UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ANA JULIA CARDOSO SCHROEDER
LEANDRO JOSÉ TIMES DE ANDRADE

COMPARATIVO ENTRE O DESEMPENHO DE EDIFICAÇÕES DE PAREDE DE CONCRETO E ALVENARIA CONVENCIONAL COM BLOCO CERÂMICO

Recife
2022

ANA JULIA CARDOSO SCHROEDER
LEANDRO JOSÉ TIMES DE ANDRADE

COMPARATIVO ENTRE O DESEMPENHO DE EDIFICAÇÕES DE PAREDE DE CONCRETO E ALVENARIA CONVENCIONAL COM BLOCO CERÂMICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Rachel Perez Palha.

Recife
2022

Catalogação na fonte:
Bibliotecária Sandra Maria Neri Santiago, CRB-4 / 1267

S382c Schroeder, Ana Julia Cardoso.
Comparativo entre o desempenho de edificações de parede de concreto e alvenaria convencional com bloco cerâmico / Ana Julia Cardoso Schroeder ; Leandro José Times de Andrade. – 2022.
86 f.: il., figs., quads., e tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Rachel Perez Palha.
TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Recife, 2022.
Inclui referências.

1. Engenharia civil. 2. Norma de desempenho. 3. Parede de concreto. 4. Alvenaria convencional. 5. Bloco cerâmico. I. Andrade, Leandro José Times de. II. Palha, Rachel Perez (Orientadora). III. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.) BCTG/2022-305

ANA JULIA CARDOSO SCHROEDER
LEANDRO JOSÉ TIMES DE ANDRADE

COMPARATIVO ENTRE O DESEMPENHO DE EDIFICAÇÕES DE PAREDE DE CONCRETO E ALVENARIA CONVENCIONAL COM BLOCO CERÂMICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, como requisito parcial para a obtenção do grau em Engenharia Civil.

Aprovado em: 31/05/2022.

BANCA EXAMINADORA

_____
Profa. Dra. Profa. Dra. Rachel Perez Palha (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

_____
Profa. Dra. Gabriela Alves Tenório de Morais (Examinadora interna)
Universidade Federal de Pernambuco

_____
Prof. Dr. José Camillo Barbosa da Cunha (Examinador externo)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Ao chegarmos no fim dessa grande jornada que foi o bacharelado em engenharia civil, gostaríamos de, primeiramente, agradecer a Deus, por nos fazer trilhar os melhores caminhos.

Agradecemos também a todos os nossos familiares, em especial nossos pais, Ocimar e Ana Lucia Schroeder (Ana Julia Schroeder), Fredy Leandro e Viviane Cantinho (Leandro Times), e nossos irmãos, Mariana, Maria Fernanda, Marina e Ocimar Jr (Ana Julia Schroeder) e Karina (Leandro Times), que são nossas maiores fontes de grandeza, e, sem eles, nada disso aconteceria.

À nossas avós, Orondas Schroeder e Eunice Cardoso (Ana Julia Schroeder) e Geraldo Times e Erlene Andrade (Leandro Times), algumas que não estão mais entre nós hoje, mas sempre acreditaram em nosso potencial. Vós, de onde vocês estiverem, sei que estão orgulhosas de nós.

Não poderíamos deixar de citar, também, nossos amigos criados no curso, que levaremos para a vida inteira.

À Universidade Federal de Pernambuco, por nos proporcionar um curso com profissionais de alta qualidade e que nos tornou pessoas melhores.

E à nossa Professora orientadora Rachel Palha, que conseguiu nos orientar durante esse processo turbulento.

RESUMO

O Programa "*Minha Casa, Minha Vida*" promoveu a ampla utilização e a disseminação do sistema parede de concreto com a necessidade de obter maior produtividade com relação aos métodos construtivos convencionais. Diante do exposto, esta pesquisa busca avaliar as edificações altas quanto a seu desempenho de acordo com a ABNT NBR 15.575, abordando comparativos técnicos, produtivos e de viabilidade entre o sistema de parede de concreto e alvenaria convencional com bloco cerâmico. A metodologia da pesquisa constituiu-se das etapas de revisão da literatura e estudo de caso, sendo esta última subdividida na caracterização os empreendimentos, compilação e análise crítica dos ensaios de desempenho térmico, acústico e lumínicos e elaboração de estudos de produtividade e custos. Como resultado das análises, foi observado ambos os métodos construtivos estão em conformidade com a NBR 15.575 quanto ao desempenho. A parede de concreto se apresenta como sendo um método cerca de 330% mais produtivo com relação a alvenaria convencional com blocos cerâmicos e possui custo de 15% maior.

Palavras-chave: norma de desempenho; parede de concreto; alvenaria convencional; bloco cerâmico.

ABSTRACT

The “Minha Casa, Minha Vida” program promoted the wide use and dissemination of the concrete wall system with the need to obtain greater productivity over the conventional construction methods. Given the above, this research seeks to evaluate tall buildings regarding their performance in accordance with ABNT NBR 15.575, approaching technical, productive and feasibility comparisons between the concrete wall system and conventional masonry with ceramic brick. The research methodology consisted of the stages of literature review and case study, the latter being subdivided into the characterization of projects, compilation and critical analysis of thermal, acoustic and lighting performance tests and elaboration of productivity and cost studies. As a result of the analysis, it was observed that both construction methods are in compliance with NBR 15,575 regarding performance. The concrete wall presents itself as a method about 330% more productive compared to conventional masonry with ceramic bricks and has a cost of 15% higher.

