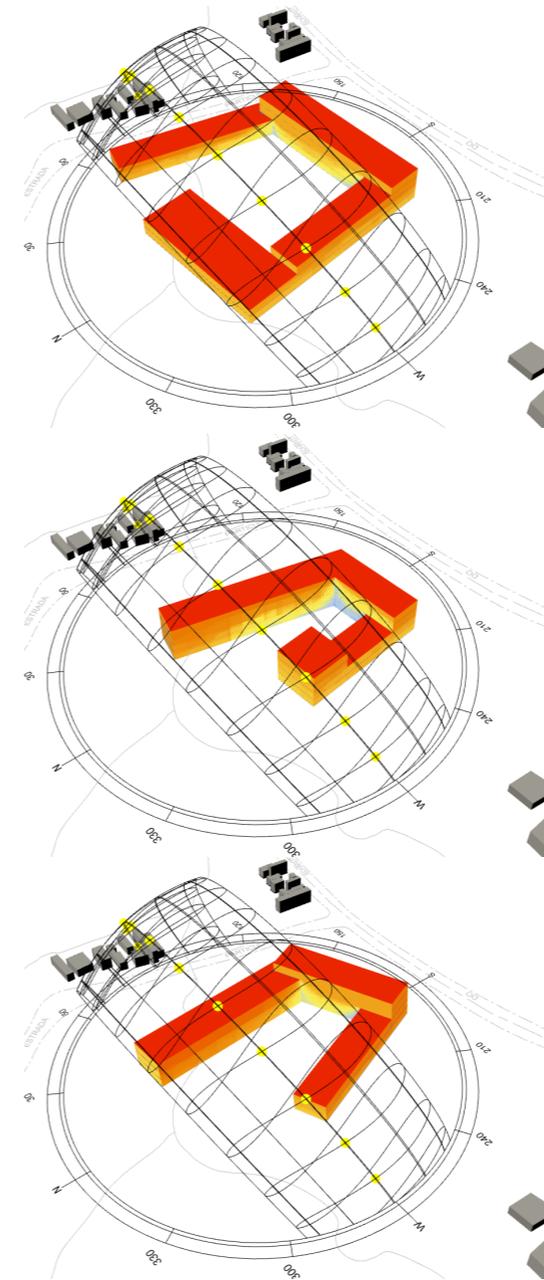
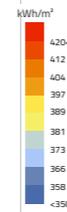
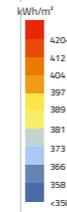
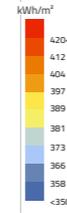
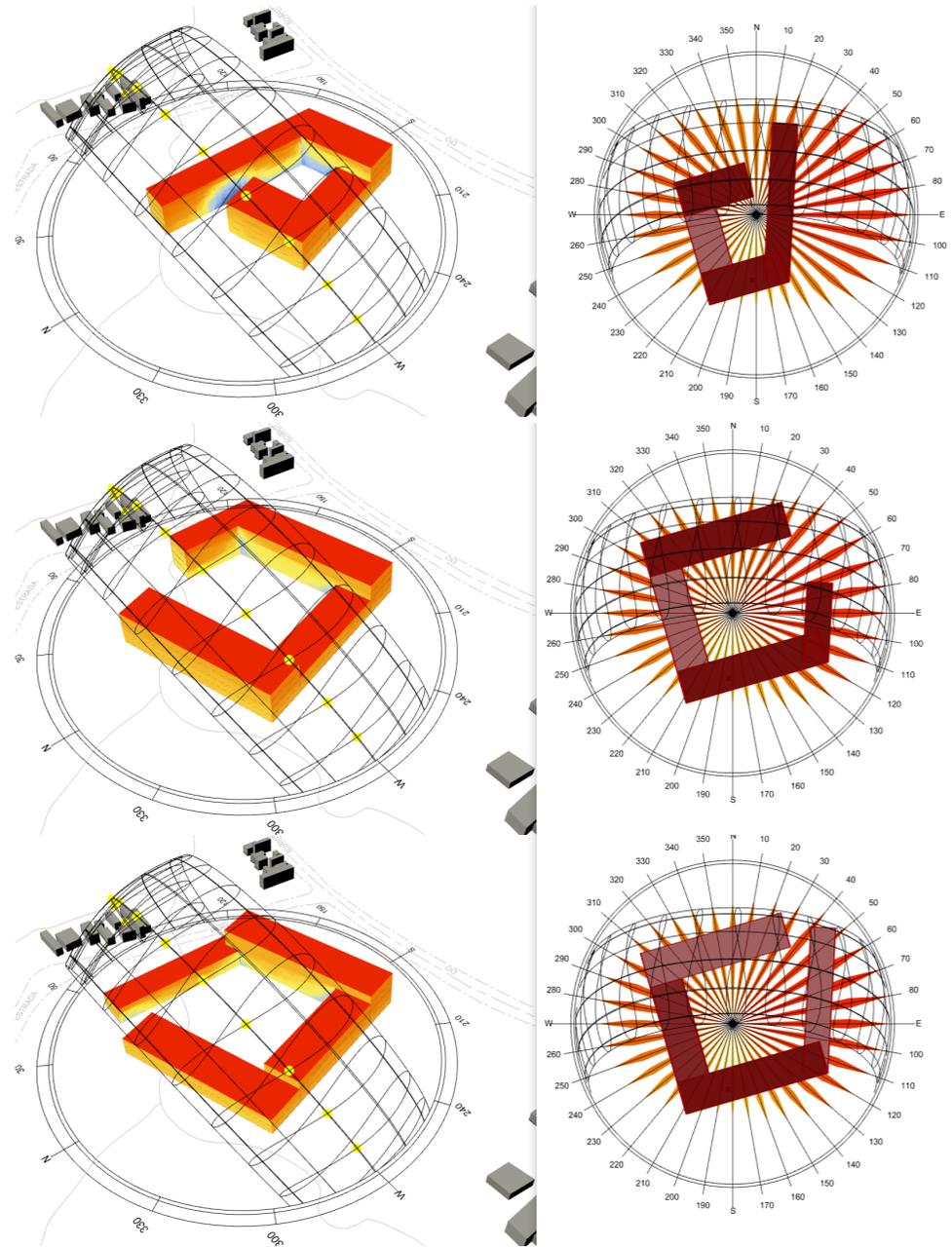
A partir dessas análises iniciais, pudemos tirar algumas premissas preliminares a serem trabalhadas no desenvolvimento do projeto.

Iremos, portanto, trabalhar com edifícios de gabarito baixo e com uma variação de altura entre os blocos. Diante da baixa influência do Bloco 01 sobre o sombreamento do terreno e o grande número de ambientes no programa arquitetônico que poderiam ser dispostos neste edifício, tra-

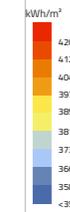
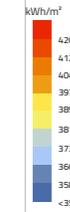
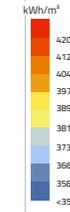
balharemos neste bloco com térreo + 2 pavimentos, sendo neste caso, a construção mais alta do complexo. No Bloco 02, por sua vez, podemos trabalhar com uma altura intermediária, talvez variando o número de pavimentos ao longo de seu comprimento.

É importante enfatizar que os estudos iniciais não tiveram como intuito a geração de uma geometria que apresentasse um desempenho perfeito, mas sim compreender como poderíamos trabalhá-la em conjunto com o partido arquitetônico de modo a nos proporcionar um projeto com qualidade.





[4.23]



[4.23] Estudos de radiação solar nas fachadas.

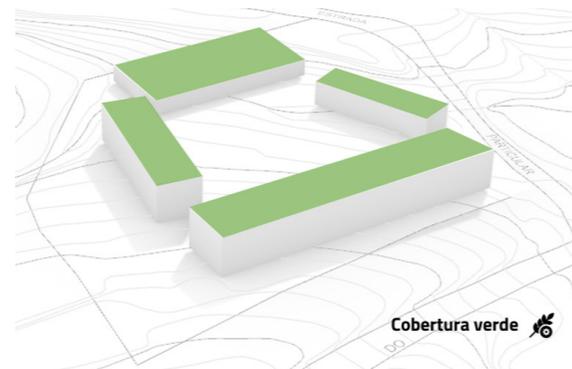
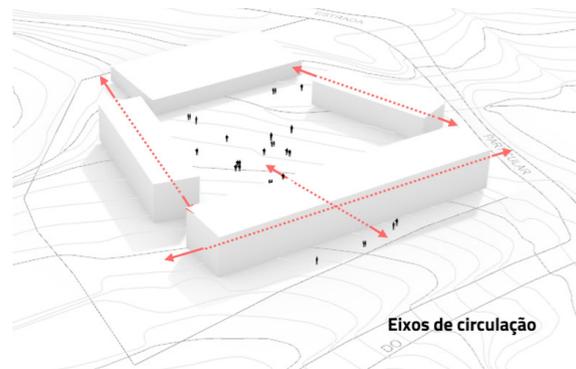
Fonte: Autor.

#### 4.4 AS DIRETRIZES DE PROJETO E O PARTIDO ARQUITETÔNICO

A partir dos estudos realizados ao longo de todo o trabalho a respeito do contexto atual em que se encontram os edifícios públicos de educação no Estado de São Paulo, foi possível compreender os principais desafios enfrentados por esta tipologia de edificação.

Com base nas análises físico-climáticas desenvolvidas para o terreno e dos estudos específicos a respeito desses edifícios, foi possível desenvolver um partido arquitetônico e estratégias de projeto que foram sendo refinados e desenvolvidos ao longo de todo o processo projetual. É importante ressaltar que esse desenvolvimento se deu de modo bastante dinâmico, a partir da alimentação constante de dados e análises.

Tendo como base as análises citadas anteriormente, foi possível estabelecer alguns critérios para o desenvolvimento do projeto:



#### Ventilação natural

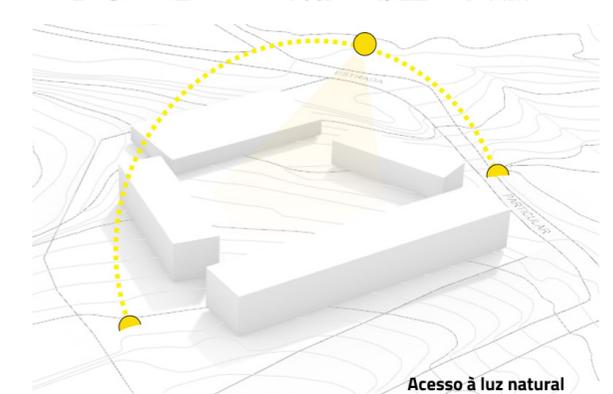
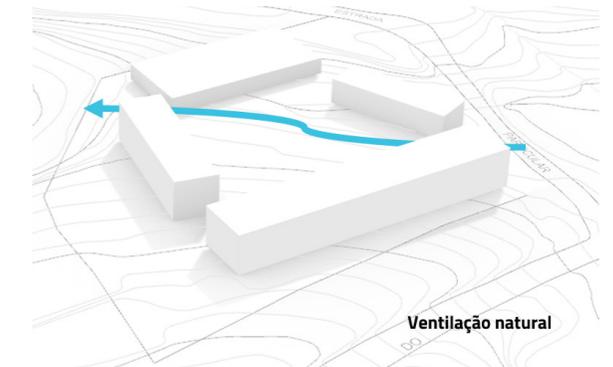
Para garantir um maior aproveitamento da ventilação natural, deseja-se trabalhar com aberturas no sentido predominante dos ventos, neste caso, voltadas à orientação Sul e Sudeste.

#### Insolação

De modo a possibilitar um melhor aproveitamento da radiação solar nos períodos mais frios do ano e, ao mesmo tempo impedir os sobreaquecimentos nos períodos mais quentes, os edifícios deverão ser dispostos de modo a evitar a orientação leste/oeste, priorizando as aberturas voltadas para a orientação norte;

#### Qualidade dos espaços abertos

Visando garantir no projeto espaços externos agradáveis para a realização de diferentes atividades, é importante trabalhar com uma disposição dos edifícios no terreno que priorize o acesso ao sol nestes ambientes, possibilitando a criação de diferentes microclimas a partir do uso de vegetação, sombras, mobiliário, entre outros.

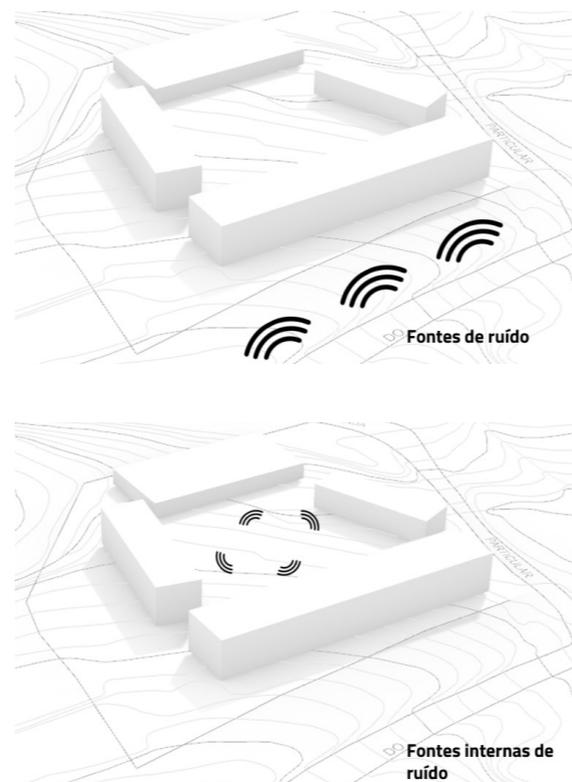


## Ruído

A implantação dos edifícios deve ser pensada de modo a garantir um distanciamento dos ambientes com maior demanda de silêncio em relação às maiores fontes de ruído às quais o terreno está exposto. Neste caso, apesar do terreno não apresentar grandes desafios quanto ao ruído externo, os ambientes de maior concentração, foram dispostos a uma considerável distância em relação à Estrada do Schmidt. Além disso, internamente, a disposição dos ambientes também deve ser pensada de modo a garantir um distanciamento entre os ambientes mais ruidosos, como casa de máquinas, refeitórios, e ambientes de prática esportiva, e os de maior demanda de silêncio, como é o caso das salas de aula.

