

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL**

**MICHELLE DAIANY DA CONCEIÇÃO TRAJANO**

**APLICABILIDADE, HABITABILIDADE E SUSTENTABILIDADE DA ALVENARIA  
COM BLOCO DE CONCRETO APARENTE EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO**

**SÃO CARLOS**

**2016**

**MICHELLE DAIANY DA CONCEIÇÃO TRAJANO**

**APLICABILIDADE, HABITABILIDADE E SUSTENTABILIDADE DA ALVENARIA  
COM BLOCO DE CONCRETO APARENTE EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Construção Civil.

Área de Concentração: Sistemas construtivos

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Aris Parsekian.

**SÃO CARLOS**

**2016**

Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da Biblioteca Comunitária UFSCar  
Processamento Técnico  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

T768a Trajano, Michelle Daiany da Conceição  
Aplicabilidade, habitabilidade e sustentabilidade  
da alvenaria com bloco de concreto aparente em  
instituições de ensino / Michelle Daiany da Conceição  
Trajano. -- São Carlos : UFSCar, 2016.  
141 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de  
São Carlos, 2016.

1. Instituições de ensino. 2. Blocos de concreto.  
3. Desempenho. 4. Avaliação pós-ocupação. I. Título.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil

---

**Folha de Aprovação**

---

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Michelle Daiany da Conceição Trajano, realizada em 16/08/2016:

---

Prof. Dr. Guilherme Aris Parsekian  
UFSCar

---

Prof. Dr. Douglas Barreto  
UFSCar

---

Profa. Dra. Kelen Almeida Dornelles  
USP

Dedico esta dissertação aos meus pais, Ademar e Luiza, ao meu marido Donizete, e aos meus irmãos e irmãs.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pois sem ele a caminhada é difícil.

Ao Prof. Dr. Guilherme Aris Parsekian, pelas orientações no decorrer deste trabalho e principalmente pelo fato de continuar orientando devido distancia de Estados.

A Universidade Federal de São Carlos, pela oportunidade.

Aos professores que contribuíram para o meu aprendizado e desenvolveram em mim a curiosidade da busca do conhecimento.

Ao meu marido, pela paciência, carinho e companheirismo.

Aos meus irmãos, pela imensa torcida em finalizar este trabalho.

A toda minha família, pelo apoio que sempre me deram, em especial, ao meu querido e amado pai.

A Carlos Alberto Tauil, um novo amigo, fonte de conhecimento e pessoa admirável.

Aos colegas de classe que conheci e tive a oportunidade de trocar experiências e informações.

A todos que eu não citei e que de alguma forma contribuíram para concretização desta dissertação.

“Eu gosto do impossível porque lá a concorrência é menor.” (Walt Disney)

## RESUMO

A alvenaria de blocos de concreto aparente é considerada uma alternativa vantajosa e de bom desempenho econômico, reduzindo os grandes volumes de resíduos, assim como o uso de outros materiais (aço, madeira e revestimentos). Esse sistema é largamente empregado em construções de casas, edifícios comerciais e residenciais, no entanto, seu uso em edifícios com fins educacionais é menos encontrado. O objetivo do presente estudo foi analisar a alvenaria com blocos de concreto do ponto de vista do usuário, no sentido de verificar os processos de aplicabilidade, sustentabilidade e habitabilidade do edifício construído com racionalização das etapas construtivas do ambiente educacional. O caso estudado, Escola Estadual Jardim Marisa, em Campinas (SP), teve seu processo de verificação de desempenho analisado *in loco*, com coleta de dados realizadas através de questionários com usuários, professores, funcionários e alunos, assim como a verificação da sensibilidade desses usuários em relação ao conforto no uso da edificação nos períodos matutino e vespertino, das 08:00 às 12:00 e 14:00 às 17:30 horas. Além da pesquisa de campo, foram utilizadas pesquisas bibliográficas, entrevistas técnicas e registros fotográficos, todos pautados em aspectos éticos segundo determinação de legislação em vigor. Após a investigação desse processo, por meio de pesquisa de campo e revisão bibliográfica, foi possível concluir pela boa aplicabilidade, habitabilidade e sustentabilidade da alvenaria com bloco de concreto aparente na instituição de ensino em estudo. A conclusão do trabalho indica fatores ligados ao projeto de alvenaria com blocos de concreto aparente e da edificação como um todo, que levam ao sucesso no desempenho verificado no estudo de caso.

**Palavras-chave:** Instituições de ensino. Blocos de concreto. Desempenho. Avaliação pós-ocupação.

## ***ABSTRACT***

Masonry is considered an advantageous and good economic performance alternative, reducing the large volumes of waste and the use of other materials (steel, wood and coatings). This system is widely used in building houses, commercial and residential buildings, however, its use in buildings for educational purposes is less common. The aim of this study was to analyze the masonry with concrete blocks from the user point of view, in order to verify the applicability of processes, sustainability and livability of the building built with rationalization of the stages of the educational environment construction. The case study, State School Garden Marisa, in Campinas (SP), had its performance verification process analyzed in situ, with data collection conducted through questionnaires with users, teachers, staff and students, as well as verification of the sensitivity of users regarding comfort in the use of the building in the morning and afternoon, from 08:00 to 12:00 and 14:00 to 17:30. In addition to field research, we used bibliographical research, interviewing techniques and photographic records, all guided by ethical aspects as determined in legislation. After the investigation of this process through field research and literature review, it was concluded by the good applicability, livability and sustainability of masonry with exposed concrete block in the educational institution under study. The completion of the work indicates factors related to masonry design with exposed concrete blocks and building as a whole, leading to success in performance verified in the case study.

***Keywords:*** *Education institutions. Concrete blocks. Performance. Post-occupancy evaluation.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema da transferência de calor em uma parede submetida a incêndio .....	34
Figura 2 – Alvenaria aparente e revestida .....	37
Figura 3 – Paredes de blocos de concreto.....	39
Figura 4 – Desempenho acústico em alvenaria aparente .....	42
Figura 5 – Fluxos de entrada e saída na produção de blocos de concreto .....	50
Figura 6 – Blocos arquitetônicos decorativos.....	52
Figura 7 – Catálogo de blocos .....	53
Figura 8 – Teste laboratorial de permeabilidade e estanqueidade em paredes com blocos de concreto.....	55
Figura 9 – Exemplo de alvenaria com blocos de concreto .....	58
Figura 10 – Escola americana em alvenaria com blocos de concreto aparente no Texas .....	61
Figura 11 – Projeto EPGS Marília Rezende Scarton Coutinho, Linhares, ES .....	66
Figura 12 – Creche Taperá, em Americana/SP .....	67
Figura 13 – Elementos complementares .....	72
Figura 14 – Fachada e interior da Igreja Cristo Obrero em Atlántida, Uruguai .....	74
Figura 15 – Acabamento de juntas de dilatação .....	76
Figura 16 – Juntas de controle .....	77
Figura 17 – Fissuras sob a laje de cobertura .....	79
Figura 18 – Detalhe de execução de proteção térmica sobre a laje de cobertura .....	80
Figura 19 – Zoneamento bioclimático dos municípios brasileiros .....	86
Figura 20 – Localização da E. E. Jardim Marisa em Campinas/SP .....	89
Figura 21 – Precariedade de infraestrutura urbana do entorno da instituição de ensino .....	91
Figura 22 – Sala de aula: vista das fachadas Norte e Sul .....	92
Figura 23 – Blocos de concreto utilizados nas paredes externas e internas do edifício .....	93
Figura 24 – Corredor principal com incidência de iluminação .....	94
Figura 25 – Painéis de Gesso utilizados na edificação para reduzir ruídos com avarias.....	95
Figura 26 – Forro acústico depredado .....	95
Figura 27 – Instrutemp ITTI 380 Sensor, utilizado para as medições .....	96
Figura 28 – Corredores para exposição de trabalhos e interatividade social.....	97
Figura 29 – Estudo das cores aplicadas nos corredores.....	97
Figura 30 – Entrada principal da E. E. Jardim Marisa.....	98
Figura 31 – Iluminação natural.....	99

Figura 32 – Croquis representativos do 1º e 2º pavimento da E. E. Jardim Marisa .....	100
Figura 33 – Etapa construtiva racionalizada.....	100

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Função do respondente .....	103
Gráfico 2 – Localização da escola: Qual das seguintes respostas melhor descreve a comunidade em que a sua escola está inserida? .....	104
Gráfico 3 – Como você classifica o prédio da sua escola construída com blocos de concreto aparente em relação ao posicionamento das janelas? .....	105
Gráfico 4 – Como você classifica o prédio da sua escola construída com blocos de concreto aparente em relação à ventilação natural pelas aberturas das janelas? .....	106
Gráfico 5 – Como você classifica o prédio da sua escola em relação à iluminação natural? ..	107
Gráfico 6 – Como você classifica o prédio da sua escola construída com blocos de concreto aparente em relação à iluminação artificial? .....	108
Gráfico 7 – Ruídos externos e internos: os pisos, paredes e forro são adequados para reduzir os ruídos internos e externos que são propagados para dentro da escola? .....	109
Gráfico 8 – Como você classifica a arquitetura escolar da instituição que você estuda levando em consideração o em torno onde ela se encontra? .....	110
Gráfico 9 – Como você classifica o tamanho das salas de aula em relação ao número de alunos? .....	111
Gráfico 10 – Como você classifica sua escola em relação à adequação das cores? .....	111
Gráfico 11 – As áreas de silêncio (biblioteca, sala de leitura, laboratório de informática dentre outros) possuem que nível de satisfação quanto aos ruídos sonoros? .....	112
Gráfico 12 – Qual o nível de ruídos internos do prédio? .....	113
Gráfico 13 – Os ruídos (se existentes) provocados pelas atividades desportivas ou musicais interferem no desenvolvimento de atividades em sala de aula? .....	113
Gráfico 14 – Você acha sua escola bonita com esses blocos de concreto aparente coloridos? .....	114
Gráfico 15 – A escola é bem ventilada? .....	115
Gráfico 16 – A escola é quente? .....	115
Gráfico 17 – O sol atrapalha você na sala de aula? .....	116
Gráfico 18 – Você ouve barulho que vem do lado de fora da escola? .....	117
Gráfico 19 – O ruído do avião incomoda você na hora de estudar? .....	118

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Requisitos e critérios para desempenho do estabelecimento de ensino .....	29
Quadro 2 – Alvenaria com blocos de concreto e sua racionalização .....	48
Quadro 3 – Critério para considerar uma parede estanque .....	55
Quadro 4 – Opções para juntas deslizantes sob laje de cobertura .....	79
Quadro 5 – Descrição dos itens observados na visita da E. E. Jardim Marisa .....	84
Quadro 6 – Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 3 .....	87
Quadro 7 – Trocas térmicas, absorvância à radiação solar conforme cor e características externas de coberturas, paredes, ventilação e sombreamento para a Zona Bioclimática 3 .....	87
Quadro 8 – Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 3 .....	88

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação de blocos .....	30
Tabela 2 – Famílias modulares e dimensões nominais dos blocos de concreto .....	31
Tabela 3 – Resistência característica à compressão, absorção de água e retração por secagem.....	32
Tabela 4 – Espessura mínima das paredes dos blocos.....	32
Tabela 5 – Características de resistência térmica de paredes de blocos vazados .....	59
Tabela 6 – Abordagem para junta de controle .....	78
Tabela 7 – Dados climáticos da cidade de Campinas/SP .....	85

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
BlocoBrasil	Associação Brasileira da Indústria de Blocos de Concreto
CABE	<i>Commission for Architecture and the Built Environment</i>
CHPS	<i>Collaborative for High Performance Schools</i>
CNS	Conselho Nacional de Saúde
E. E.	Escola Estadual
FDE	Fundação para o Desenvolvimento da Educação
FNDE	Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LabEEE	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
MPa	Megapascal
MS	Ministério da Saúde
NBR	Normas Brasileiras
NR	Normas Regulamentadoras
PMR	Pessoas com mobilidade reduzidas
SIAA	Shundi Iwamizu Arquitetos Associados
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TRRF	Tempo requerido de resistência ao fogo

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	17
1.1	OBJETIVOS .....	19
1.1.1	Objetivo geral.....	19
1.1.2	Objetivos específicos .....	19
1.2	Descrição dos capítulos.....	19
2	CRITÉRIOS DE DESEMPENHO DO ESTABELECIMENTO DE ENSINO E ALVENARIA EM BLOCOS DE CONCRETO.....	21
2.1	Instituições de ensino no Brasil: requisitos de desempenho .....	27
2.2	Requisitos e critérios para desempenho dos estabelecimentos de ensino: segurança ...	29
2.2.1	Requisitos e critérios de segurança estrutural .....	30
2.2.2	Requisitos e critérios de segurança contra incêndio .....	33
2.2.3	Requisitos e critérios de segurança no uso e na operação .....	35
2.3	Requisitos e critérios para desempenho do estabelecimento de ensino: habitabilidade .....	35
2.3.1	Requisitos e critérios de estanqueidade .....	36
2.3.2	Requisitos e critérios de desempenho térmico .....	38
2.3.3	Requisitos e critérios de desempenho acústico .....	40
2.3.4	Requisitos e critérios de desempenho lumínico .....	43
2.3.5	Requisitos e critérios de desempenho de saúde, higiene e qualidade do ar do edifício .....	44
2.3.6	Requisitos e critérios de desempenho de funcionalidade da acessibilidade .....	45
2.3.7	Requisitos e critérios de desempenho de conforto tátil e antropodinâmico .....	46
2.4	Requisitos e critérios para desempenho do estabelecimento de ensino: sustentabilidade .....	47
2.4.1	Requisitos e critérios de desempenho de durabilidade/manutenibilidade .....	48
2.4.2	Requisitos e critérios de desempenho ambiental .....	49
2.5	Componentes e elementos para construção em alvenaria com bloco de concreto aparente e seu desempenho .....	51
2.5.1	Tipos de blocos e classificação .....	51
2.5.2	Características dos materiais e componentes: desempenho do bloco de concreto .....	53
2.5.3	Requisitos indicadores de especificações dos blocos estruturais .....	54
2.6	Construções em alvenaria aparente.....	56

2.6.1	Aplicações de alvenaria com blocos de concreto aparente internacional .....	59
2.6.2	Aplicação de alvenaria com bloco de concreto aparente em instituições de ensino no Brasil .....	63
2.7	Construção de escolas em alvenaria com bloco de concreto aparente .....	68
2.7.1	Elementos de composição da alvenaria com bloco de concreto .....	69
2.7.2	Projeto de alvenaria com bloco de concreto aparente .....	70
2.7.3	Coordenadas modulares horizontais e verticais da alvenaria com blocos de concreto .....	71
2.7.4	Forma do edifício escolar: estudo do partido .....	72
2.7.4.1	Juntas de dilatação para alvenaria aparente .....	75
2.7.4.2	Controle de qualidade e execução das juntas .....	77
2.7.4.3	Juntas horizontais .....	78
3	METODOLOGIA .....	81
3.1	Aspectos éticos .....	81
3.2	Entrevistas técnicas .....	81
3.3	Aplicações dos questionários .....	82
3.3.1	Questionários aplicados ao diretor, professores, funcionários e alunos do Ensino Fundamental II (5º ao 9º ano) e Ensino Médio .....	82
3.3.2	Levantamentos da primeira etapa .....	83
3.4	Levantamentos da segunda etapa (verificar a numeração correta) .....	83
3.4.1	Fotografias .....	83
3.5	Principais itens observados .....	84
4	OBJETO DE ESTUDO DA ALVENARIA APARENTE APLICADO NA ESCOLA ESTADUAL JARDIM MARISA EM CAMPINAS/SP .....	85
4.1	Caracterização climática de Campinas .....	85
4.2	Objeto de estudo .....	88
5	ANÁLISE DO PROJETO DO ESTUDO DE CASO DA ALVENARIA APARENTE APLICADO NA ESCOLA ESTADUAL JARDIM MARISA EM CAMPINAS/SP .....	91
5.1	Escola Estadual Jardim Marisa e seu entorno .....	91
5.1.1	Salas de aula .....	92
5.1.2	Áreas de circulação e espaço de exposição de trabalhos de alunos .....	96
5.1.3	Entrada principal .....	98
5.1.4	Ventilação natural .....	99

5.1.5	Sustentabilidade na Escola Estadual Jardim Marisa .....	99
6	AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO/ RESULTADOS DOS QUESTIONÁRIOS .....	102
6.1	Questionário aplicado aos professores, funcionários e alunos do Ensino Médio .....	102
6.2	Questionário aplicado com alunos de Ensino Fundamental II (5º ao 9º ano) .....	114
7	CONCLUSÕES .....	119
7.1	Sugestões de trabalhos futuros .....	120
	REFERÊNCIAS .....	121
	APÊNDICES .....	129

## 1 INTRODUÇÃO

O ensino aprendizagem é tido como uma forma de relação social que transforma seres humanos, ainda em formação, em cidadãos aptos a desenvolver conhecimentos com fundamento e base para a sociedade. A arquitetura escolar, nos últimos anos, tem apresentado transformações expressivas em sua composição estrutural e na aplicação de parâmetros técnicos e qualitativos, fundamentais para aplicação nos espaços escolares em consonância com os métodos educacionais.

As teorias pedagógicas, o partido arquitetônico e a alvenaria com blocos de concreto aparente são importantes instrumentos de análise de parâmetros centrais, de projetos escolares apoiados em aspectos perceptíveis de conforto ambiental, equipamentos, habitabilidade e sistemas construtivos práticos. A aplicabilidade, a habitabilidade e a sustentabilidade da alvenaria com blocos de concreto aparente em instituições de ensino partilham da visão da qualidade do desempenho do edifício escolar em contribuir com processos construtivos de redução de custos, competitividade, versatilidade, produtividade, assim como, suas relações com o lugar e o espaço urbano.

Com o presente estudo, busca-se analisar como a alvenaria com blocos de concreto aparente está sendo aplicada em edifícios educacionais, ou mesmo, porque não há uma aplicabilidade efetiva da mesma. Vale salientar que este sistema construtivo é muito utilizado na construção de moradias residenciais e prédios institucionais. O processo do emprego da alvenaria com blocos aparente é intenso nos Estados Unidos e Europa.

A alvenaria é um sistema construtivo racionalizado onde se elimina a estrutura convencional, reduzindo etapas da obra, tempo e custos, e impetrando níveis de precisão, execução e controle elevados.

O processo construtivo da alvenaria com blocos de concreto aparente em escolas deve compreender o comportamento do edifício escolar em conceber projetos com ferramentas e métodos de avaliação experimentais rígidos e eficientes que formalizam, de maneira positiva, novas concepções de avaliação do pensar em arquitetura escolar inserida no território.

A aplicação da alvenaria com blocos de concreto aparente em prédios educacionais partilha de particularidades de cada região. As variáveis relacionadas à implantação do projeto são os aspectos de topografia e o posicionamento da edificação com definição de fachadas, ambientes e ventilação cruzada.

Nesse sentido, percebe-se a necessidade de estabelecer um sistema construtivo que, de acordo com Sabbatini (1989, p. 51), trata-se de “um processo construtivo de elevados níveis

de industrialização e organização, e por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrados pelo processo”.

A necessidade de viabilizar construções racionais e com desempenho torna-se fundamental à medida que crescem os volumes de necessidades de instituições de ensino em promover qualidade em suas edificações.

A alvenaria com blocos de concreto aparente em instituições de ensino constitui um processo de aplicação de tecnologias construtivas racionalizadas, que garantem boa estabilidade e desempenho térmico a estrutura. O conceito de inércia térmica para a arquitetura escolar é relevante, pois, sua análise se relaciona ao uso e ocupação da edificação durante os períodos diurno e noturno, onde se percebe altos índices de temperatura interna do ambiente escolar no período onde há o maior funcionamento das escolas. Nesse sentido, é necessário ter cautela quanto ao uso da inércia térmica em espaços escolares, visto que, as condições internas dos ambientes escolares começam a melhorar a partir do menor uso da edificação, logo se compreende que o horário de maior uso da edificação escolar condiciona ao pior desempenho térmico, pois a edificação está em um processo intenso de movimentação.

Por conseguinte, devem-se levar em consideração as vantagens e desvantagens da alvenaria com blocos de concreto. Adotar esse sistema construtivo significa que a edificação passa a ter dupla função: vedação e suporte. Todavia, ressalta-se que a alvenaria com blocos de concreto aparente possui limitações ao seu processo de aplicabilidade, pois necessita de mão de obra qualificada, após sua execução não é permitida alterações futuras nas edificações com blocos de concreto, restrições a grandes vãos, dentre outros.

Desta forma, a alvenaria com blocos de concreto aparente ainda passa a ser vista com um olhar duvidoso em relação ao processo de estabilidade e resistência, comprometendo a economia do empreendimento. Porém, os acréscimos das vantagens são compensados na qualidade do conforto, manutenções, facilidade de execução, relação custo benefício e qualidade do ambiente. Portanto, a alvenaria com blocos de concreto aparente em edificações escolares torna-se uma solução construtiva que atende seus usuários com prédios duráveis, reduzindo números de desperdícios, gerando economia e facilidades na construção.

A concepção do edifício escolar planejado configura-se em bem-estar e segurança da criança ou do adolescente que usarão os espaços para produzir suas atividades curriculares. O prédio escolar deve ser agradável e acolhedor, focar na qualidade de vida oferecendo ambientes adequados ao desenvolvimento de atividades intelectuais, criativas, físicas e sociais.

A pesquisa se justifica por analisar as edificações com blocos de concreto aparente demonstrando a importância de flexibilidade, bom desempenho da estrutura em situação de incêndio, durabilidade de projeto, estética diferenciada, boa manutenção além de suas restrições quanto à elaboração do projeto com blocos estruturais. Desse modo, a alvenaria com blocos de concreto apresenta-se em outros países como forma de solução para a construção de escolas por vários anos. Ressalta-se a importância da pesquisa para divulgação da alvenaria com blocos aparentes em instituições de ensino como forma positiva de construção racionalizada, devido aos seus processos atender as necessidades dos usuários, com bom desempenho térmico dos materiais empregados na construção, custos e rapidez em suas etapas produtivas.

## **1.1 OBJETIVOS**

### ***1.1.1 Objetivo geral***

Realizar um estudo de caso do ponto de vista da perspectiva do usuário em relação à aplicabilidade, habitabilidade e sustentabilidade de um edifício construído utilizando alvenaria com blocos de concreto aparente para uso em instituições de ensino.

### ***1.1.2 Objetivos específicos***

- Identificar os requisitos de desempenho para edificações escolares;
- Pesquisar componentes em blocos de concreto disponíveis para uso aparente;
- Verificar através de Pesquisas bibliográficas, trabalhos de observação de campo, análises documentais em instituições de ensino o desempenho das paredes de alvenaria com blocos de concreto, em relação a sua durabilidade e manutenibilidade;
- Levantar informações sobre a habitabilidade utilizando questionários.

## **1.2 Descrição dos capítulos**

O presente estudo está dividido em sete capítulos, são eles:

No primeiro capítulo, apresenta-se a Introdução, que aborda os objetivos, a justificativa e a estrutura do presente trabalho.

No segundo capítulo, que exibe a revisão bibliográfica, faz-se uma discussão do tema alvenaria com blocos de concreto aparente em instituições de ensino. Apresentam-se algumas instituições de ensino do Brasil com requisitos de desempenho em abordagem histórica dos processos de concepção dos edifícios escolares até a formação de diretrizes estabelecidas para o uso de sistemas construtivos racionais. Mostram-se também os materiais, componentes e elementos para a construção em alvenaria aparente, assim como, classifica e diagnostica, consoante diversos pesquisadores, o desempenho dos materiais e edificações, através de estudos das Normas Regulamentadoras (NR). Ainda, nas referências, analisaram-se algumas construções em alvenaria aparente nacionais e internacionais de edifícios escolares. Por fim, apresentam-se as diretrizes para construção de escolas em alvenaria aparente, elencando os aspectos necessários para o bom desenvolvimento de atividades estudantis, considerando as orientações do Ministério da Educação e do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE).

No terceiro capítulo, trata-se do estudo de caso da alvenaria aparente aplicado na Escola Estadual Jardim Marisa em Campinas/SP, no qual descreve-se a caracterização climática da cidade e da escola como: salas de aula, corredores, áreas de circulação, aplicação de cores nos blocos, entrada principal, entorno, sustentabilidade, ventilação e iluminação natural, entre outros.

No quarto capítulo, aborda-se a metodologia adotada, tanto para a obtenção dos dados do objeto de estudo analisado, quanto para a forma de tratamento estatístico.

No quinto capítulo, apresentam-se os resultados obtidos do estudo de caso da alvenaria aparente aplicado na E. E. Jardim Marisa.

No sexto capítulo, apresentam-se os resultados obtidos durante a pesquisa de campo através dos questionários e entrevistas técnicas.

No sétimo e último capítulo, expõem-se as conclusões finais do presente estudo.

## 2 CRITÉRIOS DE DESEMPENHO DO ESTABELECIMENTO DE ENSINO E ALVENARIA EM BLOCOS DE CONCRETO

Conhecer a alvenaria com blocos de concreto aparente em diferentes perspectivas estudadas se torna relevante à medida que se propõe apresentar trabalhos do referido tema. Discussões dos autores, perspectivas técnicas, análises de normativas, imagens de aplicabilidade que obtiveram sucesso e conhecimento das acepções históricas da utilização do sistema construtivo com blocos de concreto ao longo dos tempos é imprescindível para apresentação da presente pesquisa.

Helena Júnior (2012, p. 32) ensina que a alvenaria estrutural pode ser considerada o “Sistema construtivo mais antigo usado pela humanidade. Nos tempos bíblicos, já se pensava construções com tijolos aparentes, os antigos egípcios usavam alvenaria de pedra, e na Idade Média foram construídas pontes e catedrais que estão de pé até hoje”.

Consoante Prudêncio Júnior, Oliveira e Bedin (2002, p. 16) descrevem que:

Alvenaria estrutural é um tipo de estrutura em que as paredes são elementos portantes compostos por unidade de alvenaria, unidos por juntas de argamassa capazes de resistirem a outras cargas além do seu peso próprio. Apresentando basicamente as seguintes funções: resistências às forças do vento; resistências às cargas verticais; apresenta bom desempenho contra ação do fogo; isolamento acústico e conforto térmico do ambiente, proporciona estanqueidade a água da chuva e do ar.

A configuração da alvenaria aparente constitui mecanismos de racionalização da construção civil ponto de referência para elaborar projetos com qualidade, seja com condições climáticas favoráveis utilizando recursos da natureza para evitar consumo de energia, seja acústica e térmica, contribuindo com o custo benefício nas construções.

A arquitetura escolar com alvenaria com blocos de concreto aparente tem uma grande influência do ponto de vista de Richard Neutra, como destacam Loureiro e Amorim (2002, *online*) em diversos níveis ao qual do ponto de vista metodológico o projeto arquitetônico é tido como forma integral, com procedimentos sistematizados e que devem incluir desde o tratamento de dados, até as elaborações criteriosas de programas arquitetônicos, além de definição de gráficos de relações funcionais até a dimensão e posicionamento do desenho de mobiliário a ser inserido no projeto. Já pelo ponto de vista da organização espacial, Neutra estabelece etapas de organizações das funções em setores utilizáveis, os quais devem ser espelhados nos arranjos espaciais das edificações.

Esse procedimento pelo autor classificado pode estabelecer formas de controle das ações sociais na edificação, e ordenar formas de interação entre as diversas categorias de usuários. Já do ponto de vista da adequação climática: apresenta-se a preocupação em ofertar amplas aberturas e áreas sombreadas, já baseadas nos seus projetos californianos, prestam pela necessidade de adaptar os projetos executados às situações climáticas de cada território (LOUREIRO; AMORIM, 2002, *online*).

Pelo olhar da técnica construtiva, existe a coordenação modular e racionalização da construção, onde suas soluções, por mais que simples e eficazes, permitem apresentar a possibilidade de se projetar edificações modernas com baixo custo de construção e posterior manutenção. No entanto, para o autor, o arquiteto deve se valer de sua experiência em construção aparente e aplicação de componentes modulares na construção de unidades habitacionais e edificações públicas tanto na Europa como em países americanos (LOUREIRO; AMORIM, 2002, *online*).

Construir edifícios escolares tradicionais ainda é uma preferência, pois ainda se acredita ser o mais fácil para atender aos grandes volumes de alunos. Pensar ambiente escolar é condicionar fatores específicos harmônicos de racionalização que apresentem visão holística sobre o processo de influência do ambiente escolar. Franco e Agopyan (1993, p. 54) afirmam que:

[...] a garantia da qualidade do projeto é fundamental para que possam ser implantadas com sucesso e mantidas ao longo do tempo medidas de racionalização, que se baseia na observação dos pré-requisitos definidos pelos próprios condicionantes de projeto.

Essa relação é definida como conforto no ambiente, percepção do espaço versus a reação quanto forma de aplicação de novas estruturas que interagem com o ensino aprendizagem dos usuários. Kowaltowski, Moreira e Deliberador (2012, p. 1) relatam que:

[...] o ambiente escolar pode ter um impacto significativo sobre o aprendizado e o comportamento de alunos. Os funcionários de uma escola podem se sentir mais valorizados e motivados em edifícios bem projetados e uma nova escola pode exercer um impacto positivo sobre as pessoas que moram no entorno.

O *Collaborative for High Performance Schools – CHPS* (2002) apresenta em suas discussões uma lista de requisitos que consideram essenciais para embasar as decisões acerca dos objetivos e metas, cuja visão é para projetos de escolas de alto padrão de desempenho. Em sua lista, inclui-se uma série de requisitos relevantes, que são observados nos

procedimentos de construção das escolas brasileiras quando são constatados que estão adequados à sua realidade.

Segundo Kowaltowski, Moreira e Deliberador (2012, p. 7), a *Commission for Architecture and the Built Environment* (CABE) apresenta uma relação de dez critérios que deveriam ser seguidos no processo do projeto escolar, são eles:

1. Identidade e contexto: criar ambientes de que os usuários e a comunidade possam se orgulhar;
2. Implantação: otimizar o aproveitamento do lote;
3. Área externa da Escola: ganhar proveito das áreas externas;
4. Organização: criação de um diagrama claro para os edifícios;
5. Edificações: síntese da forma, dos volumes e da harmonia;
6. Interior: criando espaços de excelência para ensino e aprendizagem;
7. Estratégias de sustentabilidade;
8. Segurança: criando um lugar seguro e acolhedor;
9. Vida longa, liberdade de possibilidades: criar um projeto escolar que se adapta e que tenha capacidade de evoluir com o tempo;
10. Síntese de sucesso: projetos que funcionam na sua totalidade.

Observa-se que a qualidade do ensino escolar no país vem atingindo profundamente os estudantes, inclusive com influência nos índices de desempenho de todo o sistema construtivo adotado e suas variáveis arquitetônicas empregadas no edifício escolar (KOWALTOWSKI; MOREIRA; DELIBERADOR, 2012).

Para Kowaltowski (2011), a complexidade do projeto escolar está nitidamente ligada ao dinamismo da educação e de suas metodologias pedagógicas que para autora demandam constante atualização dos programas arquitetônicos para que, adequadamente, as atividades de ensino possam ser efetivadas. As incertezas devem ser demonstradas para os alunos, não omitidas. As multiplicidades dos alunos, de idades variadas e em etapas de desenvolvimento diferentes, professores, funcionários, pais e membros da comunidade que frequentam a escola, devem ser tidas como parâmetros primordiais na elaboração de projetos educacionais. Pois, segundo a autora, todos os anos se renovam os integrantes da instituição e por consequência o espaço encontrado se torna novamente novo.

Consoante Kowaltowski, Moreira e Deliberador (2012, p. 19):

As decisões projetuais necessitam de documentação para gerarem este conhecimento e permitirem transparência das intenções, evitando inclusive conflitos e insatisfações entre os usuários em relação ao produto final. Apesar do fato de que a subjetividade é parte inerente ao processo de projeto, um procedimento metodológico é importante para aumentar as bases científicas do projeto. Além das questões pedagógicas existem também questões técnicas a serem consideradas pela arquitetura escolar. Nessa direção sabe-se que as metas essenciais de projeto devem incluir: eficiência energética, sustentabilidade, conforto, segurança, saúde dos usuários e adequação

racional dos sistemas construtivos. No contexto local as mudanças e melhorias neste processo, aqui discutidas, devem ser paulatinamente empregadas transformando, não apenas, as práticas profissionais, mas principalmente a qualidade dos ambientes escolares que afetam diretamente a qualidade de vida dos que ali estudam e trabalham.

Pascarelli Filho (2006, *online*) demonstra que ambientes escolares seguros são aqueles em que seus administradores investem em manutenção preventiva, repudiam improvisações e só contratam mão de obra especializada. E prossegue enfatizando que arquitetos e engenheiros civis que se propõem a construir escolas deveriam conhecer os fundamentos da psicologia infantil e do adolescente. Obrigatoriamente, eles deveriam participar do cotidiano escolar antes de realizar seus projetos. Conhecer as necessidades e particularidades da comunidade pedagógica. Helena Júnior (2012, p. 35) afirma que:

[...] os projetos para a produção de alvenarias exercem, já, a importante função de ferramenta auxiliar na coordenação de projetos, constituindo-se em um instrumento efetivo para a compatibilização e integração entre as disciplinas de projeto e entre estas e as atividades de produção, uma vez que seu desenvolvimento favorece a troca frequente e continuada de informações entre os diversos intervenientes no processo de concepção.

Nas principais discussões dos autores sobre o tema em cerne, o que se pode verificar é a preocupação com a empregabilidade e funcionalidade do projeto escolar. Sugere-se, principalmente, o entendimento do que é uma escola no seu contexto social para que, somente então, se evolua para fase de projetar. Acústica, ventilação, espaços recreativos, salas acolhedoras, com cores estimulantes, também são aspectos que visam a melhoria do projeto de instituições de ensino.

Segundo Darini (2006), desde o ano de 1990 que se observa uma crescente conscientização daquilo que se poderia aperfeiçoar em termos de estrutura, no sentido de minimizar as suas manifestações patológicas, além de aperfeiçoar as técnicas construtivas bem como o cálculo estrutural, visando alcançar um resultado final satisfatório para a obra com a tradicional diminuição dos custos em que este sistema alcança. Parsekian e Soares (2010, p. 148) afirmam que:

É comum observarmos o uso da alvenaria estrutural em empreendimentos habitacionais de larga escala, onde as exigências de racionalização, planejamento, controle, rapidez e custo são mais bem contempladas pela opção do sistema de alvenaria estrutural.

De outra vertente, analisa-se a preocupação de propiciar espaços seguros e projetados com materiais que visem à durabilidade e economia das edificações. Esses autores conceituam que maior durabilidade e segurança se adquirem, principalmente, com a utilização de construções em alvenaria aparente pelos benefícios que a mesma proporciona.

É unânime entre os estudiosos no assunto que é viável a construção de instituições de ensino em alvenaria com blocos de concreto aparente e seus estudos estão baseados em edificações que obtiveram resultados significativos no Brasil ou no Exterior. Segundo Santos (2008, p. 63):

A alvenaria vem se destacando, no Brasil, como uma das formas mais viáveis de empreendimento estrutural. Sendo assim, cresceu significativamente, nos últimos anos, a partir da consolidação de suas técnicas construtivas e da necessidade de racionalização, frente à concorrência no campo da construção civil. Este sistema também se mostra apropriado a suprir o déficit habitacional e educacional dos países em desenvolvimento, por adequar-se às tecnologias e necessidade locais e desenvolver um processo racional, desde o projeto a execução da obra.

O sistema construtivo em alvenaria com blocos de concreto em edifícios escolares é uma forma racionalizada que demonstra vantagens técnicas e econômicas. A área educacional necessita de projetos com qualidade que se verifica uma expressiva relação com os usuários e entorno. Hoje se percebe aumento na quantidade de edifícios projetados e construídos com alvenaria com blocos de concreto, principalmente prédios habitacionais.

O edifício escolar, em países desenvolvidos, apresenta transformações na composição da estrutura arquitetônica, processo fundamental que define a qualidade do ensino e influencia diretamente na composição do entorno com o meio ambiente. O emprego da alvenaria com blocos aparentes está sendo cada vez mais utilizada em instituições de ensino nos Estados Unidos, Inglaterra, Canadá entre outros. O bom desempenho do sistema construtivo de alvenaria com blocos de concreto otimiza redução de impactos ambientais, conforto e minimização de consumo energético.

A alvenaria com blocos de concreto pode favorecer espaços propícios às atividades de entretenimento, lazer e extracurriculares de professores, alunos, corpo técnico e pais, contribuindo para a aprendizagem. Desta forma, o emprego desta tecnologia em estabelecimentos de ensino apresenta-se de maneira simples quanto à plasticidade dos edifícios de médio e grande porte de forma a atender às necessidades de projeto.

A qualidade de vida e expectativa do setor da alvenaria com blocos de concreto contempla inovações tecnológicas dentro do meio educacional. Vanni (1999, p. 55) afirma que:

[...] para o setor de construção de edifícios evoluir, é necessário introduzir nas situações que alterem o processo convencional de projetar. Faz-se necessário uma maior integração entre os especialistas do projeto, com uma eficiente coordenação de todo o processo, para evitar a subdivisão cada vez maior, do projeto, em partes distintas usualmente desenvolvidas por diferentes profissionais.

As pesquisas realizadas sobre o tema alvenaria com blocos de concreto tratam de edificações inovadoras com capacidade de racionalização do setor construtivo, beneficiando as indústrias da construção civil, dado que, no Brasil constrói-se de maneira irracional, ou seja, utilizando recursos e matérias primas indevidamente, gerando desperdícios e problemas para o meio ambiente. No entanto, verifica-se que nos últimos anos os novos sistemas construtivos possibilitam a redução desses impactos e um avanço na produtividade de novas construções.

Essa pesquisa se diferencia por analisar o uso da alvenaria com blocos aparentes com enfoque em estabelecimentos de ensino, visto que, a grande maioria dos prédios escolares no Brasil não empregam condicionantes climáticos, acústico, térmicos em suas etapas de produção. Resultando em ganhos negativos ao processo de conforto dos usuários.

O edifício escolar com alvenaria com blocos aparentes tem como objetivo incentivar o aluno e despertar-lhe para o aprendizado, pois a aplicabilidade de cores, o processo de movimentação e criatividade nas paredes com blocos de concreto aborda com a curiosidade e o interesse pelas atividades de interação em sala de aula. Desta forma, se tem uma alvenaria com modulação que permite que as salas de aulas e demais ambientes possam ter *layouts* organizados, interagindo nas atividades curriculares.