Keywords: Performance standard. Concrete wall. Conventional masonry. Ceramic brick

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tipos de blocos cerâmicos. 19
Figura 2 –Thomas Edison apresentando o modelo de casa de concreto. 21
Figura 3 – Construção de uma casa pelo modelo de Edison. 22
Figura 4 – Casas de concreto de Edison ao longo da Polk Street, em Indiana, Estados Unidos. 22
Figura 5 – Armação em sistema de parede de concreto. 24
Figura 6 – Laje com posicionamento de instalações elétricas. 25
Figura 7 – Fôrmas para o sistema de parede de concreto. 25
Figura 8 – Etapas de metodologia da pesquisa. 29
Figura 9 – Planta baixa – Edifício de parede de concreto. 31
Figura 10 – Planta baixa – Edifício de alvenaria convencional. 32
Figura 11 – Zonas bioclimáticas do Brasil. 35
Figura 12 – Planta baixa do 17º pavimento representando os ambientes avaliados. 37
Figura 13 – Sistema de parede de concreto. 38
Figura 14 – Sistema de piso. 38
Figura 15 – Sistema de coberta 39
Figura 16 – Planta baixa do 18º pavimento com os ambientes avaliados 40
Figura 17 – Parede de alvenaria de bloco cerâmico 42
Figura 18 – Sistema de coberta do prédio de alvenaria 42
Figura 19 – Planta baixa realçando paredes estudadas – Parede de concreto 46
Figura 20 – Sistema de piso da sala – Parede de concreto 50
Figura 21 – Sistema de piso da cozinha – Parede de concreto 51
Figura 22 – Sistema de piso do dormitório – Parede de concreto 51
Figura 23 – Planta baixa realçando paredes estudadas – Alvenaria de bloco cerâmico 53
Figura 24 – Sistema de piso – Alvenaria de bloco cerâmico 58
Figura 25 – Sombreamento entre blocos – 23/04 às 9h30m. 61
Figura 26 – Sombreamento entre blocos – 23/10 às 15h30m 61
Figura 27 – Sombreamento entre blocos – vista leste – 23/04 às 09h30m. 61
Figura 28 – Sombreamento entre blocos – vista noroeste – 23/10 às 15h30m. 62
Figura 29 – Distribuição de luz natural – 23 de abril às 9:30h. 63
Figura 30 – Distribuição de luz natural – 23 de outubro às 15:30h. 63

Figura 31 – Sombreamento entre edificações – 23/04 às 9h30m (esq.) e 23/10 às 15h30m (dir.).....65
Figura 32 – Distribuição de luz natural – 23/04 às 9:30h.....66
Figura 33 – Distribuição de luz natural – 23/10 às 15:30h.....67
Figura 34 - Divisão das etapas de concretagem. 74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Planilha orçamentária - parede de concreto. 78
Quadro 2 - Planilha orçamentária – alvenaria convencional com bloco cerâmico. 79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Níveis de iluminância geral para iluminação natural. 31
Tabela 2 – Parâmetros de desempenho mínimo, intermediário e superior. 34
Tabela 3 – Localização e dados climáticos de verão do Recife. 35
Tabela 4 – Propriedades térmicas dos materiais utilizados. 37
Tabela 5 – Resultados encontrados na simulação. 39
Tabela 6 – Materiais utilizados no método construtivo de alvenaria 41
Tabela 7 – Resultados da simulação de alvenaria. 43
Tabela 8 – Requisitos isolação sonora de vedações verticais externas (Fachadas) 44
Tabela 9 – Requisitos isolação sonora de vedações verticais internas 44
Tabela 10 – Requisitos isolação sonora de vedações horizontais (ruído aéreo) 45
Tabela 11 – Requisitos isolação sonora de vedações horizontais (ruído de impacto) 46
Tabela 12 – Mapa acústico – Parede de concreto 47
Tabela 13 – Descrição do sistema de vedação vertical externa – Parede de concreto 47
Tabela 14 – Resultados avaliação acústica vedações verticais externas – Parede de concreto 48
Tabela 15 – Vedações verticais internas – Parede de concreto 49
Tabela 16 – Resultados avaliação acústica vedações verticais internas – Parede de concreto 49
Tabela 17 – Resultados sistema de piso (ruído aéreo) – Parede de concreto 51
Tabela 18 – Resultados sistema de piso (ruído de impacto) – Parede de concreto 52
Tabela 19 – Mapa acústico – Alvenaria de bloco cerâmico 53
Tabela 20 – Descrição do sistema de vedação vertical externa – Alvenaria de bloco cerâmico 54
Tabela 21 – Resultados avaliação acústica vedações verticais externas – Alvenaria de bloco cerâmico 54
Tabela 22 – Vedações verticais internas – Alvenaria de bloco cerâmico 55
Tabela 23 – Resultados avaliação acústica vedações verticais internas – Alvenaria de bloco cerâmico 57
Tabela 24 – Resultados sistema de piso (ruído aéreo) – Alvenaria de bloco cerâmico 58
Tabela 25 – Resultados sistema de piso (ruído de impacto) – Bloco de alvenaria cerâmica ... 59
Tabela 26 – Faixas de refletâncias úteis. 60
Tabela 27 – Índice de reflexão. 60
Tabela 28 – índices de reflexão. 62

Tabela 29 – Fatores luminosos dos vidros considerados. 63
Tabela 30 – Iluminância por ambiente e dia específico. 64
Tabela 31 – Fatores luminosos dos vidros utilizados 66
Tabela 32 – Iluminância por ambiente e dia específico. 67
Tabela 33 – Comparativo térmico 68
Tabela 34 – Comparativo térmico entre as temperaturas limites 69
Tabela 35 – Comparativo acústico – Paredes internas 70
Tabela 36 – Comparativo acústico – Ruído aéreo 71
Tabela 37 – Comparativo acústico – Ruído de impacto 71
Tabela 38 – Comparativo lumínico. 73
Tabela 39 - Assentamento da alvenaria 76
Tabela 40 - Aplicação do Reboco. 76
Tabela 41 - Comparativo de produtividade 77