## Impacto da obra

Nas últimas décadas, devido ao aumento populacional e à grande expansão das principais cidades do país, a questão dos resíduos da construção civil tem ganhado cada vez mais importância dentro deste setor. Atualmente, cerca de 51% a 70% dos resíduos sólidos urbanos coletados são gerados pelo setor da construção civil. [4.24]



[4.24] MARQUES NETO, 2005.

Se o objetivo do trabalho é desenvolver um projeto com conforto e desempenho, é fundamental que o projeto seja pensado visando a redução deste desperdício. Para tanto, pretende-se respeitar ao máximo a configuração do terreno original, que, além de reduzir de forma bastante significativa o custo da obra, também é responsável pela redução da emissão de CO2 associada ao descarte deste resíduo.

Além disso, é desejável que o projeto seja desenvolvido de modo a respeitar modulações definidas pelo sistema construtivo (conforme já realizado pelos projetos da FDE).

Por fim, pretende-se priorizar materiais que apresentem um menor impacto ambiental durante todo o seu ciclo de vida (Análise de Ciclo de Vida – ACV).

## Partido Arquitetônico

A partir desses critérios e com base nas concepções de arquitetura que se pretendia atingir, foi possível desenvolver uma implantação inicial para o projeto e que foi utilizada como base para os estudos.

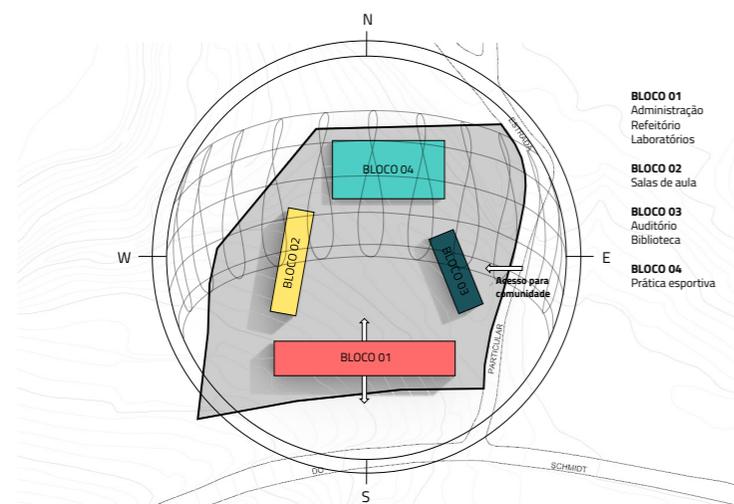
A ideia principal do projeto, enquanto edifício educacional de bem público, foi o de garantir uma abertura ampla à comunidade, assumindo um papel realmente efetivo na transformação do território. Para atingir esse objetivo, o projeto buscou romper as barreiras físicas existentes e fornecer para a comunidade local, ambientes de cultura, educação e lazer.

Com base nesses pontos, o esboço inicial do projeto foi então pensado de modo a trabalhar com a distribuição do programa arquitetônico, previsto pela FDE, em 4 edifícios principais com usos e funções distintas conforme

ilustrado a seguir.

Neste esboço inicial, propõe-se para o Bloco 01 a disposição dos espaços destinados a atividades administrativas e de laboratório e estudo. No Bloco 02, por sua vez, serão dispostos exclusivamente os ambientes de sala de aula, devido ao seu distanciamento em relação à via principal de fluxo, e no Bloco 03, os ambientes de auditório e biblioteca com atividades de uso livre para a comunidade. Por fim, o último bloco, localizado no fundo do terreno será destinado para atividades de prática esportiva. Nesta mesma linha de raciocínio de diferenciação das atividades realizadas em cada um dos edifícios, foram inicialmente propostas duas entradas distintas, a principal pelo Bloco 01 e a secundária pelo Bloco 03 e aberta à comunidade.

Ao mesmo tempo, deseja-se trabalhar de modo a possibilitar a existência de um espaço ao ar livre amplo com qualidade e diversidade de usos que será organizado entre os edifícios propostos.



#### 4.5 AS ESTRATÉGIAS DE PROJETO

Após a realização dos estudos iniciais, foram utilizadas as premissas levantadas para trabalhar e desenvolver o desenho do projeto. O principal desafio enfrentado nesta etapa foi o de pensar como desenvolver o programa arquitetônico proposto, considerando os critérios criados.

##### Implantação

Para garantir uma implantação eficaz do ponto de vista tanto do conforto ambiental quanto da racionalização da construção, trabalhou-se nas seguintes frentes para a ocupação do terreno:

##### Topografia

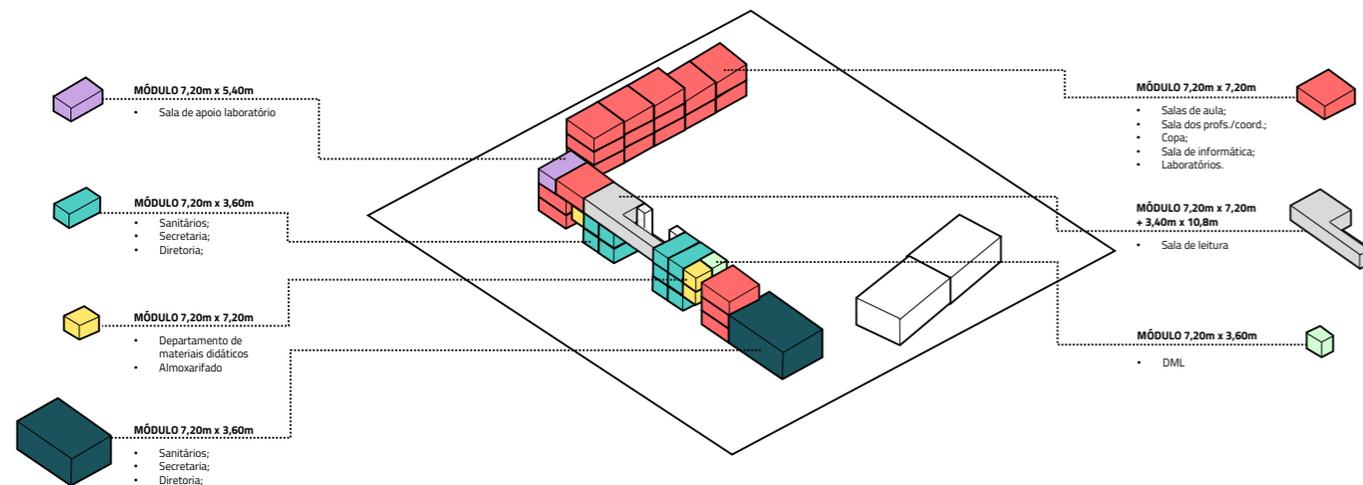
Tendo em vista a grande declividade existente no terreno, foi um grande desafio trabalhar com a implantação do projeto respeitando ao máximo a configuração topográfica original.

Para conseguirmos seguir neste caminho, foi proposta uma organização de projeto na qual pudéssemos trabalhar com diferentes níveis e acessos. Nesta linha de raciocínio, o acesso principal do projeto se dará pela Estrada do Schmidt no nível do primeiro pavimento. O acesso ao nível térreo, será feito por um conjunto de escadas/arquibancada que poderá ser utilizado não só como acesso ao nível inferior, como também como espaço de convívio e para a realização de aulas ao ar livre.

## Modulação

De modo a garantir um uso adequado dos materiais de construção e uma gestão de resíduos eficiente na etapa de obra, o projeto foi pensado a partir de uma modulação padrão. Os módulos propostos se basearam nos padrões já definidos pela própria FDE, que utilizam como base a modulação dos blocos de concreto usados nos projetos como sistema padrão de fechamento vertical. Por tal motivo, a modulação utilizada no projeto utilizou como base estas mesmas dimensões padrões já estabelecidas pela FDE.

O desenvolvimento de um projeto modular é de extrema importância quando deseja atingir um elevado grau de eficiência do processo de execução de um projeto. Além de garantir uma redução no tempo de execução e portanto, nos custos totais da obra, o desenvolvimento de um projeto modular é fundamental para a redução na geração de resíduos no canteiro de obras. Além disso, tendo em vista o panorama atual de atuação da FDE, no qual temos um elevado investimento na manutenção e adequação de edifícios escolares já existentes no Estado de São Paulo, o desenvolvimento de um projeto modular e com elementos pré-fabricados é de grande eficácia quando pensamos na facilidade de se trabalhar



com futuras reformas e modificações do projeto.

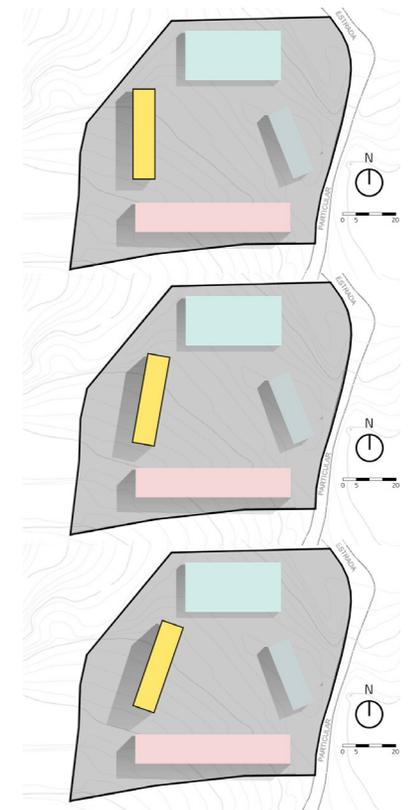
Para elementos pré-fabricados, a modulação representa uma redução significativa no custo da obra, por se tratar de uma produção em massa de componentes padronizados.

## Insolação

Como pontuado anteriormente, o posicionamento e a orientação das edificações de um projeto estão diretamente associados ao nível de conforto térmico de seus usuários. Isso ocorre, pois, tais fatores possuem grande influência sobre a quantidade de radiação solar que estes edifícios irão receber.

Nesta linha de raciocínio, podemos observar que na implantação inicial do projeto, temos o Bloco 02, das salas de aula, disposto com uma orientação leste/oeste e, portanto, com um elevado ganho de calor nos meses mais quentes do ano. De modo a possibilitar uma redução nesses ganhos, foram realizados estudos a partir de três cenários com na rotação deste bloco em relação à orientação leste/oeste:

- » **Cenário 01:** rotação de 0°;
- » **Cenário 02:** rotação de 10°;
- » **Cenário 03:** rotação de 20° em relação à orientação inicialmente proposta.

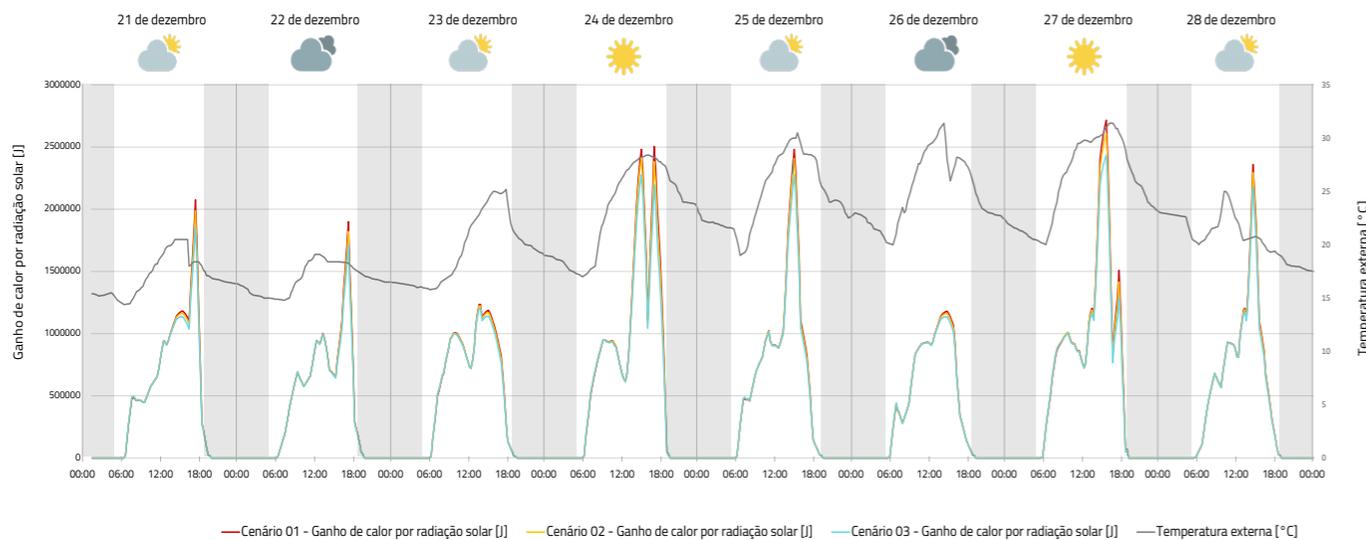


[4.26]

[4.26] Implantação inicial do projeto com diferentes cenários.  
Fonte: Autor.

A partir deste estudo, foi gerado o gráfico abaixo, no qual podemos observar a diferença entre os ganhos de calor por radiação solar referentes a cada um dos três cenários em uma semana típica de verão.

Como podemos observar no gráfico, ao rotacionarmos o edifício em 10° e 20°, temos uma redução significativa nos ganhos de calor por radiação solar devido nova orientação de suas fachadas, sendo a maior redução observada no Cenário 03.



[4.27]

[4.27] Gráfico com comparação entre ganhos de calor em semana típica de verão.

Fonte: Autor.