O emprego de cores instigantes em tons pastel (amarelo, verde, azul, bege, cinza perolado) em áreas específicas do ambiente escolar contribui para as relações interpessoais e acuidade visual. Com isso, as análises referentes aos acabamentos e impermeabilizações são importantes para o estudo em questão. Sobre os estudos experimentais realizados pelo Professor Harry Wohlfarth, Falcão *et al.* (2005, p. 6) afirmam que:

[...] fica caracterizado que a cor no ambiente educacional exerce influência no comportamento dos alunos. Sendo que nessa experiência, realizada por doze meses, foi adotado o uso de duas cores: uma quente (amarelo – estimulante do intelecto) e outra fria (azul – que possui efeito tranquilizante sob a mente), a mudança conjunta de cor e iluminação gerou as seguintes melhoras: no comportamento, no desempenho nos testes de Q.I., no humor, redução no número de faltas por motivos de saúde.

Em outro experimento, Fonseca e Mont’alvão (2004, p. 74), ao adotarem as cores frias, verde e azul, como cores predominantes, indicam que “[...] as pessoas não consideram

que estas sejam capazes de desviar a atenção do trabalho que se esteja realizando e uma pequena parte se sente motivada pelas mesmas”. Nesse sentido, Falcão *et al.* (2005, p. 6) entendem que:

[...] onde ocorre atividade cognitiva predominante, é necessário promover o equilíbrio entre estímulo e tranquilidade. Esse equilíbrio parece evidente no primeiro experimento, no qual foram aplicadas cores opostas, quentes e frias (azul e amarelo), que resultaram no bom desempenho e comportamento dos alunos. Entretanto, o segundo experimento demonstrou que a combinação entre duas cores frias reproduziu um ambiente apático, provocado pelo efeito psicofísico muito tranquilizante das cores empregadas.

Utilizada intensamente em prédios institucionais nos Estados Unidos e Europa, a alvenaria aparente é pintada por dentro no qual não tem problema nenhum em utilizá-la, visto que, o emprego da pintura acrílica com cores instigantes em estabelecimentos de ensino proporciona rapidez no processo de manutenção promovendo relações intersociais entre seus usuários.

No Brasil busca-se compreender por que não utilizar esse processo construtivo em instituições de ensino, sabendo que o sistema construtivo de alvenaria com blocos aparentes funciona muito bem em edificações residenciais, empreendimentos comerciais, com desempenho térmico, acústicos e visuais adequados.

A decisão do projeto de alvenaria com blocos aparentes tem como meta diminuir as manutenções das obras a curto prazo. Seus elementos construtivos da são empregados com o máximo sentido de racionalização da construção, evitando-se exceções e adaptações, mas ao mesmo tempo produzindo um edifício único em sua riqueza formal, funcional e espacial. A ideia inicial do projeto de alvenaria aparente em estabelecimentos de ensino está associada a critérios de racionalização dos materiais nos canteiros, velocidade de construção, qualidade dos produtos, bem como questões socioambientais, o que implica buscar a otimização do desempenho térmico, acústico, luminoso e energético do edifício como critério de projeto.

## **2.1 Instituições de ensino no Brasil: requisitos de desempenho**

As edificações construídas no Brasil em 1870 tiveram influência neoclássica, devido à ação dos franceses e da academia imperial. No decorrer dos anos a arquitetura brasileira passou por diversas evoluções tanto em aspectos formais como construtivos. Por essa razão,

as grandes edificações brasileiras distribuídas no país são consideradas arquiteturas com características coloniais. De acordo com Reis Filho (2011, p. 117):

A arquitetura elaborada sob influência da academia era caracterizada pela clareza construtiva e simplicidade das formas. Apenas alguns elementos construtivos como cornijas e platibandas eram explorados como recursos formais. Em geral, as linhas básicas da composição eram marcadas por pilastras, sobre as quais, nas platibandas, dispunham-se objetos. As paredes, de pedra ou de tijolo, eram revestidas e pintadas de cores suaves, como branco, rosa, amarelo ou azul-pastel e sobre o fundo se destacaram janelas e portas enquadradas em pedra aparelhada e arrematadas em arco pleno, em cujas bandeiras dispunham-se, vidros coloridos.

As formas, os métodos, a origem de se definir projetos institucionais no Brasil, tem como preponderância, mecanismos históricos. As primeiras instituições do país constituíram-se no fluxograma de ideias simples e detalhamentos sofisticados. O desenvolvimento dos prédios institucionais configura-se em parâmetros para os demais, construídos com formas rústicas e de austeridade, deixando espaços amplos e funcionais, atendendo às necessidades das classes sociais predominantes da época.

Outrora, não se verificava os processos de requisitos de desempenho institucionais. Construía-se sem parâmetros ou regulamentação estatal. Atualmente, o quadro da construção civil brasileira introduz realidade diferenciada das condições para desenvolvimento de projetos residenciais, industriais, comerciais e institucionais.

Dentro desse contexto, reflete-se a importância de compreender os diversos requisitos de desempenho das edificações escolares no Brasil. Para implantação de obras que envolvam grandes grupos de usuários, a responsabilidade de contemplar suas necessidades e objetivos recaem na eficiência de verificação das variáveis construtivas.

A Fundação para o Desenvolvimento da Educação (FDE) apresenta diversos catálogos com condições e requisitos de ponderação para elaboração de edifícios institucionais. Dentre eles, tem-se: catálogos técnicos de ambientes, componentes, serviços, mobiliários, espécies vegetais, sinalização, *layouts*, especificações do edifício, especificações de canteiro de obras, gás, elevadores, incêndio, para raios, aproveitamento de água da chuva, estudos topográficos (normas para execução de levantamentos planialtimétricos), normas de apresentação de projetos (projetos e normas de arquitetura) incluindo requisitos tanto arquitetônico, como hidráulico, elétrico, estrutural, elementos gráficos e relatórios de vistorias, obras, normas, ampliação/adequação.

Os critérios e ponderações para instituições de ensino segundo o Ministério da Educação e Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE, 2013), baseiam-se em

propostas inovadoras de projetos, compreendidas, verificadas e estudadas em 12 itens divididos em três categorias de acordo com o Quadro 1.

**Quadro 1 – Requisitos e critérios para desempenho do estabelecimento de ensino**

SEGURANÇA	1	Desempenho estrutural
	2	Segurança contra incêndio
	3	Segurança no uso e na operação
HABITABILIDADE	4	Estanqueidade
	5	Desempenho térmico
	6	Desempenho acústico
	7	Desempenho lumínico
	8	Saúde, higiene e qualidade do ar
	9	Funcionalidade da acessibilidade
	10	Conforto tátil e antropodinâmico
SUSTENTABILIDADE	11	Durabilidade/manutenibilidade
	12	Adequação ambiental

Fonte: Adaptado do FNDE (2013, p. 6).

Cada requisito a ser aplicado na construção de escolas determina como o edifício será elaborado. As análises de verificação dos materiais e componentes utilizados na edificação de prédios institucionais atendem de forma eficaz procedimentos de criação e usabilidade do projeto.

## 2.2 Requisitos e critérios para desempenho dos estabelecimentos de ensino: segurança

Os componentes relacionados às exigências de segurança compreendem as análises experimentais de desempenho estrutural. As análises experimentais, realizadas em laboratórios verificam as condições de projeto e qualidade dos materiais relacionados ao peso próprio, interferência dos ventos e sobrecargas dos mesmos. Itens fundamentais para compreensão das edificações escolares segundo os catálogos técnicos apresentados pela FDE, para o desenvolvimento de unidades de ensino.

De acordo com a aplicabilidade do sistema construtivo estrutural aparente, escolas constituídas a base desse sistema provém comportamentos diferenciados dos demais sistemas convencionais. Toda edificação sustentada com blocos estruturais necessita de parâmetros técnicos gerais para serem desenvolvidas. A empregabilidade de blocos estruturais em unidade de ensino aponta “boas práticas” de atendimento dos mesmos em utilização de espaços que necessitam ser condicionados às normas relativas ao processo de desempenho e requisitos de ponderação.

### 2.2.1 Requisitos e critérios de segurança estrutural

A segurança estrutural compreende estudos minuciosos sobre utilização dos materiais empregados na estrutura. Escolas implantadas a base de blocos estruturais de concreto acompanham requisitos necessários para o bom desempenho da estrutura.

Instituições construídas com blocos de concreto aparente desenvolvem em seus projetos segurança aos usuários contra ruína, não promove insegurança na sua escolha, bem como, promove estabilidade sobre ações das intempéries, choques, vibrações, e outras decorrências previstas no horizonte de projeto.

Os parâmetros gerais da alvenaria com blocos de concreto reduzem custos, tempo e execução de obras. Mediante análises experimentais, torna-se preponderante avaliar projetos de estrutura com blocos de concreto de acordo com respectivas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) antes da execução: ABNT NBR 15961-1:2011 – Alvenaria estrutural-blocos de concreto. Parte 1: projeto. ABNT NBR 15961-2:2011 – Alvenaria estrutural-blocos de concreto. Parte 2: execução e controle de obras.

Os blocos de concreto de alvenaria aparente possuem definições e requisitos específicos segundo a NBR 6136:2014. A norma apresenta classificação relacionada quanto ao uso e seus processos descritivos em três classes, A, B e C, podendo, consoante a norma, ter aplicabilidade em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo e possuir ou não função estrutural, conforme Tabela 1:

**Tabela 1 – Classificação de blocos**

Classificação	Classe	Resistência característica à compressão axial <sup>a</sup> MPa	Absorção (%)				Retração <sup>d</sup> (%)
			Agregado normal <sup>b</sup>		Agregado leve <sup>c</sup>		
			Individual	Média	Individual	Média	
Com função estrutural	A	$f_{bk} \geq 8,0$	$\leq 8,0$	$\leq 6,0$	$\leq 16,0$	$\leq 13,0$	$\leq 0,065$
	B	$4,0 \leq f_{bk} < 8,0$	$\leq 10,0$	$\leq 8,0$			
Com ou sem função estrutural	C	$f_{bk} \geq 3,0$	$\leq 12,0$	$\leq 10,0$			

<sup>a</sup> Resistência característica à compressão axial obtida aos 28 dias.

<sup>b</sup> Blocos fabricados com agregado normal.

<sup>c</sup> Blocos fabricados com agregado leve.

<sup>d</sup> Ensaio facultativo.

Fonte: ABNT (2014).

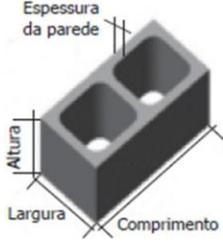
As instituições de ensino com alvenaria com blocos de concreto aparente devem ser definidas do ponto de vista de duas características. A primeira relaciona-se a altura da edificação que segundo a ABNT NBR 6136:2014 permite cinco pavimentos ou mais devido o

bloco ter resistência mecânica, peso e absorção de umidade, enquanto que a segunda característica compreende a disposição arquitetônica do *layout*, ou seja, paredes grandes, largas e alinhadas permitem bom isolamento térmico dos ambientes.

O isolamento térmico dos blocos de concreto aparente é analisado mediante especificação das zonas bioclimáticas que interferem tanto no comportamento da edificação como no ser humano. As dimensões dos blocos influenciam muito no isolamento, pois, os blocos estruturais de concreto em sua parte maciça conduz energia na forma de condução e em contrapartida nos seus vazados o processo ocorre através da radiação e convecção. Dependendo da aplicabilidade do projeto, os vazios dos blocos de concreto podem ser atestados com graute ou outro tipo de material. Desta forma, o isolamento deixa de ser propagado por radiação e convecção e a transferência de calor passar a ser por condução. Determinando o isolamento térmico dos ambientes.

A alvenaria com blocos de concreto, quando desenvolvida com parâmetros normativos e ensaios experimentais proporciona vantagens eficientes no processo de racionalização da construção civil. A ABNT NBR 6136:2014 define as famílias modulares e dimensões nominais dos blocos para processo de produção de empreendimentos, objetivando o desempenho do edifício, sua expectativa de vida útil, custo ao longo do tempo e todas as particularidades no seu uso, operação e manutenção do projeto comercial, institucional e educacionais. A Tabela 2 apresenta as respectivas definições e dimensões dos blocos de acordo com a empregabilidade dos mesmos.

**Tabela 2 – Famílias modulares e dimensões nominais dos blocos de concreto**

Família (largura x comprimento) (medidas modulares)		20x40	15x40	15x30	12,5x40	12,5x25	12,5x37,5	10x40	10x30	7,5x40		
	Largura	190	140		115			90		65		
	Altura	190	190	190	190	190	190	190	190	190		
	Medida Nominal (mm)	Comprimento	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	290	390
			Meio	190	190	140	190	115	-	190	140	190
			2/3	-	-	-	-	-	240	-	190	-
			1/3	-	-	-	-	-	115	-	90	-
			Amarração "L"	-	340	-	-	-	-	-	-	-
			Amarração	-	540	440	-	365	-	-	290	-
			Compensador	90	90	-	90	-	-	90	-	90
			Compensador	40	40	-	40	-	-	40	-	40
			Canaleta	390	390	290	390	240	365	390	290	-
			Meia canaleta	190	190	140	190	115	-	190	140	-

Tolerâncias:  $\pm 2,0$  mm para a largura e  $\pm 3,0$  mm para a altura e para o comprimento.

As dimensões da canaleta *J* devem ser definidas mediante acordo entre fornecedor e comprador, em função do projeto.

Fonte: ABNT (2014).

Ressaltam-se os requisitos definidos pela NBR 6136:2014, em relação ao manuseio e qualidade dos blocos de concreto em projetos de alvenaria com blocos de concreto devem

seguir linha de produção de qualidade e serem fabricados e curados por processos que assegurem a obtenção de um concreto suficientemente homogêneo e compacto, que venham atender de modo geral todas as exigências da norma.

Os blocos de concreto que se encontram com avarias ou qualquer tipo de deficiência precisam ser descartados do processo de execução de empreendimentos. Porém os resíduos rejeitados durante a execução da obra são reaproveitados na produção de concreto, embora com baixa resistência a compressão e aplicados na fabricação de tijolos, meio fio, compactação do solo, calçadas, lastros de concreto e espaços públicos.

Os blocos de produção final precisam ser manipulados e transportados dentro de padrões de eficiência para que os mesmos possam atender às exigências da norma. O bloco de concreto aparente quanto a sua função e seus processos configura-se como função estrutural.

Os requisitos apresentados são processos físico-mecânicos que estabelecem limites de resistência mínima à compressão axial por classe, limites máximos de absorção para agregados normal, leve e retração linear por secagem máxima, conforme Tabela 3:

**Tabela 3 – Resistência característica à compressão, absorção de água e retração por secagem**

Classificação	Classe	Resistência característica à compressão axial <sup>a</sup> - $f_{bk}$ (Mpa)	Absorção de água (%)				Retração por secagem <sup>d</sup> (%)
			Agregado normal <sup>b</sup>		Agregado leve <sup>c</sup>		
			Individual	Média	Individual	Média	
Com função estrutural	A	$f_{bk} \geq 8,0$	$\leq 8,0$	$\leq 6,0$	$\leq 16,0$	$\leq 13,0$	$\leq 0,065$
	B	$4,0 \leq f_{bk} < 8,0$	$\leq 10,0$	$\leq 8,0$			
Com ou sem função estrutural	C	$f_{bk} \geq 3,0$	$\leq 12,0$	$\leq 10,0$			

<sup>a</sup> Resistência característica à compressão axial obtida aos 28 dias.

<sup>b</sup> Blocos fabricados com agregado normal.

<sup>c</sup> Blocos fabricados com agregado leve.

<sup>d</sup> Ensaio facultativo.

Fonte: ABNT (2014).

**Tabela 4 – Espessura mínima das paredes dos blocos**

Classe	A		B		C					
Largura nominal (mm)	190	140	190	140	190	140	115	90	65	
Paredes longitudinais <sup>a</sup> (mm)	32	25	32	25	18	18	18	18	15	
Paredes transversais	Paredes <sup>a</sup> (mm)		25	25	25	25	18	18	18	15
	Espessura equivalente <sup>b</sup> (mm/m)		188	188	188	188	135	135	135	113

<sup>a</sup> Média das medidas das paredes tomadas no ponto mais estreito.

<sup>b</sup> Soma das espessuras de todas as paredes transversais aos blocos (em milímetros), dividida pelo comprimento nominal do bloco (em metros).

Fonte: ABNT (2014).

Para prédios educacionais, torna-se necessário verificar a forma mais pertinente de se aplicar blocos de concreto aparente. A Tabela 4 apresenta a espessura mínima das paredes de blocos segundo a NBR 6136:2014 para três classes contemplando largura nominal, paredes longitudinais e paredes transversais.

### ***2.2.2 Requisitos e critérios de segurança contra incêndio***

Instituições de ensino são projetadas com objetivo de atender às necessidades dos usuários, comprometidas com o desenvolvimento do processo de ensino, agregando tais valores na proteção, bem-estar e segurança dos ocupantes.

O desenvolvimento dos projetos inicia-se pela definição do desempenho do edifício e suas partes, para depois determinar as tecnologias construtivas a serem utilizadas. No Brasil, essa prática é diferente, visto que, em projetos educacionais, definem-se primeiro as demandas arquitetônicas, para posteriormente, considerar o atendimento às exigências de desempenho. Os blocos de concreto em instituições de ensino possuem alta densidade e resistência ao fogo, fazendo com que as paredes resistam por mais tempo à propagação das chamas evitando que a estrutura entre em colapso rapidamente. “Em termos simplificados, a resistência ao fogo pode ser definida como a propriedade que um elemento construtivo ou a combinação destes possui de se opor ao avanço do fogo ou de proteger dele” (BUCHANAN, 2002, p. 12).

As edificações escolares, elaboradas a partir da alvenaria com blocos de concreto aparente possuem três níveis de segurança: adequação estrutural, estanqueidade e isolamento térmico. Esses três requisitos estão presentes nas principais normas nacionais e estrangeiras sobre realização de ensaio para determinação da resistência tais como a NBR 15575-1:2013, NBR 5628:2001, NBR 10636:1989, ASTM E119-08 e a ISO 834-1:1999.

Nesse sentido, de acordo com as normas supracitadas, paredes de blocos de concreto aparente passam por rigorosa análise mediante método do painel radiante. As alvenarias de blocos de concreto executadas com ou sem revestimento não são analisadas por se tratar de materiais incombustíveis. Contudo, destaca que:

A finalidade das medidas de segurança contra incêndio é fazer com que em uma ocorrência de incêndio, as edificações consigam manter seu desempenho estrutural por determinado período, a geração e espalhamento de fogo e fumaça sejam limitados, os ocupantes consigam deixar as edificações, e as equipes de resgate tenham segurança para desempenhar suas funções. (HAHN, 1994, p. 33)

O sistema construtivo de alvenaria com blocos de concreto em instituições de ensino atende as demandas de segurança contra incêndio. A resistência à propagação de chamas mantém a estabilidade da estrutura por determinado período de tempo que considera a altura da edificação, a forma como a mesma está sendo ocupada e a carga de incêndio.

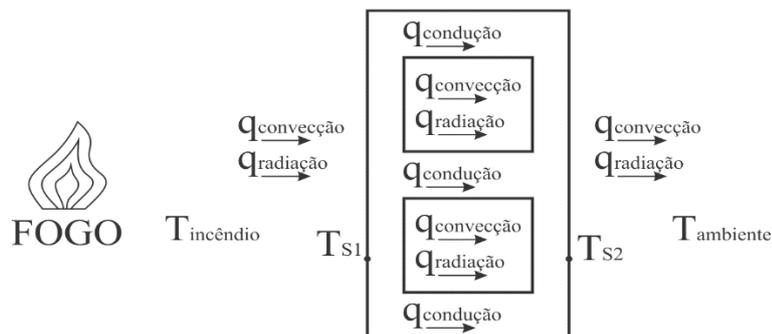
Tal consideração também se aplica no caso do preenchimento do interior dos vazados com materiais adversos, com areia ou matérias de baixa massa específica, com a finalidade de melhorar determinadas características da parede, tais como o isolamento acústico, térmico ou resistência ao fogo. (BRICK INDUSTRY ASSOCIATION, 2008, p. 15)

Edificações escolares com blocos de concreto devem apresentar em sua composição tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) de 30 minutos para que a estrutura assegure nesse período de tempo condicionamento de estabilidade, isolamento térmico e estanqueidade. Blocos de concreto aparente sofrem aquecimento dos materiais constituintes da parede, acarretando diversas reações químicas exotérmicas, como alterações na composição da argamassa.

O bloco estrutural de concreto, não é maciço, há presença de vazados em seu interior, a transferência de calor ocorre de maneira distinta ao longo dos diferentes materiais da alvenaria. Na parte maciça dos blocos, a transferência de calor ocorrerá através de mecanismos de condução e, nos vazios, ocorrerá transferência por convecção e por radiação. (AL-HADHRAMI; AHMAD, 2009, p. 1124, tradução livre)

Em situações de incêndio com blocos de concreto aparente, a transmissão de calor através da parede de alvenaria procede através de condução, convecção e radiação, de acordo com a camada da parede atravessada, sendo um fenômeno curto, devido à variação das condições de contorno e campo de temperatura no interior do material ao longo do tempo, como mostra a Figura 1:

**Figura 1 – Esquema da transferência de calor em uma parede submetida a incêndio**



Fonte: Rosemann (2011, p. 17).

Em face das penúrias da alvenaria com blocos de concreto, os vazios existentes no interior dos blocos podem ser preenchidos com outros materiais, de modo a melhorar a resistência da alvenaria com blocos de concreto, neste caso, a transferência de calor no interior dos vazados não ocorre através dos mecanismos de convecção e radiação, e sim através de condução.

### ***2.2.3 Requisitos e critérios de segurança no uso e na operação***

As edificações escolares brasileiras são construídas em uma velocidade impressionante, porém com desempenho insatisfatório com objetivo de atender grandes quantidades de alunos. Instituições de ensino precisam ser mais humanizadas, contar com um olhar inovador transformando o tradicional em construções com conforto, sustentabilidade e funcionalidade.

Deve-se informar sobre quais paredes podem sofrer algum tipo de alteração, como remoção, cortes, furos etc. do mesmo modo, a passagem de tubulações de água e gás e de outras instalações no interior das vedações verticais deve atender os requisitos das normas específicas ABNT NBR 15961, parte 1, e ABNT NBR 15961, parte 2, no caso de paredes estruturais. As informações pertinentes aos cuidados relacionados a segurança das vedações verticais devem constar do manual do proprietário e dos termos de recebimento da edificação. No caso de edificações construídas com paredes estruturais, recomenda-se também a instalação de avisos em locais de fácil visibilidade e de grande circulação de usuários, informando que o edifício em questão foi construído com paredes estruturais e que as mesmas não podem sofrer qualquer tipo de intervenção, sob o risco de comprometer a segurança de toda edificação. (SILVA, 2014, p. 17)

O processo de segurança do edifício com blocos de concreto aparente determina a qualidade da construção desde que verificados os processos normativos adequados. Usuários, por sua vez, precisam utilizar o edifício de forma consciente evitando determinadas cargas nos sistemas e subsistemas que por ventura possam causar modificações na estrutura do projeto. Edificações em alvenaria com blocos de concreto devem assegurar orientações necessárias aos usuários quanto ao escopo de projeto (SILVA, 2014).

## **2.3 Requisitos e critérios para desempenho do estabelecimento de ensino: habitabilidade**

O direito à moradia digna é reconhecido como um direito humano em várias declarações e tratados internacionais. Por meio da Emenda Constitucional nº 26, de 14 de fevereiro de 2000, o direito à moradia está previsto expressamente no artigo 6º da

Constituição Federal de 1988, que dispõe sobre os direitos sociais. E inclui consoante juristas, como sendo extensivo com condições dignas e que atendam a critérios mínimos para que se tenha uma vida digna.

O processo de habitabilidade em prédios educacionais compreende um estudo minucioso do espaço urbano como qualidade de vida. Os planejadores escolares ao pensar organização, funcionalidade e construção tem como meta verificar as influências internas e externas para condicionar a estrutura do projeto.

Um prédio educacional atraente traz sensação de segurança, responsabilidade, tranquilidade aos usuários e seu entorno. As extensões de edificações escolares em bairros afetam não só os moradores, mas todos os serviços que se encontram condicionados ao sistema educacional, tendo efeito significativo sobre os valores das propriedades e receitas fiscais que agregam tanto as escolas como o governo local.

A aparência exterior de um edifício escolar tanto estético e estrutural corresponde à experiência de aprendizagem do aluno, propagando-se a valorização da educação. Nesse sentido, Silva (2003, p. 3) ressalta que:

Neste cenário, as medidas de racionalização que possam colaborar para reduzir o consumo e os desperdícios de recursos naturais, energéticos e humanos, a geração de ruído, poeira e entulho, otimizar os recursos empregados na construção e conferir melhor desempenho e qualidade do produto estarão contribuindo para um retorno social e ambiental mais condizente com os custos reais envolvidos em todo o processo produtivo da construção civil.

Instituições de ensino com blocos de concreto aparente são pensadas no sentido de racionalizar processos oriundos da extração de matérias primas e atividades relacionadas à construção, demolição e reformas de edificações escolares convencionais. Os resultados desses processos geram qualidade da estrutura e condições de habitabilidade.

### ***2.3.1 Requisitos e critérios de estanqueidade***

O processo de aplicabilidade de blocos de concreto aparente em construção escolares compreende analisar a forma como a estrutura foi executada para evitar dilatações futuras. Tirar partido da estrutura, para melhorar a condição de estanqueidade da edificação escolar, requer utilizar partido do que irá ser adotado, como por exemplo, utilização de telhados longos que protegem as paredes da água da chuva com junta tomada e frisada, bem como

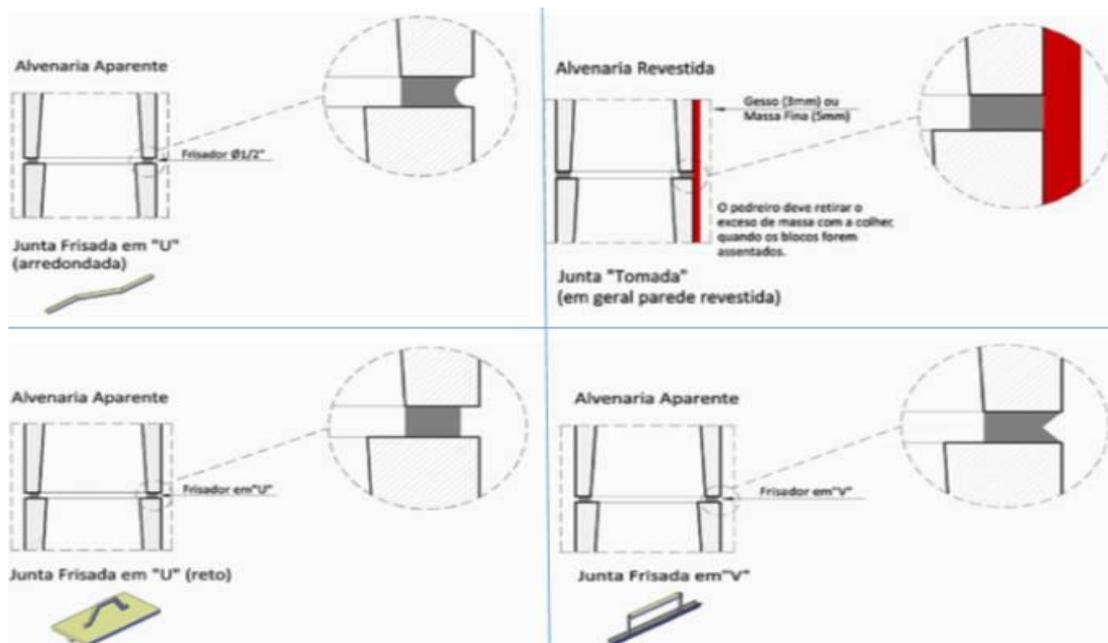
outros métodos para solucionar problemas de umidade do solo, deterioração e infiltrações do ambiente construído.

As paredes de blocos de concreto precisam ser protegidas contra a ação da chuva, umidade do solo e infiltrações evitando o processo de deterioração da estrutura. Edifícios educacionais com blocos de concreto aparente protegem-se das intempéries com aplicação de tintas acrílicas específicas recomendadas pelo fabricante impermeabilizando todas as vedações verticais internas e externas. Consoante ABNT NBR 15575-4:2013 (ABNT, 2013, p. 18): “Umidade nas vedações verticais internas e externas decorrente da ocupação do imóvel não deve permitir infiltrações de água, através de suas faces, quando em contato com áreas molháveis e molhadas”.

Conforme entrevista técnica (Apêndice C), realizada em 2014, com o arquiteto e consultor técnico da BlocoBrasil, Carlos Alberto Tauil, “os requisitos e critérios de estanqueidade são avaliados a partir dos instrumentos de juntas de dilatação ou juntas de acabamento, evitando fissuras descontroladas nas edificações”.

O bom acabamento das juntas representa qualidade na alvenaria aparente. Em termos de acabamento de juntas, existem quatro tipos: junta frisada, com maior proteção para parede (aspecto arredondado), junta frisada em “U” (reto), junta tomada (aplicada à alvenaria revestida) e junta frisada em “V” (Figura 2).

**Figura 2 – Alvenaria aparente e revestida**



Fonte: Tauil e Nesse (2010 p. 84-85).

Essas juntas de controle expandem-se e retraem-se fazendo com que a parede respire e proteja o edifício. Para usar a alvenaria aparente, resolvendo o problema da água é necessário calafetar a parede aplicando resina acrílica, permitindo com que a parede se impermeabilize não deixando água entrar, prolongando assim a durabilidade da instituição de ensino.

Todas as formas supracitadas são maneiras adequadas para aplicação da alvenaria com blocos de concreto aparente em prédios educacionais, para proteção da estrutura contra possíveis problemas relacionados às intempéries. A alvenaria com blocos de concreto sem revestimento requer cuidados para evitar trincas, fissuras e estanqueidade. O ambiente construído precisa ser pensado e concebido de acordo com as necessidades dos usuários, logo se planeja estabelecimentos de ensino com condições de habitabilidade evitando maus cheiros e mau funcionamento da estrutura do edifício.

Toda proteção da alvenaria aparente com blocos de concreto contra problemas de estanqueidade se relaciona aos condicionantes de impermeabilização e ao mau acabamento das juntas de dilatação que não são executadas de forma correta ou falta de conhecimento por parte profissional. Proteger a estrutura de prédios educacionais dentro dos padrões normativos condiciona o bom desempenho da edificação satisfazendo as necessidades do empreendimento e dos usuários com qualidade e conforto.

### ***2.3.2 Requisitos e critérios de desempenho térmico***

Instituições de ensino com alvenaria construídas com bloco de concreto adaptam-se bem as oito zonas bioclimáticas definidas pela norma ABNT NBR 15220-3:2005. Porém é necessário verificar o objetivo das construções escolares no País, pois o território nacional é composto por zonas bioclimáticas que se diferenciam entre si. Dornelles (2004, p. 24):

Contudo, é importante destacar que o Brasil também é constituído por regiões subtropicais e temperadas, como é o caso da região Sul, e outras com clima composto (verão úmido ou super úmido e inverno seco), como é o caso de algumas localidades da região Sudeste.

Em climas compostos têm-se as duas situações, ou seja, a necessidade de evitar os ganhos térmicos dos componentes da edificação no período diurno e a perda do calor interno no período noturno, principalmente nas estações de outono e inverno. Portanto, torna-se tarefa difícil adotar uma tecnologia construtiva que atenda às diversas solicitações do clima e que propicie ambientes confortáveis ao usuário [...]

O uso da alvenaria com blocos de concreto em instituições de ensino ajuda a reduzir ganhos de calor mantendo as temperaturas internas do edifício no intervalo de conforto seja

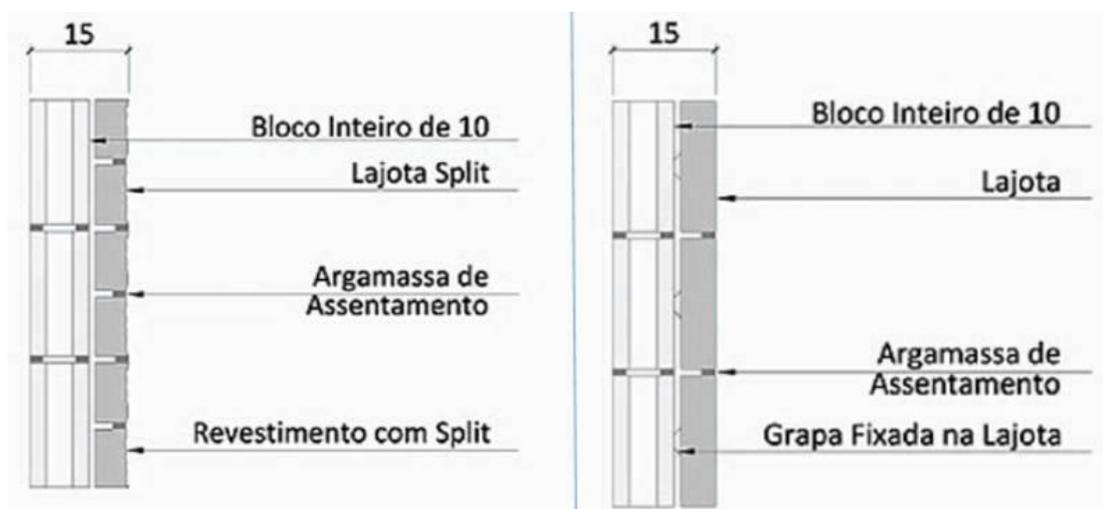
no período diurno, seja noturno, contribuindo para que os usuários possam usufruir de ambientes mais aconchegantes. Dornelles (2004, p 24) enfatiza que:

O Brasil é um país de clima tropical. No entanto, dizer apenas que é tropical não define as características de cada região deste amplo território. Inserido no clima tropical há vários tipos específicos, determinados conforme a posição e característica geográfica de uma dada região.

Desempenho térmico das paredes de blocos de concreto leva em consideração espessura e tamanho do bloco que influencia no comportamento final da estrutura. A espessura de 14 cm, em comparação com os 9 cm de alvenaria cerâmica, ajuda amenizar os efeitos dos condicionantes ambientais, orientação de fachadas, dimensão dos ambientes entre outros.

É importante ressaltar que o desempenho térmico de edificações com alvenaria com blocos de concreto aparente depende das propriedades térmicas dos materiais que influenciam diretamente nos condicionantes de conforto ambiental. A Figura 3 apresenta esse processo de comparação de paredes com blocos de concreto aparente *Split* e com revestimento.

**Figura 3 – Paredes de blocos de concreto**



Fonte: Tautil e Nesse (2010, p. 133).

A junção do bloco de concreto com lajota, argamassa de assentamento e bloco de concreto com acabamento decorativo *Split*, conforme a figura acima, torna-se um processo simples a ser utilizado, reduzindo ganhos de cargas térmicas do edifício. O posicionamento das fachadas, o índice de predominâncias dos ventos dominantes, o clima onde os edifícios estão inseridos, os materiais empregados são fatores importantes para o conforto das

edificações. Para aprimorar as condições de conforto no interior de prédios escolares, faz-se necessário verificar os elementos do projeto, utilizando-se condicionantes climáticos a favor da obra. Dornelles (2004, p. 18) destaca que:

Uma das estratégias arquitetônicas e construtivas que oferece tais resultados é a utilização da inércia térmica, caracterizada como capacidade que tem uma edificação de armazenar calor e liberá-lo algum tempo depois. A inércia térmica provoca dois importantes efeitos sobre os fluxos de calor entre o ambiente interno das edificações e o meio exterior. O primeiro denominado amortecimento atua como redutor das oscilações das temperaturas internas. O segundo é o atraso térmico, ou seja, a defasagem das mesmas em relação às temperaturas externas.

Os requisitos e critérios do sistema construtivo de blocos de concreto aparente aplicado em escolas são pensados detalhadamente, em relação à orientação das salas de aula com objetivo de captar maior intensidade dos ventos, telhados maiores que proteja a estrutura contra elevadas temperaturas, transmitindo calor da laje para os ambientes. Para Givoni (1994, p. 72), “a escolha de materiais garante conforto, visando minimizar a demanda de energia necessária para resfriar o edifício”.

Para Frota e Schiffer (2003, p. 83):

Garantir condições térmicas satisfatórias no interior das edificações, é importante que o projetista tenha conhecimento do clima local para adequar o projeto da edificação ao clima. Desta forma, as sensações de desconforto impostas por climas muito rígidos (excessivo calor, frio ou ventos), podem ser amenizadas no ambiente construído. O conhecimento do clima local também irá propiciar ambientes que sejam, no mínimo, tão confortáveis como os espaços ao ar livre, em climas amenos.

Temperatura agradável em ambientes escolares se torna imprescindível para adquirir resultados satisfatórios nas práticas educacionais. Ambientes quentes, úmidos, com excesso ou insuficiência de luz podem ocasionar danos irreparáveis na saúde e educação dos que utilizam da instituição para estudo ou labor.

### ***2.3.3 Requisitos e critérios de desempenho acústico***

A acústica em instituições de ensino é um problema ainda a ser resolvido no Brasil. O desconforto acústico em ambientes escolares traz insatisfação e conflitos com as variáveis de conforto ambiental. O ensino aprendizagem relaciona-se com critérios acústicos. O ruído externo promovido pelo intenso tráfego de veículos, pessoas e aviação influencia em questões

emocionais, vida social do indivíduo e no processo de desenvolvimento de atividades de alunos dentro do ambiente escolar.