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 14
1.1 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO 15
1.2 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS 15
2 REFERENCIAL TEÓRICO 17
2.1 SISTEMA DE VEDAÇÃO DE ALVENARIA COM BLOCOS CERÂMICOS 17
2.1.1 Contexto histórico 17
2.1.2 Definição e aspectos gerais 18
2.1.3 Materiais empregados 18
2.1.4 Procedimento executivo 20
2.2 SISTEMA DE PAREDE DE CONCRETO 21
2.2.1 Contexto histórico 21
2.2.2 Definição e aspectos gerais 22
2.2.3 Materiais empregados 23
2.2.4 Procedimento executivo 24
2.3 NBR 15.575/2013 26
3 METODOLOGIA 28
3.1 DELINEAMENTO PRÁTICO 28
3.1.1 Revisão da literatura 28
3.1.2 Estudo de caso 28
3.1.2.1 Definição da amostra 29
3.1.2.2 Coleta e compilação dos dados 30
3.1.2.3 Análise dos resultados 30
3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS 31
3.3 PRODUTIVIDADE E CUSTO 32
4 ENSAIOS DE DESEMPENHO 34
4.1 COMPARATIVO TÉRMICO 34
4.1.1 Parede de concreto 36
4.1.2 Alvenaria com bloco cerâmico 40
4.2 COMPARATIVO ACÚSTICO 43
4.2.1 Parede de concreto 46
4.2.2 Alvenaria com bloco cerâmico 52
4.3 COMPARATIVO LUMÍNICO – ILUMINAÇÃO NATURAL 59

4.3.1 Parede de concreto 61
4.3.2 Alvenaria com bloco cerâmico 65
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES 68
5.1 DESEMPENHO TÉRMICO 68
5.2 DESEMPENHO ACÚSTICO 69
5.3 DESEMPENHO LUMÍNICO 72
5.4 COMPARATIVO DE PRODUTIVIDADE 74
5.4.1 Parede de concreto 74
5.4.2 Alvenaria com bloco cerâmico 75
5.5 COMPARATIVO DE CUSTOS 77
5.5.1 Composições de custo da execução de parede de concreto 77
5.5.2 Composições de custo da execução de alvenaria com bloco cerâmico 79
5.5.3 Considerações sobre produtividade e custos 80
5.5.3.1 Estruturas e vedações 80
5.5.3.2 Revestimento de parede 81
5.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 81
6 CONCLUSÃO 83
REFERÊNCIAS 84

1 INTRODUÇÃO

Segundo Azeredo (1997, p. 125), alvenaria é toda obra feita a partir de pedras naturais, tijolos ou blocos podendo ou não estar ligados por argamassa, devendo apresentar resistência, impermeabilidade e durabilidade. Com o passar dos anos, tornou-se cada vez mais comum a utilização do bloco cerâmico para as alvenarias de vedação, o qual se consolidou como o sistema mais utilizado no Brasil, conforme Penteado e Marinho (2011). No entanto, a descoberta de métodos que trazem uma maior produtividade para os canteiros vêm sendo cada vez mais estimulada no Brasil.

O Programa "*Minha Casa, Minha Vida"* tem grande importância no estímulo da indústria da construção civil, oferecendo oportunidades às classes menos favorecidas condições de créditos bancários para viabilização de aquisição de imóveis, ocasionando assim um crescimento na rede de compra de imóveis. Nos períodos de escassez econômica, os imóveis provindos do programa foram responsáveis pela maioria dos investimentos no setor da construção civil (JUNIOR, 2019).

O sistema de parede de concreto que sofreu alta difusão graças ao Programa "Minha Casa, Minha Vida" se destaca com relação aos métodos mais convencionais usados no Brasil graças a seus benefícios quanto aos custos e à produtividade, que se mostra uma opção eficiente para habitações com grande volume de unidades. Entretanto, o mercado brasileiro não está no nível de amadurecimento necessário com relação ao domínio das técnicas construtivas (CANTO, 2019).

O sistema foi criado por volta de 1800 nos Estados Unidos, mas demorou para ser, de fato, aderido e implementado em outros países, inclusive no Brasil. Este cenário começou a mudar com a ABNT NBR 16.055/2012, norma que especifica requisitos e procedimentos para execução de paredes de concreto moldadas in loco, regulamentando e padronizando a execução do sistema (ABNT, 2012).

Este sistema se compõe pela execução de paredes de concreto armada moldadas *in* loco, usando fôrmas para delimitação dos limites da estrutura e aberturas e vãos. Esse sistema se diferencia por sua velocidade na execução das peças, trazendo com isso redução na permanência da mão de obra e na geração de resíduos, além de, para certos casos, apresentar significativa redução nos custos, segundo Canto (2019).

Em 2013 foi-se estabelecida uma norma de desempenho com o objetivo de demonstrar como os produtos utilizados nas construções possuem relacionamento direto com a qualidade

de uso do imóvel nos anos seguintes, definindo o padrão de qualidade que as construtoras devem atingir, além de determinar métodos de análise para assegurar o atendimento de suas diretrizes (ABNT, 2013). A norma dedica-se em acatar as exigências dos usuários ao longo dos anos, dando grande importância à habitabilidade e à duração da qualidade da edificação, e não considerando, apenas, a fase construtiva.

Este trabalho de conclusão de curso apresenta, portanto, a comparação entre a utilização do sistema de paredes de concreto e um sistema feito em alvenaria convencional com bloco cerâmico.