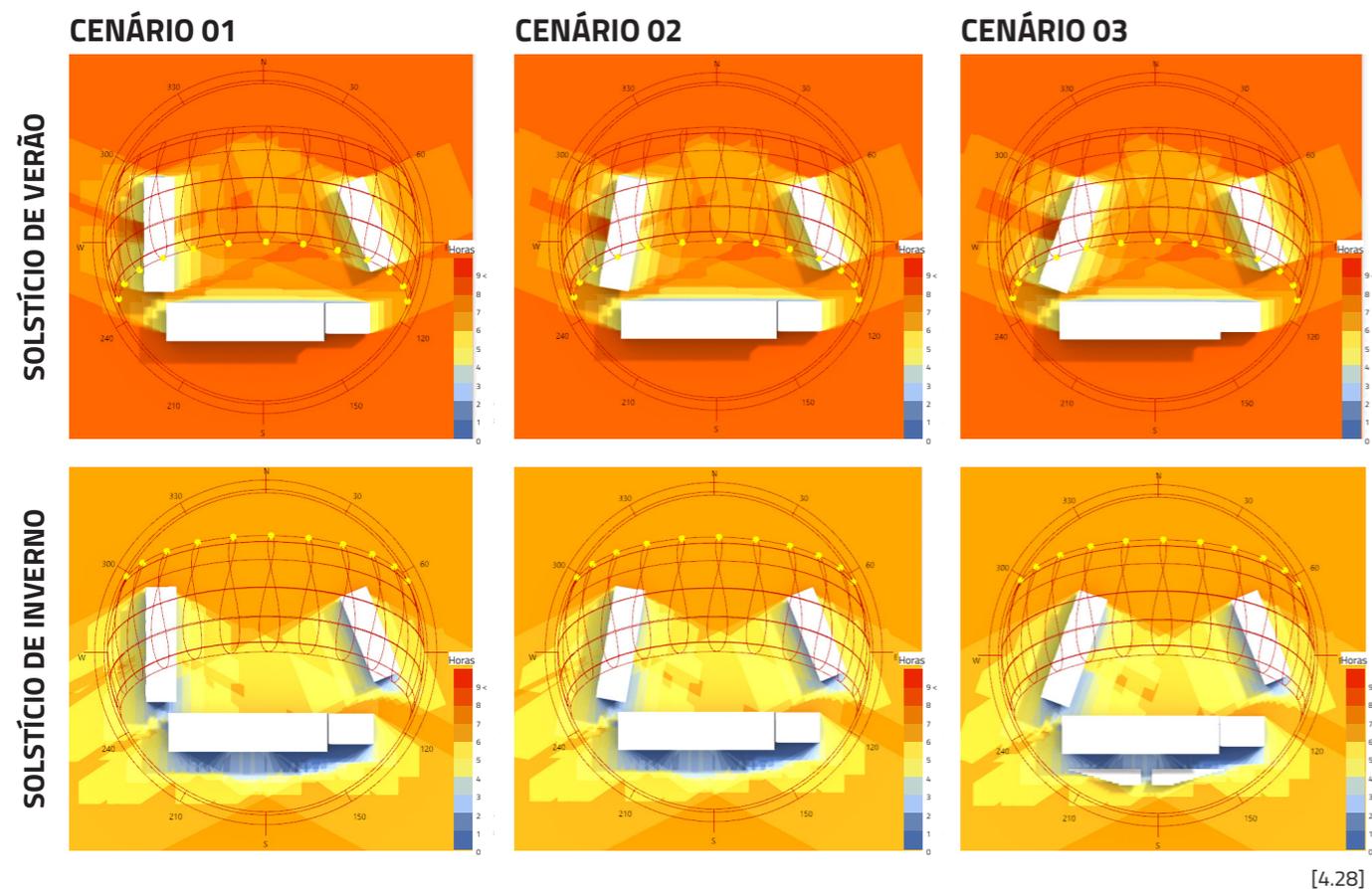
## Qualidade dos espaços abertos

Para trabalharmos com a criação de ambientes e espaços externos agradáveis para a realização de diferentes atividades, é importante trabalhar com uma disposição dos edifícios no terreno que priorize o acesso ao sol nestes ambientes e a ventilação destas áreas, possibilitando a criação de diferentes microclimas a partir do uso de vegetação, sombras, mobiliário, entre outras soluções. Tendo em vista estes pontos, os três cenários de rotação do Bloco 02 analisados com relação aos ganhos de calor, também foram estudados com relação a seu impacto sobre a qualidade dos espaços abertos.

## Sombreamento

Novas análises de sombreamento da praça central foram realizadas, desta vez, a partir de uma geometria de projeto mais bem definida.

Como podemos observar, a rotação do Bloco 02 possui pouca influência sobre o número de horas em que temos acesso ao sol na praça central, portanto, temos bastante liberdade para trabalhar essa geometria sem que a qualidade destes espaços seja prejudicada.



[4.28]

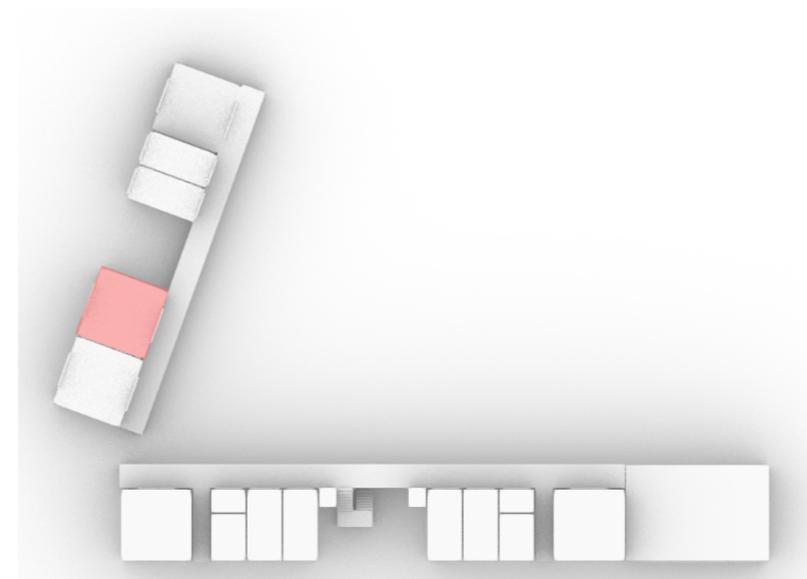
[4.28] Estudos de sombreamento da praça central com base nos cenários de rotação do Bloco 02.

Fonte: Autor.

### As soluções de projeto

Para que possamos definir as soluções de projeto que serão adotadas, foram realizadas diferentes etapas de estudo de cenários, de modo a garantir o embasamento técnico da tomada de decisão

Esses estudos e análises realizadas para esta etapa do exercício foram desenvolvidas para uma sala específica do Bloco 02, por se tratar do edifício com maiores desafios com relação ao desempenho e conforto dos ambientes internos.

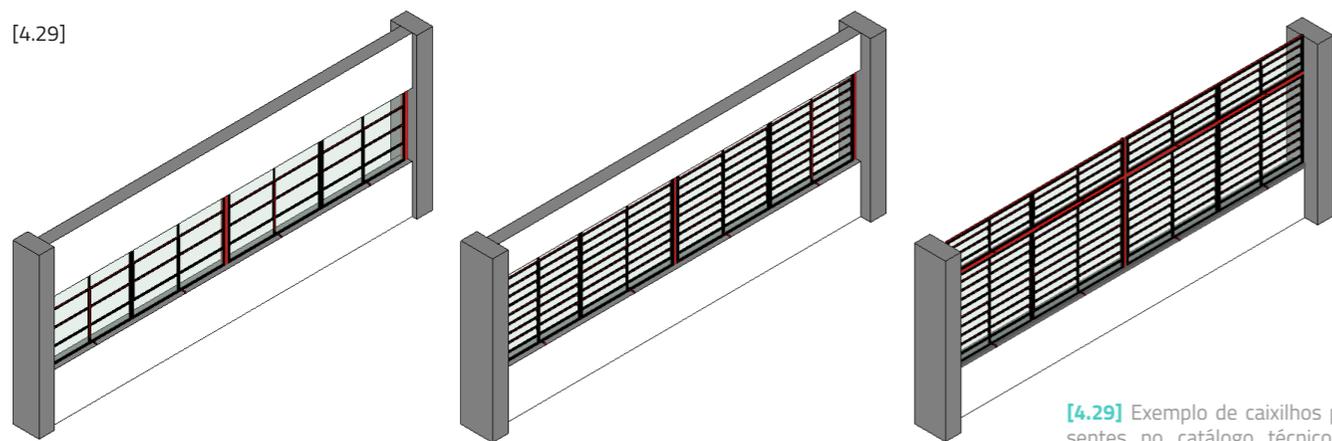


## O sistema de aberturas

Um dos principais desafios encontrados no projeto da Escola Estadual Professor Mário M Dantas de Aquino, foi a existência de ambientes com pouca ventilação e uma carência de iluminação natural. Estes dois desafios enfrentados estão diretamente associados ao modo como o sistema de aberturas destes ambientes foram projetados.

Alguns desafios enfrentados por este tipo de edificação, como é o caso da segurança, da manutenção e do baixo custo, apresentam grande influência sobre estas decisões de projeto. Para garantir a segurança dos estudantes contra possíveis quedas, e também evitar a entrada de pessoas mal intencionadas nos ambientes de salas de aula, a FDE possui em seu catálogo técnico configurações de caixilhos que, apesar de possuírem variações de dimensões, apresentam uma configuração bastante padrão. Os caixilhos de alumínio são trabalhados em módulos de 90cm com abertura basculante e área de vidro reduzida que, além de evitar a entrada de pessoas, possui manutenção mais fácil e barata, por se tratar de um pano de vidro de menores dimensões.

[4.29]

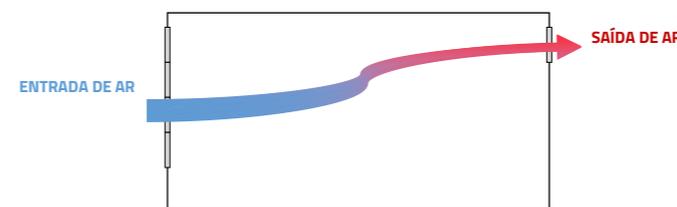


[4.29] Exemplo de caixilhos presentes no catálogo técnico da FDE.

Fonte: Biblioteca Esquadrias FDE.

Com base no catálogo técnico da FDE, buscou-se variações e configurações de esquadria que nos proporcionassem uma melhor qualidade de ambiente interno.

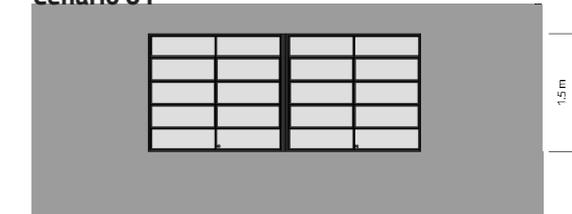
Para garantir um bom desempenho, é fundamental que haja um balanço entre o desempenho térmico, lumínico e acústico. Neste sentido, as aberturas das salas de aula, e dos ambientes administrativos e de serviços foram projetadas de modo a oferecer iluminação natural, ventilação cruzada e contato visual com o exterior. Por se tratar de uma região com baixos níveis de ruído externo, e uma organização do programa de atividades adequada do ponto de vista de geração de ruído, esse sistema foi pensado de modo a garantir caixilhos com uma maior abertura voltados para fora do terreno, e caixilhos superiores e de menores dimensões na fachada oposta e voltada para a praça central, fonte importante de ruído interno.



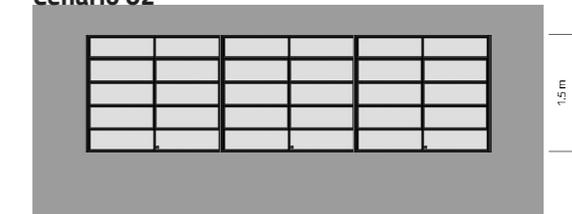
Neste sentido, foi realizado o estudo de três diferentes configurações de caixilho para compreendermos a influência do tamanho das aberturas nos ganhos de calor do ambiente e nos índices de iluminação interna. Nos três cenários avaliados, foram utilizadas as mesmas configurações de vidro.

- » **Cenário 01:** 4 módulos na horizontal;
- » **Cenário 02:** 6 módulos na horizontal;
- » **Cenário 03:** 7 módulos na horizontal;

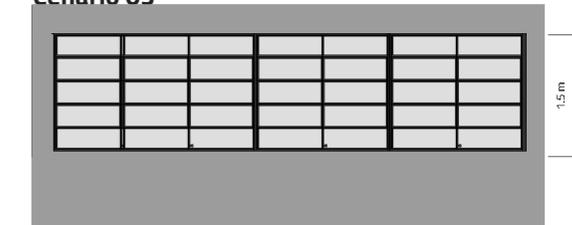
Cenário 01



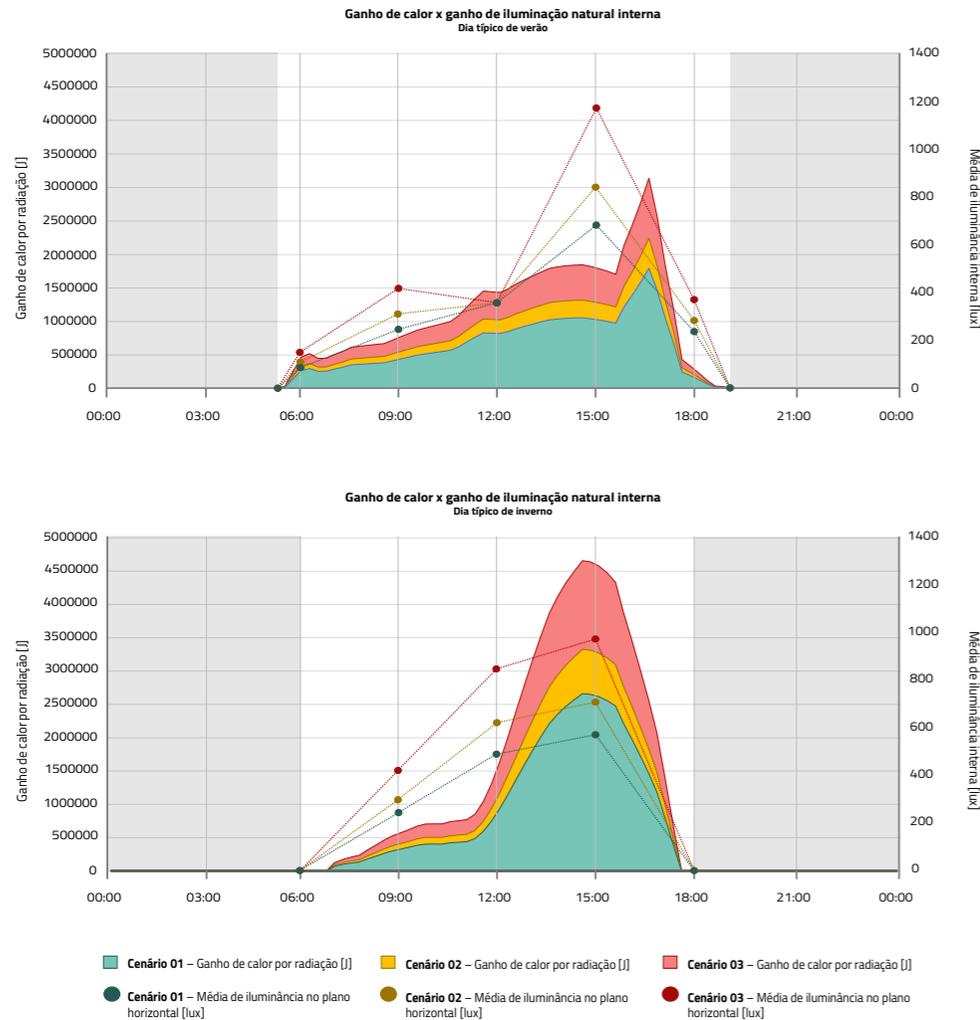
Cenário 02



Cenário 03



Para a realização desta análise, foram estudados os ganhos de calor por radiação em uma das salas de aula do Bloco 02, assim como os níveis de iluminação no plano de trabalho.