Os requisitos e critérios de desempenho acústico do sistema construtivo de alvenaria com blocos de concreto aparente, utilizados em prédios educacionais influenciam diretamente na forma e posicionamento no espaço urbano do edifício em atender as necessidades de alunos e professores em sala de aula. Reduzir quantidades de usuários minimiza os efeitos indesejáveis produzidos pelo ruído em classe facilitando a comunicação entre as partes. Righi (2013, p. 39) ressalta que é indispensável que:

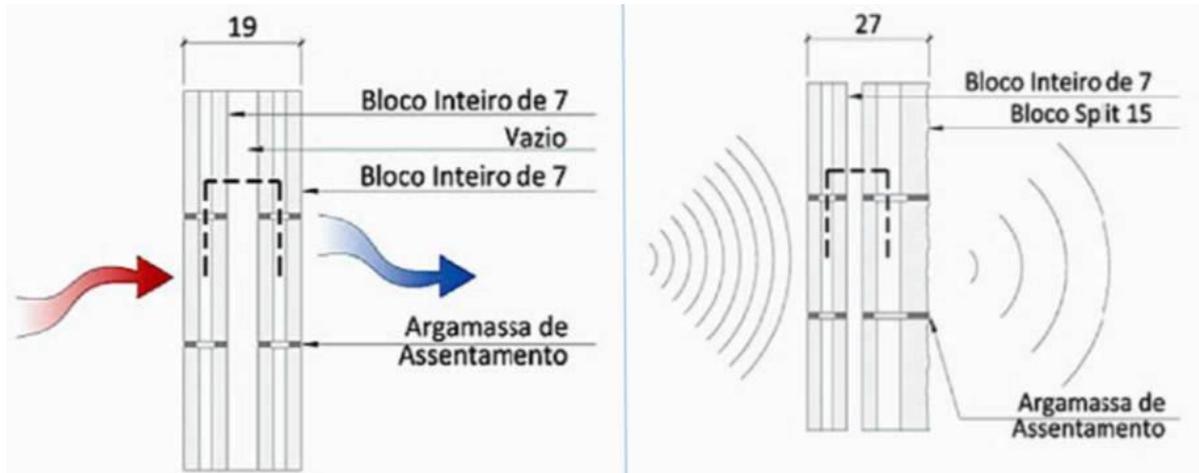
[...] em edifícios habitacionais, escolas, hospitais, espaços de lazer, entre outros, sejam verificados os limites de exposição ao ruído que serão submetidos nos respectivos locais, sendo necessário que, antes das construções, sejam efetuadas medições de dados.

Para Souza (2012, p. 80),

O ruído pode ser classificado quanto a sua origem e ao meio de propagação. Quando gerado dentro do ambiente decorrente das atividades desenvolvidas, é caracterizado como ruído de fundo, quando originado de atividades externas é denominado ruído intruso. Quanto ao meio de propagação, é classificado de duas maneiras: como ruído aéreo, caracterizado pela propagação do som através do ar, sendo transmitidos para o ambiente através de frestas, paredes, pisos e tetos; ou como ruído de impacto, cuja propagação decorre da vibração ou impacto sobre sólido.

O método de paredes duplas em instituição de ensino favorece a acústica do edifício, evitando ruídos provenientes do exterior da edificação, dando estabilidade e qualidade aos usuários como ilustra a Figura 4 abaixo:

**Figura 4 – Desempenho acústico em alvenaria aparente**



Fonte: Taul e Nesse (2010, p. 133).

A aplicação de paredes com bloco de concreto dupla em instituições de ensino melhora o condicionamento acústico dos ambientes, seja em áreas comuns, seja em áreas privativas da construção. A propagação do som pelo ar faz com que as paredes vibrem e o ar atravesse de um ambiente para outro reduzindo a transmissão de propagação do som para outros espaços.

Todo material apresenta capacidade própria de reduzir a intensidade sonora, quando aplicado entre a fonte e o receptor. Essa capacidade de isolar varia com a frequência dos sons. Por isso, a capacidade dos materiais de isolar os ruídos é indicada por um valor específico para algumas frequências definidas. Por outro lado, os materiais também apresentam capacidade de absorver o som. Essa capacidade de absorção é normalmente indicada pelo coeficiente de absorção e também apresenta variação em função da frequência do som incidente. (SOUZA, 2012, p. 82)

O desempenho acústico das paredes duplas contribui com ambientes adequados para o desenvolvimento da leitura e escrita. Espaços educativos é expressão de conhecimento e saber com qualidade vida, conforto e tecnologia. Edifícios escolares, com qualidade e tratamento acústico eficiente fornecem condições de comunicação verbal e audibilidade bloqueando sons indesejáveis que prejudicam a produção intelectual.

Righi (2013, p. 43) afirma que “É fundamental que o conforto acústico nas edificações seja pensado durante a fase de projeto da edificação para não tornar mais onerosa ou impossível a sua adequação às condições mínimas de conforto ambiental”.

### ***2.3.4 Requisitos e critérios de desempenho lumínico***

Ambientes educacionais necessitam de boa iluminação no campo interno e externo da edificação, para que contribua com o ensino aprendizagem dos alunos. A iluminação adequada em determinados ambientes facilita a produtividade de atividades e a sociabilização de informações no espaço.

Mascaró (2006, p. 15) afirma que: “A iluminação se define como eficiente quando reúne um conjunto de requisitos capaz de provocar nos seres humanos as mais diversas sensações de conforto, estimulação e segurança”.

Instituições de ensino no Brasil demandam certa qualidade de iluminação. O balanço da iluminação natural e artificial proporciona vantagens ao tipo de atividade realizada, estimulando alunos e professores ao desenvolvimento da produção intelectual. Para Lamberts, Dutra e Pereira (2014, p. 284):

Duas estratégias sistemáticas podem ser adotadas para reduzir o consumo por iluminação: o uso da luz natural e o emprego de sistemas mais eficientes de iluminação artificial. O ideal é que ambos os critérios sejam considerados em conjunto, trabalhando-se a iluminação com um sistema.

As instituições de ensino possuem um alto ganho térmico produzido por lâmpadas, equipamentos, componentes construtivos e pessoas que facilitam o processo de troca de calor com o meio. O desempenho térmico do edifício escolar com paredes de blocos de concreto enfatiza a necessidade de verificação das características climáticas de implantação da obra. Isto compreende reduzir ganhos de calor solar com o meio externo e interno através de recursos arquitetônicos que minimizam a propagação da luz natural até as salas de aula. Lamberts, Dutra e Pereira (2014, p. 284) afirmam:

A eficiência energética em iluminação inclui um bom projeto e equipamentos de qualidade empregados de uma maneira efetiva, proporcionando melhorias visuais no conforto e qualidade do ambiente. Um bom projeto de iluminação de qualidade e eficiente deve incluir: integração com luz natural; iluminação de tarefa; uso de sistemas de controle eficazes; tecnologias mais eficientes de iluminação.

Os projetos de iluminação centralizam informações em torno do usuário e do edifício, pois necessitam de luz de qualidade para desenvolver atividades. O bloco de concreto é a unidade mais utilizada no Brasil (RAMALHO; CORRÊA, 2003). Ele pode ser confeccionado em diversas geometrias e resistências à compressão. O planejamento de uma boa iluminação

não está relacionado somente ao processo de iluminação natural e artificial, porém leva em consideração a aplicação de cores na alvenaria que ajuda no desempenho lumínico de ambientes realçando as relações interpessoais entre alunos, professores e funcionários.

### ***2.3.5 Requisitos e critérios de desempenho de saúde, higiene e qualidade do ar do edifício***

As atividades envolvidas no gerenciamento do projeto, incluindo itens saúde, higiene e qualidade do ar necessitam de atenção significativa em muitas situações, pois os edifícios de modo geral apresentam proliferação de microrganismo, contaminação da água, poluição atmosféricas, ausência de odores e gases, ventilação natural entre outros.

Esses processos mencionados são avaliados mediante análise das etapas construtivas do projeto arquitetônico (estudo preliminar, anteprojeto e projeto executivo), no qual é necessário verificar a implantação do sistema construtivo em alvenaria de blocos de concreto considerando a volumetria e o dimensionamento dos blocos de concreto para hierarquizar o grau de exposição ou ação dos microrganismos que complementaram o desempenho da estrutura.

O desempenho do edifício e seus critérios e requisitos relacionados à qualidade do ar, saúde e higiene são importantes, pois, compreender índices satisfatórios e insatisfatórios do edifício, chegar a esses critérios de análise na obra se torna relevante, à alvenaria com blocos de concreto além de possuir um alto grau de tecnologia aplicado à edificação, estuda a tipologia dos materiais que serão empregados juntamente com a estrutura para reduzir o aparecimento de problemas referente à higienização dos ambientes, saúde e qualidade do ar e do edifício. Salvador Filho (2007, p. 43) reitera:

[...] algumas empresas estão desenvolvendo blocos para alvenaria, coloridos, estruturais de alto desempenho no que se refere à durabilidade e resistência mecânica, cujas alvenarias dispensam aplicação de chapisco, emboços, rebocos e pinturas para reduzir índices de microrganismos, etc., com “shafts” para tubulações de telefone, hidráulica, elétrica, gás, etc., permitindo a construção mediante colagem dos componentes da alvenaria, porém fabricados a partir de polímeros.

A estrutura física dos edifícios com blocos de concreto deve conter elementos que proporcione bom desempenho construtivo, facilitando sua execução e contribuindo para o processo de higienização e organização dos canteiros de obras. Pisos, ralos, paredes com blocos de concreto, divisórias, coberturas e forro, janelas, portas, estruturas ante pragas,

instalações sanitárias, iluminação, rede de ventilação e vestiários são itens considerados no processo de benefício para saúde dos usuários e o edifício.

Por sua vez, Salvador Filho (2007), compreende que a análise da alvenaria com blocos de concreto aparente em instituições de ensino evolui dentro do cenário da construção civil. Logo, reduzir os altos índices de microrganismo, patologias na estrutura do edifício amortiza os índices de proliferação de doenças por boa parte da edificação. A racionalização das etapas construtivas promover canteiros de obras limpos e estudos mais detalhados dos materiais, contribuindo com edifícios mais inteligentes e saudáveis.

### ***2.3.6 Requisitos e critérios de desempenho de funcionalidade da acessibilidade***

O direito a educação é parte de um conjunto de direitos sociais que tem como valor a igualdade entre as pessoas. O Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, estabelece critérios e requisitos para propagação da acessibilidade dos ambientes educacionais. Estabelece entre seus preceitos, dentre outros, a proposição de funcionalidade, segurança na elaboração dos espaços físicos, bem como mobiliário das instituições de ensino o qual visa incluir os usuários nas transformações sociais e nas inovações tecnológicas da construção civil através de sistemas construtivos racionais.

O método tradicional de projetar, de acordo com os estudos de Strapasson (2011, p. 22), “[...] pressupõe que as edificações não sofrerão alterações substanciais ao longo de sua vida útil, trazendo dificuldades em possíveis adaptações que possam vir a ocorrer em virtude das mudanças de necessidades dos usuários”.

Alvenaria com blocos de concreto aparente em unidades de ensino já no escopo do projeto visa desenvolver obras que permitem atender alunos, professores, funcionários, pais, tutores e comunidade local com serviços de qualidade em termos estruturais e de acessibilidade, seja com variáveis arquitetônicas inclusivas ou pedagógicas. Strapasson (2011, p. 22-23) afirma ainda que:

A capacidade de gerir os recursos destinados à construção de forma sustentável deve passar pela previsão de adaptações da edificação relacionada às mudanças de necessidades do usuário e/ou ao desenvolvimento de soluções de baixo custo que permitam a readequação de edificações existentes.

A racionalização do sistema construtivo de alvenaria com paredes de blocos de concreto em instituições de ensino vislumbra ganhos de produtividade e flexibilidade nos seus

espaços físicos conseguindo de certo modo agregar vantagens ao processo de acessibilidade dos usuários no interior da edificação. A modulação dos blocos compatibiliza os demais projetos em planejar e executar com sucesso instituições de ensino com alvenaria aparente em função da Arquitetura e do ajustamento desta às extensões modulares dos componentes.

Modular uma alvenaria é projetar utilizando-se de uma ‘unidade modular’, que é definida pelas medidas dos blocos, comprimento e espessura. Essas medidas podem ou não ser múltiplas uma das outras. Quando as medidas não são múltiplas, a modulação é ‘quebrada’ e para compensá-la precisamos lançar mão de elementos especiais [...] chamados de elementos compensadores da modulação. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, PR-2, *apud* SIQUEIRA *et al.*, 2007, p. 7)

A flexibilidade do sistema construtivo de alvenaria com blocos de concreto em definir qual parede será estrutural e qual terá a função de vedação é primordial, pois, os condicionantes de verificação de projeto de alvenaria possuem flexibilização de organização dos ambientes construídos. Definir modulações dos blocos de concreto no projeto em escolas é fundamental, pois se verifica a necessidade de projetar espaços ordenados e funcionais. Em contrapartida, a predefinição da modulação precisa ser pensada na fase de concepção do projeto, tendo em vista, que não poderá alterar esses processos na fase de execução.

O Decreto nº 5.296/2004, em seu art. 8º, I, assim dispõe:

Art. 8º. Para os fins de acessibilidade, considera-se:  
I - acessibilidade: condição para utilização, com segurança e autonomia, total ou assistida, dos espaços, mobiliários e equipamentos urbanos, das edificações, dos serviços de transporte e dos dispositivos, [...] por pessoa portadora de deficiência ou com mobilidade reduzida. [...]. (BRASIL, 2004)

O partido arquitetônico do edifício escolar com paredes de blocos de concreto busca equilibrar de forma precisa as necessidades dos usuários com a distribuição das paredes mais resistentes dando estabilidade, simetria e acessibilidade ao edifício.

### ***2.3.7 Requisitos e critérios de desempenho de conforto tátil e antropodinâmico***

O conjunto de projetos necessita estar interligado em linha contínua orientando construtores na execução de estabelecimentos de ensino, assim como no processo de funcionalidade dos ambientes, protegendo os usuários de possíveis rugosidades, contundências ou demais situações. Os projetos em alvenaria com blocos de concreto preocupam-se em apresentar, não somente os processos e etapas construtivas normativas

como há uma sensibilidade em promover a relação de detalhamento dos elementos de forma clara e sucinta, utilizando proporções de escalas maiores que consiste em harmonizar o interior e exterior da edificação escolar.

Para Thomaz e Helene (2000, p. 2), “Quanto ao atributo tátil e antropodinâmico: tamanho, textura, forma e massa do bloco influem no processo do edifício. Nem sempre o componente de menor tamanho repercutirá na menor produção do edifício”.

O conforto tátil e antropodinâmico em instituições de ensino são compreendidos do ponto de vista dos materiais a serem aplicados no edifício, materiais esses que podem provocar problemas ao longo de sua aplicação, pisos, elevadores, rampas que não instalados de forma coerente causam movimentos inadequados para o edifício e os usuários. A respectiva norma que trabalha processos táteis antropodinâmico ergonômico é a ABNT NBR 15575-2:2013, e ABNT NBR 15575-6:2013, bem como espaços destinados a usuários com deficiência e pessoas com mobilidade reduzidas (PMR), dispositivos de manobras, apoios, alças, e outros equipamentos que devem obedecer às prescrições definidas na ABNT NBR 9050:2015.

#### **2.4 Requisitos e critérios para desempenho do estabelecimento de ensino: sustentabilidade**

A proteção da estrutura torna os estabelecimentos de ensino duráveis e resistentes por boa parte do tempo. Todo processo de desenvolvimento de uma estrutura configura-se em parâmetros de conservação ao longo de sua vida útil.

O desempenho construtivo de edificações escolares com blocos de concreto possibilita processos de racionalização, manutenção e durabilidade positivas em termo de controle de execução, custo benefício, economia e manutenção.

Avaliar o desempenho de sustentabilidade em estabelecimento de ensino com alvenaria com blocos de concreto aparente é estabelecer etapas construtivas que garantem redução de gastos excessivos em materiais, diminuição de resíduos, empregabilidade de materiais regionais valorizando o aspecto de identidade do edifício com entorno.

A incorporação do processo de racionalização da alvenaria com blocos de concreto aparente em ambientes escolares contempla informações estéticas e parâmetros técnicos que insere a construção de alvenaria com blocos de concreto no cenário voltado para as questões ambientais e de desempenho do edifício inserido no contexto urbano.

### 2.4.1 Requisitos e critérios de desempenho de durabilidade/manutenibilidade

A vida útil do projeto com blocos de concreto condiciona-se ao processo de qualidade dos materiais e seus componentes, desenvolvidos com objetivo de reduzir parâmetros desfavoráveis, que induz deformações volumétricas, deslocamentos, fissurações e falhas no revestimento onde a inserção de tecnologias envolvidas na alvenaria com blocos de concreto condiciona aspectos de flexibilidade que traz resultados diretos no desempenho de edificações escolares.

Lützkendorf *et al.* (2005) afirmam que esses resultados se relacionam com o processo de facilidade da alvenaria com blocos de concreto em adaptar-se ao uso e manutenção com capacidade de carga, resistência estrutural às intempéries, transmissão de ruído, isolamento térmico e aumento da vida útil, conforme mostra o Quadro 2, a seguir:

**Quadro 2 – Alvenaria com blocos de concreto e sua racionalização**

<b>SISTEMA INDUSTRIALIZADO DE BLOCOS DE CONCRETO (DURABILIDADE E MANUTENIBILIDADE)</b>
<b>MAIOR NÚMERO DE MODELOS E MODULAÇÕES NO PROJETO SEM NECESSIDADE DE CORTES DE PEÇAS</b>
<b>PADRONIZAÇÃO DIMENSIONAL COM POSSIBILIDADE DE RACIONALIZAÇÃO DA OBRA COM MELHOR PREVISÃO DE CUSTOS</b>
<b>MAIOR TEMPO DE VIDA ÚTIL DEVIDO A LONGA DURABILIDADE DO CONCRETO</b>
<b>DESEMPENHO FRENTE ÀS DEFORMAÇÕES DAS ESTRUTURAS ATINGINDO RESISTÊNCIAS DE 25 MPa</b>
<b>PADRONIZAÇÃO E PRECISÃO DIMENSIONAL PROPORCIONANDO REDUÇÃO DE ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO E REVESTIMENTO</b>
<b>ECONOMIA DE TEMPO E DE FÔRMAS/ ELIMINAÇÃO DE ETAPAS DE MOLDAGEM DE PILARES E VIGAS</b>
<b>UTILIZAÇÃO DA ALVENARIA APARENTE, SEM A NECESSIDADE DE REVESTIMENTO</b>
<b>PROCESSO NORMATIVO (RESISTÊNCIA E PADRÃO DIMENSIONAL)</b>

Fonte: Autora (2016).

Os critérios de vida útil da qualidade do processo da alvenaria com blocos de concreto baseiam-se na capacidade funcional de todos os elementos presentes na estrutura, inclui

estética, funcionalidade dos espaços e entorno. Os blocos de concreto aplicados com revestimentos e determinadas pinturas são pontos vulneráveis a tipos de patologias.

As unidades de ensino carecem de proteção intensa em suas paredes, devido às mesmas estarem sob constante exposição ao sol determinando processos de resfriamento e aquecimentos o que leva a frequentes patologias.

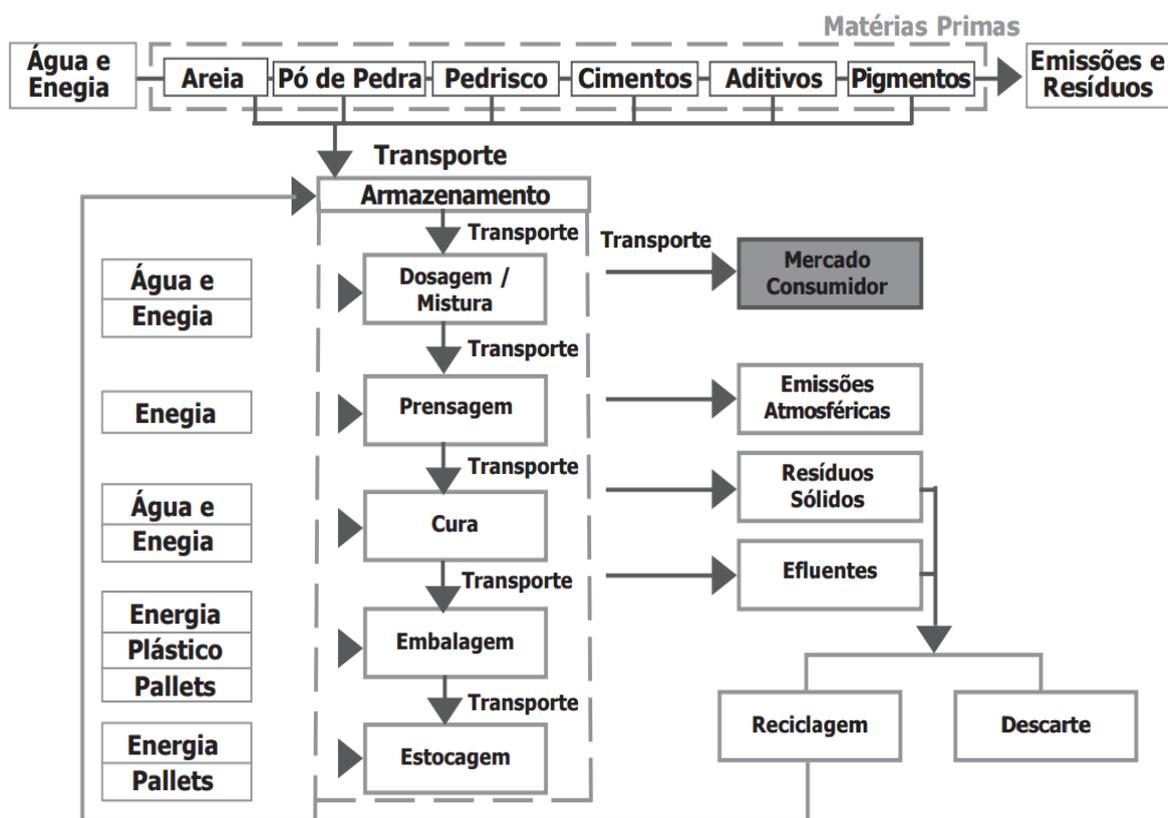
A durabilidade e manutenibilidade do sistema construtivo de alvenaria com bloco de concreto em escolas empregam mecanismos de conservação (manutenções corretivas e preventivas), protegendo a edificação de manifestações indevidas, impedindo que as falhas progridam rapidamente.

#### ***2.4.2 Requisitos e critérios de desempenho ambiental***

O número de obras na construção civil cresceu nos últimos anos e consequência desse processo houve aumento na geração de impactos ambientais. Com objetivo de reduzir o consumo de matérias primas que se perdem durante as etapas construtivas, a reutilização de materiais que ficam dispersos na obra sem nenhum tipo de função são empregados nos canteiros de obras e no seu entorno como alternativas de redução de resíduos e custos.

Contudo, a indústria da construção civil, nos últimos anos vê desenvolvendo métodos de planejamento de indicadores de desempenho ambiental e gestão, para dar um destino final correto aos materiais, através da utilização de sistemas construtivos racionais, no qual a um aumento da produtividade, competitividade entre os setores construtivos e sustentabilidade ambiental nas obras. Como mostra Figura 5:

Figura 5 – Fluxos de entrada e saída na produção de blocos de concreto



Fonte: Silva (2014, p. 36).

Marques Neto (2005, p. 26) descreve que os sistemas construtivos e em geral a construção civil são considerados como uma atividade econômica de efeitos nocivos ao meio ambiente, pois, segundo o autor, contribuem para o esgotamento dos recursos naturais onde nem sempre os resíduos são reaproveitados ou descartados adequadamente.

Os materiais empregados no sistema de alvenaria com blocos de concreto possuem perdas consideráveis na construção civil, o que também ocasiona impactos ambientais para o empreendimento e entorno da edificação.

Conforme Taul (2013, *online*):

A grande vantagem da alvenaria estrutural, especialmente com blocos de concreto, é que se trata de um sistema sustentável, pois quase não há resíduos. Na obra mesmo que alguns blocos quebrem, o que é menos de 2%, eles podem ser utilizados para compactação no piso térreo, para fazer um lastro de concreto. Nunca nada é perdido.

De acordo com o processo de reciclagem do bloco de concreto torna-se relevante para os empreiteiros criar um sistema integrado de gestão e gerenciamento de resíduos nos canteiros de obras como forma de reduzir a geração e reutilizar esses elementos ou sua

composição final como reciclagem. De modo que os blocos de concreto sejam cem por cento reaproveitados ou reutilizados, como agregados recicláveis conforme ABNT NBR 15116:2004 – Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil.

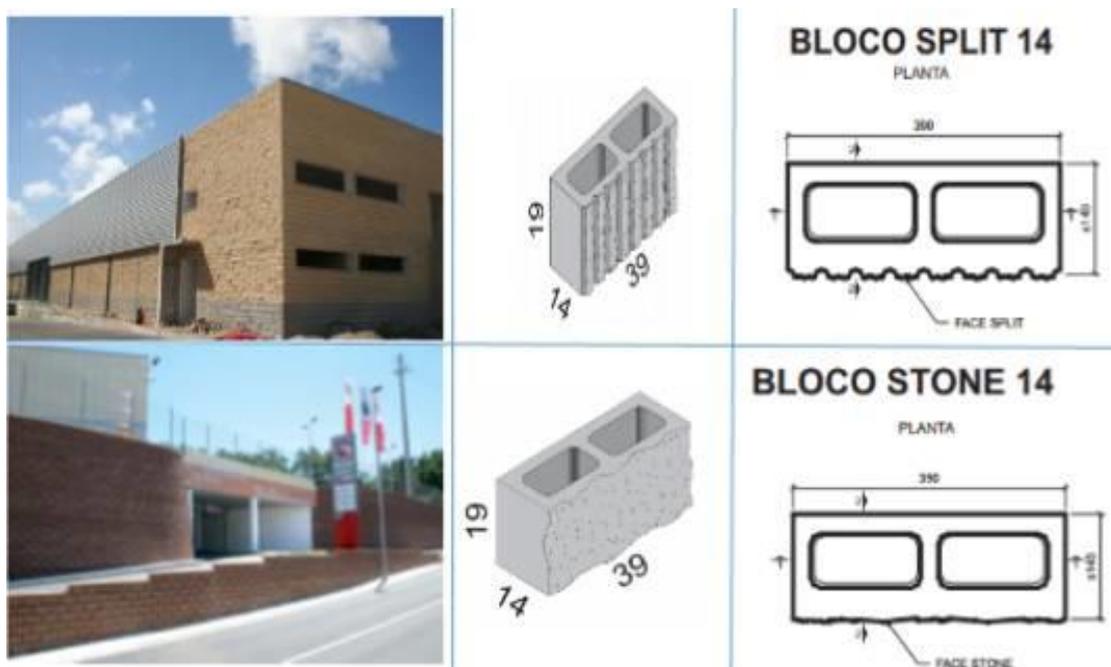
## **2.5 Componentes e elementos para construção em alvenaria com bloco de concreto aparente e seu desempenho**

Os blocos de concreto estrutural possuem diversas formas e modelos empregados na construção civil. Dentre eles destacam-se os blocos de concreto, blocos decorativos como *Stone* e *Split*, ideais para acabamentos de fachadas e muros de contenção, variando de cores e acrescentando rentabilidade e eficiência aos projetos, pois, com a aplicação dos mesmos não há necessidade de acabamentos (pinturas, texturas e revestimentos) em projetos de alvenaria com blocos de concreto. Prioriza-se o rústico ou o suave com função de harmonizar fachadas, criando movimento das edificações de acordo com seus partidos.

### ***2.5.1 Tipos de blocos e classificação***

Rentabilidade, economia e criatividade com o uso dos blocos decorativos permite instituir maneiras diversas de aplicação dos blocos, seja em grandes obras de infraestrutura, seja em prédios públicos privados. Edifícios escolares com alvenaria de blocos de concreto utilizam-se desse processo como forma de reduzir custos e valorizar a estética, design do produto final, diminuindo manutenções e custos periódicos. A Figura 6, a seguir, mostra a aplicação dos blocos decorativos:

**Figura 6 – Blocos arquitetônicos decorativos**



Fonte: Adaptada de SPRAL (2016, *online*) e CONSTRUTENS (2016, *online*).

Os blocos de concreto, mais empregados no mercado construtivo, dependem do tipo de agregado que será utilizado em sua composição para realizar o processo de diferenciação dos mesmos, visto que, as formas modulares variáveis dos blocos supracitados, atendem os requisitos e critérios de aplicabilidade e manuseio.

Segundo a Texas Masonry Council (2010, p. 13), “por causa de sua durabilidade, baixa necessidade de manutenção, flexibilidade, a alvenaria estrutural tem sido uma forte opção para construção de escolas por centenas de anos”.

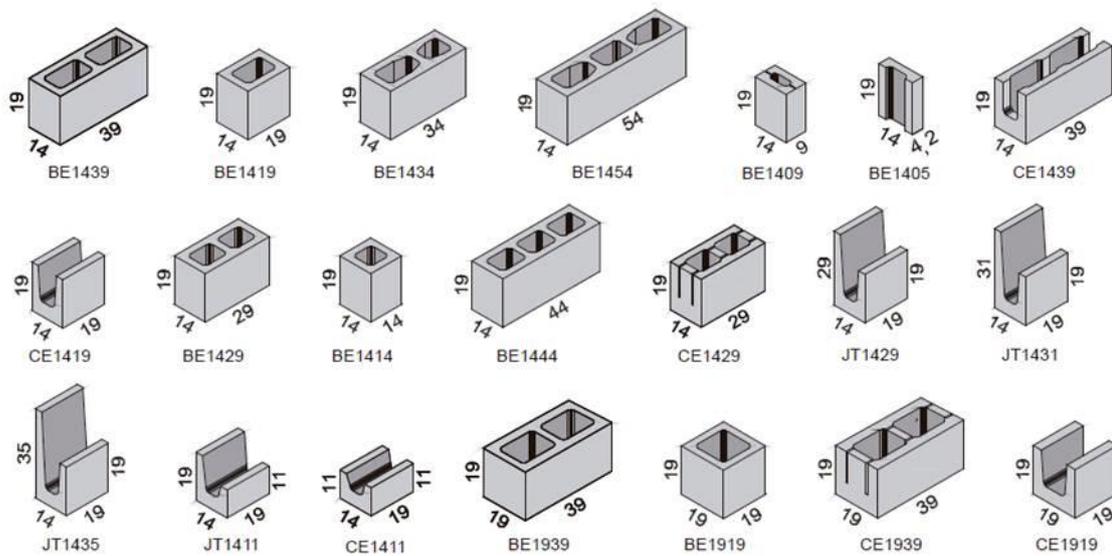
Sabbatini (1998) ensina que é necessário nas etapas da construção civil otimizar o uso dos recursos materiais, tecnológicos, laborais e econômicos disponíveis nos canteiros de obras visando reduzir os índices de materiais que se encontram em grandes quantidades desperdiçadas no setor construtivo.

Sempre que se deseja iniciar a modulação de uma planta baixa, se faz necessária a definição de alguns parâmetros. O primeiro e mais importante deles é o tipo de bloco que será utilizado no empreendimento, bem como a largura de cada um dos blocos. A Figura 7, a seguir, mostra as dimensões dos blocos:

**Figura 7 – Catálogo de blocos**

BLOCO ESTRUTURAL

-  $4,5\text{MPa} \leq f_{bk} \leq 16,0\text{MPa}$



Fonte: ABNT (2014).

Definir a unidade modular é o ponto de partida. Usualmente, utilizam-se duas famílias de blocos: a família 29 e a família 39. A família é composta de três elementos básicos: o Bloco 29 (14x19x29 cm), o bloco 14 (14x19x19 cm) e o bloco (14x19x44 cm).

### **2.5.2 Características dos materiais e componentes: desempenho do bloco de concreto**

A alvenaria com blocos de concreto é utilizada intensamente em prédios institucionais em boa parte do mundo. A resistência à compressão mínima exigida pela norma está entre 4,5 MPa e 16 MPa, enquanto que a resistência superior passa a ser definida de acordo com as análises experimentais para se obter blocos mais densos.

Os blocos de concreto têm como objetivo oferecer economia e qualidade às edificações, incluindo dentro desses parâmetros prédios educacionais. Dimensões, formas adequadas, bom acabamento, resistência, boa aparência visual, são elementos constituintes da qualidade do bloco, bem como parâmetros e limites estabelecidos em normas técnicas apropriadas. As normas voltadas para qualidade dos materiais e ao sistema construtivo de alvenaria com blocos de concreto são as seguintes:

- NBR 6136:2014: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria-requisitos;
- NBR 12118:2013: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural-métodos de ensaio;

- NBR 14322:1999: Paredes de alvenaria estrutural-verificação da resistência a flexão simples ou flexão-compressão;
- NBR 15873:2010: Coordenação modular para edificações;
- NBR 15961-1:2011: Alvenaria estrutural- blocos de concreto-parte 1: projeto;
- NBR 15961-2:2011: Alvenaria estrutural-blocos de concreto-parte 2: execução e controle de obras.

As características da alvenaria com blocos de concreto passam por requisitos normativos decisivos para análise dos indicadores de qualidade dos projetos a serem elaborados, desenvolvidos e executados. As edificações com alvenaria em blocos de concreto satisfazem boa parte de suas obras com exigências normativas, como por exemplo:

- Estabilidade mecânica;
- Durabilidade em função da exposição à chuva;
- Isolamento térmico;
- Isolamento acústico;
- Resistência ao fogo, com ressalva, considerada apenas uma das faces dos blocos de concreto como incombustíveis, bem como as paredes que garantirão durante bom período de tempo as funções de estabilidade ao fogo, corta chamas e corta fogo.

Instituições de ensino com paredes com blocos aparentes necessita ser produzida com argamassa de assentamento adequada para buscar o desempenho de estanqueidade. A aplicação de blocos com argamassa condiciona a empregabilidade de elementos impermeabilizantes e coloridos para desenvolver métodos de proteção e adequação estéticas aos ambientes construídos.

### ***2.5.3 Requisitos indicadores de especificações dos blocos estruturais***

Todo sistema construtivo de alvenaria com blocos de concreto contempla análises de resistência dos blocos e demais situações pertinentes ao processo construtivo estrutural aparente. A resistência à compressão da alvenaria com blocos de concreto aparente depende de critérios minuciosos de dosagem e participação direta do bloco, assim como seu índice de absorção.

O processo de cura dos blocos é fator determinante na resistência à compressão do mesmo, a qual deve ser avaliada aos 28 dias. Com isso, a resistência dos blocos está

diretamente relacionada a fatores como: características dos componentes e das juntas, aderência do conjunto, esbeltez da parede, ligação entre paredes, entre outros.

Portanto, torna-se necessário encontrar o ponto de equilíbrio entre os blocos de concreto. O objetivo é garantir o equilíbrio entre o mesmo utilizando argamassa de assentamento como forma de impermeabilizar e dar estanqueidade a estrutura. O processo de permeabilidade e estanqueidade dos blocos de concreto passa por rigorosa análise de sapiências laboratoriais, considerando o tempo para o aparecimento de manchas nos protótipos e áreas expostas à água. A Figura 8 mostra os estudos realizados por Faria (2011):

**Figura 8 – Teste laboratorial de permeabilidade e estanqueidade em paredes com blocos de concreto**



Fonte: Adaptada de Faria (2011, p. 122).

Os blocos precisam ser um conjunto, sem imperfeições, ou seja, sem trincas e fissuras que venham a prejudicar o processo de estanqueidade, durabilidade e resistência. De acordo com estudo acima e com o Quadro 3 o teste é realizado e monitorado em três momentos.

**Quadro 3 – Critério para considerar uma parede estanque**

<b>1 – Tempo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Primeira mancha na face posterior da parede deve ser superior a 3 horas;</li> </ul>
<b>2 – Área Exposta a estanqueidade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Segunda mancha visualizada;</li> <li>• Intervalo de tempo de 5 horas após o início do ensaio;</li> <li>• Área exposta inferior a 5% da área exposta à água;</li> </ul>
<b>3 – Área Exposta a estanqueidade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terceira mancha visualizada;</li> <li>• 7 horas após o início do ensaio devendo ser inferior a 7% da área exposta à água.</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Faria (2011, p. 122).

Consoantes avaliações demonstram que edifícios com blocos de concreto com alvenaria são planejados para evitar determinadas situações que venham acarretar perda de habitabilidade do edifício. Umidade, exposição às intemperes, permeabilidade são em muitos casos provocados pela deterioração da estrutura e conseqüentemente não habitação dos edifícios por falta de segurança, higiene e saúde.

Solucionar esse processo de estanqueidade na alvenaria com paredes de blocos de concreto aparente requer verificar a área de abrangência de penetração da água da chuva e analisar o tempo requerido de exposição da parede para aplicar resina impermeabilizante para proteger o edifício contra a formação de umidade perceptível.

## 2.6 Construções em alvenaria aparente

A alvenaria aparente edificada com blocos de concreto pode ser constituída de blocos com acabamento que podem ser aplicados sem revestimento e empregada no cotidiano dos grandes centros urbanos da Europa, Américas, África, Ásia, dentre outros com função de atender a construção de residências, creches, escolas, galpões industriais, igrejas, muro de arrimos, piscinas, dentre outros.

Segundo Silva (1995, p. 23), “O bloco de concreto aparente é o meio mais econômico de fabricar estruturas de concreto devido ao baixo custo inicial e o reduzido custo de manutenção ao longo da vida útil”.

A metodologia para o desenvolvimento e execução da alvenaria com blocos de concreto aparentes em escolas deve passar por uma análise profissional, no qual arquitetos, engenheiros, projetistas e empreendedores planejam de forma compreensível os detalhes das etapas do projeto.

Segundo Tauil (2013, *online*), o ciclo de manutenção dos edifícios de alvenaria com blocos aparentes:

[...] é muito simples, ele tem uma durabilidade muito grande. Há alguns edifícios com mais de 30, 40 anos, que foram construídos com bloco aparente e pintura externa em látex acrílico. As paredes de fachada começaram a apresentar infiltração de água de chuva pelas juntas, mas sem causar dano estrutural, e então receberam uma camada de revestimento, ou uma pintura mais adequada. Exemplo muito conhecido é o Central Park Lapa [condomínio na zona Oeste de São Paulo], com fachadas em bloco aparente pintado, que depois de 30 anos recebeu revestimento porque as pinturas no bloco não conseguiram mais resolver a infiltração.

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), com a comparação de ser um sistema bastante eficiente, onde se elimina etapas da obra referentes a pilares e vigas, consegue-se um canteiro mais limpo, têm-se os padrões de resistência desejados, motivando sua escolha por diversas construtoras. Lourenço (2002, p. 81) afirma a seguinte consideração:

De forma a tornar a alvenaria resistente competitiva nos países desenvolvidos, ela deverá ser encarada não apenas como material estrutural, mas como solução construtiva que contempla os aspectos estruturais, estéticos, acústicos, térmicos, de resistência ao fogo e a impermeabilização. A consideração simultânea dos aspectos estruturais, construtivos e estéticos implica interação efetiva entre dono da obra, arquiteto e engenheiro [...].