1.1 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO

O desempenho das edificações possui influência direta na satisfação e no bem-estar do ser humano, onde um espaço com boas características térmicas, acústicas e lumínicas pode trazer uma melhora na produtividade e nas atividades intelectuais, manuais e perceptivas das pessoas.

Em um estado como Pernambuco, com elevados índices solares e térmicos - por se encontrar na zona tropical (INMET, 2022) - é de suma importância que as características dos materiais que constituem as edificações sejam levadas em consideração no desenvolvimento do projeto arquitetônico, uma vez que eles têm influência direta nos indicadores de desempenho da construção, e, consequentemente, no bem-estar do usuário.

Este trabalho de conclusão de curso, então, tem como objetivo trazer um estudo comparativo entre os métodos, que levará em consideração o desempenho das edificações e seu custo-benefício, sendo possível identificar, além de características citadas acima, os níveis de produtividade e custo-benefício. Será avaliado se as paredes de concreto terão resultados similares, superiores ou inferiores em comparação com o processo de alvenaria convencional, e, ainda, se o resultado for de uma qualidade inferior, avaliar se os benefícios construtivos compensarão as demais desvantagens.

1.2 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

O presente trabalho tem como objetivo geral comparar os estudos de desempenho nos ambientes das edificações executadas usando os métodos construtivos de vedação de paredes

em alvenaria convencional e paredes de concreto armado, a fim de identificar qual terá melhor performance para o conforto do usuário. Como objetivos específicos, temos:

a) Avaliar o desempenho térmico nas edificações de parede de concreto e de alvenaria;
b) Avaliar o desempenho acústico nas edificações de parede de concreto e de alvenaria;
c) Avaliar o desempenho lumínico nas edificações de parede de concreto e de alvenaria;
d) Verificar se as edificações atendem aos parâmetros da ABNT NBR 15.575/2021 - Norma de Desempenho de Edificações Habitacionais;
e) Comparar o custo-benefício entre os métodos construtivos;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão apresentados um breve referencial teórico sobre os sistemas de vedação em análise, além de trazer informações sobre a norma brasileira que abrange o desempenho de edificações.

2.1 SISTEMA DE VEDAÇÃO DE ALVENARIA COM BLOCOS CERÂMICOS

Os processos construtivos utilizando alvenaria como vedação estão presentes ao longo de toda história de formação das cidades brasileiras, sendo um dos métodos mais tradicionais e usuais no Brasil (SILVA, 2003).

Serão apresentados um breve contexto histórico, definição e procedimentos executivos aplicados na construção de edificações de alvenaria com blocos cerâmicos.

2.1.1 Contexto histórico

A prática de construção de sistemas de vedação teve início no período Neolítico, com a sedentarização do homem como resultado do aquecimento global - que permitiu a possibilidade de fixação dos povos em um único local - e da necessidade de se proteger, principalmente com o desenvolvimento bélico da época, segundo Kriwaczek (2018). De acordo com o autor, com a sedentarização do ser humano, foi-se observando o surgimento das primeiras cidades e o desenvolvimento da arquitetura global.

Os primeiros vestígios de construções que utilizam alvenaria foram registrados na Mesopotâmia e na bacia Mediterrânica, com o uso de pedras naturais assentadas com argila, tijolos cozidos reforçados com areia e terra argilosa reforçada com fibras vegetais, de acordo com Sousa (2003, p.6)

Ainda segundo Sousa (2003, p.8), o tijolo foi criado há cerca de 10.000 anos, sendo o elemento de construção mais antigo produzido pelo homem. Pela sua abundância na região, junto a sua simplicidade, resistência e durabilidade, o seu uso foi altamente disseminado, ocupando lugar de destaque na história das construções, assim como a pedra.

Entretanto, foi a partir do século XVIII, com a revolução industrial e descoberta da máquina a vapor, que houve a industrialização dos processos produtivos dos tijolos

cerâmicos, trazendo o desenvolvimento de modelos de produção em massa, como cita Souza (2002, p.18).

De acordo com Cavalheiro (2006), as estruturas em aço começaram a se tornar mais significativa em grandes obras a partir do final do século XIX, com a concepção de edifícios altos. Nesta época, houve um maior desenvolvimento matemático e fomentação pelo estudo dos metais, tornando a utilização de alvenarias com maior propósito de vedação, ao contrário de estrutural.

2.1.2 Definição e aspectos gerais

Martins (2009, p. 3) define a alvenaria como "maciços construídos de pedras ou blocos, naturais ou artificiais, ligadas entre si de modo estável pela combinação de juntas e interposição de argamassa ou somente por um desses meios".

O principal objetivo da alvenaria de vedação é fazer o fechamento externo ou interno de uma construção. Barros (2009) afirma que, para que isso ocorra, a alvenaria atua como freio, barreira e filtro seletivo, controlando ações e movimentos complexos.

Edificações compostas por alvenaria de vedação possuem estrutura de concreto armado constituídas por lajes, vigas, pilares e fundação. Neste sistema, as cargas são absorvidas pelos elementos estruturais mencionados acima e transferidas para o solo, sem que haja interação da carga com as paredes, fazendo com que as mesmas não estabeleçam função estrutural. Com isso, segundo Barros (2009), sua função passa a ser a de dividir ambientes, resistir a cargas vindas da gravidade (peso próprio), contribuir para o conforto térmico e acústico e impedir ventos e chuvas. Uma das vantagens deste tipo de construção é a possibilidade de criação de um projeto mais arrojado e sem seguir muitas padronizações, em contra partida, o desperdício de material é considerável, podendo variar entre 15 a 30%, de acordo com Campos e Lara (2012).