[4.30]

A partir deste estudo, foram obtidos dois gráficos nos quais podemos observar uma comparação entre o aumento no ganho de calor por radiação e o aumento na média dos níveis de iluminação natural obtidos nos diferentes cenários no solstício de verão e no solstício de inverno, respectivamente.

É possível observar nos diferentes cenários que nos períodos mais frios do ano, temos um aumento no ganho de calor mais significativo quando aumentamos as dimensões dos caixilhos se comparado ao aumento dos níveis de luz natural. No verão, por sua vez, o aumento da iluminação natural é mais significativo.

Além disso, é possível notar que temos um maior ganho de calor entre 15h e 16h devido à orientação destas aberturas. Deste modo, será necessário trabalhar o sombreamento destas fachadas de modo a evitar a incidência de radiação direta nestes horários.

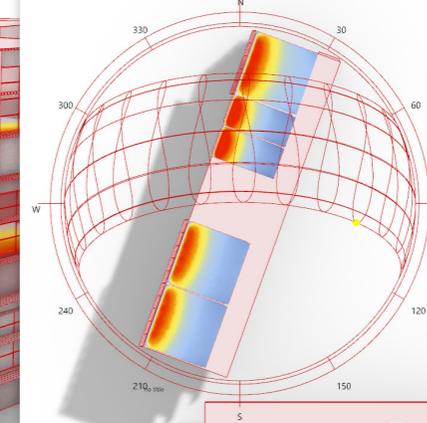
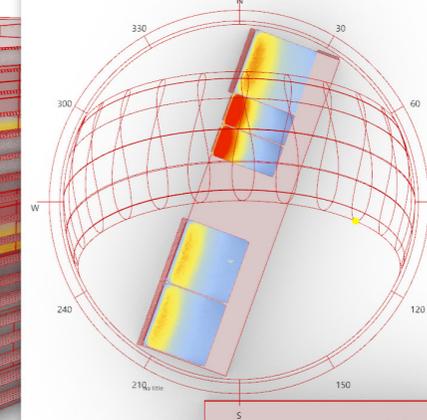
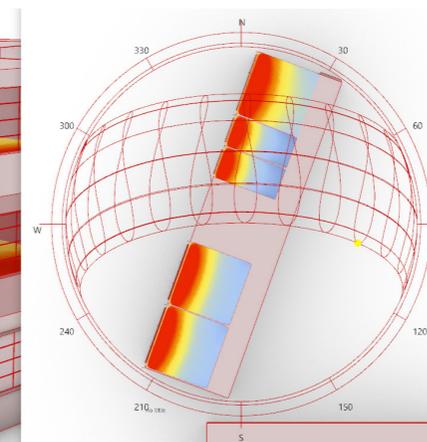
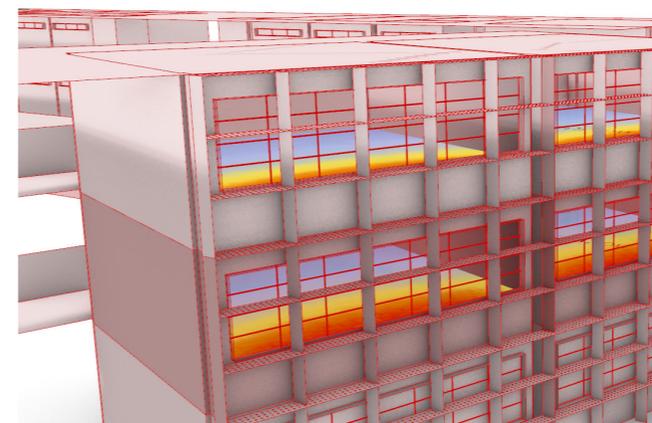
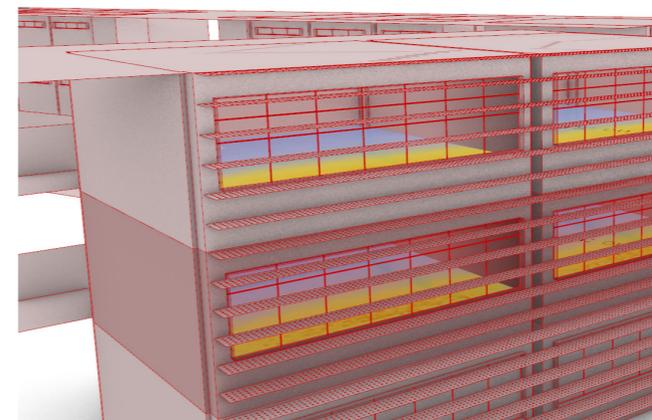
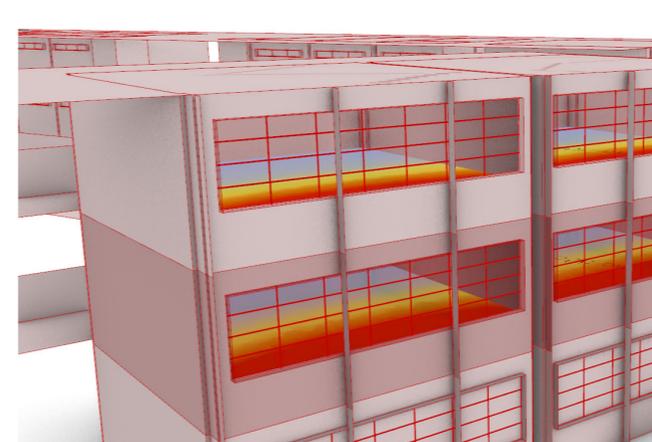
[4.30] Gráficos de comparação entre os ganhos de calor e os ganhos em termos de iluminação natural.

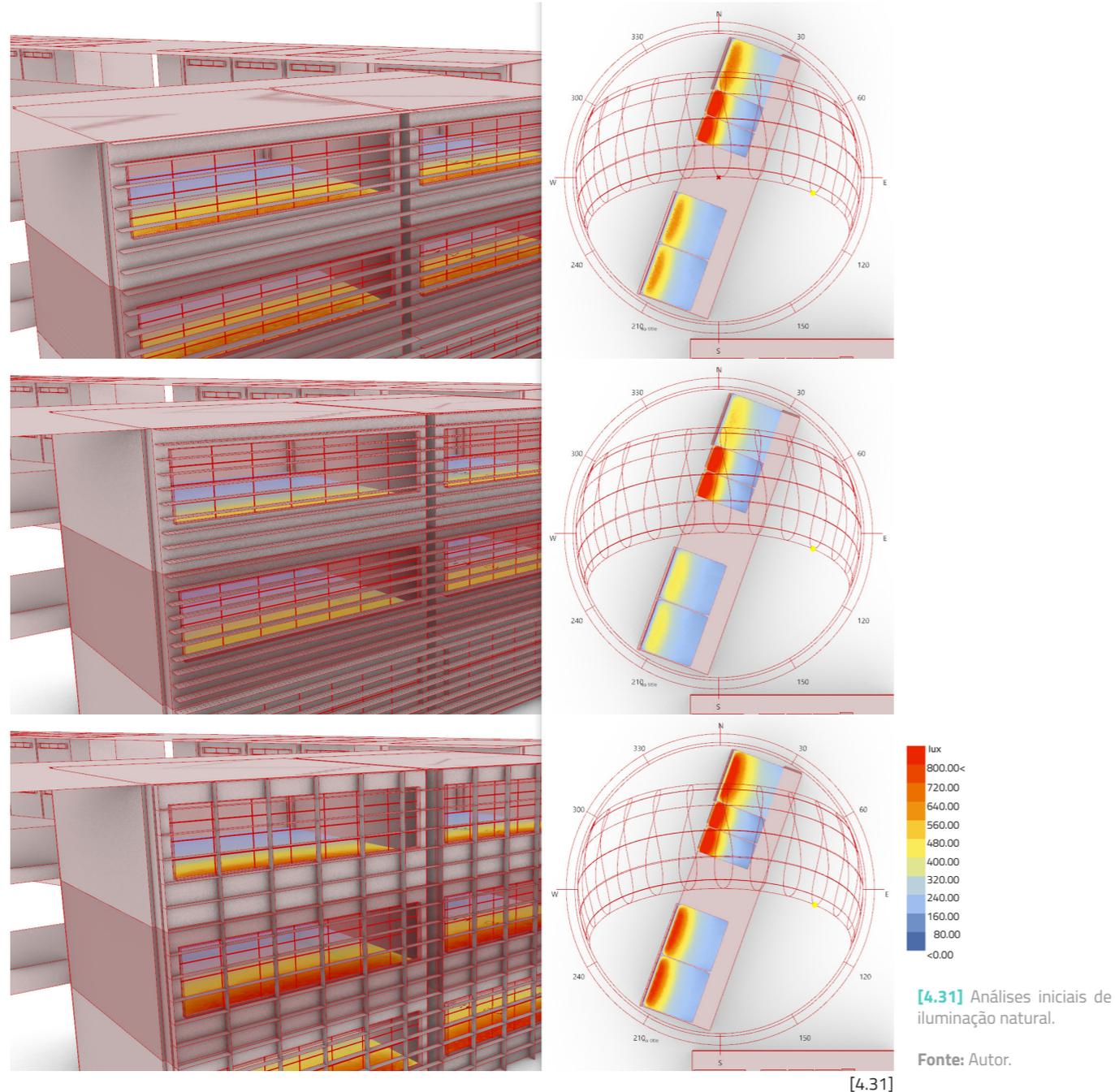
Fonte: Autor.

## Sombreamento

Com base no estudo de aberturas, escolheu-se a esquadria com 8 módulos de 90cm, portanto, a de maior área de vidro dentre as opções avaliadas. No entanto, para que possamos garantir temperaturas internas dentro da zona de conforto de seus usuários mesmo com um grande pano de vidro, será preciso trabalhar o sombreamento destas fachadas com bastante cautela.

Primeiramente, foram realizados estudos simples para diferentes configurações de brise no solstício de verão, no horário das 9h, horário em que foi possível observar uma menor entrada de luz no ambiente devido à sua orientação. Estes estudos tiveram como objetivo o de compreender a influência desses componentes na distribuição de luz natural nos ambientes de sala de aula. A partir destas análises iniciais, foram então propostos 4 diferentes configurações de brise em elementos metálicos pré-fabricados para as quais foram realizadas simulações para avaliação do desempenho lumínico e térmico por eles proporcionado.





[4.31]

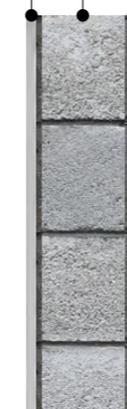
A partir desta análise inicial, podemos observar que os brises horizontais apresentam mais influência sobre os níveis de iluminação interna nos ambientes estudados devido à orientação do Bloco 02. O mesmo impacto também pode ser observado quando nos referimos aos ganhos de calor por radiação solar. Tendo como base estes pontos, os 4 cenários de brise propostos para uma segunda análise foram construídos utilizando como premissa o uso de brises horizontais, e buscando evitar a incidência solar direta no horário das 15h.

Para os estudos de desempenho térmico, foram utilizadas as seguintes configurações construtivas, utilizando como referência os padrões observados para os projetos FDE:

[4.32]

#### Vedação Vertical

- Gesso liso 0,5cm
- Bloco de concreto 14cm
- Gesso liso 0,5cm



Transmitância = 2,57  
Refletância = 0,8

#### Piso

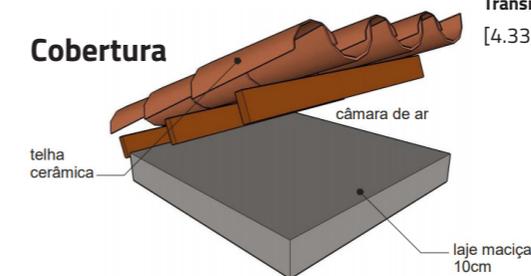
Transmitância = 2,83  
Refletância = 0,7

- Piso cerâmico
- Contrapiso 4cm
- Laje maciça de concreto 15cm



#### Cobertura

Transmitância = 2,05 W/m<sup>2</sup>K  
[4.33]



[4.32] Sistemas de vedação vertical e horizontal com respectivos valores de transmitância térmica e refletância.