Sabe-se, portanto, que o Estado de São Paulo iniciou os primeiros trabalhos com alvenaria com blocos de concreto aparente a partir da década de 60, bem como várias empresas produtoras de blocos de concreto passaram a investir nesse novo preceito tecnológico com garantia de desenvolvimento. Machado (1999, p. 87) afirma:

Que a alvenaria estrutural apresenta-se em franco crescimento, havendo, atualmente, inúmeras pesquisas realizadas, grandes investimentos por parte das indústrias para a produção de componentes (blocos, argamassas, ferramentas, etc.) e construtoras apostando no sistema. Porém, para evitar experiências negativas e ampliar definitivamente setores do mercado ainda resistentes a sua utilização, é de vital importância o preparo de profissionais que alguma forma estão envolvidos no processo de implantação e operacionalização do sistema.

Esse método conseguiu desenvolver a racionalização da construção civil compatibilizando as demais técnicas de instalações, caixilharia, estrutura, vedações, buscando uma produção altamente industrializada, promovendo redução de custos consideráveis na edificação como a diminuição de armaduras e fôrmas, minimizando a produção excessiva de entulho. Conforme salienta John (2000, p. 57):

A cadeia produtiva da construção civil apresenta impactos ambientais em todas as etapas do seu processo: extração de matérias-primas, produção de materiais, construção, uso e demolição. Qualquer sociedade seriamente preocupada com esta questão deve colocar o aperfeiçoamento da construção civil como prioridade.

Um sistema construtivo no qual apresenta-se com diversas obras por boa parte do país com bons desempenhos de qualidade, durabilidade, segurança em seus empreendimentos, ainda é visto com desconfiança por profissionais da construção civil em função de alguns aspectos direcionados à mão de obra desqualificada, ao desenvolvimento de projetos que

podem ser modificados em plantas porém, quando executados, não podem ser modificados por se tratar de um sistema de alvenaria elaborada em um sistema modular.

A aplicação da alvenaria e estrutura ao mesmo tempo, de modo a obter uma redução de 100% de “Fôrmas”, diminuição de aço e consequentemente redução do prazo de execução da obra é ilustrada na Figura 9:

**Figura 9 – Exemplo de alvenaria com blocos de concreto**

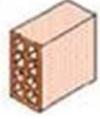
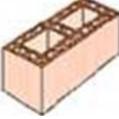


Fonte: Bricka (2016, *online*).

A figura acima apresenta uma redução de desperdícios de materiais e um processo rápido e econômico. Segundo Tauil (2009, *online*), “alvenaria estrutural em blocos de concreto permite reduzir o custo das obras em até 30% (em torres de 4 pavimentos) e 15% (em torres com 20 pavimentos)”. Ou seja, há um aumento da produtividade e redução de impactos ambientais, uma vez que se trata de um sistema racional com qualidade, durabilidade e bom isolamento térmico.

A Tabela 5, a seguir, apresenta a resistência térmica dos blocos de concreto em relação à largura e a massa. Para efeito do estudo, consideram-se os blocos de concreto adequados para as zonas bioclimáticas 03, 05 e 08, pois as mesmas apresentam diretrizes específicas a serem consideradas no projeto de alvenaria com blocos de concreto, ou seja, paredes leves e refletoras que influenciará na qualidade do ambiente construído.

**Tabela 5 – Características de resistência térmica de paredes de blocos vazados**

Tipo de bloco	Largura do bloco (cm)	Características da parede		
		Largura (cm)	Massa (kg/m <sup>2</sup> )	Resistência Térmica (m <sup>2</sup> .°C/W)
	9	9	90	*
		12	130	0,22
	14	17	ISSO	0,30
	9		130	*
		12	170	0,11
	14	17	215	*
	14	14	120	0,31
		17	160	*
	14	14	175	0,16
		17	215	*

Fonte: Thomaz e Helene (2000, p. 77).

Paredes de blocos de concreto com 14 cm de espessura com ou sem revestimento de acordo com a ABNT NBR 15575-3:2013 considera que para alcançar o conforto térmico do usuário é necessário estudar minuciosamente o zoneamento bioclimáticas das regiões brasileiras assim com suas diretrizes construtivas.

São recomendadas, compreendendo dimensões, proteções das aberturas, vedações externas e as estratégias de condicionamento térmico para garantir o desempenho satisfatório do edifício que utiliza a alvenaria com blocos de concreto. A linguagem do projeto passa a ser única do início ao fim e consoante Helena Júnior (2012, p. 12) devem ainda “[...] gerenciar e compatibilizar as interferências existentes entre diferentes projetos, promover a comunicação entre os participantes do projeto e coordenar as soluções de projeto da empresa, garantindo, assim, um projeto final de qualidade”. A importância da coordenação dos projetos se compreende pela necessidade de parear as informações, verificando as respectivas limitações dos projetos.

### **2.6.1 Aplicações de alvenaria com blocos de concreto aparente internacional**

Utilizada intensamente em prédios institucionais nos Estados Unidos, a alvenaria aparente com blocos de concreto desenvolvida de forma rápida, é utilizada em edificações escolares com a mesma intensidade de níveis de precisão, execução e controle similares às aplicadas nas estruturas de aço e concreto. Segundo a Prontomix (2013, *online*), “É comum a

utilização de blocos coloridos e com textura (como o bloco *Stone*), utilizados à vista para compor a fachada da edificação, sem a necessidade de reboco e pintura”.

Os acréscimos dessas novas tendências de construir fornecem mecanismo de proporcionalidade de desempenho econômico, competitivo, versátil e de fácil industrialização. Enfatiza-se que a empregabilidade de blocos aparentes em estabelecimentos de ensino promove índices de flexibilidade, conforto, velocidade de construção, mão de obra qualificada, manutenções adequadas ao ambiente utilizado e a enfática e de extrema importância relação com o entorno e estética do partido arquitetônico.

Com o processo de desaceleração da economia norte-americana em meados de 2008, buscou-se trabalhar projetos com melhor custo benefício, racionalizando etapas construtivas e beneficiando os espaços físicos e seu entorno. Os edifícios escolares desse país são construídos para durar centenas de anos, pois a utilização da alvenaria com de concreto nessas obras permite estruturas resistentes na forma de desenvolver projetos de instituições de ensino, habitações de interesse social, empreendimentos comerciais, dentre outros.

A disposição dos ambientes face às suas funções e usos não é feita ao acaso, mas visa ordenar e organizar espaços, sem limitá-los ou engessá-los em uma rigidez formal afinal, toda obra está inserida em um contexto mais amplo e dinâmico, devendo ser adaptável às diferentes circunstâncias e realidades sócio-culturais e, no caso dos prédios escolares, esse dinamismo é ainda maior. (DANIEL; CAPELO, 2009, p. 5)

Os sistemas construtivos adotados nos Estados Unidos e Continente Europeu apresentam divergências em relação aos procedimentos construtivos brasileiros, visto que, as obras nesses países são em muitas oportunidades construídas com alvenaria de blocos de concreto aparentes ou revestidos, no sentido de atender a otimização dos recursos materiais, humanos, energéticos, temporais, e estéticos, favorecendo assim a produtividade do setor.

As escolas elaboradas com procedimentos de alvenaria com blocos de concreto possuem ciclo de vida longo pelo fato de não haver manutenções a curto e médio prazo, como custo de lavagem e repintura. Esses processos são fundamentais para a arquitetura escolar, visto que, há uma conservação do edifício para desenvolver as atividades pertinentes ao ensino aprendizagem. Souza (1998, p. 123) afirma que,

[...] o edifício escolar torna-se portador de uma identificação arquitetônica que o diferencia dos demais edifícios públicos e civis ao mesmo tempo em que o identifica como espaço próprio-lugar específico para as atividades de ensino e do trabalho docente.

Dentro desse contexto que as arquiteturas escolares da Europa e Estados Unidos se destacam, por atender as necessidades dos usuários lhe proporcionando condições de conforto, salubridade, segurança, estética e sustentabilidade, extraindo a importância do ambiente escolar, do meio físico, da estrutura onde acontece o ensino e onde o aluno passa boa parte de seu tempo. Os edifícios contemporâneos voltados para educação de qualidade nesses países são envolvidos e protegidos com padrão rígido e repetitivo conservando as identidades dos locais de origem.

De acordo com Charleson (2009, p. 21), ainda que “estruturas *high-tech* ou de grande impacto visual” já tenham sido interpretadas como expressões de ideais de progresso tecnológico “[...] blocos de concreto expressam o papel da escola no desenvolvimento e amparo da criatividade”.

A “Texas Masonry Council”, renomada revista americana do ramo construtivo de instituições de ensino, publicou, em agosto de 2010, o texto “Masonry vs. Tilt-up in Texas School Construction”, onde informou que a alvenaria com blocos de concreto na engenharia pode trazer grande força física e econômica para qualquer estrutura, especialmente, com tijolo e parede de alvenaria com bloco de concreto, desmistificando assim os muitos mitos e preconceitos acerca da utilização desse sistema construtivo em instituições de ensino. Vale ressaltar que as edificações escolares internacionais são projetadas no sentido de atender as demandas de seus usuários e público externo com qualidade do ambiente e métodos de aplicação de alvenaria aparente funcionais, conforme exemplifica a Figura 10.

**Figura 10 – Escola americana em alvenaria com blocos de concreto aparente no Texas**



Fonte: Adaptada de Texas Masonry Council (2010, p. 3 e 7).

Acrescentou ainda que, uma instituição de ensino pode ser peça chave de um bairro, bem como, determinar a vinda de futuros moradores do entorno que irão habitar esses espaços. Isso pode ter um efeito positivo sobre os valores das moradias e as receitas fiscais necessárias para monetariar/investir em escolas e governo local, proporcionando assim uma visão futura de planejamento e estruturação das áreas que receberão esses projetos institucionais escolares.

A utilização da alvenaria com blocos de concreto aparentes nos Estados Unidos é garantia de sucesso, pois, a grande empregabilidade desse sistema construtivo, no Texas, Califórnia, Arizona, dentre outros, é reflexo de um procedimento satisfatório nos projetos de estabelecimento de ensino. Todavia, escolas de Ensino Fundamental e Ensino Médio constituem em um modelo para demais construções, no sentido de exigir projetos com alto desempenho para melhorar o ambiente de aprendizagem, uma vez que as instalações físicas da escola possuem grande impacto sobre seus ocupantes.

A arquitetura, mais do que abrigar variadas funções da atividade humana, é suporte de conteúdo simples. Através de suas formas os edifícios caracterizam-se como símbolos destas mesmas funções. É por isso que ao longo da história aprendeu-se decodificar a imagem da igreja, da mesquita, do prédio dos correios, da agência bancária, do mercado e da escola, entre tantas outras tipologias arquitetônicas que se foram consolidando. (WOLFF, 1996, p. 105)

Camacho (2006) afirma que os desenvolvimentos de pesquisas na área evoluíram com o intuito de converter sistemas construtivos tradicionais em processos alternativos dentro da construção civil, estabelecendo um novo processo de curiosidade e expectativas em relação a tais pesquisas, de modo que a busca seria sempre para a melhoria das construções e em prol do desenvolvimento.

O sistema em alvenaria com blocos de concreto surgiu para competir com os sistemas tradicionais de construção no sentido de flexibilizar o tempo e combinar vantagens com alto nível de eficiência, com objetivo de entregar o funcional, durável e muito atraente edifício educacional dentro de um cronograma de construção.

Com o advento do aço e do concreto armado no início do Século XX, uma revolução veio abalar a arte de construir. Juntamente com os novos materiais, que possibilitaram a construção de obras de maior porte e arrojo, também novas técnicas construtivas com embasamento científico que se desenvolveram rapidamente. Em meio a isso, a alvenaria foi relegada a um segundo plano passando, a ser usada quase que exclusivamente como elemento de fechamento. Em meados do Século XX, com a necessidade do mercado em busca de novas técnicas alternativas de construção, a alvenaria foi, por si dizer, redescoberta. A partir daí um grande número de pesquisas foram desenvolvidas em muitos países, permitindo que fossem criadas normas, e

adotados critérios de cálculo baseados em métodos racionalizados. Na Europa, e Estados Unidos a evolução das pesquisas em alvenaria estrutural tem permitido que sejam elaboradas normas modernas, contendo recomendações para o projeto e execução dessas obras, fazendo com que se tornem competitivas com as demais técnicas existentes. (CAMACHO, 2006, p. 5)

As construções escolares Americanas e Europeias aperfeiçoaram-se a partir de 1976 a 1978 com o advento do primeiro código americano de alvenaria com blocos de concreto (*Recommended Building Code Requirements For Engineered Brick Masonry*), bem como a norma inglesa (BS-5628 e ENV1996-11: *Design of Masonry Structures*), que trabalham o método semiprobabilístico sem admitir tensões.

Assim os edifícios escolares são executados com fundamentação e referencial de normas padronizadas que introduzem novas metodologias de empregabilidade dos sistemas construtivos, baseado na alvenaria de blocos de concreto com projetos modulares racionalizados, que preconiza a análises de estabilidade, resistência, estanqueidade, segurança, boa resistência ao fogo.

Para Parsekian e Soares (2010), em conjunto com a argamassa, os blocos também são decisivos para a resistência ao cisalhamento e à tração, assim como para a durabilidade da obra. Suas propriedades mais importantes são compreender e verificar o processo de resistência à compressão, estabilidade e precisão dimensional, vedação, absorção de água, isolamento térmico e acústico e modulação.

Todavia, ainda para os autores, empreendimentos com paredes de blocos de concreto são utilizados e empregados em diversos setores da construção civil, seja no lazer, no esporte, na educação, com resultados positivos no cenário, em especial nos aspectos econômicos.

### ***2.6.2 Aplicação de alvenaria com bloco de concreto aparente em instituições de ensino no Brasil***

Os blocos de concreto com função estrutural são responsáveis por suportar toda estrutura das diversas edificações, inclusive de escolas e universidades. Na década de 1970, o sistema construtivo ganhou destaque no Brasil, quando foram construídos os primeiros prédios com essa tecnologia, por conta do seu grande potencial de redução de custos e das vantagens econômicas em relação aos sistemas convencionais. Os avanços tecnológicos e o custo competitivo têm possibilitado o uso deste sistema no Brasil.

Os projetos para instituições de ensino em sua grande maioria são elaborados de modo ainda tradicionais, o que já não atende os anseios de uma sociedade que busca através de

parâmetros sustentáveis reduzir custos e trabalhar qualidade ambiental dentro dos canteiros de obras (CAMACHO, 2006). Uma análise mais profunda a respeito do advento das novas tecnologias da alvenaria com blocos de concreto está relacionada ao bom desempenho do edifício.

A alvenaria aparente que emergiu no cenário nacional na década de 60, não alcançou o êxito esperado pelos seus adeptos. Pouco estudada e conhecida até então, era de certo modo até mesmo discriminada por projetistas e profissionais da construção civil. No entanto, com recentes estudos e aplicações do método estudado em obras recentes, a alvenaria aparente desenvolveu nos últimos anos melhorias na indústria da construção com eficácia e qualidade nas edificações.

Atualmente, as construções possuem tempo de vida útil reduzido, além de outros fatores que são considerados obsoletos por grande parte de pesquisadores da área. Para Roman, Mutti e Araújo (1999, p. 37):

As edificações com alvenaria estrutural com blocos de concreto tendem a apresentar menor custo que edifícios feitos com estrutura em concreto convencional, em função de fatores como racionalização e modulação, ganho na produtividade da mão de obra uma vez que o mesmo bloco é utilizado na produção de estruturas e vedações. Em contrapartida, as construções atuais apresentam poucos meios de rentabilidade e maior produção de resíduos para o meio ambiente fatores esses responsáveis pela obsolescência de edificações.

A empregabilidade de sistemas construtivos tradicionais ainda se sobressai sobre demais procedimentos, devido à falta de conhecimento e pesquisa sobre os demais sistemas hoje apontados como mais produtivos. Reboredo (2013, p. 25) afirma que:

[...] até a década de 50 eram utilizados métodos empíricos para se construir o que ele chama de estruturas de alvenaria. A alvenaria estrutural como disciplina da engenharia estrutural, baseada em métodos racionais de cálculo, teve início a partir da década de 50. Para uma estrutura ser chamada de alvenaria estrutural é preciso que tenha método de cálculo racional, modulação, caracterização dos materiais e qualidade na execução e controle.

A arquitetura moderna em edifícios escolares baseia-se em propostas técnicas de racionalização, conforto térmico, acústico, insolação, organização dos espaços e aplicação de espaços para atividades pedagógicas complementares.

Oliveira (1991, p. 149) define que, “boa educação é direito de todos e precisa de uma boa arquitetura para realizar-se, portanto, boa arquitetura escolar é também direito de todo cidadão”. No Brasil, a utilização da alvenaria com blocos de concreto aparente em prédios

escolares ainda é bastante lenta, enquanto alvenaria tradicional é priorizada como forma desatualizada de tecnologias construtivas.

No Brasil, o sistema construtivo em alvenaria começou a ser utilizado com a chegada dos portugueses no início do século XVI. Entretanto, a alvenaria com blocos estruturais, que pode ser encarada como um sistema construtivo mais elaborado e voltado para a obtenção de edifícios mais econômicos e racionais demorou muito a encontrar o seu espaço. [...] Atualmente o sistema construtivo em alvenaria está sendo bastante difundido no país e já foram construídos edifícios de até 24 andares em alvenaria armada de blocos de concreto. Em Piçarras, Santa Catarina, está em andamento a construção do edifício mais alto da região Sul com 18 pavimentos em alvenaria estrutural de blocos de concreto. (REBOREDO, 2013, p. 27)

A utilização de sistemas construtivos econômicos e racionais torna-se um ponto de partida para reduzir custos e focar na qualidade educacional. Haja vista que, um ambiente educacional projetado com qualidade e conforto é fator primordial para valorização do aluno e da educação. É necessário compreender que sistemas construtivos de menor custo e maior durabilidade quando bem projetados se tornam ferramentas de economia e valorização social.

Existem alguns casos de edificações escolares de alvenaria com blocos de concreto aparente no Brasil, como por exemplo, a Escola de Ensino Fundamental Marília Rezende Scarton Coutinho, localizada no município de Linhares, Estado do Espírito Santo. Escola bem-sucedida e aceita pela comunidade, onde foi possível, com sistema construtivo utilizado, reduzir custos de manutenção em relação aos processos de repintura, e apresenta desempenho térmico satisfatório.

O desempenho térmico do edifício com blocos de concreto compreende, segundo Costa (1982, p. 27), que:

[...] A proteção das paredes com blocos de concreto, onde o efeito da insolação usualmente é menor, pode ser feita: com pintura de cores claras; sombreamento por meio de vegetação ou dispositivos de proteção solar; com isolamento utilizando-se materiais isolantes pelo lado de fora; com a adoção de paredes de grande capacidade calorífica para amortecer as variações de temperatura exterior e com ventilação para eliminação do calor interno. As coberturas podem ser protegidas com a utilização de forro, telhas claras, isolantes térmicos e de materiais de grande inércia térmica. Para a situação de inverno, pode-se buscar o aproveitamento máximo da insolação também com o uso de materiais de grande capacidade calorífica para amortecer as variações de temperatura exterior e materiais isolantes térmicos para proteção do exterior, visando manter o calor interno e reduzir a condensação na face interna das paredes externas da edificação.

No caso da construção de prédios escolares, em função de sua própria especialização de natureza pedagógica, já se observa que o arquiteto terá que ter a tarefa de se integrar quanto a concepção educativa e social da escola, observando as exigências naturais das crianças com suas exigências psicológicas e biológicas, forma de viver, de agir e de julgar as coisas, e por via de consequência, concretizar sua arquitetura dentro dos princípios de segurança, salubridade, expansão, flexibilidade e conveniência, tendo ainda que levar em conta os fatores econômico e arquitetônico, que são essenciais para um prédio escolar. Na concepção baseada na eficiência e economia, a construção de prédios escolares terá que seguir as características para os quais foram projetados e construídos (SILVA, 1995).

A Figura 11 mostra um exemplo de construção de escola com blocos de concreto aparente.

**Figura 11 – Projeto EPGS Marília Rezende Scarton Coutinho, Linhares, ES**



Fonte: Cruz (2011, *online*).

A mudança na elaboração de novos edifícios educacionais modifica toda a estrutura das técnicas construtivas fundamentadas na utilização da alvenaria com bloco de concreto aparente. Esses conjuntos de soluções técnicas enfatizam novas formas de implantação de edifícios escolares.

Oliveira (1991, p. 226) afirma que “os dados científicos bem como sua aplicação no projeto da escola, objetivando uma racionalidade funcional, impregnada por uma estética que privilegia a ‘verdade construtiva’. Ou seja, uma arquitetura de caráter ético”. De modo que supra as necessidades intelectuais e de convivência social. Um local onde se transpasse segurança e miscigenações.

Não se trata de uma regra de projeto é um caminho para que o projeto, desde sua concepção, já seja pensado de forma modular e organizada para alvenaria estrutural. Cada passo em direção à solução do sistema construtivo deve abranger criatividade e alternativas, visando o melhor resultado para a tipologia da edificação. (TAUIL; NESSE, 2010, p. 59)

Trata-se de um sistema construtivo racional em relação aos diversos tipos de alvenaria empreendidos no país, possui benefícios econômicos e técnicas construtivas, que são aplicadas nos projetos de forma a incluir aspectos energéticos e ambientais no ambiente aferindo condições de habitabilidade dos usuários harmonizando as construções, aperfeiçoando relações entre o homem e suas necessidades básicas. E para que os elementos acima elencados realmente ocorram são necessários espaços como a Creche Taperá, ilustrada na Figura 12.

**Figura 12 – Creche Taperá, em Americana/SP**



Fonte: Autora (2015).

Os espaços foram definidos para ampliar ainda mais o conforto no interior dos edifícios, uma série de elementos do projeto busca aproveitar a ventilação natural. Equipadas com platibandas em blocos aparentes, as salas de aula são orientadas para a face da ventilação cruzada, onde os ventos dominantes contribuem para o conforto no ambiente escolar,

caracterizando espaços aconchegantes e estruturados. Toda via, vale salienta que os projetos com alvenaria com blocos de concreto aparente têm suas desvantagens, a estrutura precisa ser bem protegida contra intemperes e há limitações quanto ao processo de reformas, ampliações processo este que restringe o projeto arquitetônico para mudanças.

## **2.7 Construção de escolas em alvenaria com bloco de concreto aparente**

O investimento em educação no país tem sido um dos temas mais discutidos na área nos últimos anos. Alguns estudos apontam que não há uma relação entre gastos e resultados em infraestrutura educacional. Amaral e Menezes-Filho (2008, p. 2) apontam que:

[...] diferenças na composição da educação da força de trabalho explicam cerca de metade do aumento da dispersão dos rendimentos no Brasil entre 1960 e 1970, tendo esse efeito contribuído para aprofundar a desigualdade de renda na década seguinte. Em vista de tais fatos, é possível que aumentos na qualidade do ensino venham a tornar a distribuição de renda mais equânime, o que geraria benefícios sobre a taxa de criminalidade e o crescimento do produto.

Dentro dessa análise, torna-se necessário compreender questões relacionadas ao processo de infraestrutura dos estabelecimentos de ensino, que refletem no desempenho dos alunos, assim como professores. Não basta apenas ter bons docentes, são necessários projetos completos, tanto de instalações físicas como de equipamentos adequados para promover a aprendizagem dos alunos.

Lima (1988) ensina que prédio escolar ou ambiente estudantil se confunde com o próprio serviço escolar e com o direito à educação que todos os brasileiros e cidadãos do mundo possuem.

Embora colocado no rol dos itens secundários dos programas educativos, caso que ocorre no Brasil, é o prédio da escola que estabelece concretamente os limites e as características do atendimento, sendo muito mais amplo que um simples ambiente, está aqui a se falar de construção de um futuro edificado. E é ainda esse objeto concreto que a população identifica e dá significado.

A arquitetura escolar de boa qualidade torna-se fundamental a todos os educados e educadores, no sentido de promover a inclusão social e obter estabelecimentos de ensino estimulantes para todos que se utilizam dos espaços educacionais. Processos construtivos inovadores norteiam mecanismos que facilitam reformas, manutenções e prevenções

relacionadas aos edifícios, pois, há uma grande necessidade de reparos significativos em sua estrutura devido ação do tempo.

Em contrapartida do que acontece no Brasil, é muito comum em países Europeus e nos Estados Unidos, utilizar-se da alvenaria com bloco de concreto aparente, por se tratar de um mercado que vem crescendo nos últimos anos devido aos processos de racionalização da construção, bem como redução de custos e qualidade sustentável em boa parte das obras.

Alvenaria com blocos de concreto é um processo, no qual toda estrutura do edifício passa a ser executada ao mesmo tempo. Essa forma de aplicabilidade de construir apresenta-se desde a construção de um simples muro, residências e edifícios com diversas alturas até chegar a construções com maior impacto na sociedade como: escolas, universidades, hospitais, creches, hipermercados e indústrias.

É necessário que as construções de edifícios escolares estejam plenamente adequadas para receber alunos, professores, supervisão, pais e comunidade. É relevante verificar as diretrizes previstas para elaboração de projetos de instituições de ensino, segundo normas específicas, documentos públicos, para que a partir de então possa verificar como estão sendo construídas essas arquiteturas escolares do ponto de vista da infraestrutura, conforto ambiental, estética, sustentabilidade, segurança e funcionalidade.

Torna-se essencial elaborar projetos escolares eficazes no qual, as edificações, precisam ser pensadas de maneira a atender as necessidades do público alvo. Os edifícios ao longo dos anos necessitam ser modificados no decorrer do horizonte do projeto, de forma a incluir mecanismos térmicos, confortáveis e que proporcionem luminosidade aos ambientes, facilitando assim, o acesso do aluno às atividades realizadas dentro de sala de aula.

### ***2.7.1 Elementos de composição da alvenaria com bloco de concreto***

Faz-se necessário compreender conceitos sobre alvenaria com bloco de concreto aparente para seu processo de aplicação em projetos educacionais. Ramalho e Corrêa (2003), afirmam que os componentes de alvenaria com blocos de concreto são: blocos, ou unidades, argamassa; graute e armadura.

Portanto, para elaborar edificações escolares é necessário definir seus componentes de acordo com a seguinte ordem:

- a) Bloco: unidade de alvenaria, com peso e dimensões especificados por normas.
- b) Graute: mistura de materiais aglomerantes, agregados e água, com ou sem aditivos, obtenção de uma consistência líquida sem segregação de seus constituintes.

- c) Armaduras: barras de aço, empregadas em construções com alvenaria com blocos de concreto, acompanhadas de graute, garantindo trabalho conjunto com os demais componentes das estruturas.

Os elementos são partes importantes da estrutura, constituídos de paredes, cintas, vergas e contravergas, entre outros. Os elementos são definidos como paredes estruturais, que servem de apoio às lajes e a outros elementos da construção. Sabe-se que se dividem em paredes não estruturais participam da estrutura, impondo seus carregamentos a lajes ou a outros elementos de composição;

- Cinta: elemento com canaleta grauteada e armada, podendo estar apoiada a outros elementos da estrutura (vergas, contra vergas e lajes), ocorrendo uma distribuição contínua de carregamentos.
- Vergas e contravergas: o primeiro são elementos estruturais colocados sobre vão e aberturas de portas e janela, já o segundo são elementos colocados sob vãos de janelas, formando uma canaleta grauteada e armada, concentrando as tensões nos cantos das aberturas.

### ***2.7.2 Projeto de alvenaria com bloco de concreto aparente***

Segundo Artigas (2000), o sentido da arquitetura precisa corresponder aos acontecimentos que substancia o viver humano. Nesse sentido, os edifícios institucionais, ou seja, as arquiteturas escolares exercem grande influência sobre o comportamento humano, com suas estruturas sinuosas e formais, estabelecendo parâmetros e requisitos importantes que ressaltam a eficiência para o desenvolvimento de projetos educacionais. No entorno dessas análises mencionadas há uma grande preocupação em relação à elaboração de procedimentos voltados a construção de projetos para a área de ensino.

O desenvolvimento de estabelecimentos de ensino requer maior conhecimento sobre a concepção do projeto, buscando processo de integração entre usuário, ambiente construído, ambiente natural e a metodologia educacional.

A norma para projetos de instituições de ensino tem por diretrizes fundamentais equacionar processos de racionalização, bem como utilizar parâmetros (infraestrutura, acessibilidade, indicadores componentes das Características Físicas dos Ambientes, Utilização do Espaço; Condições dos Elementos da Edificação, Características dos ambientes; Condições dos elementos das edificações; Equipamento e Mobiliário). Os profissionais das áreas da engenharia, arquitetura e demais, precisam analisar, antes de elaborar o projeto de

ensino, o local que será implantado o edifício, tendo em vista verificar os espaços físicos do terreno, as características da área que de alguma forma influenciará na aprendizagem dos alunos.

O ambiente institucional de ensino, tanto interno como externamente, necessitam estar interligados entre si, dado que o ambiente construído de ensino é constituído de fluxo de pessoas, conhecimentos, aberturas, transparências, elementos vazados, e sistemas construtivos e entre outros.

O objetivo de desenvolver projetos escolares racionais, com o auxílio da alvenaria aparente com bloco de concreto se dá pelo fato de garantir o bem-estar, reduzir o número de reforma e manutenções, segurança dos usuários, favorecer a percepção acústica e térmica.

O processo de utilização da alvenaria com bloco de concreto aparente em prédios institucionais promove versatilidade ao espaço, volumetria, simetria e dimensões dos vãos diferentemente das estruturas de aço e concreto, a alvenaria de blocos serve não apenas para vedação, mas também a resistência das cargas do peso próprio.

As paredes do sistema construtivo de alvenaria com bloco de concreto substituem os pilares e vigas, constituindo estrutura vertical do prédio. Logo, o projeto do edifício em alvenaria deve cuidar dos seguintes aspectos: Compatibilização dos projetos de instalações (rede, telecomunicações, etc.), juntamente com os projetos arquitetônicos e estruturais; prover os prédios com juntas adequadas para permitir as naturais movimentações causadas por variações de temperatura e umidade; alinhamento das paredes portantes; análise da estabilidade vertical e horizontal sob ação do vento; limitar os recalques diferenciais das fundações e adequação dos blocos e argamassa de modo a assegurar a estabilidade estrutural necessária ao prédio escolar.

Portanto, os requisitos e diretrizes para construção de instituições de ensino com alvenaria aparente é compreendida do ponto de vista da racionalização e economia. A utilização dos processos de modulação considera que, os blocos não devem ser cortados, se as dimensões dos edifícios não forem moduladas. Para a obra ter bons resultados, é importante que todas as dimensões da estrutura (largura, comprimento e altura) sejam necessariamente modulares para o projeto ter harmonização e humanização.

### ***2.7.3 Coordenadas modulares horizontais e verticais da alvenaria com blocos de concreto***

Ramalho e Corrêa (2003, p. 34), afirmam que “é importante que o comprimento e a largura sejam iguais ou múltiplos, de maneira que efetivamente se possa ter um único módulo

em planta”. Se isso ocorrer, a armação das paredes será simplificada, havendo ganhos significativos em termos de racionalização da alvenaria.

O Projeto arquitetônico é peça chave para a escolha da modulação, dependendo do módulo escolhido (15 cm ou 20 cm), as respectivas medidas acompanharão múltiplos de cada módulo. A modulação vertical, ao contrário da horizontal, ocorre poucas mudanças dentro do projeto arquitetônico, pois, essas modulações são feitas com múltiplos de 20 cm, altura comum de blocos comercializados no mercado nacional.

A família de blocos (39 e 29) e outros elementos complementares, consoante Figura 13 desenvolvem processos com amarrações com Grout e juntas fixando paredes, vão de esquadrias e demais projetos estruturais e de instalações. Podem-se verificar duas situações: A primeira compreender a medida modular do piso ao teto, com aplicação do bloco ‘j’, nas suas terminações das paredes e extremidades e canaletas nas terminações de paredes internas. Já a segunda considera a medida modular de piso a piso. Nas terminações de paredes das extremidades usa-se o bloco ‘J’, entretanto com altura menor, para acomodar a laje e compensadores nas terminações.

**Figura 13 – Elementos complementares**



Fonte: Catálogo de Arquitetura (2016, *online*).

A modulação dos projetos em alvenaria com bloco de concreto em planta compreende dimensões padronizadas pela norma, ou seja, torna-se necessário trabalhar as duas primeiras fiadas bloco a bloco para posteriormente pensar nas instalações hidráulicas, elétricas e elevações. As paredes portantes em alvenaria são projetadas cada uma com blocos de concreto individuais mesmo procedimento serve para blocos grauteados, armaduras e vergas pré-moldadas.

#### **2.7.4 Forma do edifício escolar: estudo do partido**

Os diversos estudos realizados sobre o processo de evolução da alvenaria com bloco de concreto perpassam pelas variadas aspirações da sociedade em residir em ambientes

flexíveis às suas necessidades. O ato de projetar com bloco de concreto tornou-se uma estratégia de otimização de recursos, detendo como objetivo o desempenho da edificação na execução das obras.

O estudo do partido arquitetônico é um processo minucioso, onde a criatividade e a funcionalidade são condições necessárias para o desenvolvimento linear dos projetos arquitetônicos. Desta forma, surgem os programas de necessidades para atender aos usuários e a construção com propostas preliminares de análise do tema a ser trabalhado.

Instituições de ensino são planejadas a partir de ideias predeterminadas, no qual, orienta o desenvolvimento das primeiras tomadas de decisões de projeto, excluindo o que é melhor a ser utilizados em prédios educacionais em termos de sistemas construtivos e variantes que não atenderam aos objetivos dos projetos escolares, como por exemplo, elevados desperdícios econômicos na obra.

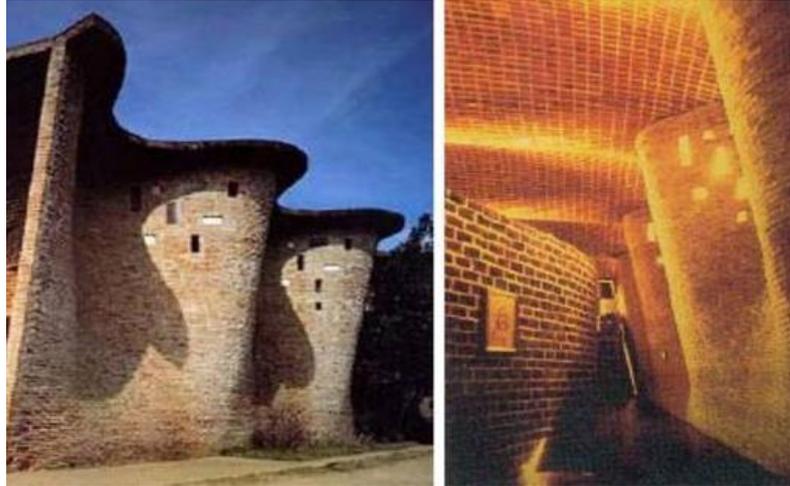
Revela, cria, fundamenta, determina são objetivos do estudo do partido arquitetônico, cada processo mostra a forma de concepção do projeto. Instituições de ensino com alvenaria com blocos de concreto quando analisadas dentro desse contexto apresenta propostas técnicas, conhecimentos prévios sobre como forma e esboço podem somar com os usuários e o edifício em termos de harmonização de espaços e funcionalidade dos ambientes construídos.

Em termos gerais, Melhado e Agopyan (1995, p. 4) afirmam que “[...] o projeto pode assumir o encargo fundamental de agregar eficiência e qualidade ao projeto”. Contudo, “[...] o projeto torna-se uma ferramenta eficaz para a interface projeto-obra somente na medida em que apresenta um bom nível de detalhamento, clareza e objetividade, ou seja, quando há preocupação de projetar para produzir” (BAGATELLI, 2002, p. 69).

Muito tem se pensado que a alvenaria não possibilita detalhes criativos, arrojados e sinuosos, exemplo são as obras do Engenheiro Civil Uruguaiano Eladio Dieste, que a priori é prova que a utilização do sistema construtivo em alvenaria com blocos de tijolo cerâmico, é passível de inovação e criatividade.

A exemplo a Igreja Cristo Obrero em Atlántida, Uruguai, representada na Figura 14, emprega formas diferentes de alvenaria, seja armada, ou não armada, no sentido de atender às perspectivas das construtoras e usuários do produto.

**Figura 14 – Fachada e interior da Igreja Cristo Obrero em Atlántida, Uruguai**



Fonte: Roman (2000).

Segundo Parsekian, Hamid e Drysdale (2013, p. 97),

Alvenarias estruturais em edifícios funcionam como elementos estruturais, suportando ou resistindo aos carregamentos e ações, e também elementos de vedação ou arquitetônico, dividindo ou protegendo os ambientes. Em ambas as situações podem ser construídas aparentes com blocos texturizados ou serem revestidas. Essa dupla função exige uma forte colaboração, o arquiteto, o engenheiro, e construtor nas fases de concepção, projeto e construção do prédio. Os envolvidos no projeto de edifícios em alvenaria estrutural devem, portanto, ter um bom conhecimento sobre edificações, incluindo tópicos de estrutura, instalações prediais, arquitetura, conforto e aspectos construtivos.

Duarte (1999, p. 28) destaca que a estrutura dos edifícios com alvenaria de bloco de concreto determina a quantidade e a distribuição de suas paredes, particularmente as paredes portantes. A distribuição dessas e a quantidade de pavimentos exercem influência direta na robustez do prédio, bem como na sua capacidade de resistir a esforços horizontais. Deve-se ter em mente que paredes portantes, ao contrário das divisórias, são fixas, devendo servir não somente para dividir espaços como, também, para resistir a cargas verticais, envelopando o prédio (no caso de paredes externas) e protegendo o usuário das condições externas.

As estratégias para construção com bloco de concreto aparente passam pela necessidade de buscar lucratividade, bem como, fortalecer ainda mais o setor construtivo do país, dado que, precisa-se de novas metodologias de construção para desenvolver processos e produtos mais eficientes.

De acordo com Rodriguez (1992 *apud* MELHADO; AGOPYAN, 1995, p. 2), o projeto, seja ele qual for, é “um processo para realização de ideias que deverá passar pelas etapas de: idealização, simulação (análise) e implantação (protótipo) e escala de produção”.