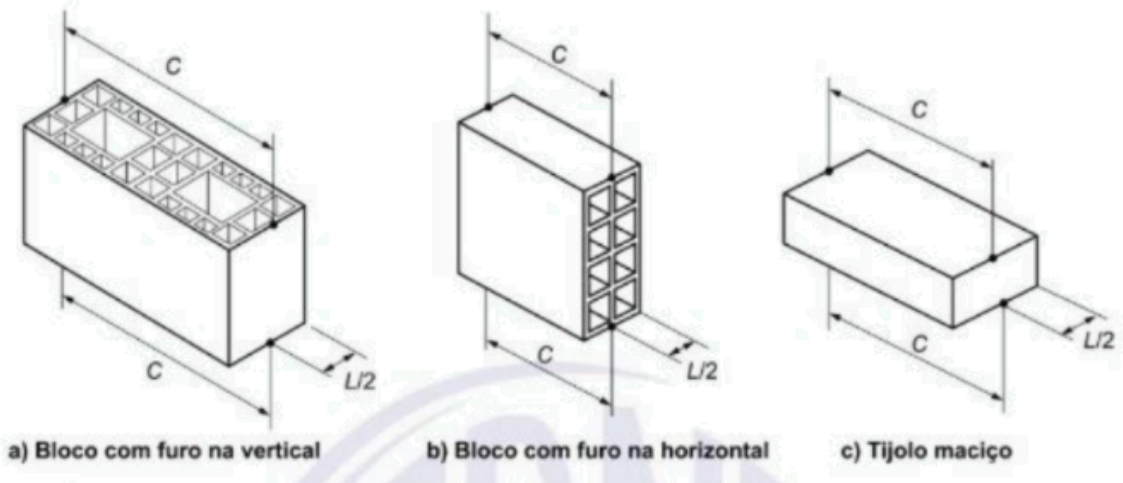
2.1.3 Materiais empregados

De forma intuitiva, o sistema de vedação é composto por blocos cerâmicos, mais conhecidos como tijolos. Os blocos são feitos de barro cozido, a partir de uma pasta de argila, água e areia. São moldados em formas, que podem os deixar maciços ou furados, e postos para secar ao sol formando os adobes. Os adobes formados são cozidos em fornos com a

temperatura variando entre 900 e 1100ºC. Esse processo é o responsável por agregar resistência ao material, de forma que, quanto maior a temperatura, maior a resistência adquirida (Azeredo, 1997, p. 125). De acordo com Roman, Mutti e Araújo (1999), a qualidade das cerâmicas está diretamente ligada à qualidade das argilas empregadas na fabricação e ao processo de produção.

O tijolo baiano é o tipo de bloco mais utilizado nas construções devido a seu baixo custo. Eles apresentam, em seu exterior, uma série de frisos, que têm o objetivo de aumentar a aderência entre o elemento e a argamassa. Já seu interior é composto por pequenos canais prismáticos, que servem para diminuir o peso próprio da estrutura (Azeredo, 1997, p. 125). Sua geometria é de paralelepipedo-retângulo com furos que podem ser na horizontal ou na vertical. As dimensões mais comuns comercialmente são os tijolos 9x19x19 cm e 12x19x19 cm, conforme **(**Figura 1). Sua produção deverá estar de acordo com a norma NBR 15270/2017 - Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação da ABNT.

Figura 1 – Tipos de blocos cerâmicos.



Fonte: ABNT (2017).

Como forma de unir os elementos, usa-se a argamassa, composta pela mistura de água, cimento e agregados miúdos, podendo conter aditivos. Além desta função, ela também terá o objetivo de difundir, de maneira uniforme, as cargas atuantes na parede por toda sua área, prevenir infiltrações da água e do vento e atenuar pequenas deformações naturais, como as de origem térmica e as de retração por secagem, afirma Pianca (1978).

2.1.4 Procedimento executivo

Para início da execução da alvenaria de tijolos cerâmicos faz-se necessário que:

i. O contrapiso esteja limpo e sem elementos prejudiciais a aderencia da argamassa no local de execução da vedação;
ii. Os eixos estejam locados ou transferidos para o pavimento de trabalho, bem como definido o nível de referência através de nível de mangueira ou nível a laser;
iii. Os materiais estejam apostos;
iv. O chapisco nas áreas onde a alvenaria ficará em contato com a estrutura tenha sido executado há pelo menos 3 dias, no caso de edificações com estrutura em concreto armado.

Os materiais utilizados são o bloco cerâmico, a argamassa de assentamento, tela galvanizada, pinos de aço e argamassa expansiva. São necessários, também, alguns equipamentos e ferramentas para a execução, são esses: Trena metálica, linhas de nylon, escantilhão, mangueira de nível, prumo de face, nível de bolha, colher de pedreiro, equipamento para fixação das telas metálicas, réguas e esquadros de alumínio.

O primeiro passo da execução é definir as posições das primeiras fiadas da alvenaria tomando como referência os eixos e seguindo medidas determinadas em projeto. Feito isso, estica-se uma linha de nylon na posição definida servindo de referência para o alinhamento da primeira fiada. A partir das primeiras fiadas executa-se o restante da alvenaria utilizando o escantilhão e as linhas para manter o alinhamento e verticalidade das paredes. No caso de edificações em concreto armado, é necessário fixar 3 telas metálicas (para paredes com altura máxima de 3,0 m) entre a alvenaria e a estrutura para garantir a aderência e evitar futuras fissuras de revestimento. A amarração entre as paredes é feita pelo intertravamento dos blocos.

A argamassa de assentamento é o componente que faz a ligação entre os blocos e entre o bloco e piso ou estrutura. Pode ser industrializada ou feita *in loco* sendo composta, geralmente, por cimento, cal, areia, água e aditivos em proporção definida de acordo com o local de aplicação, onde a proporção mais usual é 1:2:8 (cimento, cal e areia, respectivamente) (SINAPI, 2017).