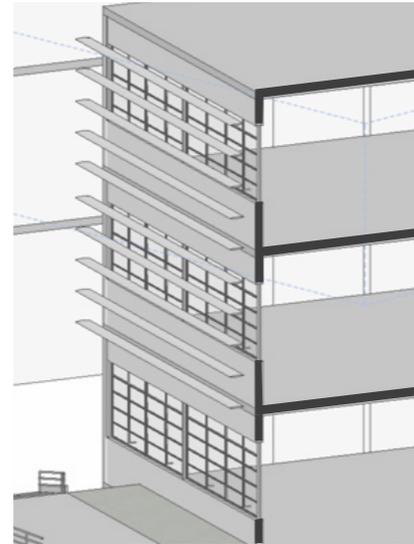
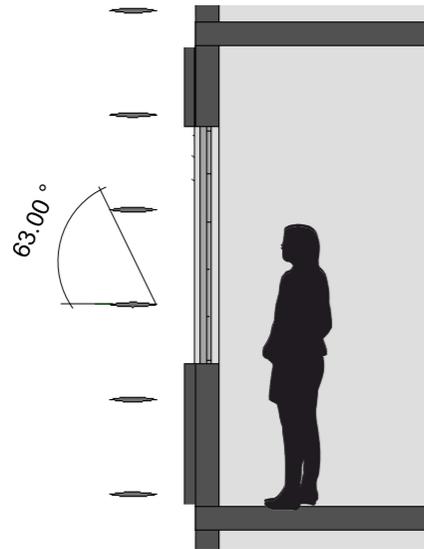
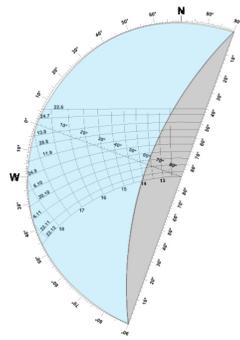
Fonte: Autor.

[4.33] LabEEE (2010)

### Cenário 01

Brises horizontais

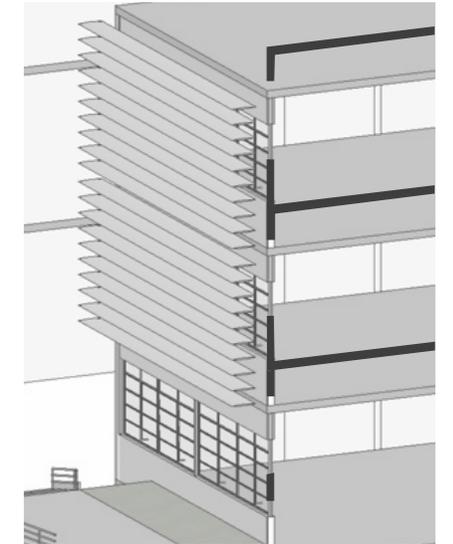
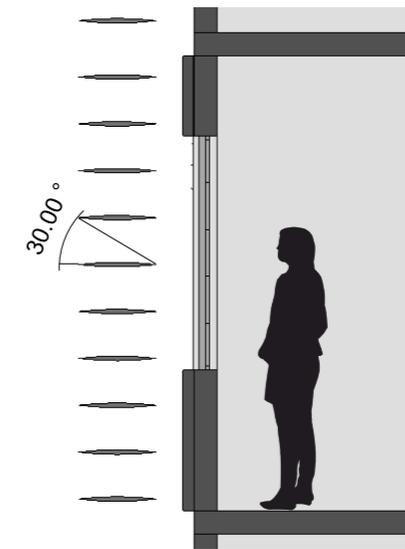
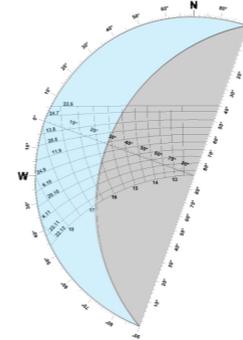
Aleta de 30cm | ângulo = 45°



### Cenário 03

Brises horizontais

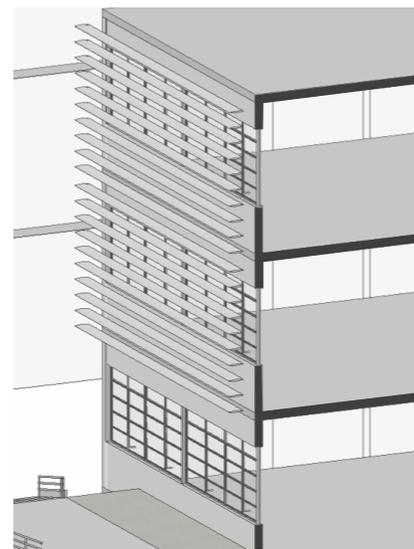
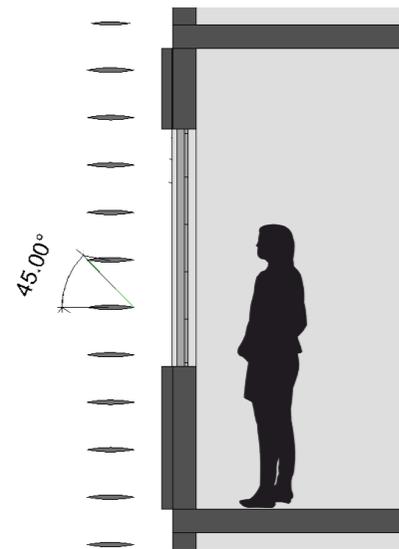
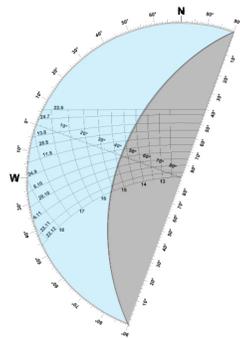
Aleta de 50cm | ângulo = 30°



### Cenário 02

Brises horizontais

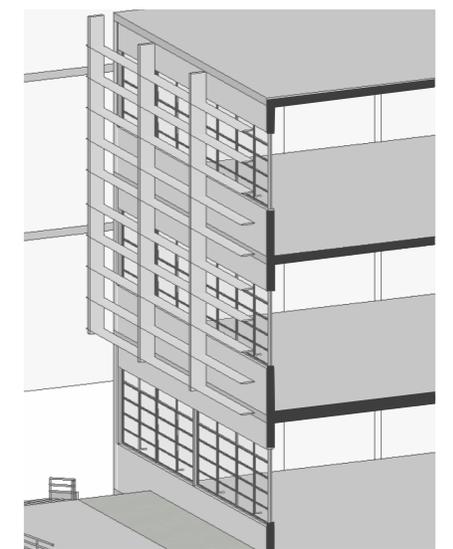
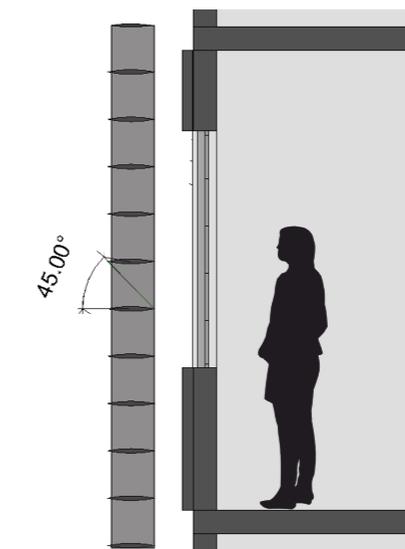
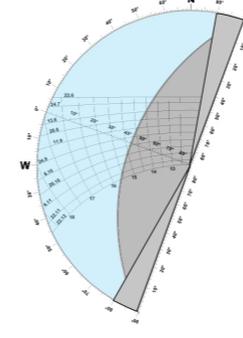
Aleta de 30cm | ângulo = 45°



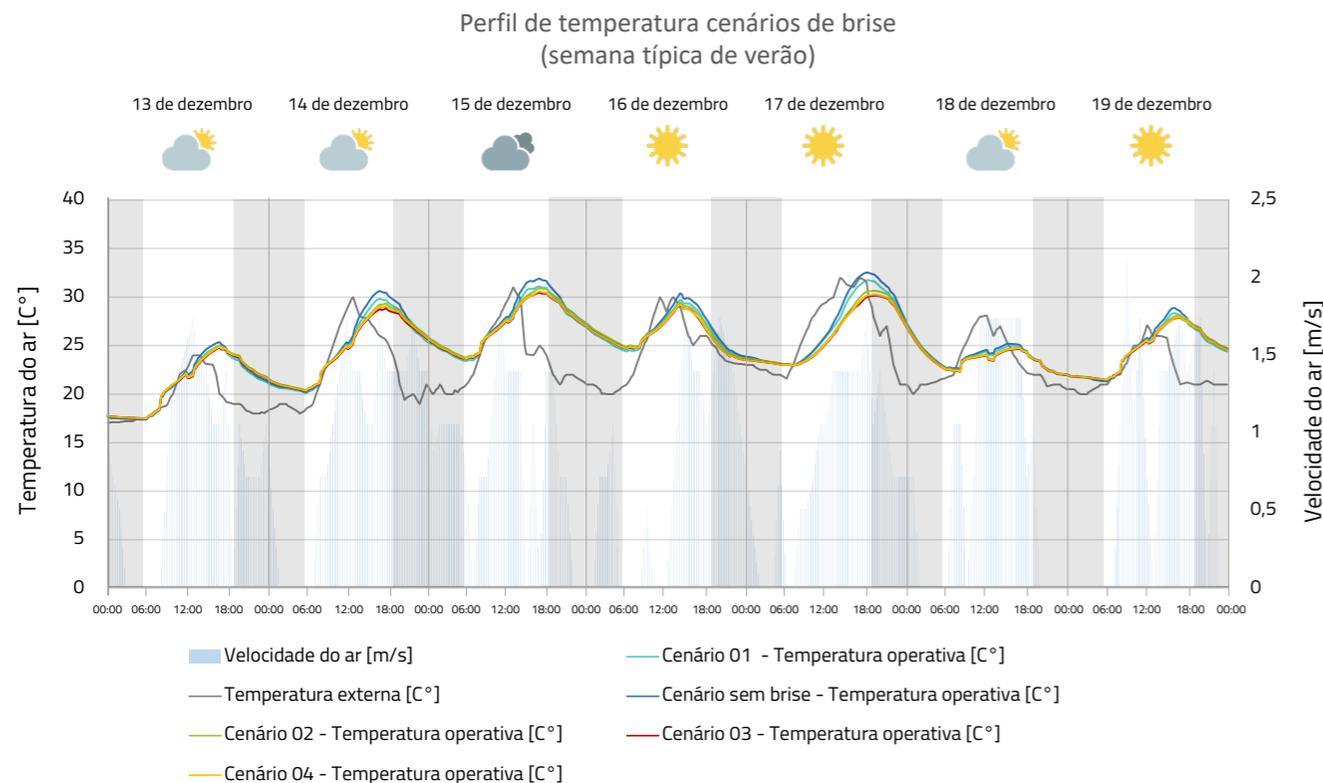
### Cenário 04

Brises horizontais + vertical

Aleta de 30cm | ângulo = 45°



A partir destas configurações de sombreamento, obtivemos o seguinte gráfico que nos mostra sua influência sobre o perfil de temperatura interna do ambiente em uma semana típica de verão. Como podemos observar, o Cenário 01 e o Cenário sem brise foram os que apresentaram uma maior variação da temperatura interna e maiores picos de temperatura. Além disso, é possível observar que nestes dois cenários, o ganho de calor ocorre de maneira mais rápida, ou seja, os picos de temperatura possuem inclinação mais significativa do que nos demais cenários. Isso ocorre pois há um grande aumento nos ganhos de calor por radiação solar.