Mediante essas análises, é imprescindível verificar a importância estratégica dos recursos topográficos, insolação, ruído, ventos, tipologia do entorno e vias de acesso que influenciarão na execução do sistema construtivo aparente em prédios públicos ou privados. Esses procedimentos são ferramentas fundamentais que contribuem para um bom desempenho da alvenaria aparente com bloco de concreto em estabelecimentos de ensino. Segundo Melhado e Agopyan (1995, p. 2):

[...] o projeto deve ser encarado como informação, a qual pode ser de natureza tecnológica (como no caso de indicações de detalhes construtivos ou locação de equipamentos) ou de cunho puramente gerencial – sendo útil ao planejamento e programação das atividades de execução, ou que a ela dão suporte (como no caso de suprimentos e contratações de serviços).

Como forma de agilizar os procedimentos que envolvem estratégias de aplicabilidade da alvenaria com bloco de concreto aparente em edifícios educacionais, as construções são desenvolvidas dentro de técnicas normativas que constituem em pontos positivos para o setor institucional.

#### 2.7.4.1 Juntas de dilatação para alvenaria aparente

O arquiteto e consultor técnico da Bloco Brasil (Associação Brasileira da Indústria de Blocos de Concreto), Carlos Alberto Tauil, destaca em entrevista que:

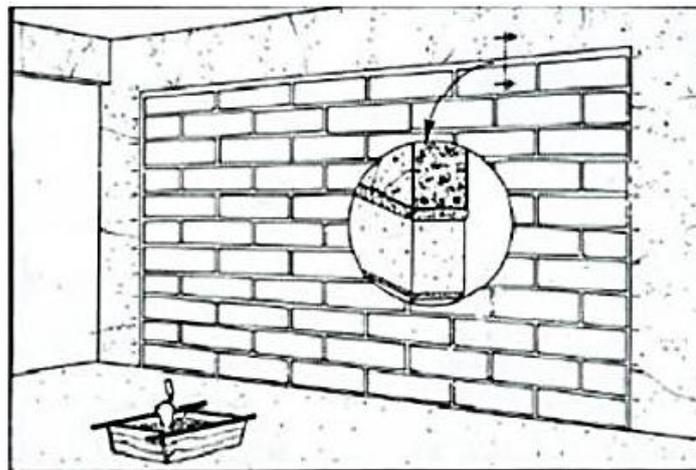
A alvenaria estrutural é antes de tudo uma maneira de resolver uma estrutura de uma edificação. ‘A alvenaria estrutural induz a um sistema construtivo modular. Porque através da utilização da coordenação modular é possível conseguir vãos que são múltiplos da medida padrão’ [...]. A medida padrão é relacionada ao tamanho do bloco, podendo ser de 20 centímetros (blocos de 20 x 40) ou 30 centímetros (blocos de 20 x 30). ‘Com isso, se obtém vãos de portas e janelas perfeitamente adequados ao uso do componente modular, que é o bloco de concreto. É o que chamamos de sistema construtivo, que pode ser racionalizado através do projeto totalmente modulado e permite, inclusive, o uso de peças pré-fabricadas’. (TAUIL, 2014, p. 44-45)

A alvenaria com bloco de concreto utilizada em escolas é uma solução bem mais eficiente que os sistemas construtivos convencionais, visto que, juntamente com seus conjuntos de componentes contribui para o isolamento térmico e conforto no interior da edificação. As juntas de dilatação para alvenaria com blocos de concreto são aplicadas com frisadores específicos com  $\phi$  ½” arredondadas protegendo as juntas da alvenaria em situações de variações de temperatura, estanqueidade, entres outros.

A junta de dilatação se estende por toda a estrutura, dividindo a edificação em duas ou mais partes. A NBR 15961-1:2011 compreende que sejam previstas juntas de dilatação no máximo a cada 24 m da edificação em planta. De acordo com Parsekian (2012, p. 47), “Esse limite poderá ser alterado desde que se faça uma avaliação mais precisa dos efeitos da variação de temperatura e retração sobre a estrutura, incluindo a eventual presença de armaduras adequadamente alojadas em juntas de assentamento horizontais”.

A forma do acabamento interfere na qualidade e durabilidade de estruturas com blocos de concreto aparente, pois quando mal elaboradas podem acarretar grandes impactos a edificação como umidades, infiltrações, formação de eflorescências, dentre outros. O espaçamento entre um bloco e outro corresponde aproximadamente 20 cm, que tem como objetivo assentar blocos ou tijolos um pouco inclinados, aplicados com argamassa, como mostra a Figura 15, a seguir:

**Figura 15 – Acabamento de juntas de dilatação**



Fonte: Pauluzzi (2016, *online*).

As juntas de dilatação, segundo Parsekian (2012, p. 47), têm como objetivo principal “[...] absorver os movimentos que possam surgir na estrutura, provenientes principalmente da variação de temperatura e retração. Essas juntas devem ser previstas para evitar o aparecimento de fissuras em razão da variação volumétrica”.

Para projetar edifícios escolares com alvenaria de blocos de concreto aparente deve-se compreender e verificar o planejamento das instalações, e suas manutenções durante o período de vida útil do projeto, observando as juntas de dilatação aparente para que a edificação não apresente patologias construtivas devido ao processo climático.

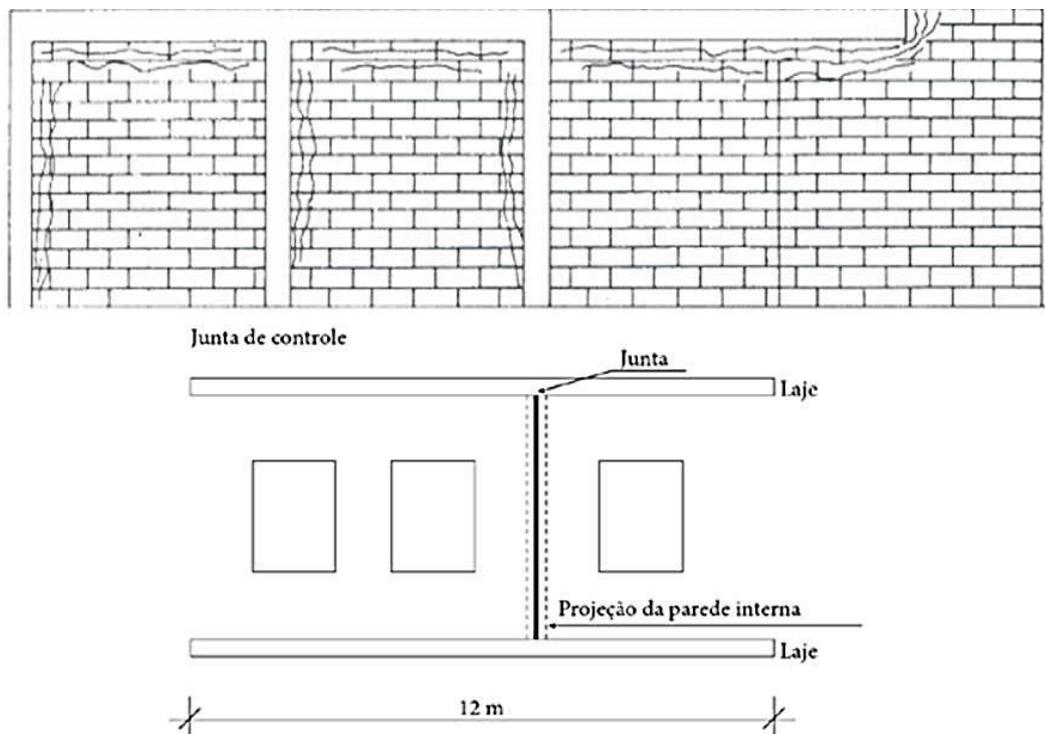
#### 2.7.4.2 Controle de qualidade e execução das juntas

Deve-se ter controle de qualidade e execução das juntas quanto ao tipo de junta a executar e a compatibilização da mesma com o revestimento. Em entrevista técnica, conforme Apêndice C deste trabalho, Tauil assegurou que:

Verificar os requisitos de flexibilidade, durabilidade, compatibilização junta/revestimento, separação das lajes em prédios altos, isto pode diminuir o efeito parede diafragma, ou seja, as paredes com blocos de concreto precisam respirar para que não ocorra retração de secagem.

Consoante ABNT NBR 15961-1:2011, deve ser avaliada a necessidade do emprego de juntas verticais de controle de fissuração em elementos de alvenaria com a função de prevenir o surgimento de fissuras ocasionadas por: variação de temperatura; retração higroscópica; variação brusca de carregamento; e variação da altura ou da espessura da parede, conforme mostra a Figura 16, a seguir:

**Figura 16 – Juntas de controle**



Fonte: Parsekian (2012, p. 50).

Alguns fatores devem ser levados em conta quando se prevê junta de controle nas alvenarias com blocos de concreto tais como: cuidado com a retração dos blocos e fachadas

ensolaradas (orientação), a solicitação da revisão do projeto com o arquiteto, em prover juntas nas áreas úmidas e posicionar as juntas ao lado das aberturas das janelas, cuidando dos apoios das vergas. A norma especifica os valores a serem obtidos para utilização das juntas de controle, conforme mostra a Tabela 6 abaixo:

**Tabela 6 – Abordagem para junta de controle**

Localização do elemento	Limite (m)	
	Alvenaria sem armadura horizontal	Alvenaria com taxa de armadura horizontal maior ou igual a 0,04% da altura vezes a espessura
Externa	7	9
Interna	12	15

Nota 1: Os limites acima devem ser reduzidos em 15% caso a parede tenha abertura.

Nota 2: No caso de paredes executadas com blocos não curados a vapor os limites devem ser reduzidos em 20% caso a parede não tenha abertura.

Nota 3: No caso de paredes executadas com blocos não curados a vapor os limites devem ser reduzidos em 30% caso a parede tenha abertura.

Fonte: Parsekian (2012, p. 51).

#### 2.7.4.3 Juntas horizontais

As juntas horizontais permitem a livre movimentação da laje, associa-se aos outros detalhes, sendo recomendada a previsão de juntas de dilatação nas lajes de cobertura. Quando empregada platibanda, recomenda-se também a ventilação cruzada, pois, o bloco de concreto apresenta uma boa resistência à compressão, e como baixa resistência a tração por consequente torna-se bastante sensível às variações climáticas de umidade e temperatura.

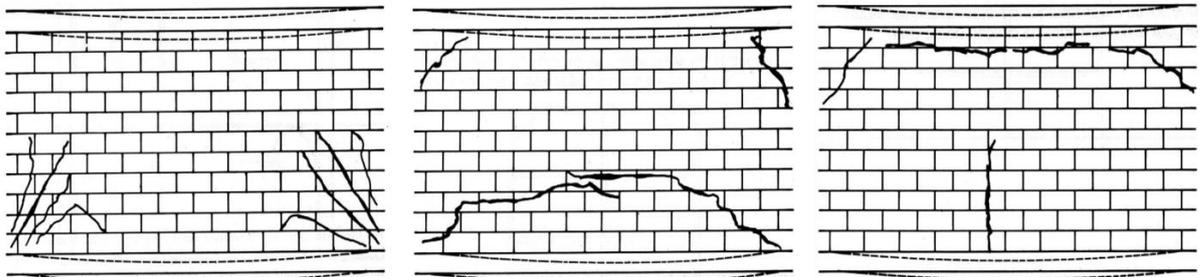
Existem diversas opções para aplicabilidade das juntas horizontais, como mostra o Quadro 4:

**Quadro 4 – Opções para juntas deslizantes sob laje de cobertura**

Opção	Tipo de junta deslizante	Detalhe	Observação
1	Manta + manta + manta	 <p>Manta asfáltica (3 mm)</p> <p>Manta asfáltica (3 mm)</p> <p>Manta asfáltica (3 mm)</p>	<p>Manter o filme plástico da manta.</p> <p>Pode haver problema de durabilidade da manta.</p>
2	Manta + PVC + manta	 <p>Manta asfáltica (3 mm)</p> <p>PVC</p> <p>Manta asfáltica (3 mm)</p>	<p>Manter o filme plástico da manta na face do PVC.</p> <p>Pode haver problema de durabilidade da manta.</p>
3	Fórmica + fórmica	 <p>Fórmica</p> <p>Fórmica</p>	<p>Manter as faces de fórmica para dentro (fórmica em contato com fórmica).</p>
4	Perfil de borracha		<p>Deve-se conhecer o esforço na parede para verificar o perfil.</p> <p>Exemplo de fabricante: Borindus®.</p>
5	Lona preta + PVC + lona preta + PVC + lona preta		

Fonte: Parsekian (2012, p. 53).

De acordo com a utilização da junta horizontal, faz-se necessário prever uma proteção térmica sobre a laje, que pode ser aplicação de argila expandida ou similar sobre a laje em, no mínimo 5 cm ou assentamento de blocos de concreto celular de pelo menos 15 cm de espessura sobre a laje, com objetivo de proteger a construção contra diversas formações de fissuras (Figura 17).

**Figura 17 – Fissuras sob a laje de cobertura**

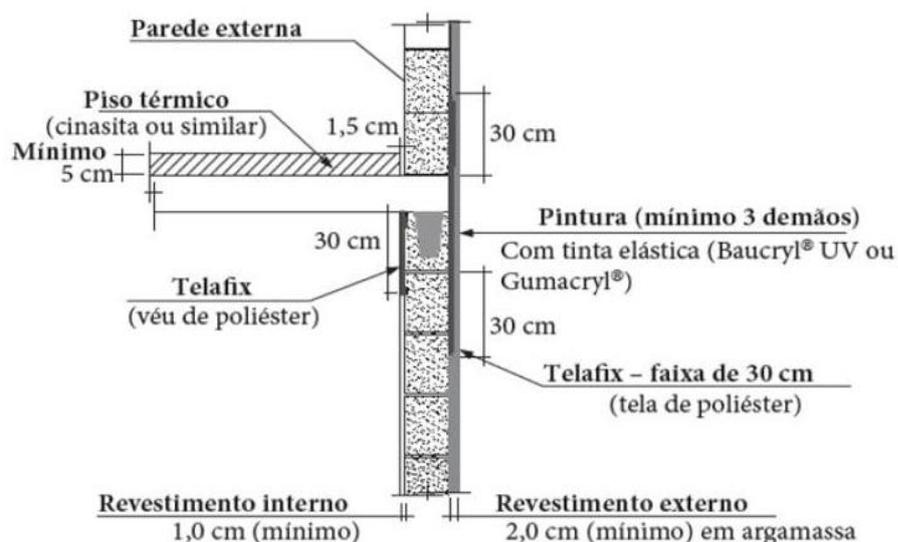
Fonte: Usuda (2004, p. 64).

As juntas horizontais são trabalhadas dentro da alvenaria com blocos de concreto de forma precisa para evitar futuras fissuras, trincas e rachaduras. É fundamental

na maioria das obras empregar materiais de qualidade, como por exemplo, pinturas a base acrílicas em ambas as faces para que proteja a estrutura.

Na Figura 18 é possível compreender que o processo de proteção das paredes em alvenaria é detalhado durante as fases de implementação e execução da obra que serve tanto para paredes aparentes como para paredes com revestimentos.

**Figura 18 – Detalhe de execução de proteção térmica sobre a laje de cobertura**



Fonte: Parsekian (2012, p. 54).

### **3 METODOLOGIA**

O objetivo do trabalho foi investigar a alvenaria com blocos de concreto aparente aplicado em instituição de ensino a partir de pesquisa de campo e revisão bibliográfica. Assim sendo, com base nos dados coletados na E. E. Jardim Marisa, localizada na Rua Tenente Antônio Sebastião Thomaz, s/n, na cidade de Campinas/SP, construída em alvenaria com blocos de concreto aparente, que oferece, em níveis educacionais, o Ensino Fundamental II e Ensino Médio, analisou-se salas de aula, corredores, espaços abertos, biblioteca, salas administrativas e pedagógicas em turnos diferentes avaliando conforto térmico e durabilidade da alvenaria com blocos de concreto aparente.

A pesquisa de campo realizada na região de Campinas na E. E. Jardim Marisa mostrou muitas informações, pois, a realização de entrevistas técnicas com profissionais da área de alvenaria que constroem com blocos de concreto e questionários com usuários, corpo técnico e professores serviram para fazer observações práticas e medições em relação aos índices satisfatórios e insatisfatórios dos usuários de acordo com a avaliação pós-ocupação concretizada em relação ao sistema construtivo em alvenaria com blocos de concreto aparente.

#### **3.1 Aspectos éticos**

Seguindo a determinação da Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2012), quanto às diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos, todos os participantes foram informados em relação ao objetivo da pesquisa. Foi solicitada a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice E) dos participantes da pesquisa, além da autorização da participação da escola por meio de uma Carta de Anuência (Apêndice D).

#### **3.2 Entrevistas técnicas**

Em 14 de setembro de 2014, foi realizada uma entrevista técnica com o arquiteto e consultor técnico da Bloco Brasil, Carlos Alberto Tauil, onde a pesquisadora pode tirar dúvidas e realizar questionamentos sobre a alvenaria com blocos de concreto aparente empregada em instituições de ensino.

Percebe-se na entrevista que a o sistema de construtivo estudado possibilita uma diversidade de *layouts* e formas arquitetônicas em planta que vão desde formatos circulares, edifícios em Y, em cruz, quadrados, retangulares, entre outros.

Nesse sentido, qualquer tipo de formato, em termos de planta, pode ser projetado. Dentro dessa questão, insere-se intuições de ensino, como o estudo de caso da E. E. Jardim Marisa. O modelo do questionário realizado encontra-se no Apêndice C do presente estudo.

### **3.3 Aplicações dos questionários**

Com o objetivo de melhor compreender os pontos relevantes da escola, foram aplicados questionários em duas etapas: aplicação dos questionários com diretor, professores, funcionários e alunos do Ensino Médio e aplicações de questionários com alunos do Ensino Fundamental II (5º ao 9º ano).

Todos os levantamentos de dados da primeira e segunda etapa de aplicação dos questionários aconteceram simultaneamente durante o mês de maio de 2016 entre os períodos de 09 a 14 do referido mês.

Os dados foram coletados em função da disponibilidade dos usuários. Os resultados obtidos na pesquisa são de confiabilidade, pois, foram realizados em campo pela pesquisadora.

#### ***3.3.1 Questionários aplicados ao diretor, professores, funcionários e alunos do Ensino Fundamental II (5º ao 9º ano) e Ensino Médio***

Após agendamento de reunião com o diretor da escola foi possível realizar a aplicação do questionário da pesquisa. A primeira fase de aplicação dos questionários foi fundamental para a caracterização dos usuários e espaço físico. Assim, norteando o desenvolvimento do estudo de caso.

Durante as visitas na E. E. Jardim Marisa foi possível, além da aplicação dos questionários, fotografar, conversar com muitos usuários, saber da opinião dos pais ou responsáveis dos alunos sobre as condições de como a escola se apresenta.

O levantamento de dados foi realizado através de vistorias, observações e anotações em relação à qualidade do edifício como: materiais de acabamento, aplicação de texturas nos blocos de concreto aparente, tamanho, altura e disposição das aberturas, cores utilizadas na alvenaria, entre outros.

### **3.3.2 Levantamentos da primeira etapa**

Foram aplicados 25 questionários para os professores, 25 questionários para os funcionários e 25 questionários para os alunos do Ensino Médio. Totalizando 75 questionários aplicados para professores, funcionários e alunos nesta fase. O questionário continha 4 itens com subitens, num total de 12 questões fechadas e formuladas previamente. Esses questionários foram aplicados para os professores, funcionários e alunos do turno da manhã e da tarde, geralmente nos horários de intervalo.

Na aplicação dos primeiros questionários, professores, funcionários e alunos do Ensino Médio tiveram certa dificuldade de entender termos utilizados na construção civil, tais como: alvenaria com blocos de concreto aparente, isolamento térmico e acústico, matérias de revestimento e acabamento, conforto térmico, entre outros. Portanto, antes de aplicar os demais questionários, esses termos foram explicados previamente. O modelo do questionário se encontra no Apêndice A.

### **3.4 Levantamentos da segunda etapa (verificar a numeração correta)**

Após os dados coletados na primeira etapa com aplicação de questionários para professores, funcionários e alunos do Ensino Médio, foram necessários reformular os mesmos questionários para aplicar com alunos do Ensino Fundamental II (5º ao 9º ano) foram aplicados 25 questionários, totalizando 100 questionários aplicados para professores, funcionários e alunos do Ensino Fundamental II e Ensino Médio.

As perguntas se tornaram bem mais simples devido os alunos não compreenderem determinados termos técnicos. Os mesmos procedimentos realizados na primeira etapa correspondem à segunda. Anotações relevantes acerca da estrutura física do edifício, elementos construtivos, ventilação, iluminação e incidência solar natural e artificial, percepção do espaço físico, entre outras informações. O modelo do questionário encontra-se no Apêndice B.

#### **3.4.1 Fotografias**

A E. E. Jardim Marisa foi fotografada para efeito de complementação das informações. As fotos registram a situação do edifício escolar durante as vistorias e serviram como ferramentas auxiliares para posterior estudo de caso. Durante esses registros de

imagens, procurou-se fazer os registros dos elementos vistoriados, com: acessos, percepção do espaço físico pelos usuários, uso de iluminação natural e artificial, ventilação natural e artificial, aplicação de blocos de concreto aparente texturizados, fontes de ruídos internos externos, harmonia entre elementos, entre outros.

### 3.5 Principais itens observados

No Quadro 5, apresentam-se as descrições dos principais itens observados na escola estudada:

**Quadro 5 – Descrição dos itens observados na visita da E. E. Jardim Marisa**

Local	Item observado
TERRENO	Características do terreno (localização, topografia, condições do tráfego local, ruídos internos e externos, etc.).
ÁREA EXTERNA	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Entrada principal da escola;</li> <li>– Acessos;</li> <li>– Tipo de piso (cor, material e textura);</li> <li>– Área de recreação e entretenimento</li> </ul>
ÁREA INTERNA	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sistema construtivo em alvenaria com blocos de concreto aparente;</li> <li>– Padrões das superfícies das paredes (cores, texturas e materiais utilizados);</li> <li>– Aberturas suficientes para propagar ventilação, iluminação e som (tipo, altura, material, dimensões e cores);</li> </ul>

Fonte: Dados da pesquisa (2016).

O desenvolvimento da pesquisa baseia-se na revisão teórica e caso de aplicação de edifícios escolares em alvenaria com blocos de concreto em algumas regiões brasileiras como: São Paulo, Recife (PE), Curitiba que empregam em suas construções esse sistema, devido o mesmo passar por várias avaliações de ensaio a compreensão das paredes, pesquisas científicas, normatizações referentes à resistência entre outros processos.

Projetos racionalizados com blocos de concreto estão sendo executados constantemente no país a partir dos anos 80, quando o sistema construtivo em alvenaria passou a se aplicado em conjuntos habitacionais. Há limitações quanto ao uso e aplicação do sistema construtivo de blocos de concreto em empreendimentos comerciais, habitacionais e educacionais, motivo pelo qual compreender as técnicas construtivas torna-se tarefa importante para evitar patologias nos edifícios.

Torna-se pertinente aos diversos aspectos do tema trabalhado, de modo a assegurar, por um lado, a inserção da pesquisa no debate contextualizado da área.

## 4 OBJETO DE ESTUDO DA ALVENARIA APARENTE APLICADO NA ESCOLA ESTADUAL JARDIM MARISA EM CAMPINAS/SP

A pesquisa em questão que tem como objeto de estudo a Escola Estadual Jardim Marisa em Campinas (SP), possibilitou a coleta de dados quali-quantitativos, como forma de conhecer e verificar a avaliação pós-ocupação da escola.

A avaliação pós-ocupação de prédios educacionais com alvenaria de blocos de concreto aparente ainda é pouco estudada por pesquisadores das áreas de sistemas construtivos, portanto se tornou necessário realizar esse estudo como forma verificar os índices satisfatórios e insatisfatórios dos usuários e do edifício.

### 4.1 Caracterização climática de Campinas

A cidade de Campinas está situada no Estado de São Paulo com Latitude 22°90' 57 Sul e Longitude 47° 0,6' 33 Oeste- Altitude 854 metros. A cidade possui períodos longos de verão em relação ao inverno, logo a predominância de calor em relação ao frio. Como mostra Tabela 7:

**Tabela 7 – Dados climáticos da cidade de Campinas/SP**

	VERÃO					INVERNO					VERÃO	
	Jan	fev	mar	abr	maio	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
<b>T<sub>máx</sub>*</b>	29,5	29,7	28,9	27,8	25,3	24,1	24,6	26,3	26,6	28,5	29,0	29,1
<b>T<sub>mín</sub>*</b>	19,6	19,5	18,7	17,4	14,8	12,5	12,4	13,3	15,0	16,8	18,3	18,9
<b>A*</b>	9,9	10,2	10,2	10,4	10,5	11,6	12,2	13,0	11,6	11,7	10,7	10,2
<b>UR**</b>	77,7	77,7	77,3	75,6	75,9	73,8	68,2	64,3	64,7	69,1	70,4	76,0

**T<sub>máx</sub>\***: média das temperaturas máximas diárias (°C)

**T<sub>mín</sub>\***: média das temperaturas mínimas diárias (°C)

**A**: amplitude de temperatura (°C)

**UR**: umidade relativa média (%)

\* Dados referentes ao período de 1983 a 1997.

\*\* Dados referentes ao período de 1981 a 1997 (exceto 1991 e 1992).

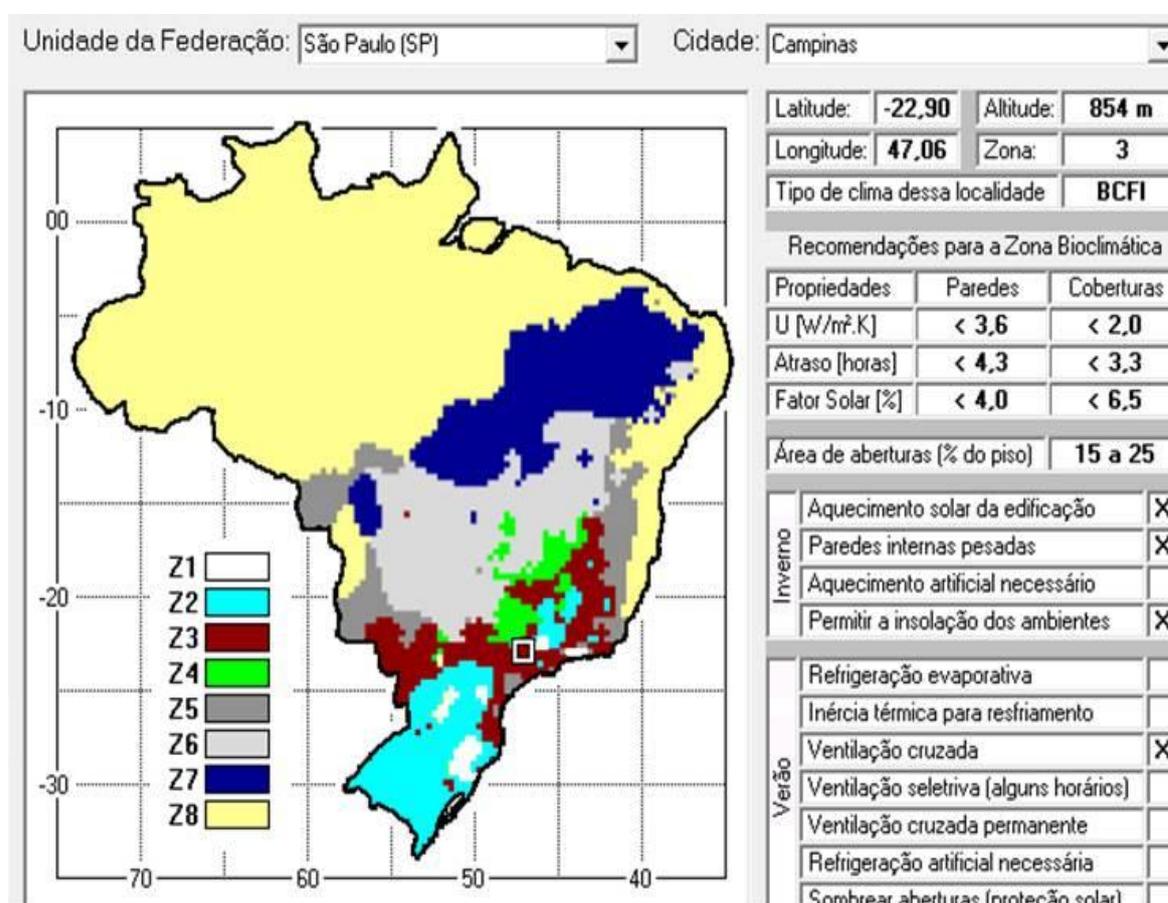
Fonte: Chvatal, Labaki, Kowaltowski (2000, p. 4).

A cidade de Campinas possui índices de amplitude térmica no inverno bastante grandes isso reflete em temperaturas amenas no período matutino entre 24,1 a 26,3°C. No período entre maio a outubro, conforme tabela acima, as noites passam a ser classificadas como frias e os dias considerados confortáveis.

Pela aplicação do método de Aroztegui vê-se isto claramente, possibilitando inclusive a comparação com a caracterização das cidades de Porto Alegre, Recife e Rio de Janeiro. Apesar da média das máximas no verão em Campinas ser muito próxima às de Recife e Rio, sua temperatura média para este mesmo período é bem menor, pois sua amplitude térmica é superior. (CHVATAL; LABAKI; KOWALTOWSKI, 2000, p. 4)

De acordo com o zoneamento bioclimático brasileiro estabelecido pela norma ABNT 15220-3:2005, a cidade de Campinas/SP está localizada na Zona Bioclimática 3, conforme mostra a Figura 19:

**Figura 19 – Zoneamento bioclimático dos municípios brasileiros**



Fonte: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – LabEEE (2016).

A norma apresenta uma relação de 330 cidades brasileiras que possuem classificação para análise de conforto térmico, zoneamento e estratégias construtivas para a implantação de referidos projetos. De acordo com o Quadro 6, a seguir, a NBR 15575:2013 recomenda os seguintes parâmetros estabelecidos pela FNDE para laboração de projetos educacionais.

**Quadro 6 – Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 3**

Nível	Aberturas para Ventilação (A)	
Nível de desempenho Mínimo	Zonas 1 a 7 Aberturas médias	Zona 8 Aberturas grandes
	$A \geq 7\%$ da área de piso	$A \geq 12\%$ da área de piso (REGIÃO NORTE) $A \geq 8\%$ da área de piso (REGIÃO NORDESTE E SUDESTE)

NOTA: Nas zonas de 1 a 6 as áreas de ventilação devem ser passíveis de serem vedadas durante o período de inverno.  
Fonte: FNDE (2014, p. 120).

Trocas térmicas, absorvência à radiação solar conforme cor e características externas de coberturas, paredes, ventilação e sombreamento para Zona Bioclimática 3 são apresentados no Quadro 7:

**Quadro 7 – Trocas térmicas, absorvência à radiação solar conforme cor e características externas de coberturas, paredes, ventilação e sombreamento para a Zona Bioclimática 3**

Cobertura	Parede	Sem ventilação	Com ventilação	Com sombreamento
Valor especificado no projeto, correspondente, portanto, ao material declarado para o telhado ou outro elemento utilizado que constitua a superfície exposta da cobertura;	Assumir o valor da absorvência à radiação solar correspondente à cor definida no projeto. Caso a cor não esteja definida, simular para três alternativas de cor: - Cor clara: $\alpha = 0,3$ ; - Cor média: $\alpha = 0,5$ ; - Cor escura: $\alpha = 0,7$ .	Adotar taxa de ventilação de uma renovação do volume de ar do ambiente por hora (1 ren/h);	Adotar taxa de ventilação de cinco renovações do volume de ar do ambiente por hora (5,0 ren/h);	Inserção de proteção solar externa ou interna da esquadria externa com dispositivo capaz de cortar no mínimo 50% da radiação solar direta que entraria pela janela, com taxa de uma renovação do volume de ar do ambiente por hora (1,0 ren/h);

Fonte: Adaptado do FNDE (2014, p. 117).

No Quadro 8, a seguir, observam-se as estratégias de condicionamento térmico passivo para Zona Bioclimática 3, conforme a NBR 15220-3:2005:

**Quadro 8 – Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 3**

<b>Estação</b>	<b>Estratégias de condicionamento térmico passivo</b>
Verão	J) Ventilação cruzada
Inverno	B) Aquecimento solar da edificação C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)

Nota: Os códigos J, B e C são os mesmos adotados na metodologia utilizada para definir o Zoneamento Bioclimático do Brasil.

Fonte: ABNT (2005).

As referidas informações compreendem formas adequadas de desenvolver estratégias e técnicas construtivas a serem empregadas em instituições de ensino. O sistema construtivo em alvenaria com blocos de concreto aparente enfatiza a aplicabilidade de materiais resistentes a fatores de incidência solar, por exemplo, que provoca o aquecimento da edificação reduzindo o desempenho da estrutura. Instituições de ensino com alvenaria de blocos de concreto aparente têm critérios e requisitos quanto ao tipo de uso e sistema construtivo adotado permitindo dentro desses métodos o bem-estar e qualidade do ambiente de ensino.

#### **4.2 Objeto de estudo**

A E. E. Jardim Marisa, localizada na Rua Tenente Antônio Sebastião Thomaz, s/n, na cidade de Campinas/SP, foi escolhida para o estudo por se tratar de uma pesquisa, no qual, tem em seu objeto de estudo um projeto recente que contempla uma área construída de 3.634,22 m<sup>2</sup>, dois pavimentos, dezoito salas de aula, área de lazer, refeitório amplo, quadra poliesportiva, dentre outros.

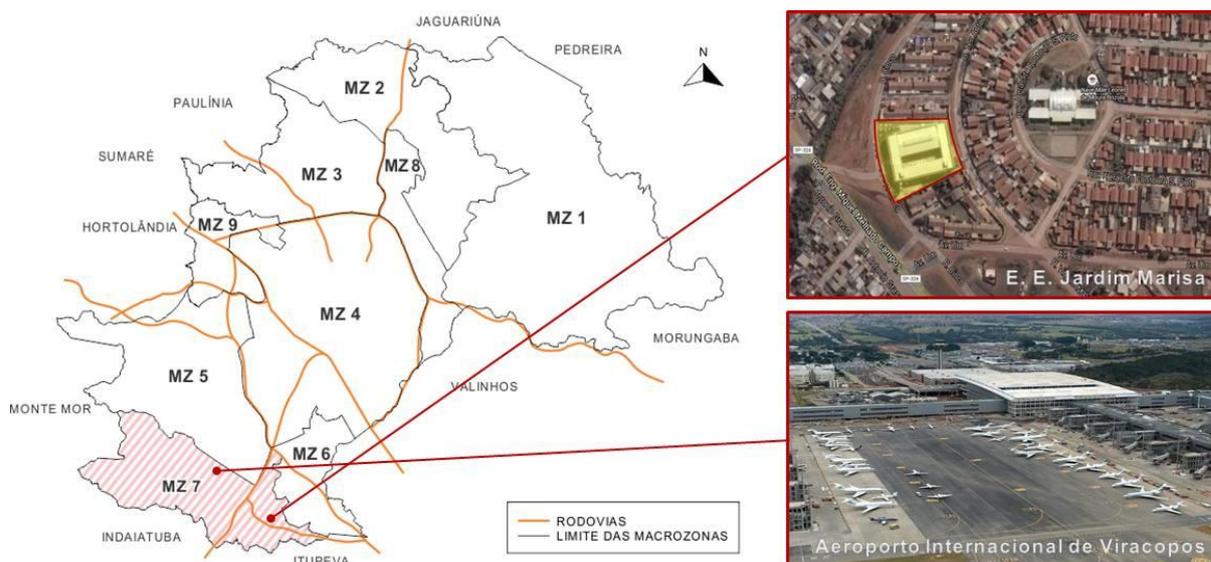
A interligação de ambientes da escola Jardim Marisa promove funcionalidade dos espaços, os blocos administrativos, pedagógicos, limpeza, refeitório e quadra poliesportiva foram projetados para estarem no primeiro pavimento para atender a grande demanda dos usuários e público externo. A escolha de projetar as salas de aula no segundo andar foi de isolar essas áreas de ruídos constantes vindo dos elevados fluxos de demandas do primeiro pavimento.

Procurou-se destacar na escolha deste objeto de estudo algumas características relacionadas ao comportamento do edifício, tais como variáveis arquitetônicas, urbanísticas, sociais, estruturais, econômicas, sombreamento, cor das superfícies internas e externas e orientação das fachadas em relação à insolação, uma vez que essas características expõem

influências sobre as temperaturas internas dos ambientes em especial as salas de aula onde há grande necessidade de produção e qualidade no espaço.

De acordo o Plano Diretor do município de Campinas/SP, a E. E. Jardim Marisa, localizada na região Sul, está inserida na Macrozona 7 (MZ 7), que é uma área de influência portuária, devido à localização do Aeroporto Internacional de Viracopos, conforme observa-se na Figura 20, a seguir:

**Figura 20 – Localização da E. E. Jardim Marisa em Campinas/SP**



Fonte: Adaptada da Prefeitura de Campinas (2006, p. 223) e Aeroporto Internacional de Viracopos (2014, *online*).

As características e análises da arquitetura da E. E. Jardim Marisa observadas compreendem as seguintes situações:

- Partido arquitetônico (projeto): Entorno dimensões, posicionamento das aberturas, tipos de materiais utilizados (áreas envidraçadas), insolação, iluminação, cores e texturas internas e externas, entre outros;
- Sistema construtivo: verificação do objetivo de empregabilidade dos blocos de concreto em edifícios escolares considerando dimensões dos blocos de concreto e propriedades térmicas do material;
- Pós-ocupação: o sistema construtivo de alvenaria com blocos de concreto aparente atende as necessidades dos usuários?. Equipamentos, aglomerações de pessoas, lâmpadas, horários de incidência solar e ocupação das salas de aula produzem fontes de calor interno que se propagam para os demais ambientes.

As características e análises dos condicionantes do partido arquitetônico, sistema construtivo e pós-ocupação são descritos no método.