Por fim, com todas as fiadas de alvenaria prontas, utiliza-se a argamassa expansiva preenchendo a última fiada da parede para fazer a ligação entre a alvenaria e a estrutura. Esse

procedimento é comumente conhecido como encunhamento e é indicado que seja feito após o mínimo 60 dias da alvenaria finalizada para que já tenha ocorrido a maior parte da deformação estrutural.

2.2 SISTEMA DE PAREDE DE CONCRETO

A tecnologia de moldar concreto em formas removíveis se dá por volta da década de 1850, não muito depois que o cimento Portland foi patenteado, e marca o início da indústria de construção de concreto armado, segundo Cement (2014). Inicialmente, o principal uso para essa metodologia era a construção de porões de casas unifamiliares de baixo custo.

2.2.1 Contexto histórico

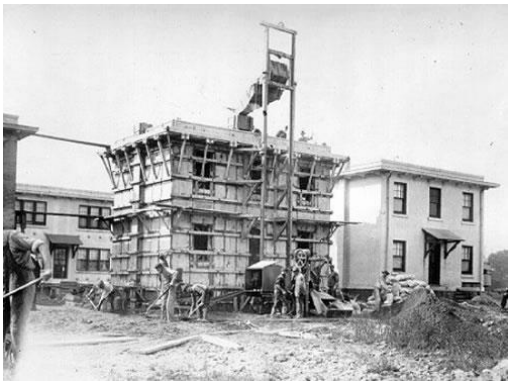
Thomas Edison (1910) foi um dos precursores a reconhecer o potencial para aplicações de estruturas em concreto moldado *in loco* para residências acima do nível do solo. Em 1917, ele patenteou a ideia de construir casas de concreto, desenvolvendo alguns projetos de demonstração com a construção de várias casas unifamiliares feitas inteiramente de concreto, como pode ser visto nas Figura 3. Thomas diz que o objetivo se sua invenção era construir um edifício de uma mistura de cimento com uma única operação de moldagem. Com isso, todas as suas partes, incluindo as laterais, telhados, divisórias, banheiras, pisos, etc., sendo formada por uma massa integral de mistura de cimento.

Pela falta de interesse geral na época, a iniciativa foi um fracasso, no entanto, a ideia estava muito à frente de seu tempo. É importante salientar que, até os dias de hoje, algumas construções ainda permanecem de pé em Nova Jersey e Indiana, nos Estados Unidos (Figura 4).

Figura 2 –Thomas Edison apresentando o modelo de casa de concreto.

Fonte: National Park Service (2011)

Figura 3 – Construção de uma casa pelo modelo de Edison.



Fonte: National Park Service (2011)

Figura 4 – Casas de concreto de Edison ao longo da Polk Street, em Indiana, Estados Unidos.

Fonte: National Park Service (2011)

Desde então, o desenvolvimento de concretos aditivados, a maior eficácia nos processos de cura e redução nos custos das fôrmas foram fatores que trouxeram um melhor aceitamento da técnica nos dias atuais.

2.2.2 Definição e aspectos gerais

De acordo com a NBR 16.055 (ABNT, 2012, p.3), paredes de concreto são “elementos estruturais autoportantes, moldado *in loco*, com comprimento maior que dez vezes sua espessura e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede”. A norma define as paredes como sendo concretadas com os elementos de fachada e armaduras. Considera-se também que as lajes e as paredes funcionam como um único sistema. Sendo assim, diferentemente da alvenaria de vedação, as paredes possuem finalidade estrutural. Já as instalações elétricas e hidráulicas podem ou não ser embutidas.

No Brasil este método é amplamente utilizado em edificações de baixo custo de caráter social, como programas sociais do governo, Minha Casa Minha Vida, sendo estes edifícios tanto unifamiliares como multifamiliares, térreos ou de mais pavimentos.

2.2.3 Materiais empregados

Existem diferentes tipos de materiais utilizados na construção de paredes de concreto, sendo o principal componente, como o próprio nome sugere, o concreto. Esse elemento garantirá a duração e segurança da estrutura, junto da armação, e também terá função de vedação.

Segundo Mayor (2012), é de responsabilidade do projetista estrutural a definição da resistência característica do concreto necessária aos 28 dias e a classe de agressividade do local em que será executado a obra, fator que influenciará de forma direta no cobrimento da armadura. Ainda de acordo com Mayor, o *slump* do concreto deverá ser um valor que garanta a fluidez e trabalhabilidade, de modo que o material consiga passar pela armadura central nas paredes com facilidade, eliminando o uso de aparelhos auxiliares como vibradores.

Outro elemento de suma importância para o sistema construtivo são as fôrmas, que podem ser fabricadas em alumínio, plástico ou madeira. Mesmo com um alto custo, as fôrmas mais usuais em grandes construções são as metálicas, principalmente por sua alta durabilidade, melhor qualidade no prumo e alinhamento, bom acabamento superficial, rapidez na montagem dos painéis e uma melhor estanqueidade, segundo Nakamura (2014).

Silva (2009) cita que o sistema de fôrmas de alumínio é composto por painéis fabricados com perfis estruturais e chapas de alumínio. As fôrmas são fabricadas sob medida de acordo com o projeto arquitetônico e a disposição e dimensão das paredes dentro do edifício. Seu travamento é realizado através de pinos e cunhas, com espaçadores internos que conferem o espaçamento entre as faces das fôrmas.

As armaduras devem atender à três condições: resistir a esforços de flexo-torção nas paredes, controlar a retração do concreto e estruturar e fixar as tubulações de elétrica, hidráulica e gás. É comum a utilização de telas soldadas de aço posicionadas no eixo das paredes e das lajes, bem como o emprego de barras de aço em pontos específicos, como na cinta superior das paredes e nas vergas e contra-vergas.