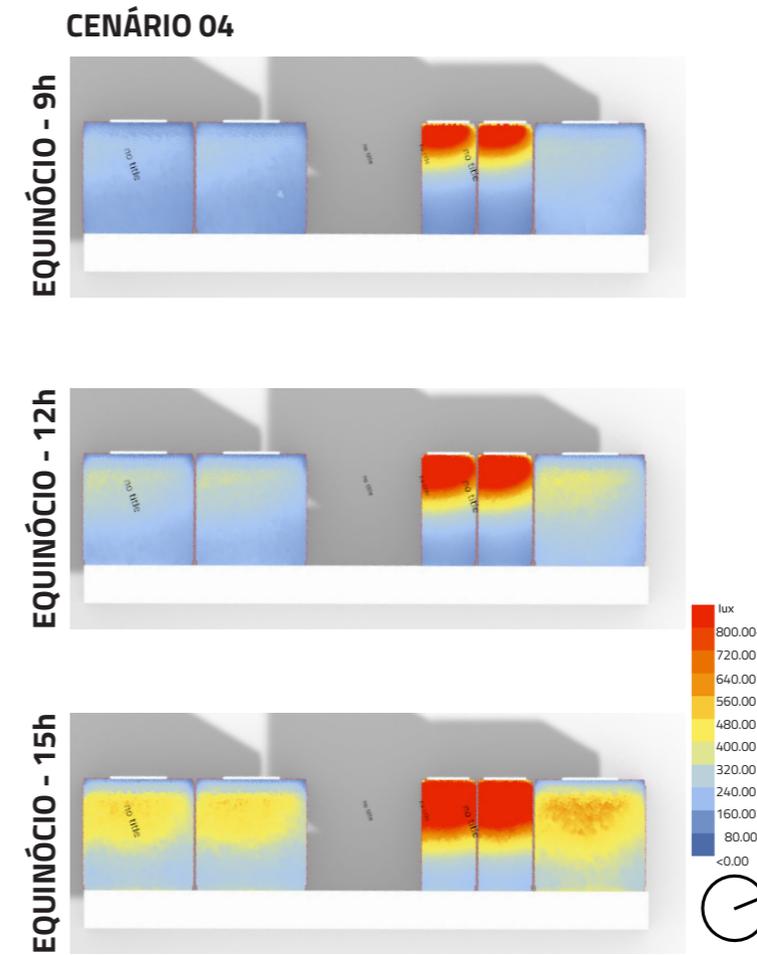
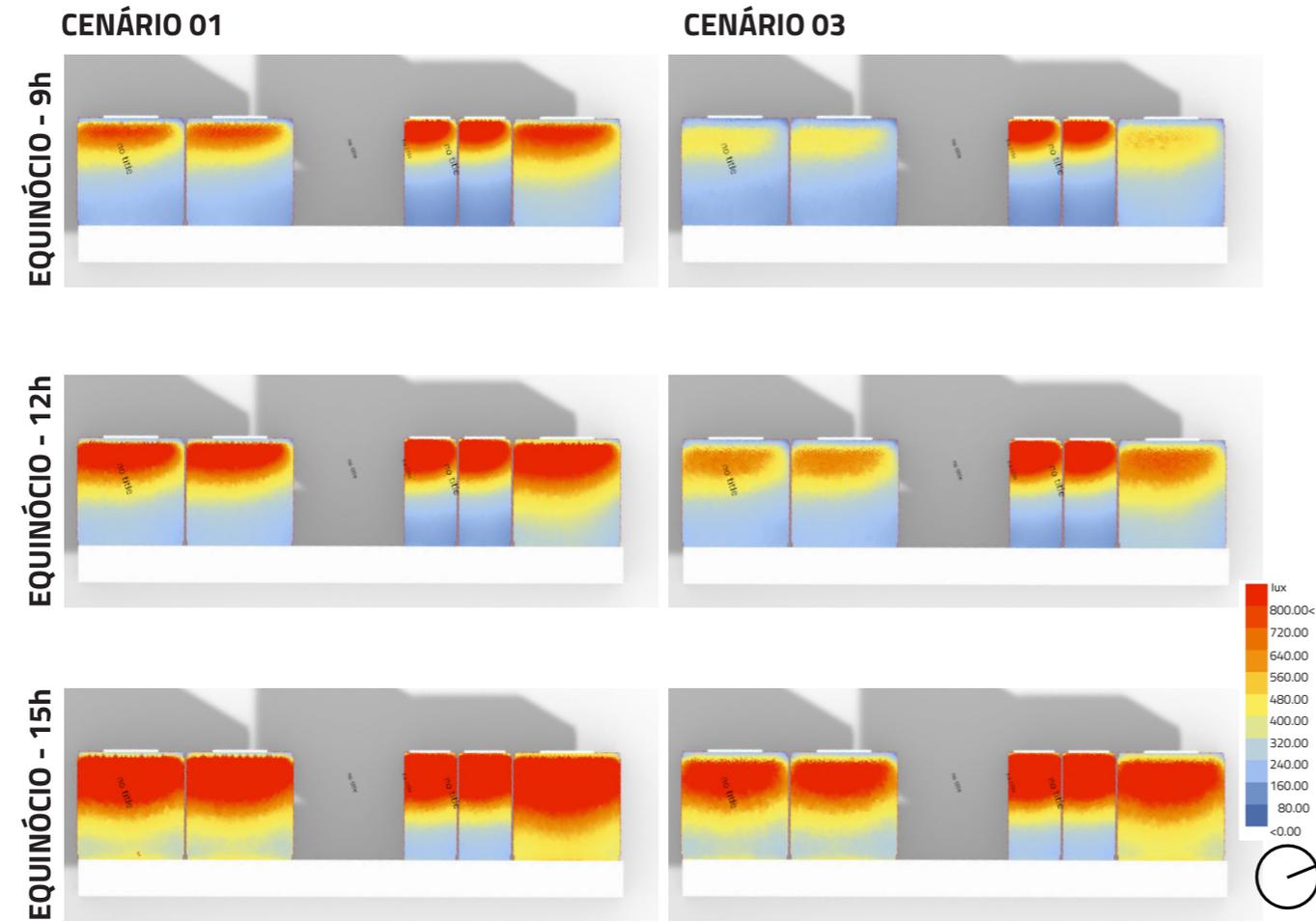


Os demais cenários, por sua vez, apresentam curvas de temperatura bastante próximas e bem menos acentuadas do que nos dois primeiros cenários. Apesar disso, as temperaturas nessas condições continuam elevadas, apresentando, em diversos casos, valores maiores do que a temperatura externa. Um dos possíveis motivos pelos quais temos esses resultados é a baixa massa térmica que foi considerada inicialmente para o estudo do ambiente.

Além dos estudos de desempenho térmico, para que possamos definir a configuração do sistema de sombreamento a ser adotado, foi fundamental avaliar a influência que cada uma dessas configurações de brise no nível de iluminação natural e na sua distribuição pelo ambiente estudado. Para tanto, foram simulados os cenários 01, 03 e 04 no solstício de verão, solstício de inverno e equinócio nos seguintes horários: 9h, 12h e 15h.

O que podemos observar a partir destes dois estudos é que, apesar de termos uma diferença pequena em termos de perfil de temperatura do ar interna entre os cenários 02, 03 e 04, quando observamos o impacto destas duas configurações nos níveis de iluminação interna, observamos que essa diferença fica bem mais representativa. Com a utilização dos brises verticais no cenário 04, em alguns períodos do dia nos quais temos ocupação por parte dos estudantes, os valores de luz natural são insuficientes, o que representaria a necessidade de utilização de iluminação artificial já nas primeiras horas do dia.

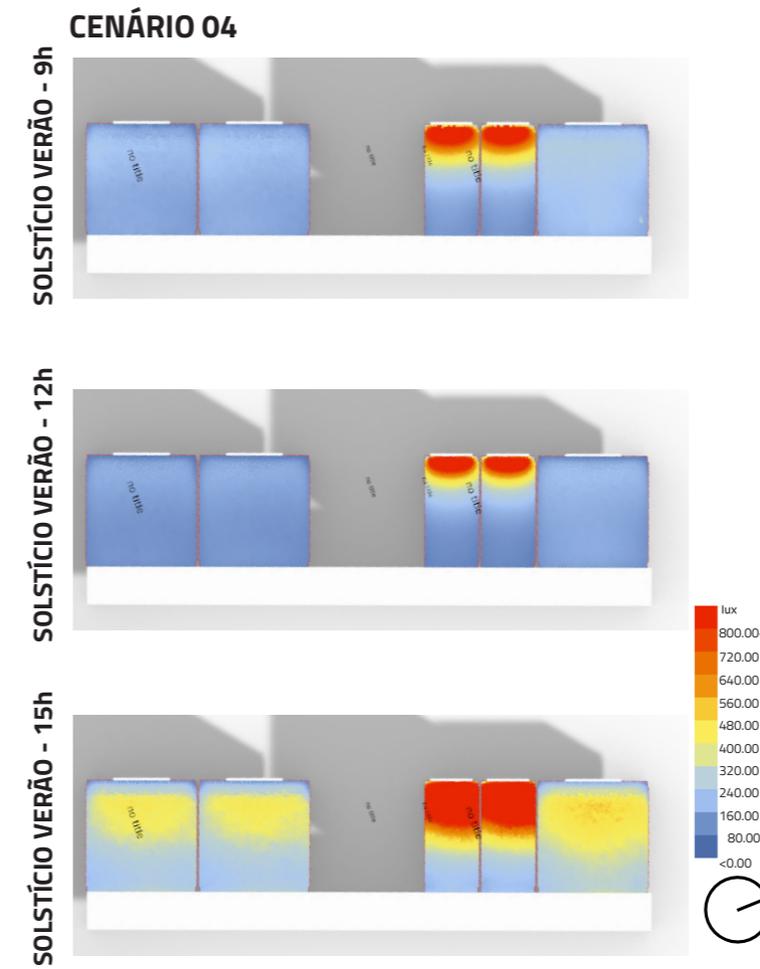
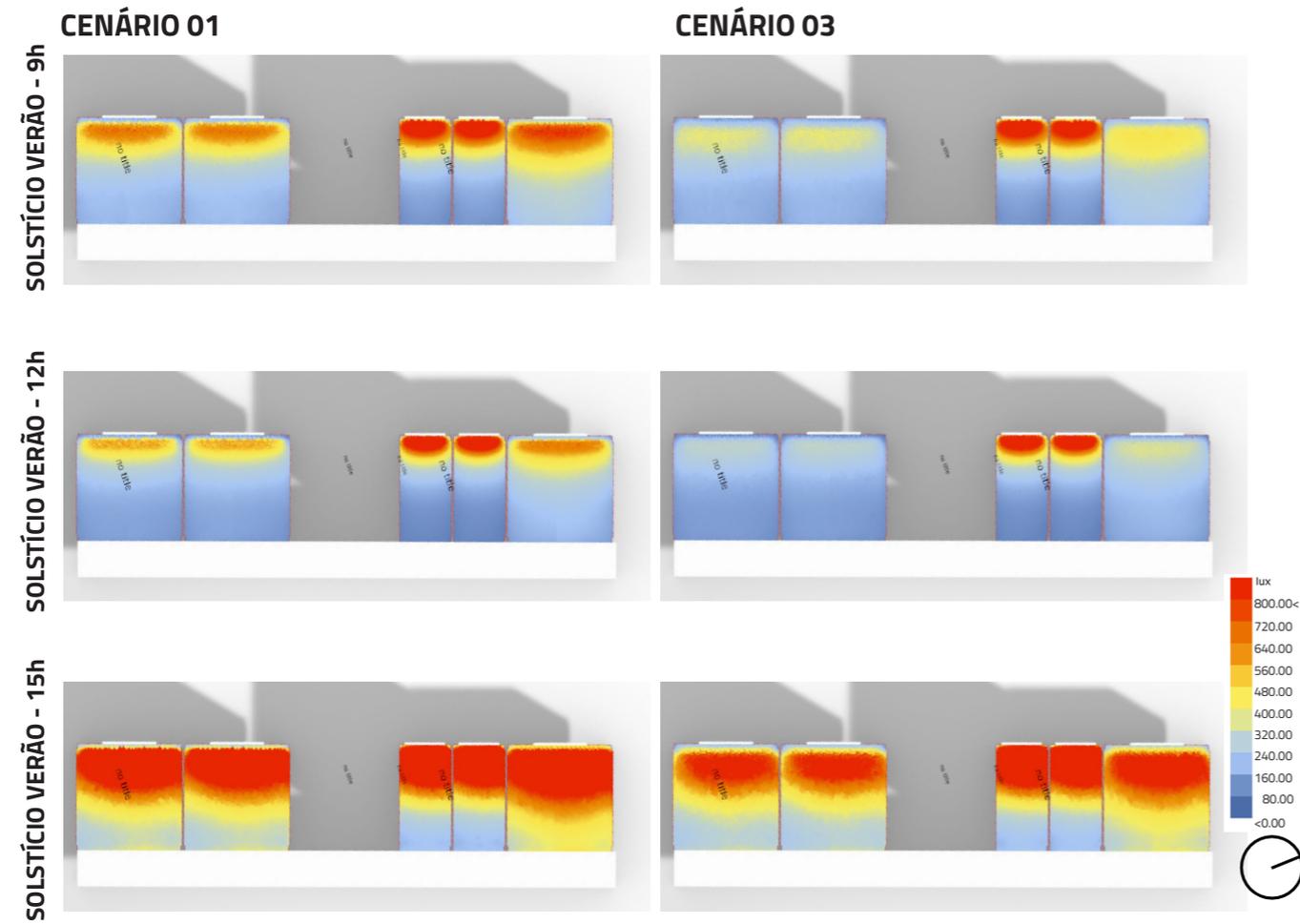
Tendo em vista estes pontos, o projeto irá utilizar, no Bloco 02, a configuração de sombreamento proposta pelo cenário 02.



[4.35]

[4.35] Simulações realizadas para compreensão do comportamento da luz natural no ambiente estudado no período de equinócio.