## 5 ANÁLISE DO PROJETO DO ESTUDO DE CASO DA ALVENARIA APARENTE APLICADO NA ESCOLA ESTADUAL JARDIM MARISA EM CAMPINAS/SP

### 5.1 Escola Estadual Jardim Marisa e seu entorno

Um grande projeto necessita de espaço para ser implantado e levar em consideração a importância de quem habitará esse ambiente, no entanto, a organização e apresentação das etapas construtivas precisam estar concatenadas, ou seja, os dados técnicos que encontram-se dentro do programa de necessidades como processos de conforto térmico, acústico, legislação, metodologia pedagógica, estudo de caso, levantamento técnico do terreno para verificar as devidas situações de risco devem compreender que o edifício escolar não é somente um espaço destinado ao ensino aprendizagem mas ao processo de relações sociais e interação com seu entorno.

O entorno da E. E. Jardim Marisa é bastante carente de infraestrutura, saneamento ambiental e demais processos que se encontram atrelados à qualidade do espaço urbano (Figura 21).

**Figura 21 – Precariedade de infraestrutura urbana do entorno da instituição de ensino**



Fonte: Autora (2016).

De acordo com a carência do local e a dificuldade de acesso dos alunos às demais escolas da região, a FDE solicitou a construção da escola para atender a comunidade que há tempos questionava a implantação de uma instituição educacional com qualidade e praticidade.

Nesse sentido, configuraram-se os anseios da comunidade, o projeto fora implantado em um terreno com poucos desníveis, realizando estudo do partido, usuários e horários de uso, todo seu tipo de orientação e características climáticas. A utilização de sistemas pré-fabricados com paredes de alvenaria com blocos de concreto aparente promove soluções estruturais para edifícios escolares como o caso da E. E. Jardim Marisa. A representatividade de elementos com qualidade espacial se expressa num grande jogo de soluções arquitetônicas adquiridas a partir da leitura do espaço urbano e o entorno escolar.

### 5.1.1 Salas de aula

A E. E. Jardim Marisa, de dois pavimentos, situa-se no bairro Jardim Marisa, periferia de Campinas/SP, onde predomina edificações simples com poucas condições de habitabilidade. As salas de aulas são amplas a cobertura constituída por estrutura metálica e forro com painéis isolantes acústicos reúnem características de ambiente voltado para a produção de atividades escolares. A disposição do *layout* das cadeiras em formato indiano foi adotada para adequar a construção a alvenaria com blocos de concreto aparente. A Figura 22 mostra sala de aula com vista das fachadas Norte e Sul.

**Figura 22 – Sala de aula: vista das fachadas Norte e Sul**



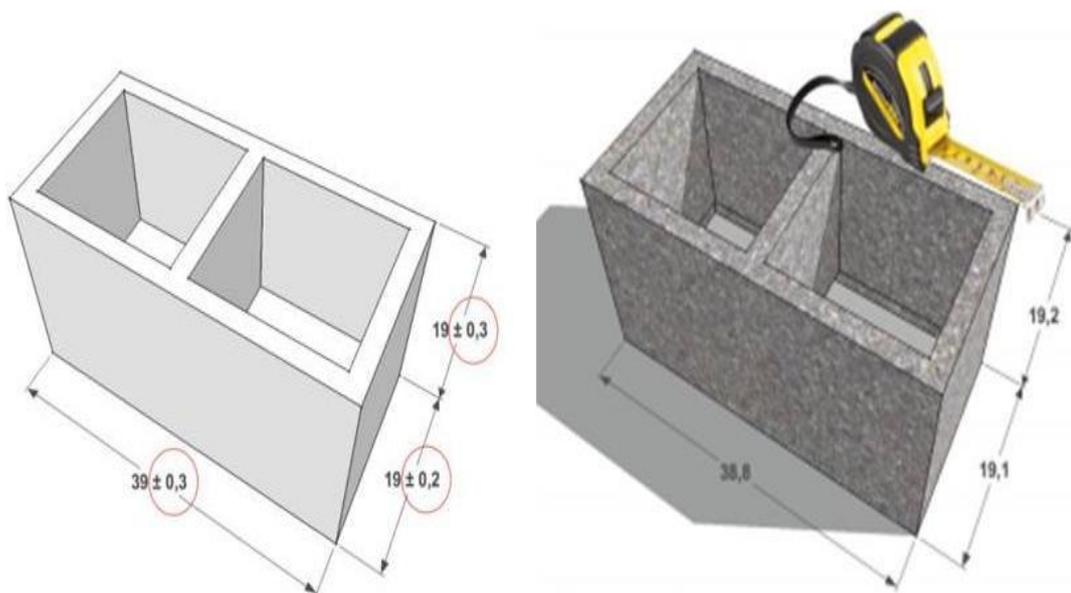
Fonte: Autora (2016).

Durante o período de aula, foi verificada a percepção de ruídos, pois se trata de uma escola projetada próximo ao Aeroporto Internacional de Viracopos como mostrado na Figura 20, logo houve a necessidade e preocupação em evitar altos índices de propagação do som com caixilhos acústicos e vedação quase estanque nas janelas.

O edifício da E. E. Jardim Marisa foi projetado com detalhes relevantes para suprir as necessidades dos ambientes administrativos, pedagógicos, convivência e salas de aulas. Estrutura toda elaborada em pré-moldado e alvenaria com blocos de concreto aparente que atende aos requisitos estabelecidos pela FDE.

As paredes do edifício escolar foram construídas com alvenaria com blocos de concreto aparente sem revestimento interno e externo em ambas as faces. De acordo com o projeto escolar, houve a necessidade de empregar blocos de concreto com espessuras e comprimentos variados, visto que em alguns ambientes têm-se necessidades de aplicar blocos com tamanhos menores ou empregar com dimensões maiores, como mostra a Figura 23:

**Figura 23 – Blocos de concreto utilizados nas paredes externas e internas do edifício**



Fonte: Guerra (2016, *online*).

A figura acima evidencia detalhe ilustrativo de blocos de concreto das alvenarias sem revestimento externa e interna – sala de aula 1, com as medidas de fabricação e medidas reais de aplicação que podem variar nos projetos de alvenaria com blocos de concreto aparente.

O edifício como um todo possui piso de concreto e porcelanato e janelas de vidro em todas as salas de aula. Na Figura 24, a seguir, observa-se imagens relativas ao espaço físico do prédio com o aproveitamento da iluminação natural reduzindo os ganhos térmicos do edifício. Também para redução dos ruídos foram aplicadas paredes de gesso interno nas salas de aulas.

**Figura 24 – Corredor principal com incidência de iluminação**



Fonte: Autora (2016).

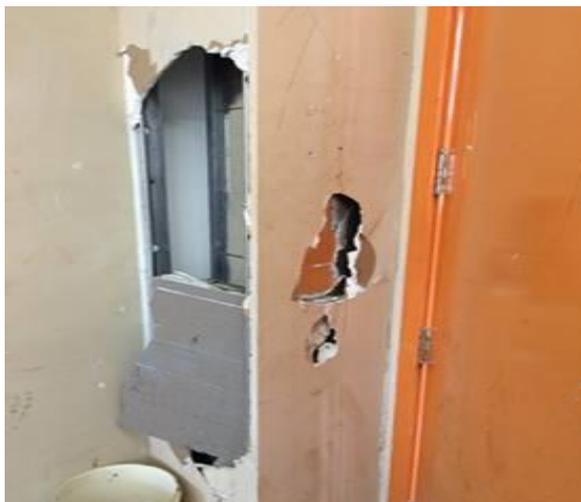
Um ambiente educacional projetado com qualidade e conforto é fator primordial para valorização do aluno e da educação. É necessário compreender que o sistema construtivo em alvenaria de blocos de concreto aparente possui limitações quanto ao projeto arquitetônico, restrições de reformas e mudanças no *layout* dos ambientes, entre outros. Porém, a arquitetura escolar com blocos de concreto aparente emprega requisitos e critérios de menor custo e maior durabilidade, desde que o projeto seja bem estudado iniciando sua análise da concepção até a elaboração englobando aspectos relevantes de estética, o uso de variáveis geométricas, forma e função do edifício.

No entanto, é plausível compreender que nem todos os materiais podem ser utilizados em ambientes escolares. As paredes do edifício escolar Jardim Marisa foram construídas em alvenaria com blocos de concreto aparente sem revestimento interno e externo em ambas as faces, porém com aplicação de painéis de gesso interno dentro das salas de aula para reduzir a propagação do som, processo não aconselhável para empregar em escolas que trabalham com educação de Ensino Fundamental e Ensino Médio.

Tendo em vista a localização da instituição é importante ressaltar que se torna relevante a utilização dos painéis acústicos, mas a forma como foram aplicados os tornam peças vulneráveis. Ambientes escolares possuem pluralidade de comportamentos pessoais. Existem alunos mais curiosos que outros, o que pode ocasionar ações de depredação da instituição.

A Figura 25, a seguir, é um exemplo das ações de depredação institucional. Os painéis de gesso foram quebrados em muitos ambientes. É importante ressaltar que a escola ainda não passou por reforma e nem possui período para tal. Pequenos reparos podem se tornar grandes problemas posteriores.

**Figura 25 – Painéis de Gesso utilizados na edificação para reduzir ruídos com avarias**



Fonte: Autora (2016).

A cobertura da escola é constituída por estrutura metálica e forro com painéis isolantes acústicos. Cada setor da E. E. Jardim Marisa apresenta características de aplicação de painéis de forro para reduzir os ruídos que veem dos ambientes externos em especial os propagados pelas aeronaves que sobrevoam a região devido à proximidade com o Aeroporto Internacional de Viracopos.

**Figura 26 – Forro acústico depredado**



Fonte: Autora (2016).

Por outro lado, verifica-se ainda, conforme a Figura 26 que o forro utilizado, apesar de esteticamente agradável, não corresponde à realidade do ambiente. Mais uma vez a curiosidade dos alunos acabou por prejudicar a estética institucional. Foi possível verificar

que as placas de forro utilizadas nas salas de aula foram depredadas com facilidade, o que fortifica a comprovação de que materiais de fácil deslocamento ou não resistente a impactos são pouco aconselháveis em instituições de ensino de formação básica.

### **5.1.2 Áreas de circulação e espaço de exposição de trabalhos de alunos**

Nos espaços destinados à interação social e exposição de trabalhos de alunos observam-se índices de temperaturas superficial em torno de 22,5° medido próximo aos blocos nos períodos matutino e vespertino das 08:00 da manhã ao 12:00 e 14:00 às 17:30 da tarde, verificando também nesse período a orientação solar nas fachadas que influencia na variação de temperatura. Esses processos foram medidos nos intervalos de acordo com sistema eletrônico de aquisições de dados através do termômetro infravermelho ITTI 380 (Figura 27), que foi projetado para ser utilizado nas medições de temperatura de superfície de objetos onde a medição por contato seja inadequada ou inviável.

**Figura 27 – Instrutemp ITTI 380 Sensor, utilizado para as medições**



Fonte: Autora (2016).

A Figura 28, a seguir, mostra o corredor da escola este ambiente possui uma de suas fachadas, com orientação para o norte, recebendo iluminação natural durante todo o dia deixando o ambiente adequado para a produção de atividades. As paredes dos corredores são de blocos de concreto aparente sem revestimento em ambas as faces, a aplicação de blocos de vidro cria um mosaico de elementos capaz de interagir com todo o edifício e seu entorno. No entanto, é importante ressaltar que o fato dos corredores não possuírem revestimentos não desqualifica a qualidade da estética da instituição.

**Figura 28 – Corredores para exposição de trabalhos e interatividade social**



Fonte: Autora (2016).

A intensa programação de cores como verde, vermelho, marrom, rosa, azul e amarelo empregadas na alvenaria com blocos de concreto aparente desperta olhares a descoberta e valorização do ambiente de ensino, quebrando o peso visual das linhas horizontais predominantes na construção.

As tintas foram muito bem aplicadas, fato que possibilita a percepção de excelentes acabamentos nas paredes construídas, no entanto, algumas paredes encontram-se sujas pela degradação dos próprios alunos e apresentam eflorescência justamente em ambientes próximos aos banheiros e depósitos de materiais. A Figura 29 apresenta o estudo:

**Figura 29 – Estudo das cores aplicadas nos corredores**



Fonte: Autora (2016).

### 5.1.3 Entrada principal

A entrada principal torna-se um espaço de identidade, distinguindo escola e comunidade. O amplo campo de entrada principal da E. E. Jardim Marisa proporciona eficiente acomodação para seus visitantes conhecerem o espaço de ensino aprendizagem dos seus filhos. A estética favorável representa compromisso com a educação, pois, é objetivo do edifício escolar valorizar a educação, seu corpo técnico, docente e discente.

A alvenaria com blocos de concreto aparente utilizado nas escolas quebram alguns paradigmas tradicionais a respeito do sistema construtivo, pois, há um desenvolvimento da arquitetura quanto sua forma, função, aplicação de materiais e recursos. O edifício utiliza-se de formas rápidas, redução de revestimentos, por exemplo, uma vez que as paredes não precisam de revestimento externo e interno, as instalações elétricas podem ser embutidas no vazado dos blocos, construção limpa, sem quebra e sem desperdícios, menor exigência de argamassa no assentamento e necessidade da metade de argamassa usada nos tijolos normais para reboco, possibilidade de diversas composições devido à variedade de cores, formas e texturas. Kowaltowski (2011, p. 176) sugere que:

[...] a importância do projeto da área de entrada da escola deve ‘convitar’ os alunos a entrarem e demonstrar que são bem-vindos. Esses aspectos têm de estar integrados às necessidades de proteção e de segurança, com separação dos espaços de acesso público daqueles restritos aos alunos.

A entrada da escola convida toda comunidade estudantil a interagir com o edifício. A utilização de elementos de concreto vedado com vidro e cobogós funcionam como espécie de “olho mágico” que permitem a visão externa da escola para demais ambientes, toda via, reflete no bloqueio de ruídos problemas enfrentados constantemente pelas instituições de ensino no país. A Figura 30 apresenta a entrada principal da E. E. Jardim Marisa:

**Figura 30 – Entrada principal da E. E. Jardim Marisa**



Fonte: Autora (2016).

#### **5.1.4 Ventilação natural**

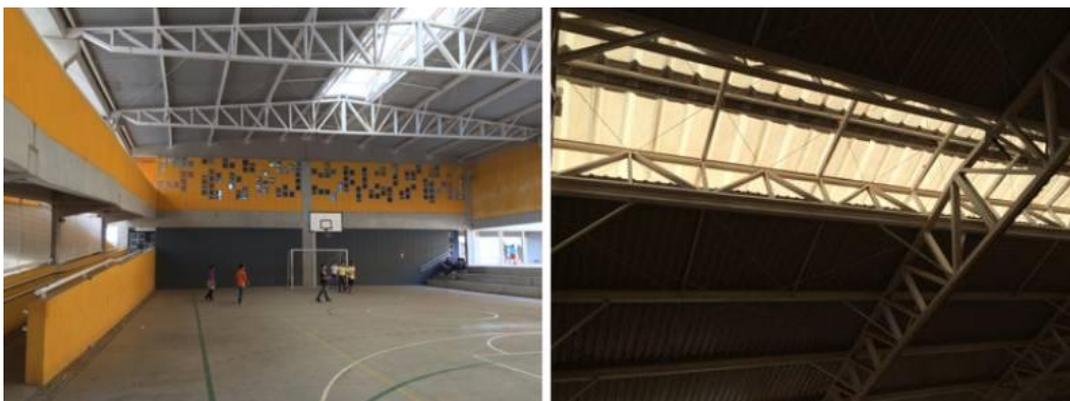
Há uma boa ventilação natural na escola, esse processo é compensado por um sistema de aeração e resfriamento natural do ar, por meio da técnica de geotermia, ou seja, no subsolo, a cerca de 1,5 m de profundidade, a temperatura é sempre constante, em qualquer estação do ano.

Adotou-se na escola uma bateria de insufladores que puxam o ar externo e o encaminham a uma serpentina de tubos subterrâneos. Ali o ar é resfriado e levado por uma rede de dutos para o interior das salas, expulsando o ar aquecido.

Com essas soluções desenvolvidas pelos projetistas e equipe, a E. E. Jardim Marisa destaca-se pela preocupação ambiental. A obra em estudo recebeu a Certificação Ambiental de Qualidade (AQUA), pois atendeu a alguns itens como: redução de desperdícios de materiais na obra, qualidade de vida dos usuários, desenvolvimento social, econômico e cultural da áreas em questão entre outros itens nas fases de “Pré-projeto” e “Projeto”.

É relevante mencionar que além dessas soluções para captar ventilação natural foram utilizados elementos da arquitetura bioclimática como lanternins (Figura 31) que além de captar iluminação natural retiram o ar quente que tende a ser acumular em regiões mais altas da edificação, como por exemplo, coberturas.

**Figura 31 – Iluminação natural**



Fonte: Autora (2016).

#### **5.1.5 Sustentabilidade na Escola Estadual Jardim Marisa**

O projeto da escola possuiu uma intensa relação com seus usuários e ambientes, o grande vazio central é o principal ponto de encontro da comunidade. Os pavimentos térreo e

superior concentram as circulações do entorno desse vazio, organizando o eixo principal de entrada de alunos no sentido leste a oeste, conforme Figura 32, a seguir:

**Figura 32 – Croquis representativos do 1º e 2º pavimento da E. E. Jardim Marisa**



Fonte: Shundi Iwamizu Arquitetos Associados – SIAA (2009, *online*).

No entanto, o que torna o objeto de estudo diferenciado das demais arquiteturas escolares é a forma como está relacionada à preocupação ambiental, pois, é relevante destacar o sistema de circulação de ar e a acústica do ambiente. Localizada próxima ao Aeroporto Internacional de Viracopos, os projetistas se atentaram ao problema de propagação de ruído empregando janelas com caixilhos estanques, blocos de concreto aparente que são isolantes.

Durante seu processo de construção, foram atendidas algumas categorias relacionadas aos aspectos ambientais que vão desde a gestão de resíduos à qualidade ambiental do edifício. A Figura 33 mostra etapas da construção:

**Figura 33 – Etapa construtiva racionalizada**



Fonte: SIAA (2009, *online*).

Toda via, os planejadores de arquiteturas escolares precisam compreender que projetos educacionais não são somente peças estéticas e edifícios sem identidades, necessitam integrar todas as variáveis sustentáveis para que o usuário possa se identificar com a arquitetura, na qual, ele passará boa parte do tempo. A utilização da alvenaria com blocos de concreto aparente ajuda nesses procedimentos por se tratar de um sistema construtivo que dispensa algumas etapas construtivas.

A economia de madeira, o aço, o cimento, a areia e a pedra britada são vantagens que esse sistema construtivo racional contribui com a obra e constitui melhor organização dos canteiros. Com a modulação das paredes portantes reduz-se os desperdícios dos blocos, auxiliando também na redução dos custos.

Através da racionalização de etapas e materiais na E. E. Jardim Marisa verifica-se que o sistema construtivo em alvenaria com blocos de concreto mostra-se incorporado ao processo de sustentabilidade.

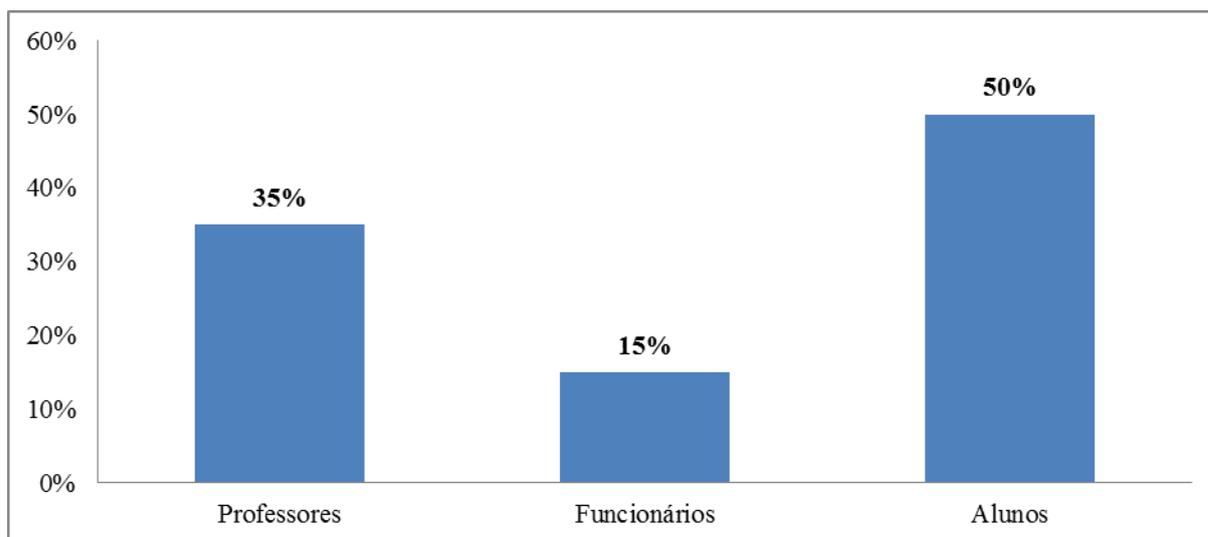
## **6 AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO/ RESULTADOS DOS QUESTIONÁRIOS**

Com o intuito de conhecer a opinião de quem realmente utiliza a instituição de ensino foco da pesquisa, foram aplicados durante o período de 09 a 14 de maio de 2016, 100 (cem) questionários para professores, funcionários, alunos do Ensino Fundamental II (5º ao 9º ano) e Ensino Médio, distribuídos nos períodos matutino e vespertino. Os questionários abordavam temas sobre conforto, relacionados à satisfação dos usuários em relação a cores, temperatura, dimensionamento, posicionamento de janelas, ventilação natural, iluminação natural e artificial, ruídos internos e externos dentre outros questionamentos relacionados à estrutura física do edifício escolar.

### **6.1 Questionário aplicado aos professores, funcionários e alunos do Ensino Médio**

As pesquisas e resultados alcançados são de cunho quali-quantitativos, de modo que ora poderá compreender aspectos objetivos como se o aluno, funcionário ou professor, estava ou sentia calor durante o dia, ou mesmo questões subjetivas, como gosto pelas cores, formato da instituição, ou mesmo se sentiam ser felizes dentro do ambiente escolar.

No Gráfico 1, a seguir, constata-se que, do total de entrevistados, 50% são estudantes do Ensino Fundamental II e Ensino Médio, e que utilizam o edifício escolar durante os dois períodos para práticas educativas em sala de aula, esportivas, recreação, lazer e exposições de trabalhos em ambientes abertos.

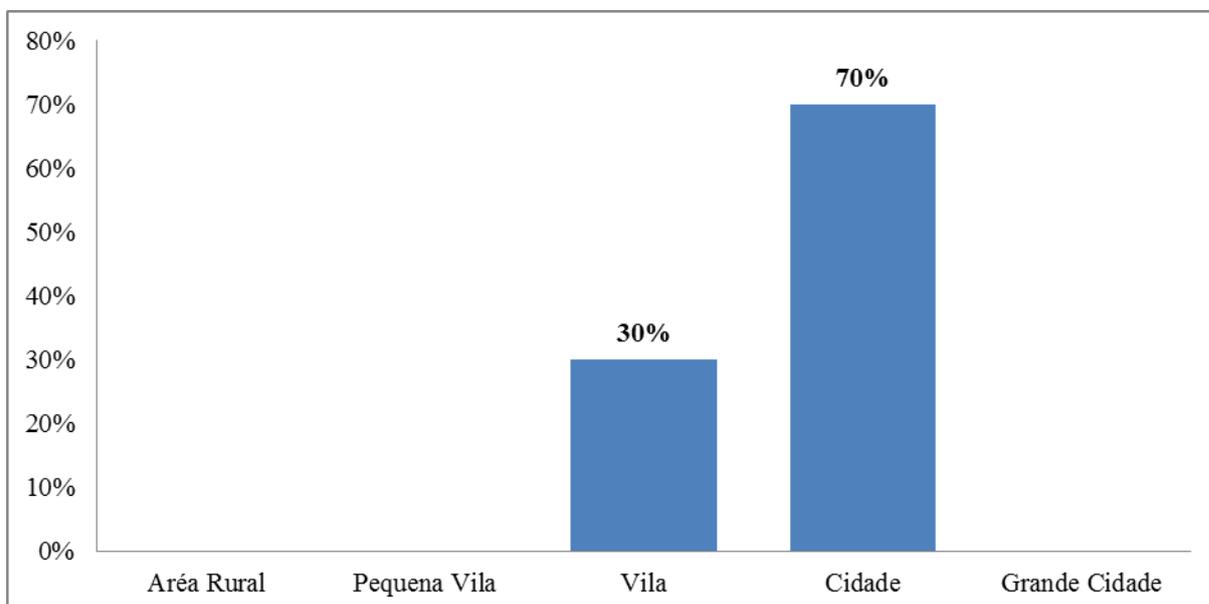
**Gráfico 1 – Função do respondente**

Fonte: Dados da pesquisa (2016).

Tendo em vista a natureza da pesquisa, não foi necessário abordar o quantitativo de alunos do sexo feminino e masculino. Ainda no Gráfico 1, observa-se também que o percentual de professores e funcionários que responderam ao questionário são 35% e 15%, respectivamente. Na categoria “funcionários”, foram considerados os profissionais que atuavam em tarefas de serviços gerais, organização e limpeza da instituição.

O Gráfico 2 mostra que 70% dos usuários entre (professores, funcionários e alunos) consideram que a escola se enquadra no requisito cidade com mais de 100.000 a 1.000.000 habitantes, enquanto que somente 30% desses usuários consideram que a escola se enquadra no requisito vila, ou seja, mais de 15.000 a 100.000 habitantes. O resultado é compreensível se levado em consideração a infraestrutura do entorno da Escola.

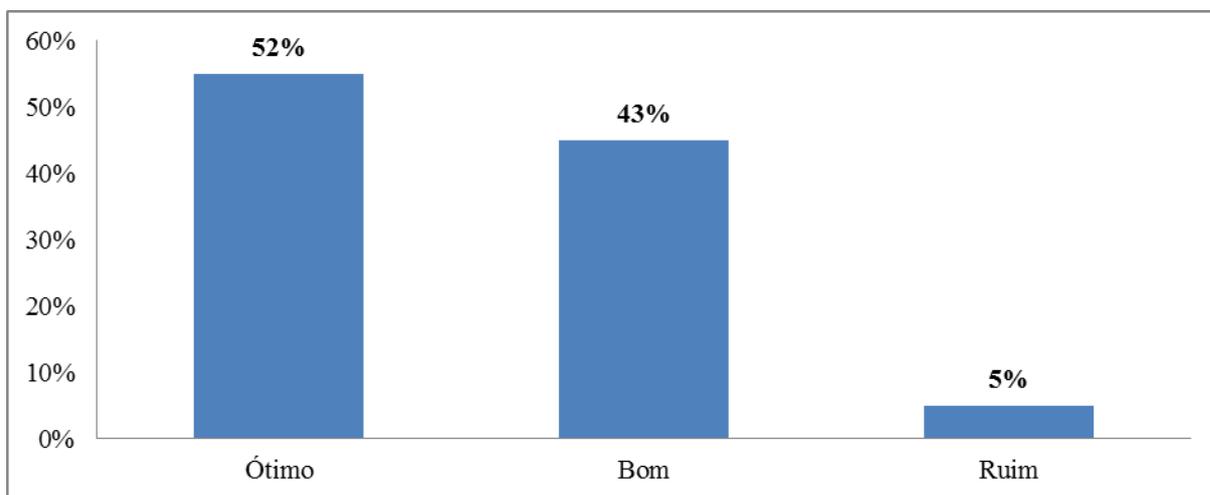
**Gráfico 2 – Localização da escola: Qual das seguintes respostas melhor descreve a comunidade em que a sua escola está inserida?**



Fonte: Dados da pesquisa (2016).

No Gráfico 3, a seguir, observa-se que no interior da edificação a incidência solar (insolação) é suficiente. 52% dos alunos dos turnos matutino e vespertino consideram a incidência ótima, e 43%, boa. Em dias onde a temperatura fica em torno 19°C e 26°C, a sensação dentro das salas de aula, em muitas situações, se torna agradável, logo a somatória de satisfação dos alunos pode ser considerada de 95%.

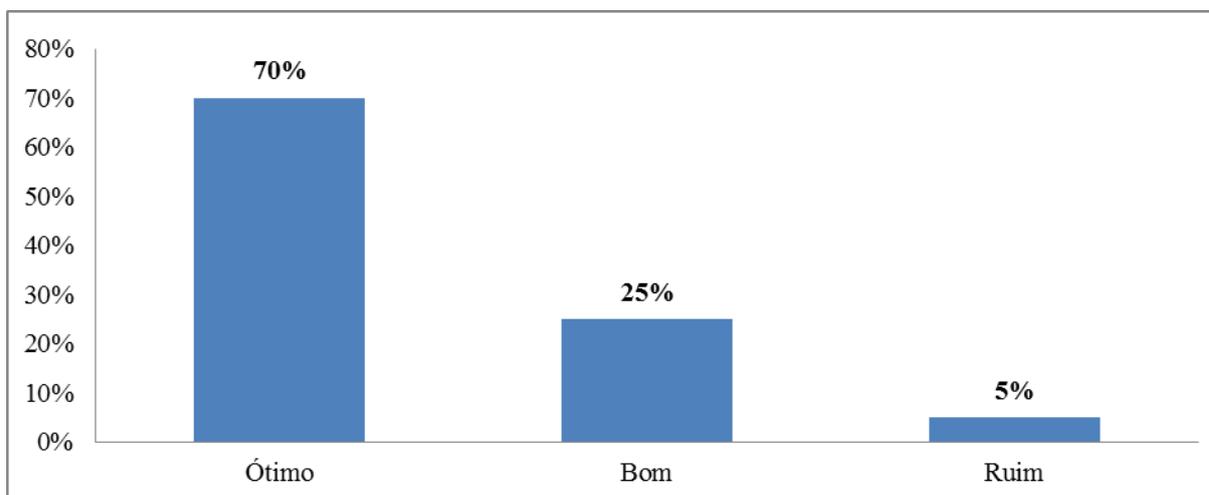
**Gráfico 3 – Como você classifica o prédio da sua escola construída com blocos de concreto aparente em relação ao posicionamento das janelas?**



Fonte: Dados da pesquisa (2016).

A E. E. Jardim Marisa foi projetada para atender as necessidades dos usuários com conforto térmico e acústico. O Gráfico 4 apresenta resultados relacionados a esse processo, pois apresenta amplas aberturas para propagar a ventilação natural dentro da edificação. 70% dos entrevistados consideraram ótima a entrada de ventilação, ao ponto que 25% a consideram boa. Assim, 95% dos entrevistados afirmaram ser suficiente o dimensionamento das aberturas para capturar os ventos dominantes. Somente 5% disseram não ser suficiente o dimensionamento dessas aberturas.

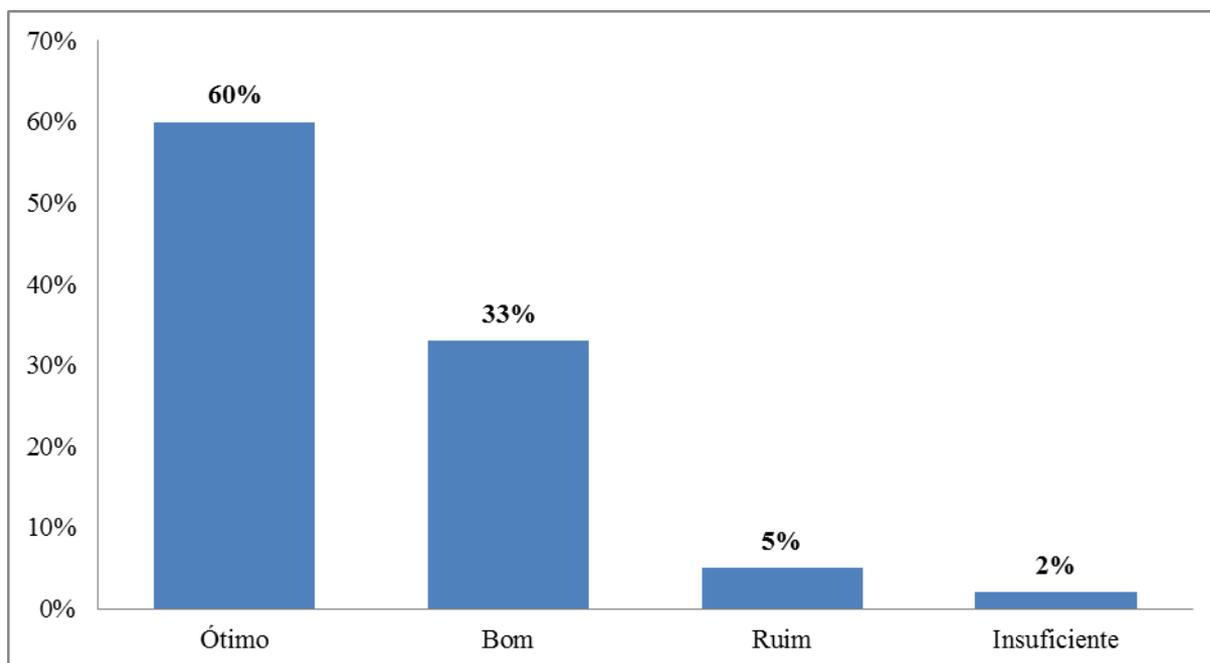
**Gráfico 4 – Como você classifica o prédio da sua escola construída com blocos de concreto aparente em relação à ventilação natural pelas aberturas das janelas?**



Fonte: Dados da pesquisa (2016).

O Gráfico 5 apresenta os valores relacionados ao grau de iluminação natural. O edifício possui grandes aberturas que facilita o acesso da iluminação correta. A fachada posicionada no Norte recebe iluminação natural do Sul, perspectiva que contribuiu para que 60% dos entrevistados considerassem ótima a incidência de iluminação natural e 33% boa para realização de demais atividades extraclasse. 5% e 2% consideram ruim e insuficiente, respectivamente. As justificativas subjetivas para as respostas pautaram-se no fato de que nem sempre o dia estava ensolarado e que em dias chuvosos a iluminação diminuía. No entanto, este fato pode ser resolvido com iluminação artificial.

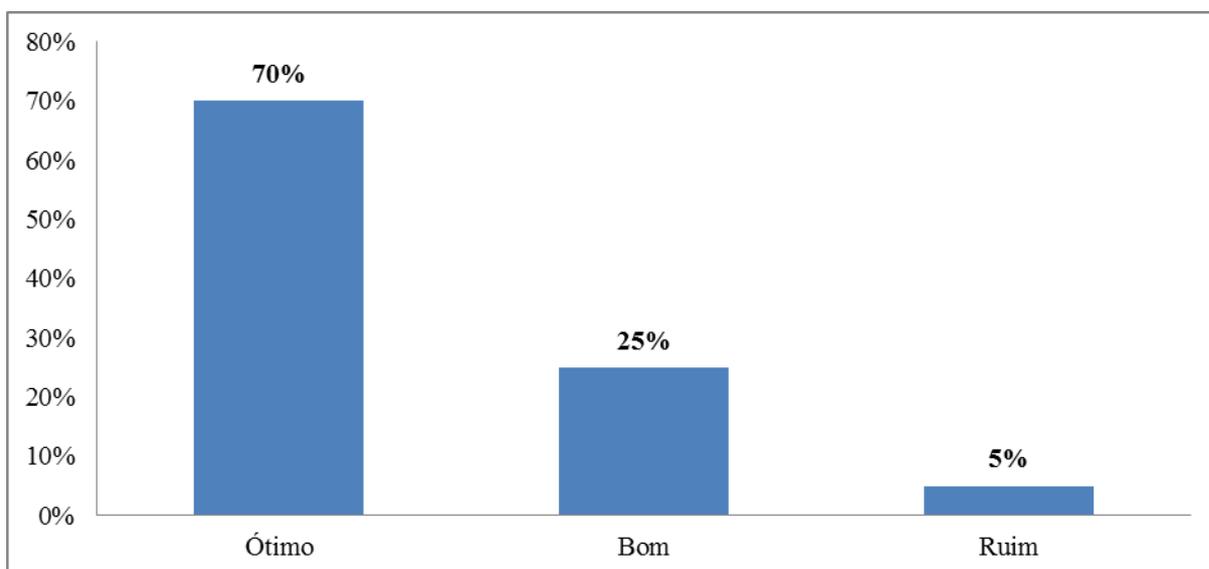
**Gráfico 5 – Como você classifica o prédio da sua escola em relação à iluminação natural?**



Fonte: Dados da pesquisa (2016).

De acordo com o Gráfico 6, a seguir, 70% dos entrevistados consideram a iluminação artificial ótima e 25% consideram boa. Argumentam ainda que durante o período matutino e vespertino não há necessidade de utilizar luzes artificiais, reduzindo gastos com energia e problemas ambientais.

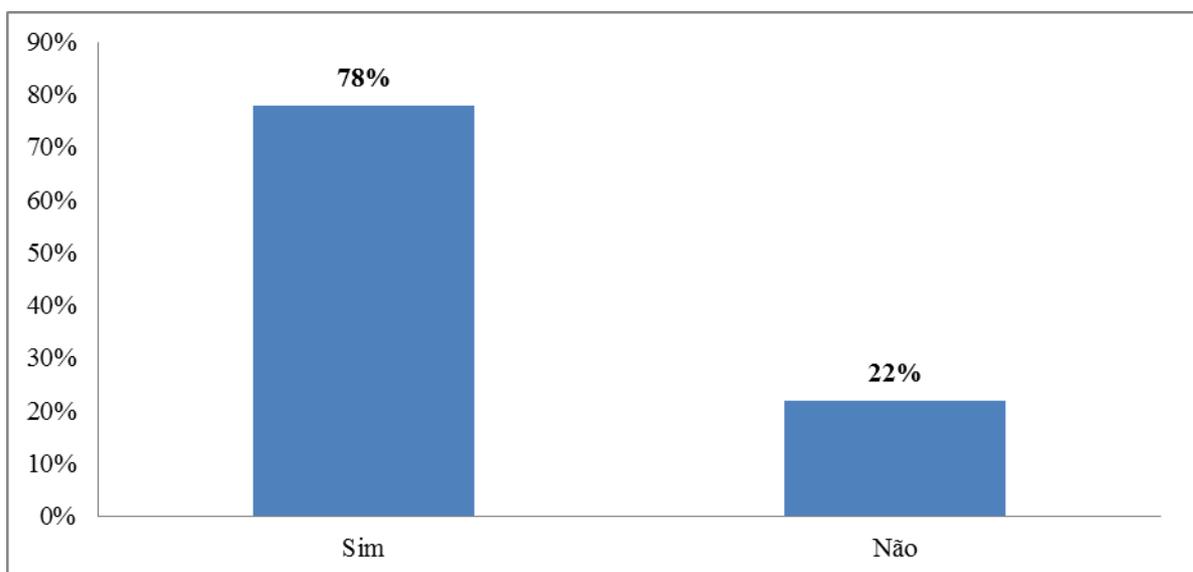
**Gráfico 6 – Como você classifica o prédio da sua escola construída com blocos de concreto aparente em relação à iluminação artificial?**



Fonte: Dados da pesquisa (2016).