2.2.4 Procedimento executivo

De forma análoga ao sistema de construção convencional, o processo executivo de paredes de concreto se divide basicamente em 3 etapas: fundação, superestrutura e acabamentos. Neste sistema, as paredes são concretadas em uma única etapa e os elementos complementares do projeto, como as instalações elétricas, de dados e hidráulicas devem ser embutidos antes da concretagem, de acordo com Cambraia (2017).

Este sistema não requer um tipo de fundação específico, podendo ser adotados sapatas ou sapatas corridas, radier, blocos de coroamento, estacas, etc, segundo Cambraia (2017). Ainda segundo o autor, os fatores que mais influenciarão na escolha da fundação serão as condições locais do empreendimento, principalmente o perfil geotécnico do solo, e o peso da estrutura.

Após a construção da fundação, são posicionadas as telas de aço soldada, de acordo com projeto estrutural, e, por fim, colocados os reforços e espaçadores, de modo a garantir o cobrimento necessário para a armadura, segundo Cambraia (2017).

Figura 5 – Armação em sistema de parede de concreto.

Fonte: Os autores (2022)

Durante a fase de armação, a equipe de construção também ficará responsável pela fixação dos elementos das instalações prediais. No caso de instalações elétricas e de dados, são posicionadas as caixas, os quadros e os eletrodutos (Figura 6**)**. Segundo a NBR 16.055 (ABNT, 2012), podem ser utilizadas tubulações com dimensão de 50% da espessura da parede, a variação de temperatura não pode exceder 15ºC, e deve ser respeitado o cobrimento mínimo projetado para a armadura. Para as instalações hidráulicas, são utilizados passantes, trechos de tubos feitos em PVC, entre lajes e paredes, para delimitar na laje onde serão

fixadas as tubulações de esgoto e água-fria, eliminando assim a necessidade de furar a estrutura já concretada.

Figura 6 – Laje com posicionamento de instalações elétricas.

Fonte: Os autores (2022).

Segundo Venturini (2011), após a realização dos passos anteriores e da marcação da laje e das faces das paredes, a equipe de fôrmas ficará responsável pelo posicionamento das cantoneiras e das demais peças de fôrmas seguindo as recomendações dos projetistas e fabricantes. Neste processo é feito também a aplicação do desmoldante, que terá a função de garantir que o concreto não irá se aderir à fôrma mantendo assim um melhor acabamento superficial para a estrutura.

Figura 7 – Fôrmas para o sistema de parede de concreto.

Fonte: Os autores (2022).

A concretagem irá levar em conta o tipo de concreto que será utilizado. De acordo com Massuda e Misurilli (2009), a sequência de concretagem deve seguir os seguintes critérios:

i. A concretagem deve-se iniciar por uma das quinas até as paredes ficarem cheias;
ii. O processo será repetido nas outras quinas, começando pelo lado mais oposto;
iii. O lançamento do concreto deve ser feito o mais próximo de sua posição final; não havendo intervalos com duração superiores a 30 minutos;
iv. Para facilitar o processo e minimizar falhas, é recomendado o uso de bombas para o lançamento do concreto, principalmente com edifícios mais altos.

2.3 NBR 15.575/2013

A NBR 15.575 de 2013 é a Norma de Desempenho de Edificações Habitacionais. Esta norma foi elaborada com o objetivo de demonstrar como os produtos utilizados nas construções possuem relacionamento direto com a qualidade de uso do imóvel nos anos seguintes. Em outras palavras, ela define um alto padrão de qualidade que as construtoras devem atingir, além de possuir métodos de análise para assegurar o atendimento de suas diretrizes.

A norma dedica-se em acatar as exigências dos usuários ao longo dos anos, dando grande importância à habitabilidade e à duração da qualidade da edificação, e não considerando, apenas, a fase construtiva.

Ela está estruturada em 6 partes conforme os elementos construtivos: Parte 1: Requisitos Gerais; Parte 2: Requisitos para sistemas estruturais; Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos internos; Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas; Parte 5: Requisitos para sistemas de cobertura e Parte 6: Sistemas hidrossanitários (ABNT, 2013). A NBR 15.575, portanto, procura abranger todos os principais sistemas que compõe uma edificação:

i. Requisitos dos Usuários;
ii. Requisitos do Intervenientes;
iii. Avaliação de desempenho;
iv. Desempenho estrutural;
v. Segurança contra incêndio: Segurança no Uso e na Operação;
vi. Estanqueidade;
vii. Desempenho Térmico;
viii. Desempenho Acústico;

ix. Desempenho Lumínico;
x. Durabilidade e Manutenibilidade;
xi. Saúde Higiene e Qualidade do Ar;
xii. Funcionabilidade e Acessibilidade;
xiii. Conforto Tátil e Antropodinâmico;
xiv. Adequação Ambiental.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo serão apresentados a metodologia utilizada para fazer o estudo comparativo de desempenho, produtividade e custos entre dois métodos construtivos: construção em parede de concreto moldada *in loco* e a alvenaria de vedação com bloco cerâmico.

3.1 DELINEAMENTO PRÁTICO

O delineamento da presente pesquisa seguiu o escopo de um estudo de caso. Neste sentido, a metodologia empregada constituiu-se das etapas de revisão da literatura e estudo de caso, sendo esta última subdividida na caracterização os empreendimentos, análise dos ensaios de desempenho térmico, acústico e lumínicos elaborados pela empresa TECOMAT em conformidade com a NBR 15.575/2013. Após a análise dos resultados de desempenho, foi feito um estudo de produtividade e custos de ambos os métodos. A Figura 8 compila as principais etapas do desenvolvimento da pesquisa.