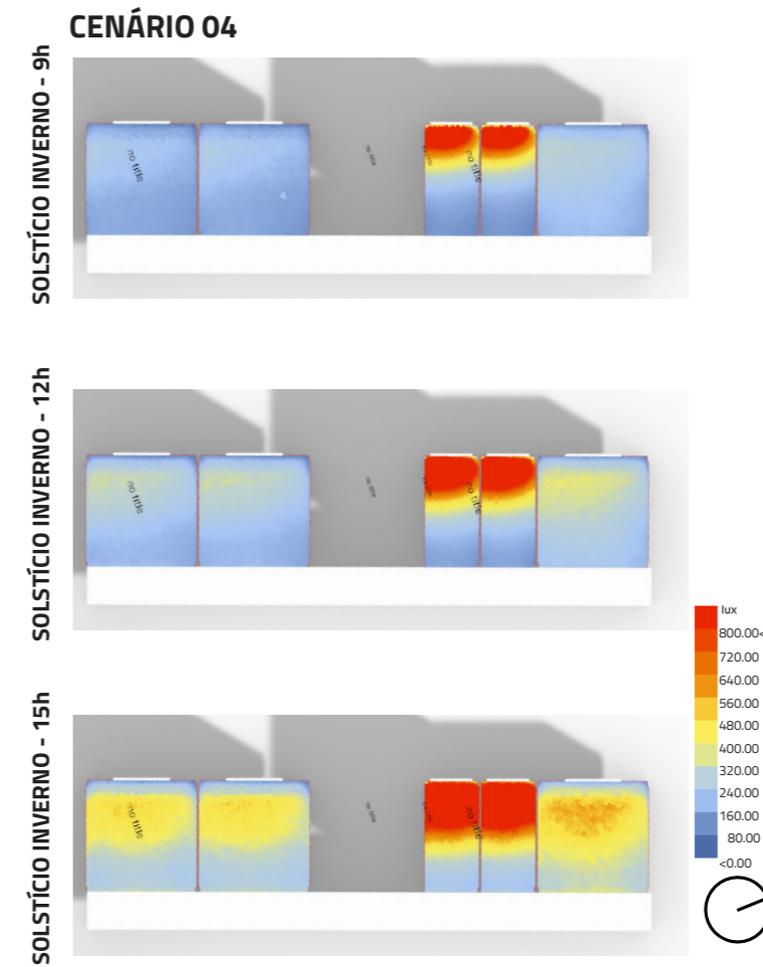
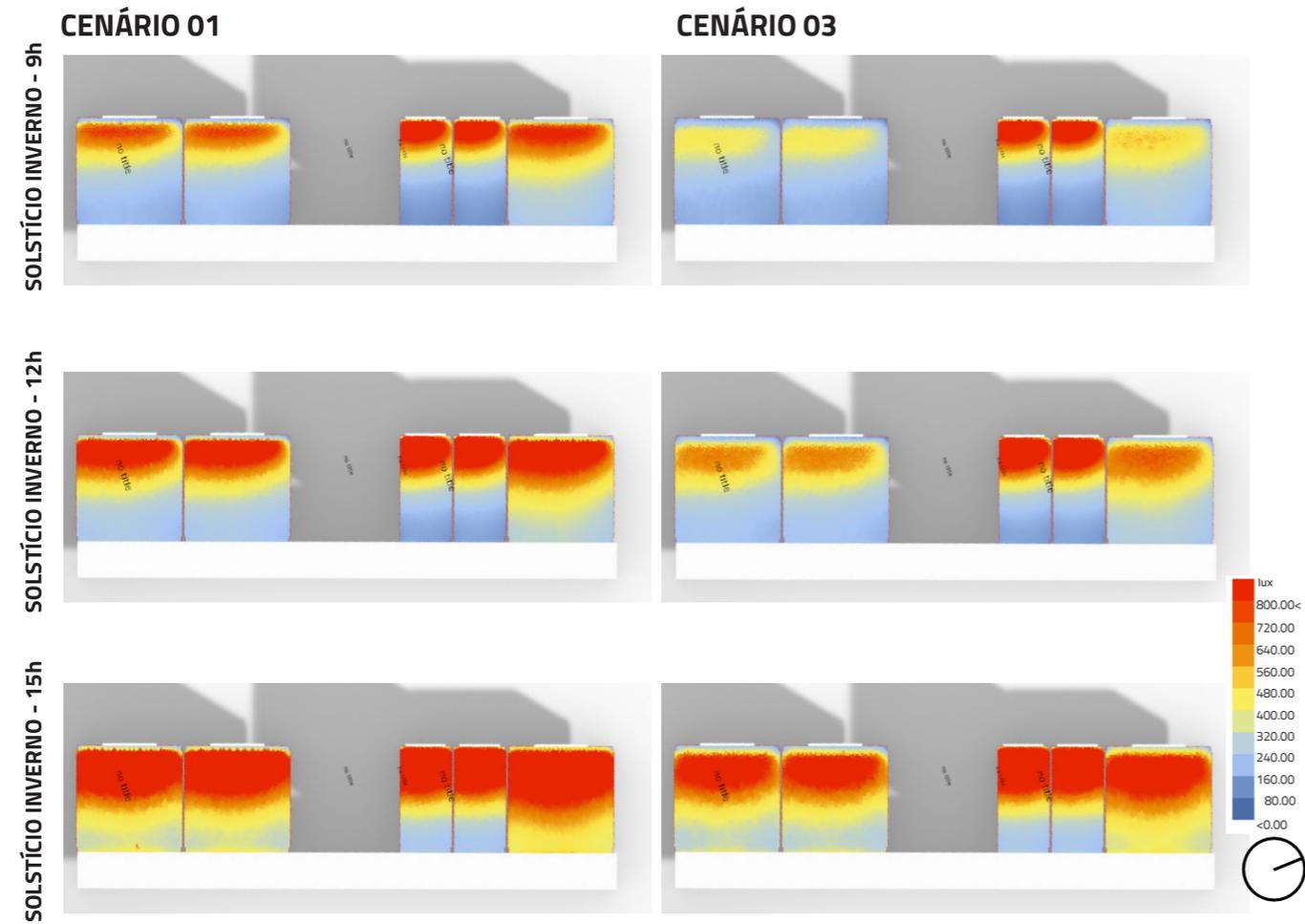
Fonte: Autor.



[4.36]

[4.36] Simulações realizadas para compreensão do comportamento da luz natural no ambiente estudado no período de solstício de verão.

Fonte: Autor.



[4.37]

[4.37] Simulações realizadas para compreensão do comportamento da luz natural no ambiente estudado no período de solstício de inverno.

Fonte: Autor.

## Materiais

A escolha dos materiais é fundamental para possamos garantir um projeto com qualidade. Nesse processo, devem ser levados em consideração parâmetros não apenas de conforto, como é o caso da inércia térmica, como também outros indicadores como a geração de resíduos em obra, e flexibilidade de layout.

Quando falamos em inércia térmica, estamos nos referindo à capacidade do sistema de armazenar e liberar calor. Uma edificação com muita massa térmica apresenta pouca variação de temperatura interna, enquanto edifícios com pouca massa apresentam temperaturas internas próximas à variação de temperatura externa, portanto, acompanhando também seus picos. Além disso, a inércia térmica retarda o aquecimento do ambiente, e também sua perda de calor. Nesse sentido, ela é muitas vezes utilizada para armazenar o calor recebido ao longo do dia, e aquecer o ambiente no final do dia, em horários de temperatura mais baixa. A essas propriedades da inércia térmica dá-se o nome de **Amortecimento Térmico e Atraso Térmico**.

Como observamos no item anterior, o perfil de temperatura obtido para os diferentes cenários de sombreamento apresentou picos de temperatura acentuados. Para garantir uma maior constância nessas temperaturas, podemos trabalhar com materiais de maior inércia térmica. Neste sentido, foram realizadas novas simulações comparando, para o Cenário 02, do item anterior, diferentes configurações de fachada e cobertura conforme esquemas:

### Configuração 01

[4.38]

Fachada: Monocapa (1cm) + Bloco de concreto 14cm + Gesso (0,5cm) **U = 2,57 W/m²K**

Cobertura: Laje maciça 10cm + Câmara de ar (5cm) + Telha de fibrocimento **U = 2,05 W/m²K**

### Configuração 02

Fachada: Monocapa (1cm) + Bloco de concreto 14cm + Gesso (0,5cm) **U = 2,57 W/m²K**

Cobertura: Laje maciça 15cm + Regularização (6cm) + Impermeabilização (1,5cm) + Poliestireno (2,5cm) + Proteção mecânica (3cm) **U = 0,89 W/m²K**

### Configuração 03

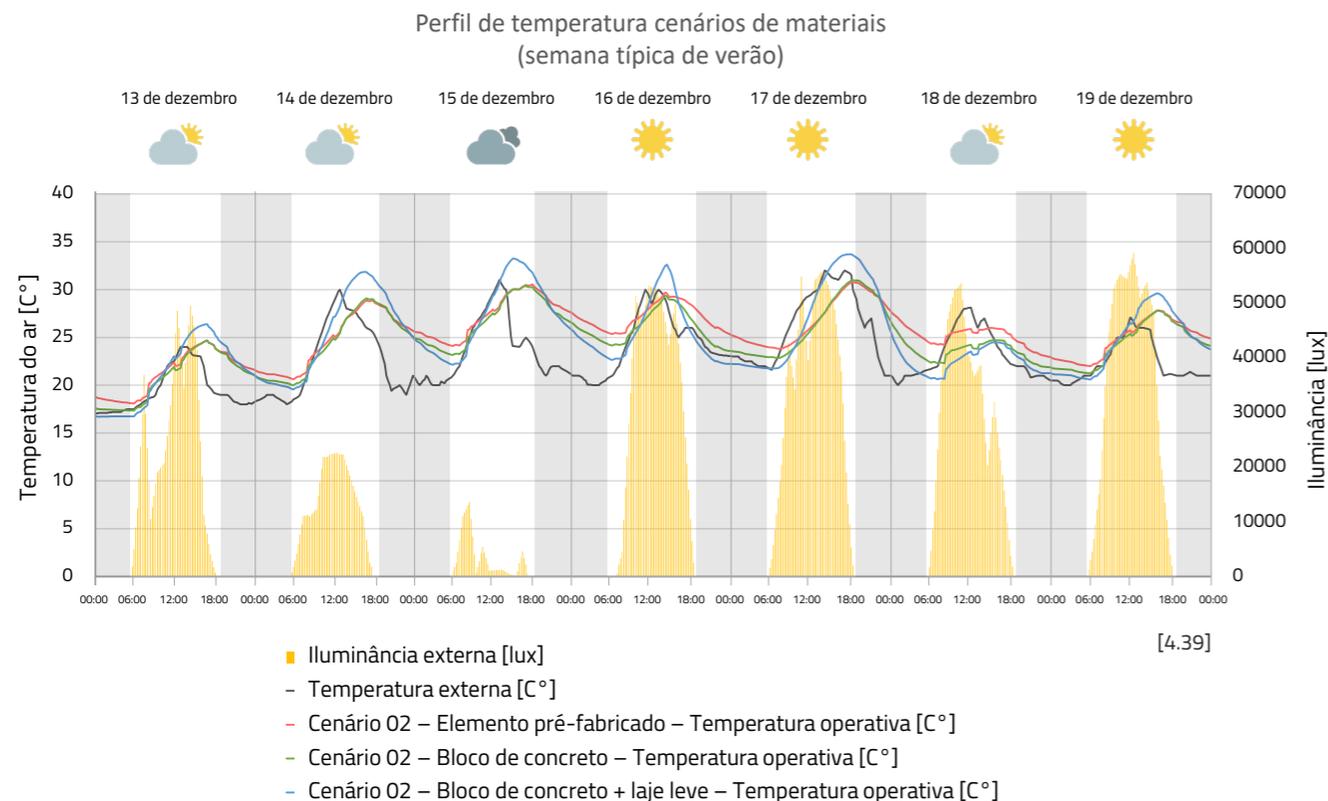
Fachada: Monocapa (1cm) + Capa cimentícia (2cm) + Lã de Rocha (7,5cm) + Placa cimentícia (2cm) + Gesso (0,5cm) **U = 0,57 W/m²K**

Cobertura: Laje maciça 15cm + Regularização (6cm) + Impermeabilização (1,5cm) + Poliestireno (2,5cm) + Proteção mecânica (3cm) **U = 0,89 W/m²K**

Outras configurações pode estudadas, como por exemplo, o uso de concreto celular, no entanto, foram despresadas devida às limitações de projeto associadas aos edifícios de ensino público, como por exemplo, a questão orçamentária.

[4.38] As propriedades físicas dos materiais utilizadas para cálculo de transmitância foram obtidos a partir da NBR 15220.

Fonte: Autor.



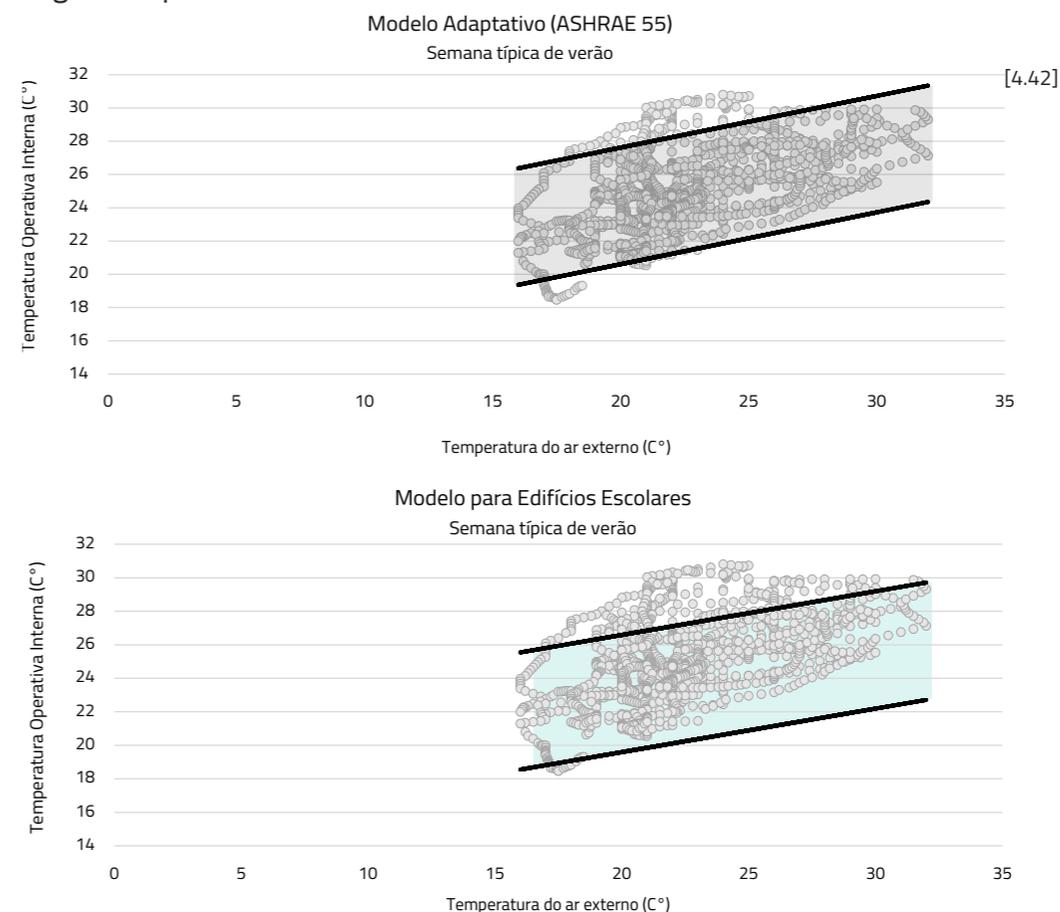
É possível observar no gráfico o papel da inércia térmica no edifício. Nas configurações em temos menores valores de transmitância térmica (U) e maior inércia, é possível observar um “achatamento” nas curvas de temperatura e uma demora maior para o edifício ganhar e perder calor.

Neste contexto, para a configuração na qual temos o uso do elemento de vedação pré-fabricado (placa cimentícia + lâ-de-rocha), possuímos perfis de temperatura bastante desejáveis. Quando inserimos essas tempera-

[4.39] Gráficos para análise do perfil de temperatura do ar interna em semana típica de verão para diferentes configurações de fachada e cobertura.

Fonte: Autor.