Sobre os ruídos que poderiam atrapalhar as atividades escolares, 78% dos entrevistados afirmaram que durante a realização das aulas e exposição de conteúdos não se consegue ouvir ruídos internos e externos provenientes de outras salas ou mesmo dos espaços de recreação ao ar livre. 22% afirmaram ouvir parcialmente ruídos internos ou externos, como mostra o Gráfico 7 abaixo:

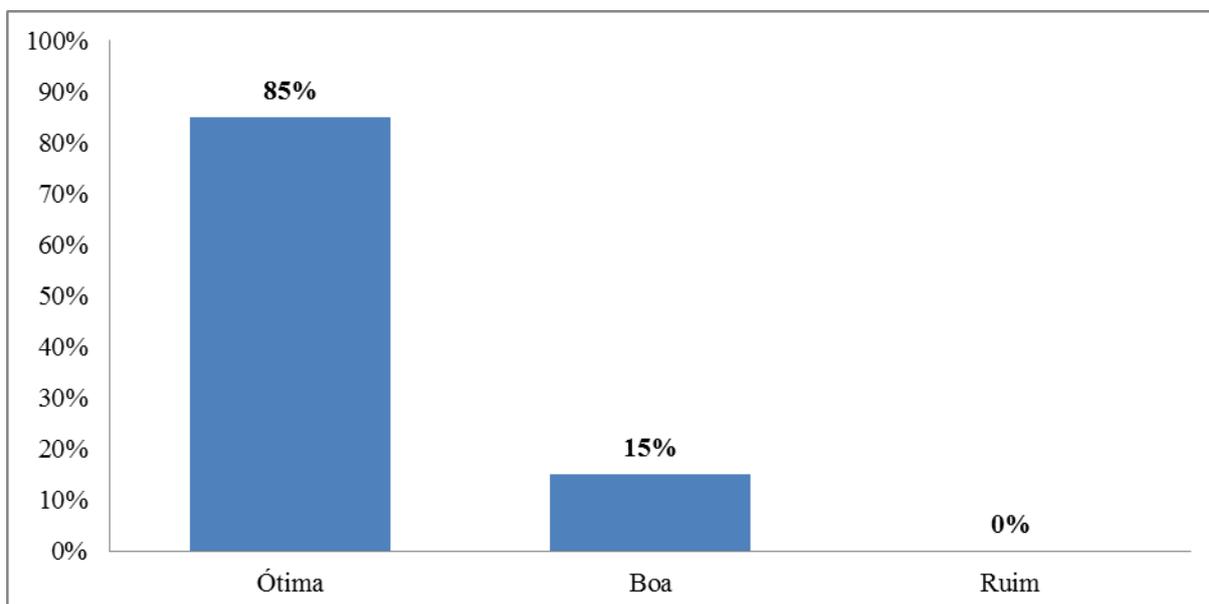
**Gráfico 7 – Ruídos externos e internos: os pisos, paredes e forro são adequados para reduzir os ruídos internos e externos que são propagados para dentro da escola?**



Fonte: Dados da pesquisa (2016).

A grande maioria, 85% dos entrevistados, considera que a E. E. Jardim Marisa apresenta ótima estrutura física. Para os respondentes, pesa o fato da instituição ter sido construída na periferia de Campinas/SP, onde se encontram falta de saneamento, esgoto a céu aberto e altos índices de violência. 15% consideram que a estrutura do edifício não corresponde com a realidade do local, conforme mostra o Gráfico 8 abaixo:

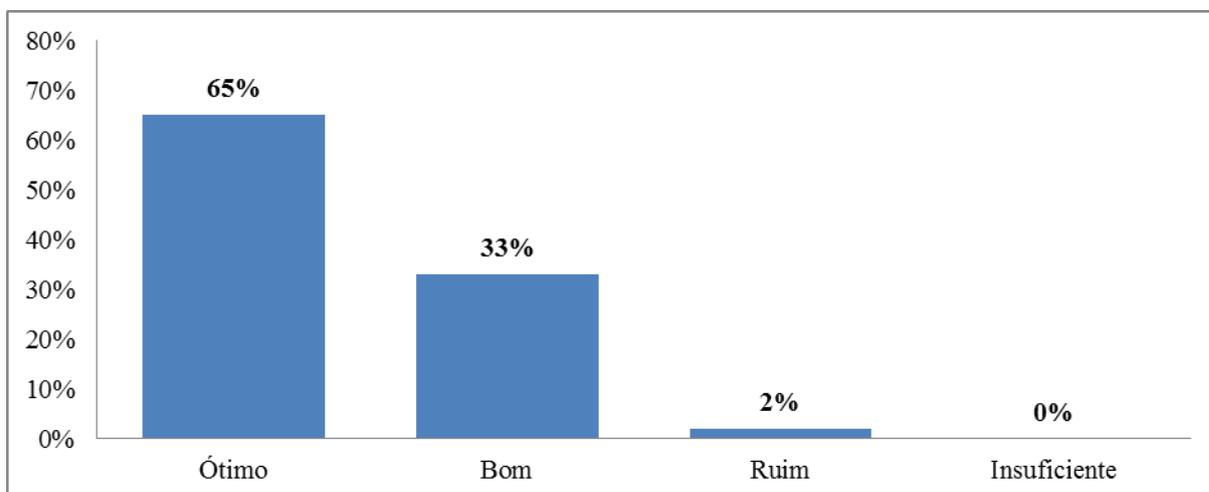
**Gráfico 8 – Como você classifica a arquitetura escolar da instituição que você estuda levando em consideração o em torno onde ela se encontra?**



Fonte: Dados da pesquisa (2016).

No Gráfico 9, a seguir, pode-se relatar que as respostas obtidas, em relação ao dimensionamento das salas de aula, são ótimas. 65% dos entrevistados responderam permitir um *layout* diferente na disposição das mesas e carteiras, o que facilita a comunicação com o professor, 33% acham que as salas de aula necessitam serem maiores para práticas de metodologias pedagógicas mais eficientes e 2% acreditam ser inadequado o tamanho das salas de aula.

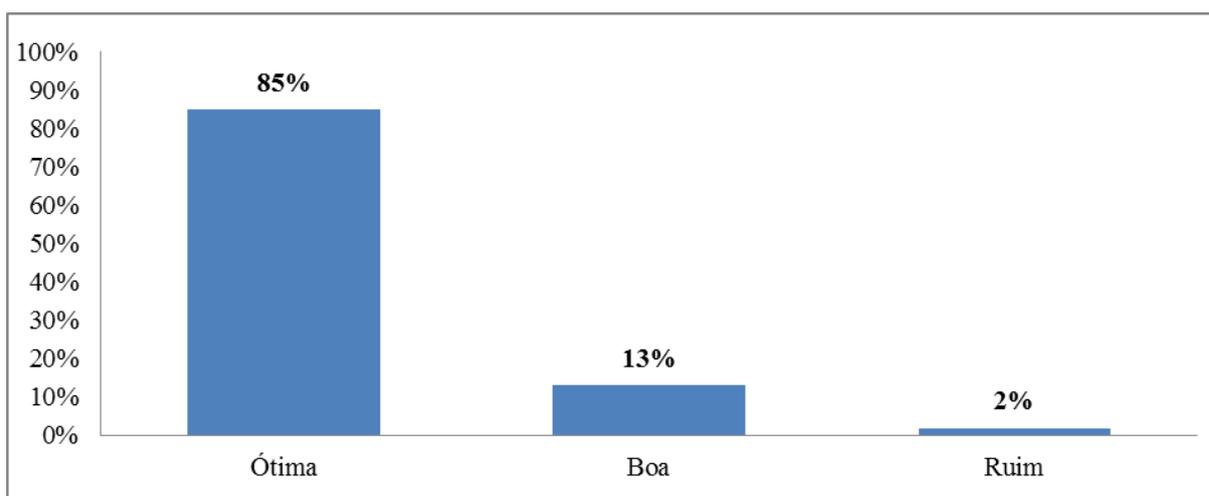
**Gráfico 9 – Como você classifica o tamanho das salas de aula em relação ao número de alunos?**



Fonte: Dados da pesquisa (2016).

O jogo de cores empregados na instituição de ensino estimula aos usuários a cuidar do espaço e a incentivar o convívio social e interações culturais. Os resultados do Gráfico 10 apontam que 85% dos usuários aprovam as cores aplicadas na escola em nível ótimo, 13% acreditam ser boas e aconchegantes e 2% consideram como sendo ruins, alegando que não são suas cores preferidas.

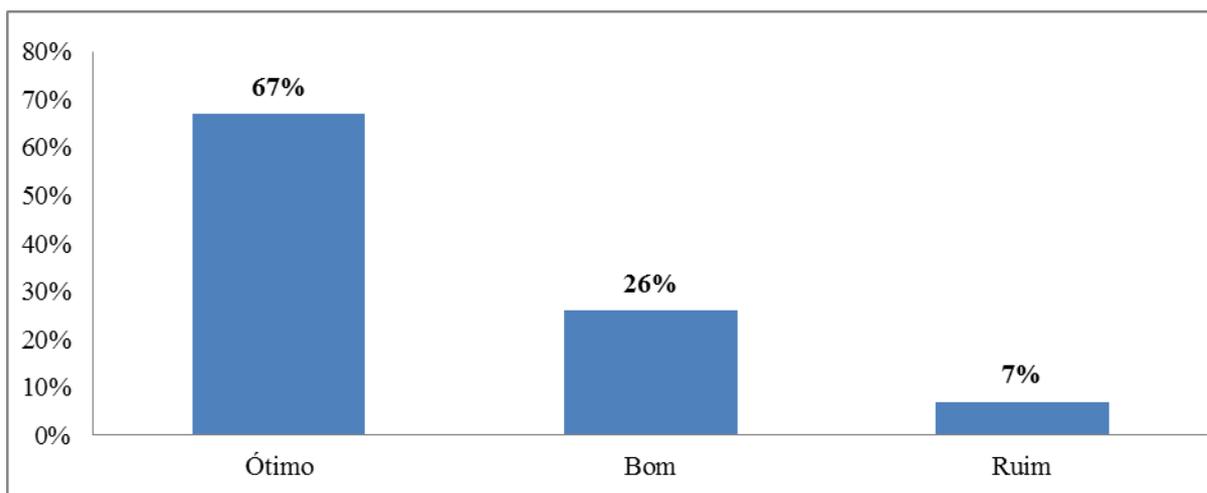
**Gráfico 10 – Como você classifica sua escola em relação à adequação das cores?**



Fonte: Dados da pesquisa (2016).

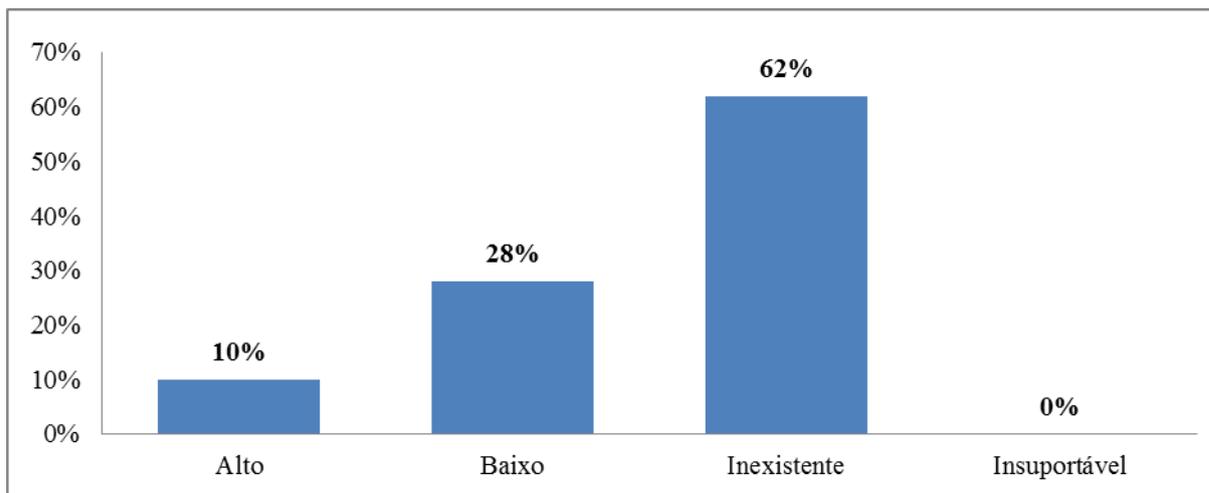
O Gráfico 11, a seguir, ilustra que entre os que avaliaram como ótimo e bom, existem 93% de satisfação dos usuários quanto à redução dos ruídos sonoros das áreas de silêncio na E. E. Jardim Marisa, demonstrando assim, que a instituição de ensino possui dependências adequadas para atender a estudantes, corpo técnico e funcionários.

**Gráfico 11 – As áreas de silêncio (biblioteca, sala de leitura, laboratório de informática dentre outros) possuem que nível de satisfação quanto aos ruídos sonoros?**



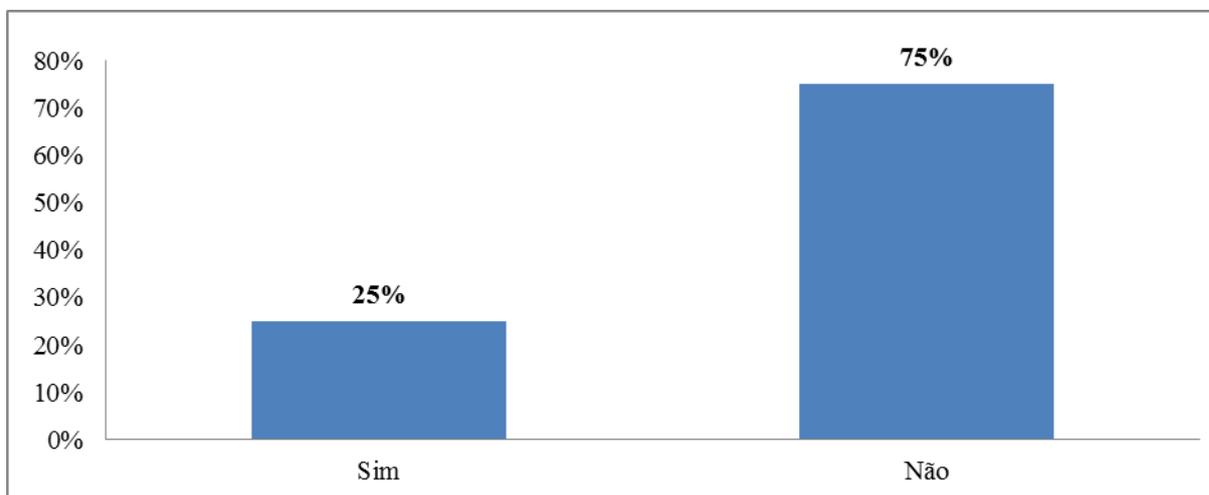
Fonte: Dados da pesquisa (2016).

O Gráfico 12 apresenta níveis de satisfação em relação ao ruído sonoro interno dentro da escola, em geral, 62% dos entrevistados aprovam os ambientes da E. E. Jardim Marisa por atender de maneira suficiente a redução dos ruídos sonoros dentro da edificação, proporcionando uma infraestrutura mais completa, o que permite um ambiente mais propício para o ensino e aprendizagem.

**Gráfico 12 – Qual o nível de ruídos internos do prédio?**

Fonte: Dados da pesquisa (2016).

No Gráfico 13, 25% dos usuários acham que a propagação parcial de ruído interfere nas condições de produção em sala de aula e exposições de trabalhos.

**Gráfico 13 – Os ruídos (se existentes) provocados pelas atividades desportivas ou musicais interferem no desenvolvimento de atividades em sala de aula?**

Fonte: Dados da pesquisa (2016).

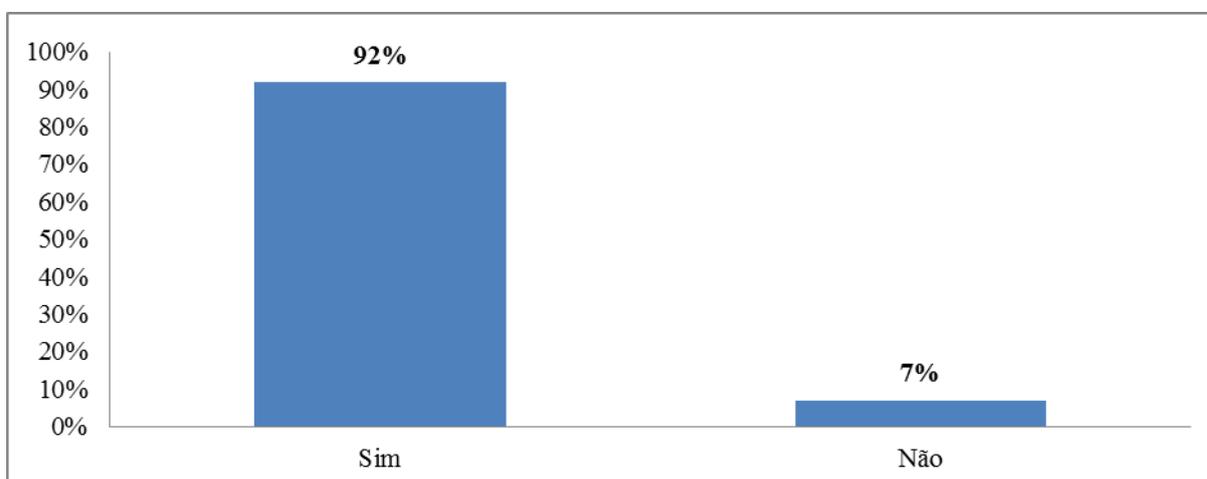
Entretanto, a grande maioria discorda desse percentual, pois 75% dos entrevistados acham satisfatória a redução de ruídos nesses ambientes devido à aplicação de alguns elementos que diminuem os ruídos.

## 6.2 Questionário aplicado com alunos de Ensino Fundamental II (5º ao 9º ano)

No Ensino Fundamental II, onde estudam crianças e adolescentes com faixa etária entre 9 e 15 anos, foi abordada uma perspectiva diferente nas questões. Para essa etapa, observa-se um tratamento diferenciado, tanto com as perguntas como com as explicações. O questionário foi aplicado de maneira mais lúdica e clara, para que se obtivessem resultados mais precisos. Crianças podem não saber de condicionantes térmicos, mas sabem, por exemplo, se sentem calor, frio, se enxergam bem, se ouvem barulho do apito da quadra poliesportiva, se acham a escola bonita, ou mesmo, se ouvem o avião passando sobre a escola.

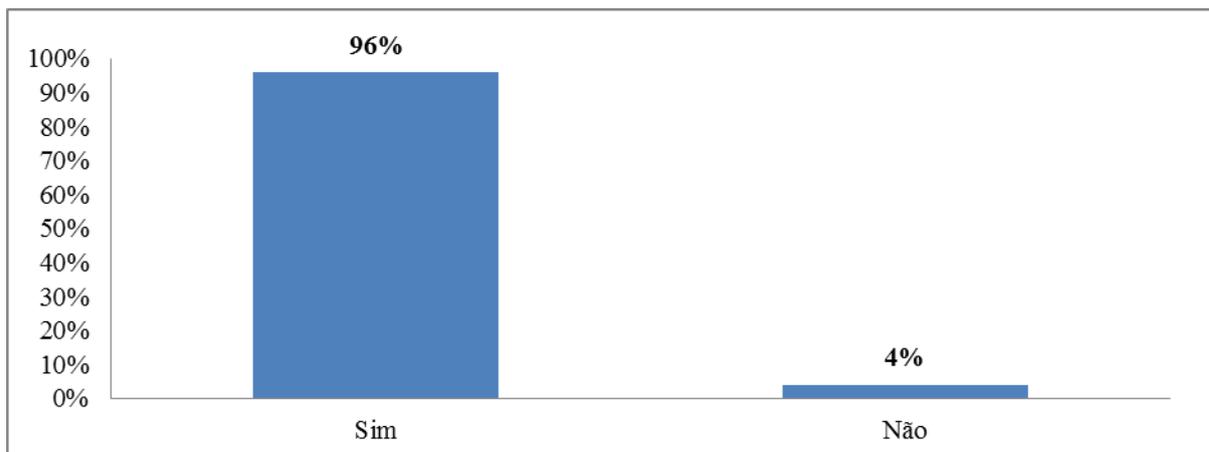
No Gráfico 14, a seguir, das crianças e adolescentes entrevistados, 92% afirmam que a escola ficou bonita com a aplicação das cores e com a utilização dos blocos, pois, nunca tinham estado em um ambiente com essa estrutura. O impacto foi positivo para alunos, professores e funcionários que percebem o interesse dos alunos em cuidar do espaço destinado ao campo de conhecimento. Os restantes (7%) disseram não gostar das cores.

**Gráfico 14 – Você acha sua escola bonita com esses blocos de concreto aparente coloridos?**



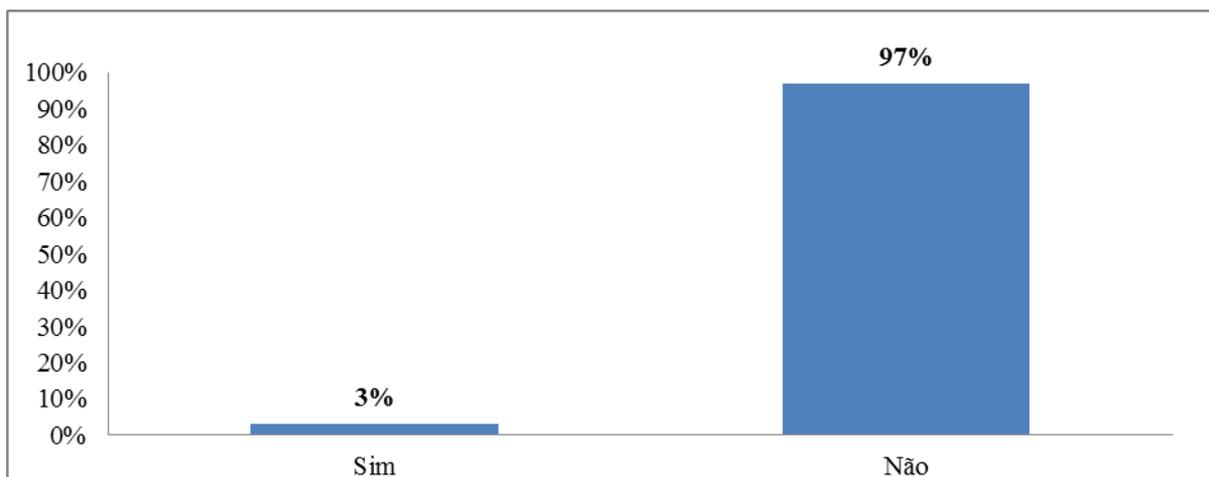
Fonte: Dados da pesquisa (2016).

De acordo com os dados mostrados no Gráfico 15, 96% dos usuários do edifício escolar afirmam que a escola atende a necessidade de ventilação, pois durante os dois turnos a escola mantém-se confortável e bem ventilada. Já os restantes (4%) preferem ventilação artificial em relação à natural, informando que a mesma é mais prática.

**Gráfico 15 – A escola é bem ventilada?**

Fonte: Dados da pesquisa (2016).

Como foi explicado no gráfico anterior, a arquitetura da escola foi planejada para atender as necessidades dos usuários, projetada no sentido de configurar os ambientes para o conforto, lazer e entretenimento. O Gráfico 16 apresenta essas características e mostra que 97% dos entrevistados concordam que a escola é um ambiente agradável e acolhedor e somente 3% desconsideram essas afirmações.

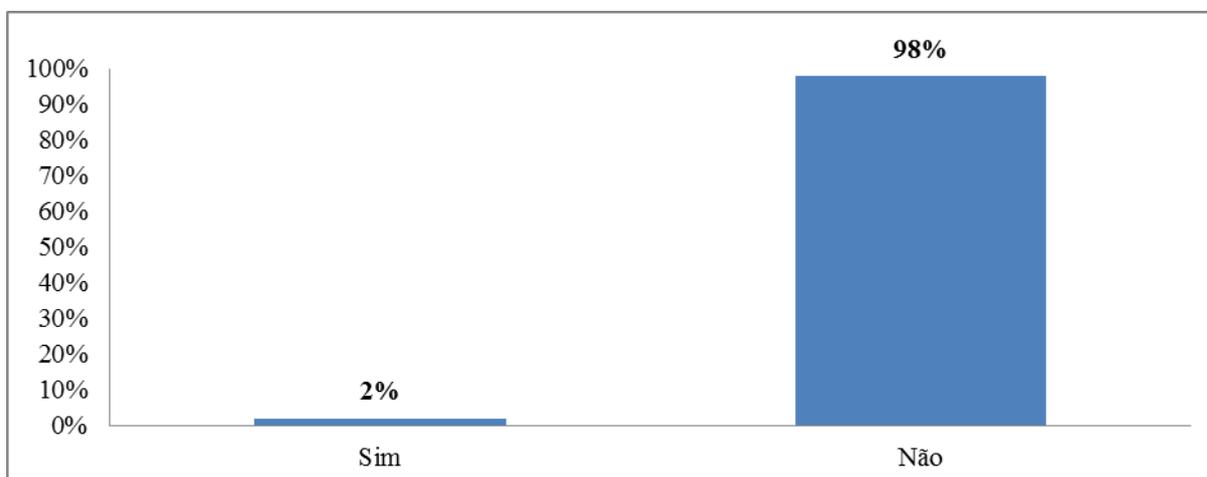
**Gráfico 16 – A escola é quente?**

Fonte: Dados da pesquisa (2016).

Os arquitetos se atentaram a detalhes que fazem muita diferença na hora de desenvolver projetos de grande porte que acatam boa parte da sociedade, como exemplo posição do prédio em relação à carta solar. O Gráfico 17 mostra a relevância de se projetar de

acordo com normas e parâmetros bioclimáticos. O edifício escolar utilizou como estudo a carta solar para aplicar nas etapas construtivas qualidade na execução da obra escolar.

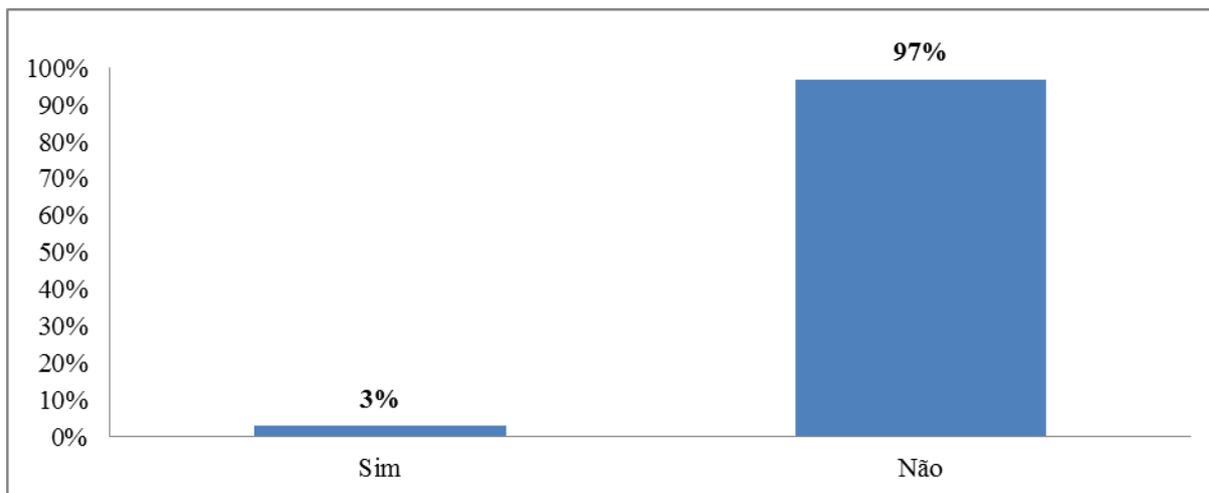
**Gráfico 17 – O sol atrapalha você na sala de aula?**



Fonte: Dados da pesquisa (2016).

O Gráfico 17 mostra que 98% dos usuários afirmam que a escola é bastante agradável durante todo dia e 2% dos usuários afirmam o sol atrapalha parcialmente na hora de transcrever os conteúdos que encontram-se no quadro. Os estudantes alegam que as salas de aula não são sempre frias ou sempre quentes, que a temperatura é amena e que se sentem bem durante o dia. O que chamou atenção para os percentuais foi a grande margem de satisfação dos usuários. 98% de satisfação comprova a grande eficiência térmica da alvenaria com blocos de concreto aparente quando executada corretamente no projeto.

Quando questionados sobre o avião incomodar na hora do estudo, 97% responderam não incomodam, informando que dentro das salas de aulas o que se ouve são as explicações dos professores e 3% afirmaram sentirem-se incomodados com a presença dos ruídos, porém nada afeta na da qualidade de sua produção (Gráfico 18).

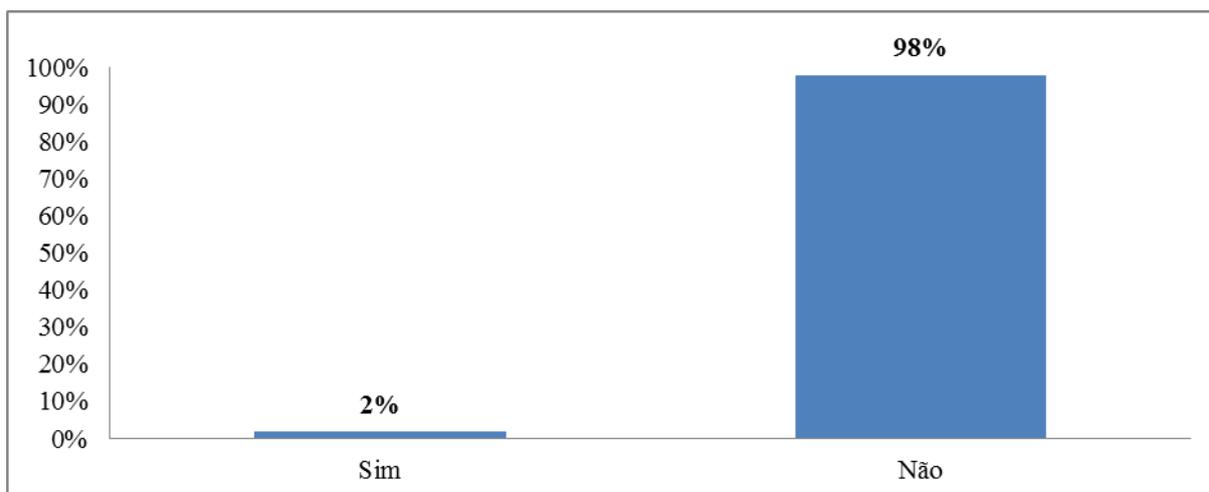
**Gráfico 18 – Você ouve barulho que vem do lado de fora da escola?**

Fonte: Dados da pesquisa (2016).

Devido à proximidade com o Aeroporto Internacional de Viracopos, a área presente deveria estar livre de construções que concentrassem, por exemplo, grande número de usuários ou que ultrapassassem determinado limite de verticalização. E é por este motivo que a E. E. Jardim Marisa possui algumas restrições referentes ao gabarito (6 m de altura) estipulado pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). A horizontalidade do edifício escolar se justifica pelas referidas exigências da agência. Porém, devido a esses processos, os corredores e boa parte da edificação escolar são constituídos de paredes de alvenaria com blocos de concreto, aberturas e peças pré-moldadas.

O mosaico amarelo nos corredores vedados com vidro bloqueia a entrada de ruídos no prédio. As salas de aula possuem forro acústico, caixilhos estanques e brises externos com telhas metálicas perfuradas que reduzem a propagação de ruído nesse ambiente.

O Gráfico 19 ilustra que 98% dos entrevistados afirmaram não ter incômodos com o barulho dos aviões que constantemente sobrevoam aquela região. Já 2% ouvem os ruídos das aeronaves, porém não chegam a prejudicar a audição na hora da explicação do professor, ou nas exposições de trabalhos.

**Gráfico 19 – O ruído do avião incomoda você na hora de estudar?**

Fonte: Dados da pesquisa (2016).

A seguir, apresentam-se as conclusões acerca do presente estudo.

## 7 CONCLUSÕES

A utilização dos blocos de concreto aparente em prédios educacionais é uma boa estratégia, quando todas as etapas do projeto são pensadas de forma racionalizada. Contribuem para esse objetivo a aplicação de elementos pré-fabricados e o bom detalhamento de projeto (consistência entre lajes e paredes, amarração dos elementos paredes, portas e janelas, simetria do projeto).

A revisão bibliográfica indica os principais critérios de desempenho aplicados a estabelecimentos de ensino e traz considerações a respeito para o caso particular de alvenaria de blocos de concreto. Através de entrevista técnica com agentes importantes do setor, é possível concluir pela adequabilidade do uso de alvenaria de blocos de concreto aparente, fato corroborado pela descrição de casos apresentados, em mais de uma região brasileira.

O estudo de caso realizado em Campinas (SP) na E. E. Jardim Marisa com professores, funcionários e alunos do Ensino Fundamental II (5º ao 9º ano) e do Ensino Médio mostra que os usuários estão plenamente satisfeitos com os ambientes da instituição. Verificou-se também através dos questionários da pesquisa que os índices foram positivos quanto à alvenaria com blocos de concreto aparente na escola. Esses fatores positivos são primordiais para as demais escolas utilizarem a alvenaria com blocos de concreto como forma, não somente, de reduzir custos, aumentar a velocidade de produção e racionalizar a construção, mas também na forma de pensar na habitabilidade dos edifícios escolares como pontos essenciais para a avaliação e percepções de seus usuários.

Os alunos do Ensino Fundamental II (5º ao 9º ano) concluíram que os ambientes escolares da E. E. Jardim Marisa são satisfatórios para a realização de atividades e práticas pedagógicas.

No estudo de caso da E. E. Jardim Marisa, pode-se concluir que os espaços são acolhedores, agradáveis, seguros, confortáveis e conta com boa infraestrutura para receber a comunidade. Os espaços que determinam o desempenho de professores, funcionários e alunos foram otimizados. Na avaliação realizada nas visitas foram considerados aspectos de durabilidade, segurança e estética, e pôde-se concluir pelo sucesso do emprego de blocos de concreto aparente na instituição de ensino. Grande parte desse mérito deve ser atribuído ao projeto dessa construção que foi pensado de forma integrada e racionalizada.

Pode se perceber que a instituição apresenta personalidade, sendo possível sentir a identidade pluricultural que as cores transmitem para o ambiente. Do preto ao branco, do

colorido a tons suaves. Em projetos educacionais é preciso compreender que detalhes fazem a diferença entre o aluno que vai à escola e o que quer ir à escola.

Mais que construir salas de aula com blocos de concreto e demais materiais, os projetistas precisam compreender que os projetos escolares são ambientes de aprendizados que necessitam de identidade para proporcionarem cultura, lazer e aprendizado.

### **7.1 Sugestões de trabalhos futuros**

Partindo do estudo em cerne sugere-se para que trabalhos futuros possam abordar:

- Análise do pós-ocupação de escolas com alvenaria com bloco de concreto aparente em outras zonas bioclimáticas;
- Avaliar a alvenaria com blocos de concreto aparente em instituições de ensino acima de dois pavimentos;
- Análise comparativa da avaliação pós-ocupação da alvenaria com blocos de concreto e alvenaria convencional;

## REFERÊNCIAS

AEROPORTO INTERNACIONAL DE VIRACORPOS. **Aviões estacionados no aeroporto de Viracopos em Campinas**. 2014. Disponível em: <<http://s2.glbimg.com/nlRHGXwqYASDoMTZghnFFn2Rgnc=/620x465/s.glbimg.com/jo/g1/f/original/2014/07/15/viracopos.jpg>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

AL-HADHRAMI, L. M.; AHMAD, A. Assessment of thermal performance of different types of masonry bricks used in Saudi Arabia. **Applied Thermal Engineering**, v. 29, n. 5-6, p. 1123-1130, abr. 2009.

AMARAL, L. F. L. E.; MENEZES-FILHO, N. A relação entre gastos educacionais e desempenho escolar. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 36., 2008, Salvador. **Anais...** Salvador: ANPEC. 2008.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E119-08**: Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2008.

ARTIGAS, R. (Org.). **Paulo Mendes da Rocha**. São Paulo: Cosac & Naify, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5628:2001**: Componentes construtivos estruturais: determinação da resistência ao fogo. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

\_\_\_\_\_. **NBR 6136:2014**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

\_\_\_\_\_. **NBR 9050:2015**: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

\_\_\_\_\_. **NBR 10636:1989**: Paredes divisórias sem função estrutural: determinação da resistência ao fogo: método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1989a.

\_\_\_\_\_. **NBR 12118:2013**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2013a.

\_\_\_\_\_. **NBR 14322:1999**: Paredes de alvenaria estrutural: verificação da resistência à flexão simples ou à flexo-compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

\_\_\_\_\_. **NBR 15116:2004**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 15220-3:2005**: Desempenho térmico de edificações: Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-1:2013**: Edificações habitacionais: desempenho: parte 1: requisitos gerais Rio de Janeiro: ABNT, 2013b.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-2:2013**: Edificações habitacionais: desempenho: parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013c.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-4:2013**: Edificações habitacionais: desempenho: parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro: ABNT, 2013d.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-6:2013**: Edificações habitacionais: desempenho: parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários. Rio de Janeiro: ABNT, 2013e.

\_\_\_\_\_. **NBR 15873:2010**: Coordenação modular para edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

\_\_\_\_\_. **NBR 15961-1:2011**: Alvenaria estrutural: blocos de concreto: parte 1: projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2011a.

\_\_\_\_\_. **NBR 15961-2:2011**: Alvenaria estrutural: blocos de concreto: parte 2: execução e controle de obras. Rio de Janeiro: ABNT, 2011b.

BAGATELLI, R. **Edifícios de alto desempenho**: conceito e proposição de recomendações de projeto. Vitória-ES, 2002. 198 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória-ES, 2002.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, Senado, 1988. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm)>. Acesso em: 16 mar. 2016.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004. Regulamenta as Leis ns. 10.048, de 8 de novembro de 2000, que dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica, e 10.098, de 19 de dezembro de 2000, que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3 dez. 2004. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm)>. Acesso em: 20 mar. 2016.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Diretrizes técnicas para apresentação de projetos e construção de estabelecimentos de ensino público**: Caderno de requisitos e critérios de desempenho para estabelecimentos de ensino público. Brasília, dez. 2014. v. 1. Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/portaldecompras/index.php/component/phocadownload/category/42-consultas-publicas?download=2148:cp-1-14-vol-i>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **PROINFÂNCIA**: Construção de Escolas de Educação Infantil: Creche de Tipo B e C: Metodologias Inovadoras: Orientações gerais para preenchimento dos dados no SIMEC: Programa de Aceleração do Crescimento – PAC 2. Brasília, ago. 2013. Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/programas/proinfancia/proinfancia-manuais/item/4969-metodologias-inovadoras>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012. Aprovar diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. **Diário Oficial**

**da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 13 jun. 2013. Seção I, p. 59-62. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2013/res0466\\_12\\_12\\_2012.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2013/res0466_12_12_2012.html)>. Acesso em: 21 mar. 2016.

BRICK INDUSTRY ASSOCIATION. Fire resistance of brick masonry. **Technical Note 16**, Reston, VA, p. 1-16, mar. 2008. Disponível em: <<http://www.gobrick.com/portals/25/docs/technical%20notes/tn16.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

BRICKA. **Alvenaria estrutural**: blocos de concreto. Disponível em: <<http://www.bricka.com.br/produtos/blocos-de-concreto/alvenaria-estrutural/>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

BUCHANAN, A. H. **Structural design for fire safety**. New York: John Wiley & Sons, 2002.

CAMACHO, J. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. Ilha Solteira, SP: UNESP/NEPAE, 2006. (Apostila).

CATÁLOGO DE ARQUITETURA. **Blocos estruturais de concreto – Pavibloco**. Disponível em: <<http://catalogodearquitetura.com.br/blocos-estruturais-de-concreto-pavibloco.html>>. Acesso em: 21 mar. 2016.

CHARLESON, A. W. **Estrutura aparente**: um elemento de composição em arquitetura. Porto Alegre: Bookman, 2009.

CHVATAL, K. M. S.; LABAKI, L. C.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Estudo do clima de Campinas: a dificuldade de caracterização e proposição de recomendações de projeto para climas compostos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2000, Salvador. **Anais...** Salvador: ANTAC, 2000.

COLLABORATIVE FOR HIGH PERFORMANCE SCHOOLS. **Best practice manual**. California: CHPS, 2002.

CONSTRUTENS. **Blocos de concreto coloridos SPLIT**. Disponível em: <[http://www.construtens.com.br/blocos\\_de\\_concreto\\_coloridos\\_split.html](http://www.construtens.com.br/blocos_de_concreto_coloridos_split.html)>. Acesso em: 20 mar. 2016.

COSTA, E. C. **Arquitetura ecológica**: condicionamento térmico natural. São Paulo: Edgard Blücher, 1982.

CRUZ, N. Projetos em alvenaria estrutural: modulação e compatibilização: princípios básicos para projetos/modulação e compatibilização em alvenaria estrutural em blocos de concreto. **Comunidade da Construção**, São Paulo, 9 jan. 2011. 52 slides, color. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/50/anexo/modcomp.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

DANIEL, G. R.; CAPELO, L. J. **Caderno de orientações para a preservação dos prédios escolares**. Curitiba: Secretaria de Estado da Educação do Paraná, 2009. Disponível em: <[http://www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/caderno\\_preservacao\\_predio\\_escolar.pdf](http://www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/caderno_preservacao_predio_escolar.pdf)>. Acesso em: 20 mar. 2016.

DARINI, C. H. **Proposta de metodologia para aplicação de revestimentos cerâmicos em fachadas de edificações de alvenaria estrutural de blocos de concreto**. São Paulo, 2006. 59 f. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2006.

DORNELLES, K. A. **Estudos de casos sobre a inércia térmica de edificações na cidade São Carlos**. São Carlos, 2004. 150 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

DUARTE, R. B. **Recomendações para o projeto e execução de edifícios de alvenaria estrutural**. Porto Alegre: ANICER, 1999.

FALCÃO, F. S.; BORMIO, M. F.; PACCOLA, S. A. O.; PASCHOARELLI, L. C.; SANTOS FILHO, A. G.; SILVA, J. C. P. **A influência ergonômica da cor no ambiente educacional: uma revisão**. 2005. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAGWIAL/a-influencia-ergonomica-cor-no-ambiente-educacional-revisao>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

FARIA, M. S. Alvenaria estrutural com blocos de concreto: materiais e componentes. **Comunidade da Construção**, São Paulo, 24 out. 2011. 128 slides, color. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/229/anexo/matercomp.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

FONSECA, J. F.; MONT'ALVÃO, C. R. A importância dos elementos ambientais na obtenção de locais de trabalho saudáveis e produtivos. In: **ERGODESIGN**, 4., 2004, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: PUC- Rio, 2004, p. 69-74.

FRANCO, L. S.; AGOPYAN, V. Implementação da racionalização construtiva na fase de projeto. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, São Paulo, n. 94, 1993. Disponível em: <[http://www.pcc.pol.usp.br/files/text/publications/BT\\_00094.pdf](http://www.pcc.pol.usp.br/files/text/publications/BT_00094.pdf)>. Acesso em: 20 mar. 2016.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

GIVONI, B. **Passive and low energy cooling of buildings**. New York: John Wiley & Sons, 1994.

GUERRA, R. S. T. Modulação. **Clube do Concreto**, 18 abr. 2016. Disponível em: <<http://www.clubedoconcreto.com.br/2016/04/modulacao-1.html>>. Acesso em: 21 maio 2016.

HAHN, C. Experience of fire behaviour of masonry and the proposed CEN standard for assessment. In: **INTERNATIONAL MASONRY CONFERENCE**, 3., 1994. **Proceedings...** Londres: IMS, 1994. p. 285-289.

HELENA JÚNIOR, F. **Contribuição para o projeto de edifícios em alvenaria estrutural**. São Paulo, 2012. 98 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, 2012.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 834-1:1999**: Fire-resistance tests: Elements of building construction: Part 1: General requirements. Genebra, SW: ISO, 1999.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil**: contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. São Paulo, 2000. 113 f. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

KOWALTOWSKI, D. **Arquitetura escolar**: o projeto do ambiente de ensino. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; MOREIRA, D. C.; DELIBERADOR, M. S. **O programa arquitetônico no processo de projeto**: discutindo a arquitetura escolar, respeitando o olhar do usuário. In: SALGADO, M. S.; RHEINGANTZ, P. A.; AZEVEDO, G. A. N.; SILVOSO, M. M. (Orgs.). **Projetos complexos e seus impactos na cidade e na paisagem**. Rio de Janeiro: UFRJ/FAU/PROARQ, 2012. p. 160-185.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **Zoneamento Bioclimático do Brasil**. Florianópolis: LabEEE/UFSC, 2016. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/antigo/software/zbr.html>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 2014.

LIMA, M. W. S. **A cidade da criança**. São Paulo: Nobel, 1988.

LOUREIRO, C.; AMORIM, L. Por uma arquitetura social: a influência de Richard Neutra em prédios escolares no Brasil. **Arquitextos**, São Paulo, a. 02, n. 020.03, Vitruvius, jan. 2002. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/02.020/813>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

LOURENÇO, P. B. Concepção e projecto para alvenaria. In: LOURENÇO, P. B.; SOUSA, H. (Eds.). **Seminário sobre paredes de alvenaria**. Porto: FEUP, 2002. p. 77-110.

LÜTZKENDORF, T.; SPEER, T.; SZIGETI, F.; DAVIS, G.; LE ROUX, P. C.; KATO, A.; et al. A comparison of international classifications for performance requirements and building performance categories used in evaluation methods. In: JOINT INTERNATIONAL CIB INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 11 th, 2005. **Anal...** Helsinki, Finland: VTT/RIL, 2005. p. 61-80. Disponível em: <<http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB6731.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

MACHADO, S. L. **Sistemática de concepção e desenvolvimento de projetos arquitetônicos para alvenaria estrutural**. Florianópolis, 1999. 198 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

MARQUES NETO, J. C. **Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil**. São Paulo: RIMA, 2005.

MASCARÓ, L. **A iluminação do espaço urbano**. Porto Alegre: Masquatro, 2006.

MELHADO, S. B.; AGOPYAN, V. O conceito de projeto na construção de edifícios: diretrizes para sua elaboração e controle. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, São Paulo, n. 139, 1995. Disponível em: <[http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT\\_00139.pdf](http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00139.pdf)>. Acesso em: 20 mar. 2016.

OLIVEIRA, B. S. **A modernidade oficial**: a arquitetura das escolas públicas do Distrito Federal (1928-1940). São Paulo, 1991. 145 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

PARSEKIAN, G. A. (Org.). **Parâmetros de projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto**. São Paulo: ABECE, 2012.

PARSEKIAN, G. A., SOARES, M. M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos**: projeto, execução e controle. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

PARSEKIAN, G. A.; HAMID, A. A.; DRYSDALE, R. G. **Comportamento e dimensionamento de alvenaria estrutural**. 2. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2013.

PASCARELLI FILHO, N. **Os desafios da arquitetura educacional e outras questões pedagógicas**. São Paulo: SINPEEM, 2006. (Curso). Disponível em: <[http://www.sinpeem.com.br/lermais\\_materias.php?cd\\_materias=1589](http://www.sinpeem.com.br/lermais_materias.php?cd_materias=1589)>. Acesso em: 20 mar. 2016.

PAULUZZI. **Acabamento estrutural**. Disponível em: <<http://www.pauluzzi.com.br/alvenaria.php>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

PREFEITURA DE CAMPINAS. **Plano Diretor 2006**. Campinas, SP, 2006. Disponível em: <<http://campinas.sp.gov.br/governo/seplama/publicacoes/planodiretor2006/pdfinal/cap7.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

PRONTOMIX. **O bloco de concreto na arquitetura**. 2013. Disponível em: <<http://prontomix.blogspot.com.br/2013/06/o-bloco-de-concreto-na-arquitetura.html>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

PRUDÊNCIO JÚNIOR, L. R.; OLIVEIRA A. L.; BEDIN, C. A. **Alvenaria estrutural de blocos de concreto**. Florianópolis: Gráfica Pallotti, 2002.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

REBOREDO, A. R. **Dimensionamento de um edifício em alvenaria estrutural de blocos de concreto**: comentários sobre a NBR 15961-1 (2011). Florianópolis, 2013. 173 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

REIS FILHO, N. G. **Quadro da arquitetura no Brasil**. São Paulo: Perspectiva, 2011.

RIGHI, P. C. R. **Ferramenta para análise do desempenho acústico das edificações para fins de financiamento imobiliário**. Santa Maria, 2013. 157 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

RODRIGUEZ, W. E. **The modelling of design ideas: graphics and visualization techniques for engineers.** New York: McGraw-Hill, 1992.

ROMAN, H. R.; MUTTI, C. N.; ARAÚJO, H. N. **Construindo em alvenaria estrutural.** Florianópolis: UFSC, 1999.

ROSEMANN Fernando. **Resistência ao fogo de paredes de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos pelo critério de isolamento térmico.** Florianópolis, 2011. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

SABBATINI, F. H. A industrialização e o processo de produção de vedações: utopia ou elemento de competitividade empresarial. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: VEDAÇÃO VERTICAL, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo, EPUSP, 1998.

\_\_\_\_\_. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia.** São Paulo, 1989. 321 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SALVADOR FILHO, J. A. A. **Blocos de concreto para alvenaria em construções industrializadas.** São Carlos, 2007. 246 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

SANTOS, M. J. F. **Análise da resistência de prismas e pequenas paredes de alvenaria estrutural cerâmica para diferentes tipos de argamassa.** Santa Maria, 2008. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

SHUNDI IWAMIZU ARQUITETOS ASSOCIADOS. **FDE Jardim Marisa.** SIAA, maio 2009. Disponível em: <<http://www.siaa.arq.br/2009/05/fde-jardim-marisa/>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

SILVA, C. O. **Manual de desempenho: alvenaria com blocos de concreto.** São Paulo: ABCP/BlocoBrasil, 2014.

SILVA, M. M. A. **Diretrizes para o projeto de alvenarias de vedação.** São Paulo, 2003. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SILVA, P. F. A. **Durabilidade das estruturas de concreto aparente em atmosfera Urbana.** São Paulo: Pini, 1995.

SIQUEIRA, R. A.; MALARD, M. L.; SILVA, M. M. A.; TELLO, M.; ALVES, J. M. **Coordenação modular da alvenaria estrutural: concepção e representação.** 2007. Disponível em: <<http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/coloquiomom/comunicacoes/siqueira.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

SOUZA, L. C. L. **Bê-à-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a arquitetura.** São Carlos: EdUfscar, 2012.

SOUZA, R. F. **Templos de civilização: a implantação da escola primária graduada no Estado de São Paulo (1890-1910)**. São Paulo: UNESP, 1998.

SPRAL. **Pavilhão industrial**. Disponível em: <[http://www.spral.pt/obras\\_indiv.php?id=668&onde=7&lang=1](http://www.spral.pt/obras_indiv.php?id=668&onde=7&lang=1)>. Acesso em: 20 mar. 2016.

STRAPASSON, D. C. **Flexibilidade em projetos de edificações de Ensino Superior: estudo de caso na UFPR**. Curitiba, 2011. 112 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

TAUIL, C. A. Alvenaria estrutural: entrevista. **IMEC**, 21 set. 2013. Disponível em: <<http://www.imec.org.br/30/index.php/imec/2013-09-21-17-21-54/noticias/90-construir/156-alvenaria-estrutural-entrevista>>. Acesso em: 21 mar. 2016.

\_\_\_\_\_. Alvenaria estrutural: vantagens para o construtor e à sociedade. **Portal VGV**, 05 out. 2009. Disponível em: <<http://www.portalvgv.com.br/site/alvenaria-estrutural-vantagens-para-o-construtor-e-a-sociedade/>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

\_\_\_\_\_. Entrevista. In: ROMERO, A. Alvenaria estrutural em edificações. **Revista Engenharia Civil**, Rudder, n. 24, p. 44-46, out. 2014.

TAUIL, C. A.; NESSE, F. J. M. **Alvenaria estrutural: metodologia do projeto, detalhes, mão de obra, normas e ensaios**. São Paulo: Pini, 2010.

TEXAS MASONRY COUNCIL. **Masonry vs. Tilt-up in Texas School Construction**. School Construction Report, ago. 2010. Disponível em: <[http://www.floridamasonry.com/uploads/2/3/1/4/23145284/tmschoolconstruction\\_report.pdf](http://www.floridamasonry.com/uploads/2/3/1/4/23145284/tmschoolconstruction_report.pdf)>. Acesso em: 20 mar. 2016.

THOMAZ, E.; HELENE, P. Qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenarias de vedação em edifícios. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, São Paulo, n. 252, 2000. Disponível em: <[http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT\\_00252.pdf](http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00252.pdf)>. Acesso em: 20 mar. 2016.

USUDA, F. **Técnicas construtivas especiais: alvenaria estrutural**. Sorocaba, SP: FACENS, 2004. (Apostila)

VANNI, C. M. K. **Análise de falhas aplicada à compatibilidade de projetos na construção de edifícios**. Belo Horizonte, 1999. 2012 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1999.

WOLFF, S. F. S. A arquitetura escolar documentada e interpretada através de imagem. In: SEMINÁRIO PEDAGOGIA DA IMAGEM, 1996, Niterói. **Anais...** Niterói: Universidade Federal Fluminense, 1996. p. 102-109.

## **APÊNDICES**

**APÊNDICE A – Questionário aplicado aos professores, funcionários e alunos do Ensino Médio**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL  
QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE DO EDIFÍCIO ESCOLAR**

Objetiva-se através deste questionário avaliar o nível de satisfação e insatisfação dos usuários da Escola Estadual Jardim Marisa construída com alvenaria com blocos de concreto aparente em relação ao espaço físico, ruído externo e interno, Iluminação, Temperatura e humidade, aparência, sustentabilidade ambiental, dentre outros. Na obtenção de resultados que, contribua para o processo de desenvolvimento de atividades de qualidade dentro do espaço escolar.

Ao responder a estas perguntas você estará contribuindo com a pesquisa “APLICABILIDADE, HABITABILIDADE E SUSTENTABILIDADE DA ALVENARIA COM BLOCO DE CONCRETO APARENTE EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO”. Busca-se analisar como a alvenaria com bloco de concreto aparente está sendo aplicada em edifícios educacionais, ou mesmo, porque não estão sendo utilizada. Vale salientar que este método de aplicação é muito utilizado na construção de moradias residências e prédios institucionais. A configuração da alvenaria com blocos de concreto aparente em desenvolver mecanismos eficientes com requinte de funcionalidade e racionalidade construtiva, compreende a busca da racionalização da construção civil que está sendo o ponto de referência para se desenvolver projetos com qualidade de vida, sejam bioclimáticas, acústicas e térmicas, conforto nas edificações, contribuindo de forma eficaz com o custo benefício nas construções.

**Preenchimento obrigatório.**

**Informação de Referência**

Por favor, forneça as seguintes informações:

**Nome da escola:** Escola Estadual Jardim Marisa

**Data de preenchimento do questionário:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

**Função do respondente:**

- Aluno
- Administração
- Coordenação
- Professor/professora
- Professor/professora
- Outros

**Escolaridade:**

- Ensino Fundamental  
 Ensino Médio  
 Superior  
 Pós-Graduação

**Instruções:**

1. O questionário não deve ser identificado
2. Indicar suas respostas no local indicado
3. Comentários e sugestões devem-se realizar por escrito no campo das observações

**Questão 1 – Localização da escola**

**1.1 Qual das seguintes respostas melhor descreve a comunidade em que a sua escola está inserida? (por favor, escolha apenas uma alternativa)**

- Área rural (menos de 3.000 habitantes)  
 Uma pequena vila (mais de 3.000 a 15.000 habitantes)  
 Uma vila (mais de 15.000 a 100.000 habitantes)  
 Uma cidade (mais de 100.000 a 1.000.000 habitantes)  
 Uma grande cidade (mais de 1.000.000 habitantes)

**Questão 2 – Como você classifica o prédio da sua escola construída com blocos de concreto aparente em relação:****I - Ao posicionamento das janelas com relação à incidência solar**

- Ótimo  
 Bom  
 Ruim

**II - Ventilação natural/ amplas aberturas**

- Ótimo  
 Bom  
 Ruim  
 Insuficiente

**III - Iluminação natural**

- Ótimo  
 Bom  
 Ruim  
 Insuficiente

**IV - Iluminação artificial**

- Ótimo  
 Bom  
 Ruim  
 Insuficiente

**Questão 3 – Ruído externo e interno: Os pisos, paredes e forro são adequados para reduzir os ruídos internos e externos que são propagados para dentro da escola?**

Sim  Não

**Questão 4 – Como você classifica os seguintes itens relacionados a sua escola:****I - Tamanho das salas em relação ao número de alunos**

- Ótimo  
 Bom  
 Ruim  
 Insuficiente

**II - Adequação das cores**

- Ótimo  
 Bom  
 Ruim  
 Insuficiente

**III - As áreas de silêncio (biblioteca, sala de leitura, laboratório de informática dentre outros) possuem que nível de satisfação quanto aos ruídos sonoros**

- Ótimo  
 Bom  
 Ruim  
 Insuficiente

**V - Nível de ruídos internos do prédio**

- Alto  
 Baixo  
 Inexistente  
 Insuportável

**VI - Os ruídos (se existentes) provocados pelas atividades desportivas ou musicais interferem no desenvolvimento de atividades em sala de aula?**

- Sim  
 Não

**Muito obrigado pela atenção!**

**APÊNDICE B – Questionário aplicado aos alunos do Ensino Fundamental (5º ao 9º ano)**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL  
QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE DO EDIFÍCIO ESCOLAR**

Objetiva-se através deste questionário avaliar o nível de satisfação e insatisfação dos usuários da Escola Estadual Jardim Marisa construída com alvenaria com blocos de concreto aparente em relação ao espaço físico, ruído externo e interno, Iluminação, Temperatura e humidade, aparência, sustentabilidade ambiental, dentre outros. Na obtenção de resultados que, contribua para o processo de desenvolvimento de atividades de qualidade dentro do espaço escolar.

Ao responder a estas perguntas você estará contribuindo com a pesquisa “APLICABILIDADE, HABITABILIDADE E SUSTENTABILIDADE DA ALVENARIA COM BLOCO DE CONCRETO APARENTE EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO”. Busca-se analisar como a alvenaria com bloco de concreto aparente está sendo aplicada em edifícios educacionais, ou mesmo, porque não estão sendo utilizada. Vale salientar que este método de aplicação é muito utilizado na construção de moradias residências e prédios institucionais. A configuração da alvenaria com bloco de concreto aparente em desenvolver mecanismos eficientes com requinte de funcionalidade e racionalidade construtiva, compreende a busca da racionalização da construção civil que está sendo o ponto de referência para se desenvolver projetos com qualidade de vida, sejam bioclimáticas, acústicas e térmicas, conforto nas edificações, contribuindo de forma eficaz com o custo benefício nas construções.

**Preenchimento obrigatório.**

**Informação de Referência**

Por favor, forneça as seguintes informações:

**Nome da escola:** Escola Estadual Jardim Marisa

**Data de preenchimento do questionário:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

**Função do respondente:**

- Aluno
- Administração
- Coordenação
- Professor/professora
- Professor/professora
- Outros

**Escolaridade:**

- Ensino fundamental
- Ensino Médio

- Superior  
 Pós-Graduação

**Instruções:**

1. O questionário não deve ser identificado
2. Indicar suas respostas no local indicado
3. Comentários e sugestões devem-se realizar por escrito no campo das observações

**Questão 1 – Localização da escola**

**1.1 Qual das seguintes respostas melhor descreve a comunidade em que a sua escola está inserida? (por favor, escolha apenas uma alternativa)**

- Área rural (menos de 3.000 habitantes)  
 Uma pequena vila (mais de 3.000 a 15.000 habitantes)  
 Uma vila (mais de 15.000 a 100.000 habitantes)  
 Uma cidade (mais de 100.000 a 1.000.000 habitantes)  
 Uma grande cidade (mais de 1.000.000 habitantes)

**Questão 2 – Você acha sua Escola Bonita com esses blocos de concreto aparente coloridos?****Questão 3 – A escola é bem ventilada?**

Sim  Não

**Questão 4 – A escola é quente?**

Sim  Não

**Questão 5 – O sol atrapalha você na sala de aula?**

Sim  Não

**Questão 6 – Você ouve barulho que vem do lado de fora da escola ?**

Sim  Não

**Questão 7 – E o barulho do avião incomoda você na hora de estudar?**

Sim  Não

**Muito obrigado pela atenção!**

## APÊNDICE C – Entrevista técnica



### UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE DO EDIFÍCIO ESCOLAR

A seguir é apresentada a entrevista realizada com o arquiteto e consultor técnico da Bloco Brasil (Associação Brasileira da Indústria de Blocos de Concreto), Carlos Alberto Tauil, sobre o processo de alvenaria com blocos de concreto aparente em instituições de ensino.

**Questão 1 (Pesquisadora):** Qual a importância da alvenaria com blocos de concreto empregadas em instituições de ensino, no que se refere ao conforto térmico e acústico?

**Carlos Alberto Tauil:** A alvenaria com blocos de concreto aparente é usada intensamente em prédios institucionais americanos. São em alvenaria e pintado. Por dentro não tem problema nenhum, o estudante pode rabiscar, sujar e pintar e depois você passa uma tinta e resolve o problema, assim, temos a importância da manutenção corretiva simples. Externamente é ruim, sempre entra água mais fácil. Porém, um bom projeto que seja adaptado para a regionalidade climática pode resolver esse problema quando aliado a boa execução da obra. A junta deve sempre ser bem frisada.

Sobre o comportamento térmico entre o bloco de concreto e o bloco cerâmico e qual conduz mais rapidamente o calor, posso dizer que em um lugar quente, tanto faz o bloco cerâmico quanto a parede de bloco de concreto. Nesses lugares não é o tipo de bloco utilizado que vai fazer tanta diferença em relação ao calor, o importante é o beiral. Com o beiral grande você resolve dois problemas, o da chuva pois não tem chuva direto na parede, e o aquecimento demasiado.

**Questão 2 (Pesquisadora):** Como verificar os requisitos de desempenho em instituições de ensino, no que diz respeito à ventilação, insolação, durabilidade, estanqueidade entre outros?

**Carlos Alberto Tauil:** Depende do partido que se vai adotar, no telhado você vai tomar partido para que nunca se receba chuva. **Pesquisadora:** Se a parede receber chuva, acaba com a estrutura? Não acaba nada, a parede tem que se pintada com pintura acrílica, em um prédio que não tenha empena você tem mais problema com a entrada de água. Tem que repintar de três a quatro anos. Nos projetos em escolas públicas se tem que fazer de um jeito que não necessite de manutenção constante. Se fizer essa pintura por dentro e protegida, dificilmente vai ter problema de escorrimento.

Insolação é mais importante em projetos de escolas térreas e na cobertura. Tem que atender as normas de desempenho entrando no manual de desempenho 15575, norma fundamental. Nós

fizemos alvenaria com blocos de concreto mostrando que o bloco atinge e atende integralmente a norma, mas não cem por cento. Existem qualidades mínimas, intermediárias e máximas.

Ventilação pela parede, tem que ter janela. Pra ventilação é muito importante um pé direito mais alto que o normal, ao invés de fazer com 2,60 (dois metros e sessenta centímetros), 2,70 (dois metros e setenta centímetros) é melhor fazer com 3,20 (três metros e vinte centímetros), mais alto. Quando nós fizemos as creches, fizemos com janelas basculantes, de um lado tinham uns blocos cruzados para que o ar circulasse. As lajes tem que ser impermeabilizadas. A ventilação vai depender do seu projeto.

Paredes termo acústicas com revestimento de duas paredes, seria também uma solução para resolver o problema da temperatura, onde grampeia-se as duas. Você pode fazer uma parede e revestir com tijolos, porque até que o calor passe de um lado para o outro, já esfriou. Você tem que proteger a habitação, tem que fazer com que o calor, o ar quente, saia lá em cima. Onde tem o telhado precisa de uma saída do ar.

Na Unicamp, Universidade de Campinas (SP), nós fizemos um projeto de elementos com laje de dez metros de vão. Podem ser usados blocos *stone* e *split*, que são bonitos e tem que ser feitas paredes acústicas. A parede acústica serve também para o frio e para o calor. Na União Soviética, usam muito bloco Split. Você isola com eles e acrescenta uma manta de vidro isolante que resolve o problema.

Sobre a durabilidade, você fez e pintou está protegido. É questão de lavar para manter. Na minha casa eu tenho um quarto com o bloco *split* vou lá e lavo de vez em quando, ou pintar de tempos em tempos.

Para estanqueidade o que se torna mais importante são os frisos, uma vez feito os frisos corretamente, não haverá problemas.

**Questão 3 (Pesquisadora):** Quais são os casos de alvenaria com blocos de concreto aparente no Brasil e no mundo?

**Carlos Alberto Tauil:** O prédio mais alto de 1972, na época era o mais alto de alvenaria estrutural com blocos de concreto aparente ali no bairro da Lapa (RJ), era com bloco aparente e ficou assim até 1992, depois decidiram revestir, pois estavam aparecendo “pontinhos de água”, afinal, por dentro tinham gessos.

No Brasil, tem muito galpão feito de bloco de concreto, quem trouxe essa ideia nos anos noventa, foi o *Walmart*. Tem vários prédios dele que foram feitos com blocos Split. Existe diferença entre as juntas que são feitas nos Estados unidos e aqui, pois os climas são diferentes.

Nos Estados Unidos tem muita escola com blocos aparentes, principalmente em lugares onde não chove muito, também tem muros com blocos, na Califórnia, tem muito em alvenaria aparente. No Mac Donald também usam blocos por fora e qualquer água que pudesse por ventura entrar, não atingiria o *drywall*, pois nas construções se deixa uma distância da parede de quatro ou cinco centímetros. Um exemplo que pode ser visto por todos sobre a utilização do bloco de concreto está em filmes americanos onde se observa o bloco em delegacia,

hospital, escola, penitenciária... Na Inglaterra também se utiliza muito da alvenaria com blocos de concreto aparente.

Já fizemos, inclusive, muralhas com alvenaria de blocos de concreto. O presídio foi feito com blocos de dez MPA. Hoje se faz bloco de até de vinte MPA. Eu sempre lembro que a alvenaria com bloco de concreto nem sempre é aquela que só pega carga horizontal, mas também que resiste a vento, como por exemplo, uma parede alta que precisa ser estruturada para resistir a ventanias.

**Questão 4 (Pesquisadora):** Quais são os requisitos arquitetônicos a serem analisados na construção de estabelecimento de ensino?

**Carlos Alberto Tauil:** Como requisito arquitetônico, aconselho usar grandes beirais para proteção da estrutura. Utilizar pé direito acima de três metros para facilitar a boa circulação do ar, ou seja, a instituição de ensino vai se tornar bem ventilada. Se for de dois pavimentos, eu sugiro a ideia de Richard Neutra, onde ele centralizava a edificação como forma de proteger a construção, criando amplos corredores deixando as salas de aula de um lado só e do outros corredores com aplicação de cobógos para capturar ventilação e iluminação, por exemplo.

Daí ventila e protege a sala de aula, embora escureça um pouco. Seria uma saída fazer em forma de elemento vasado, é preciso fazer o estudo. O importante é proteger sempre para não molhar.

**Questão 5 (Pesquisadora):** Quais são os requisitos das construções de escolas que devem ser analisados de acordo com a norma de desempenho NBR 15575:2013?

**Carlos Alberto Tauil:** Bom, você tem tudo isso aqui na norma de desempenho que estou lhe passando em primeira mão (NBR 15575:2013), o calor, o frio, a alvenaria atende todas as exigências dos usuários, mas essa norma foi produzida mais para edifícios residências, habitacionais, não foi feito para edifícios institucionais, porém pode ser utilizada na segurança contra incêndio e desempenho estrutural se seguir a NBR 15961 para calcular a alvenaria estrutural, onde foi o próprio professor Guilherme Parsekian, seu orientador, quem praticamente a redigiu. Segurança contra incêndio você vai ver os ensaios que foram feitos, a adequação a norma de desempenho térmico, acústico, manutenibilidade e impacto ambiental. Como impacto ambiental posso dizer que nós fizemos um estudo de quanto se gasta com cimento nas construções.

Podemos então dizer que para construção de instituições de ensino devem ser seguidas não apenas as normas da alvenaria, mas também as que os órgãos capacitados do governo determinam.

**Questão 6 (Pesquisadora):** Qual o melhor bloco de concreto que atenda aos requisitos para alvenaria com blocos de concreto aparente em escolas? Conheço o bloco *Split* e o *Stone* que são blocos decorativos. O que você acha?

**Carlos Alberto Tauil:** Se você usar dos artifícios do isolamento, eu acho bom. Proteger seria bom. Porém, por serem um pouco ásperos, acredito que as crianças poderiam se machucar. Sendo assim eu aconselharia não fazer tudo com esse bloco, talvez um trecho decorativo ou algo pequeno.

Precisa ver o projeto. Normalmente usar o bloco liso, mas pintado.

Se os blocos forem revestidos, não tem problema. Tem que escolher o bloco direito, bonito, sempre pensando na segurança dos alunos.

**Questão 7 (Pesquisadora):** Quais regiões brasileiras a utilização do bloco de concreto aparente pode ser aplicada de acordo com a norma de desempenho?

**Carlos Alberto Tauil:** Ele pode ser utilizado em todo lugar, pois existem formas de adaptar o projeto para que ele suporte as diferentes situações climáticas. Nos Estados Unidos se constroem escolas com blocos em todos os Estados. Na cultura inglesa muito presente no leste americano as construções são de bloco de concreto e depois revestida com aquele tijolo vermelho cerâmico, você pensa que é de tijolo, mas é bloco. Os ingleses fazem muito isso. Fazem o revestimento de tijolinho vermelho, mas na verdade é bloco de concreto revestido posteriormente pois isola melhor termicamente. Então no seu projeto você tem que ter esse jogo. As pessoas geralmente não gostam de usar dessa forma porque dizem que fica caro, fica caro, mas não tem manutenção. O projeto tem que ser feito de forma que te de um conforto térmico e acústico e que não te de manutenção. Sempre que se faz obra pública se tem que pensar em manutenção. As creches que fiz são muitas na periferia de São Paulo, nem sei mais como chegar, foram trinta e três e até hoje estão usando.

APÊNDICE D – Carta de Anuência



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL  
CARTA DE ANUÊNCIA PARA AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA

Ilmo. Sr. Diretor

*Claudemir Aparecido de Souza.*

Solicitamos autorização institucional para realização da pesquisa intitulada “APLICABILIDADE, HABITABILIDADE E SUSTENTABILIDADE DA ALVENARIA COM BLOCO DE CONCRETO APARENTE EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO”, a ser realizada na **Escola Estadual Jardim Marisa**, pela aluna de pós-graduação **Michelle Daiany da Conceição Trajano**, sob orientação do Prof. **Dr. Guilherme Aris Parsekian**, com os seguintes objetivos: Identificar as requisitos de desempenho para edificações escolares; Pesquisar componentes em blocos de concreto disponíveis para uso aparente; Verificar através de Pesquisas bibliográficas, trabalhos de observação de campo, análises documentais em instituições de ensino o desempenho das paredes de blocos de concreto, em relação a sua durabilidade e manutenibilidade; Conhecer casos de aplicabilidade da alvenaria estrutural com blocos de concreto aparente em instituições de ensino no Brasil e Exterior, necessitando portanto, ter acesso aos dados a serem colhidos nos setores da Instituição (salas de aula, diretoria, refeitório, biblioteca, coordenação, espaços abertos, corredores, entre outros), assim como, ter autorização para aplicação de questionários referentes a pesquisa. Ao mesmo tempo, pedimos autorização para que o nome desta instituição possa constar no relatório final bem como em futuras publicações na forma de artigo científico. Ressaltamos que os dados coletados serão mantidos em absoluto sigilo de acordo com a Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde, do Ministério da Saúde (CNS/MS), que trata de pesquisas envolvendo seres humanos. Salientamos ainda que tais dados sejam utilizados tão somente para realização deste estudo. Na certeza de contarmos com a colaboração e empenho desta Diretoria, agradecemos antecipadamente a atenção, ficando à disposição para quaisquer esclarecimentos que se fizerem necessária.

Campinas/SP, 09 de maio de 2016.

\_\_\_\_\_  
*Michelle Trajano*  
Pesquisador(a) Responsável do Projeto

Concordamos com a solicitação

Não concordamos com a solicitação

\_\_\_\_\_  
*Vice Diretor Claudemir*  
Diretoria da Escola Estadual Jardim Marisa

CLAUDEMIR AP. DE SOUZA  
RG: 35.518.740-1  
Vice-Diretor Escola



**APÊNDICE E – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido****UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL  
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Pesquisador Responsável: Michelle Daiany da Conceição Trajano  
Endereço: Avenida Antônio Vidal Madureira, 2447  
CEP. 68.909-837 – Macapá-AP  
Fone: (96) 3251-2390  
E-mail: mitrajano@yahoo.com.br

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

O(A) Sr.(a) está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa “APLICABILIDADE, HABITABILIDADE E SUSTENTABILIDADE DA ALVENARIA COM BLOCO DE CONCRETO APARENTE EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO”. Neste estudo, pretendemos: Identificar os requisitos de desempenho para edificações escolares; Pesquisar componentes em blocos de concreto disponíveis para uso aparente; Verificar através de Pesquisas bibliográficas, trabalhos de observação de campo, análises documentais em instituições de ensino o desempenho das paredes de blocos de concreto, em relação a sua durabilidade e manutenibilidade; Conhecer casos de aplicabilidade da alvenaria com blocos de concreto aparente em instituições de ensino no Brasil e Exterior.

O motivo que nos leva a estudar é justificar, por análises, as edificações com blocos de concreto aparente demonstrando sua importância de flexibilidade, bom desempenho da estrutura em situação de incêndio, durabilidade de projeto e manutenção. Desse modo, a alvenaria com blocos de concreto aparente apresenta-se em outros países como forma de solução para a construção de escolas por vários anos. Ressaltar-se a importância da pesquisa para divulgação da alvenaria aparente com blocos de concreto em instituições de ensino como forma positiva de construção racionalizada, devido aos seus processos de redução de energia, custos e rapidez em suas etapas produtivas.

Para este estudo, adotaremos os seguintes procedimentos: metodologicamente o projeto se divide em pesquisas bibliográficas, entrevistas com profissionais técnicos, aplicação de questionários e visitas em instituições de ensino que utilizam da alvenaria com blocos de concreto aparente. Nos riscos que a pesquisa pode proporcionar podemos citar que durante a resposta do questionário, você não poderá realizar outra atividade; como benefícios pode ser citado que você irá auxiliar na pesquisa da referida pesquisadora, conhecerá do conteúdo do trabalho e ajudará a disseminar a importância da alvenaria com blocos de concreto aparente em instituições de ensino, além de contribuir para pesquisas e inovações; no caso de necessário ressarcimento o prejudicado poderá pedir retratação consoante leis vigentes.

Para participar deste estudo você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido(a) sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido pelo pesquisador

O pesquisador irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo.

Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão.

O(A) Sr.(a) não será identificado em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pelo pesquisador responsável, no Centro LOCAL DO ESTUDO e a outra será fornecida a você.

Caso haja danos decorrentes dos riscos previstos, o pesquisador assumirá a responsabilidade pelos mesmos.

Eu, \_\_\_\_\_, portador(a) do documento de Identidade \_\_\_\_\_ fui informado(a) dos objetivos do estudo “APLICABILIDADE, HABITABILIDADE E SUSTENTABILIDADE DA ALVENARIA COM BLOCO DE CONCRETO APARENTE EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO”, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar.

Declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada à oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Campinas/SP, 09 de maio de 2016.

---

Assinatura participante

---

Assinatura pesquisador