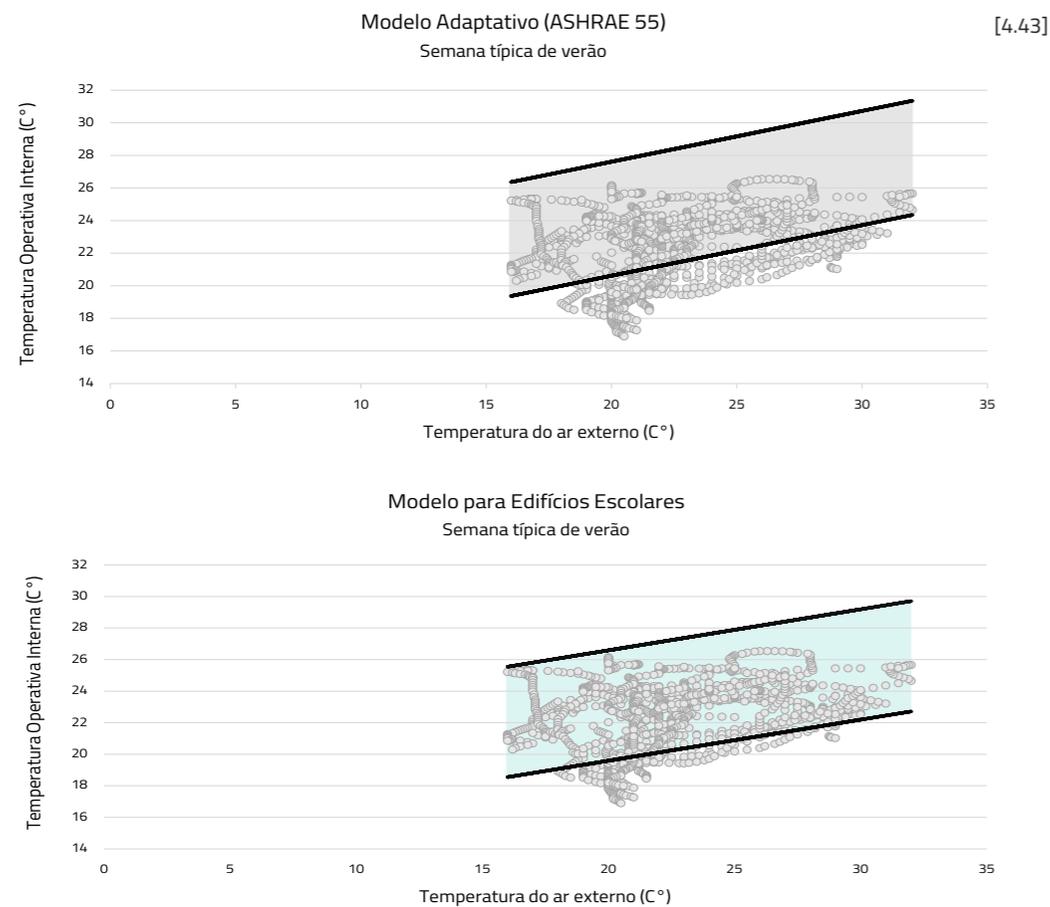
turas nos gráficos de conforto desenvolvidos também pelo Modelo Adaptativo [4.40] e pelo Modelo desenvolvido para edifícios escolares [4.41], podemos observar que uma quantidade majoritária nos pontos está inserido dentro das faixas de temperatura. Quando trabalhamos com o Modelo Adaptativo, temos 92% das temperaturas dentro destas faixas. No entanto, quando consideramos o modelo para edifícios escolares, esta porcentagem cai para 80%.



[4.40] ASHRAE 55-2013.  
[4.41] Teli (2007).  
[4.42] Gráficos para análise do nível de conforto dos ambientes de sala de aula, em uma semana típica de verão, com base no Modelo Adaptativo e no Modelo desenvolvido por Teli (2017).

Fonte: Autor.

Se compararmos esses valores com os obtidos no estudo de caso, podemos observar que na Escola Estadual Professor Mário M Dantas de Aquino foram observadas temperaturas mais baixas devido ao sombreamento excessivo e, portanto, é possível observar no gráfico que grande parte das temperaturas fora das faixas previstas pelos dois modelos estão em sua parte inferior. Deste modo, na análise a partir do Modelo Adaptativo, temos uma porcentagem de temperaturas dentro da faixa de conforto de 70% e um aumento deste valor quando trabalhamos com o Modelo desenvolvido por Teli (2007).



[4.43] Gráficos para análise do nível de conforto dos ambientes de sala de aula na E.E Professor Mário M Dantas de Aquino, em uma semana típica de verão, com base no Modelo Adaptativo e no Modelo desenvolvido por Teli (2007).

Fonte: Autor.

Além de favorecer a questão do desempenho térmico, esses elementos, por serem de fabricação industrial, garantem uma maior rapidez de execução da obra e uma menor geração de resíduos. Portanto, apesar de apresentarem um custo direto mais elevado do que o sistema em bloco de concreto, representa ganhos financeiros significativos na etapa de obra e na ocupação do edifício, por reduzir a necessidade de uso de energia.

Ao mesmo tempo, o sistema pré-fabricado leve de vedação é de grande ajuda no atual contexto no qual os edifícios de estudo público no Estado de São Paulo estão inseridos. Temos atualmente uma grande demanda por investimentos na manutenção e na adaptação de edifícios existentes e a utilização destes sistemas torna esses processos mais fáceis, rápidos e com menor custo.

## CONCLUSÃO

A pesquisa buscou compreender a importância e o papel do desempenho dos edifícios de ensino público nos processos de ensino-aprendizagem, enquanto um dos principais pilares da nossa sociedade. Esse estudo foi realizado a partir da utilização de metodologias de projeto aplicadas ao exercício projetual, de modo a garantir o desenvolvimento de análises preliminares que norteiam o anteprojeto de uma escola com desempenho ambiental e qualidade de seus espaços.

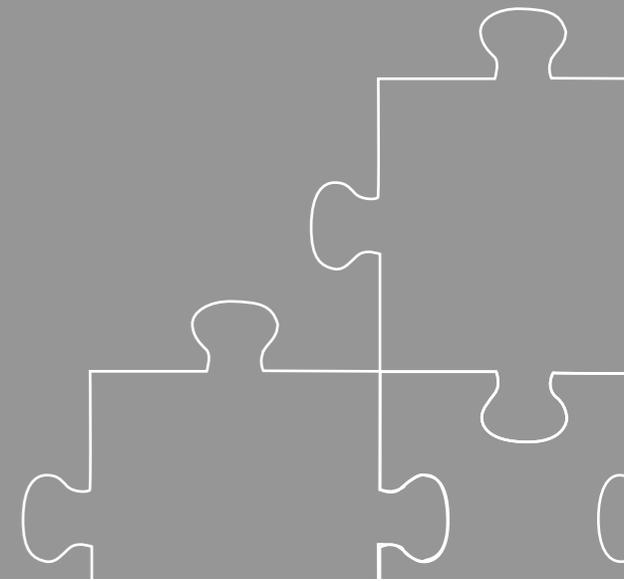
Ao final de todo o processo, e a partir das experiências adquiridas, foi possível concluir a importância de se trabalhar com decisões de projeto ainda nas etapas de concepção. A antecipação das tomadas de decisão, a partir de um embasamento técnico, é fundamental para garantir a qualidade do projeto e a racionalização de sua execução e é possível e viabilizada pelo uso de ferramentas que nos permite aliar as questões ambientais ao projeto do edifício.

Para os edifícios escolares, foco deste trabalho, os desafios encarados por essa tipologia específica de edificação foram enfrentados a partir de um fluxo de trabalho dinâmico no qual a alimentação constante de dados possibilitou o estudo de uma grande quantidade de possíveis soluções de projeto.

É importante enfatizar, no entanto, que para que a aplicação destas metodologias de trabalho possa ser realizada, é preciso que haja uma mudança de mentalidade do mercado da construção civil como um todo. A FDE tem trabalhado neste sentido, no entanto, este é um processo que leva tempo e que precisa ser aos poucos inserido nas dinâmicas de mercado.

## REFERÊNCIAS

---



## BIBLIOGRAFIA

AKUTSU, Maria; SATO, Neide; PEDROSO, Nelson. Desempenho térmico de edificações habitacionais e escolares: manual de procedimentos para avaliação. (1987)

ASHRAE 55-2013: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. ASHRAE (2013).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023. (2002)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575. (2013)

BERTOLOTI, Dimas. Iluminação natural em projetos de escolas: uma proposta de metodologia para melhorar a qualidade da iluminação e conservar energia. (2007)

BUFFA, Ester; PINTO, Gelson de Almeida. Arquitetura e Educação: organização do espaço e propostas pedagógicas dos grupos escolares paulistas (1893-1917). (2002)

CHANDLER, T. J. Urban Climatology and its Relevance to Urban Design. (1976)

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos (2003)

CORRÊA, Maria; NEVES, Heila; MELLO, Mirela. Arquitetura escolar paulista: 1890-1920. (1991)

FANGER, P.O. Thermal Comfort. Analysis and Applications. In Environmental Engineering. (1972)

FERREIRA, Avany; MELLO, Mirela. Arquitetura Escolar Paulista: anos 1950 a

1960. São Paulo: FDE. (2006)

FERREIRA, Avany; MELLO, Mirela. Arquitetura Escolar Paulista: estruturas pré-fabricadas. São Paulo: FDE. (2006)

FROTA, Anésia Barros. Manual do conforto térmico 5 ed. (2001)

GIFFORD, Robert. Environmental Psychology: Principles and Practice. (1997)

GIVONI, Baruch. Passive and Low Energy Cooling of Buildings. (1994)

GONÇALVES, Joana C. S.; BODE, Klaus. Edifício ambiental. (2016)

GONÇALVES, Joana Carla Soares; UMAKOSHI, Érica Mitie: The Environmental Performance of Tall Buildings. (2010)

HESCHONG, Lisa. Daylighting and Human Performance. ASHRAE Journal. (2002)

HESCHONG MAHONE GROUP. Daylighting in schools: na investigation into the relationship between daylighting and human performance. (1995)

HUMPHREYS, Michael; ROAF, Susan; NICOL, Fergus. Adaptive Thermal Comfort: Principles and Practice Routledge, London. (2012)

HUMPHREYS, Michael. A study of the thermal comfort of primary school children in summer. Building and Environment. (1977)

JENTSCH, Mark F.; JAMES, Patrick A. B. Naturally ventilated classrooms: An assessment of existing comfort models for predicting the thermal sensation and preference of primary school children. Energy and Buildings. (2012)

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. Arquitetura Escolar: o projeto do ambiente de ensino (2011).

LabEEE. Catálogo de propriedades térmicas de paredes e cobertura (v.4). (2010)

MESQUITA, A.L.S. Engenharia de ventilação. São Paulo, Edgard Blucher (1977).

MUELLER, Cecília Mattos. Espaços de ensino-aprendizagem com qualidade ambiental: o processo metodológico para elaboração de um anteprojeto. (2007)

NOGUEIRA, Roselene. Arquitetura escolar estadual paulista: o desafio do Conforto Ambiental. (2011)

OLGYAY, Victor. Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism. (1963)

PAES, Rosângela. Materiais de Construção e Acabamento para Escolas Públicas na Cidade do Rio de Janeiro: Uma Reflexão sob Critérios de Sustentabilidade.

PINHO, Márcio. Reorganização atinge 311 mil alunos e 'disponibiliza' 94 escolas de SP. G1, São Paulo, 27 de outubro de 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2015/10/reorganizacao-escolar-em-sp-tem-94-escolas-que-serao-disponibilizadas.html>>. Acesso em: 10 de maio de 2020.

PINTO, T. P.; GONZÁLEZ, J. L. R. Manejo e gestão de resíduos da construção civil. (2005)

RIVERO, R. Arquitetura e Clima: condicionamento térmico natural. Porto Alegre: Ed. da Universidade. (1985)

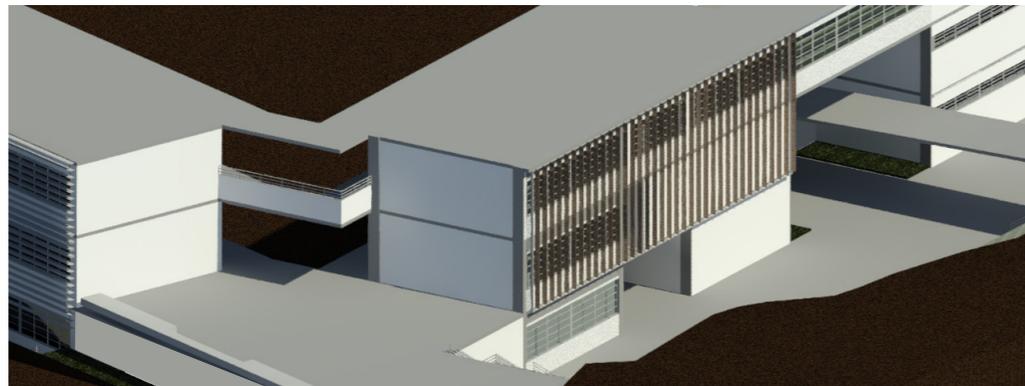
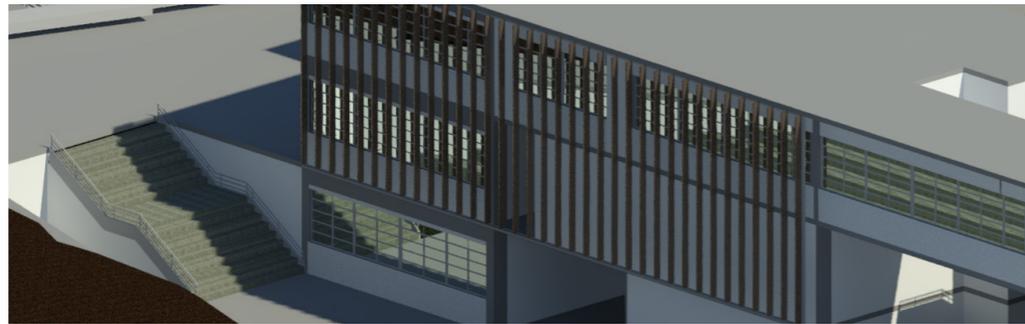
TEIXEIRA, André Miguel Barreiras. Impacto da Norma de Conforto Européia EN 15251 na certificação energética em edifícios de serviços (2009)

TELI, Despoin. Thermal Performance Evaluation of School Building using a Children-based Adaptive Comfort Model. (2017)

ANEXO

---

## ANEXO



## Implantação Proposta