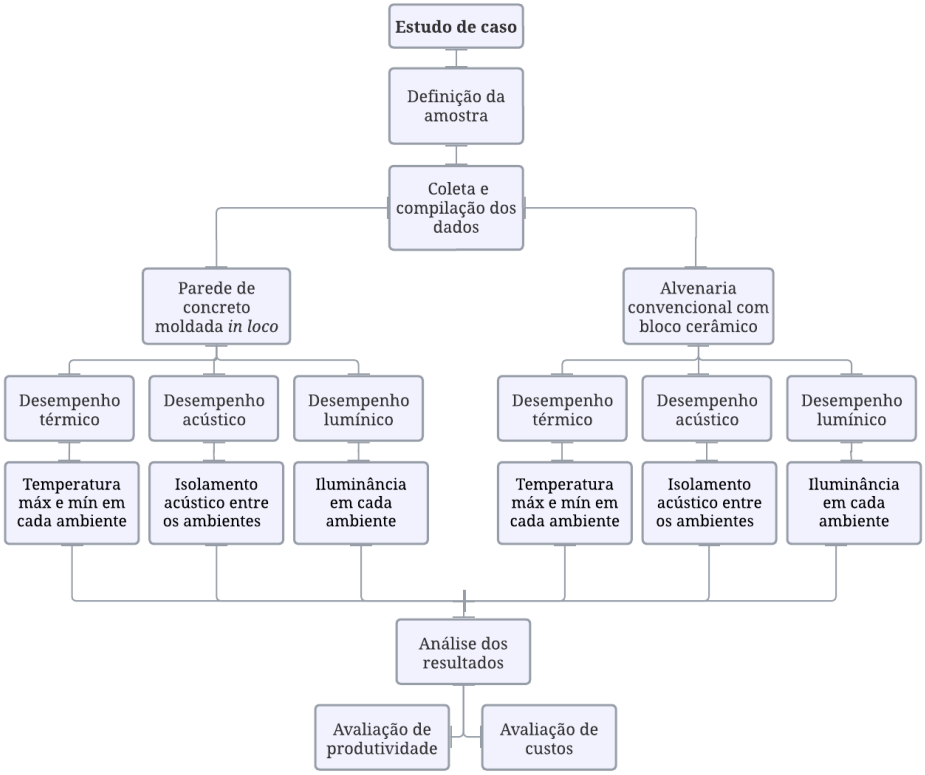
3.1.1 Revisão da literatura

Para o desenvolvimento da revisão da literatura foram utilizadas normas técnicas da ABNT em conjunto com trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado, artigos científicos e pesquisa de campo quantitativa-descritiva. O estudo foi realizado acerca dos seguintes temas: sistema construtivo de parede de concreto, sistema construtivo de alvenaria convencional com bloco cerâmico e os critérios de desempenho da NBR 15.575.

3.1.2 Estudo de caso

O estudo de caso foi desenvolvido através da execução das etapas de definição da amostra, coleta e compilação dos dados e análise dos resultados, as quais serão descritas nos itens seguintes.

Figura 8 – Etapas de metodologia da pesquisa.



Fonte: Os autores (2022).

3.1.2.1 Definição da amostra

O objeto de estudo foi escolhido com base na atuação dos autores da presente pesquisa como estagiários na fase construtiva do empreendimento que representará o sistema de parede de concreto, na qual participaram ativamente dos processos construtivos inspecionamento as atividades de execução através de fichas de verificação de serviço, e do acompanhamento dos ensaios de desempenho realizados. De forma que, o acesso às informações e documentos de tal empreendimento, se mostraram viáveis.

O empreendimento subsecivo que representará o sistema de alvenaria convencional com bloco cerâmico foi determinado com base em sua localização, posicionamento e característica arquitetônica semelhantes ao edifício de parede de concreto.

3.1.2.2 Coleta e compilação dos dados

O levantamento e a compilação dos dados foram feitos através do recolhimento dos relatórios de desempenho realizados pela TECOMAT, empresa de Recife/PE especializada em consultoria, laudos técnicos de desempenho das edificações e monitoramento e acompanhamento técnico projetos executivos, em conformidade com a NBR 15.575/2013.

3.1.2.3 Análise dos resultados

As análises dos resultados foram feitas de forma individual para cada ensaio de desempenho, seguindo os critérios determinados pela NBR 15.575.

A análise térmica das edificações se baseou na verificação do atendimento das temperaturas máximas e mínimas indicadas pela NBR 15.575. Para o período de verão, as temperaturas máximas internas em ambientes de longa permanência, como sala e dormitórios, não deverão ser superiores às temperaturas máximas externas. Para atendimento à norma, a temperatura interna deve ser, portanto, menor ou igual a 31,9°C. Nos períodos de inverno, o valor mínimo diário da temperatura interna dos ambientes de longa permanência deve ser sempre maior ou igual ao valor mínimo da temperatura externa acrescido de 3°C.

Em termos de desempenho acústico, foi analisado se a edificação proporciona isolamento acústico adequado entre o meio externo e o interno, bem como entre unidades condominiais distintas. Em concordância, também foi feito a análise do isolamento acústico entre dependências de uma mesma unidade, quando destinadas ao repouso noturno, ao lazer doméstico e ao trabalho intelectual. (NBR 15.575-4, 2013)

O desempenho lumínico teve como parâmetro de análise o atendimento dos critérios de disponibilidade de luz natural exigidos na norma. Durante o dia, os ambientes da edificação devem satisfazer o nível mínimo de iluminância por luz natural descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Níveis de iluminância geral para iluminação natural.

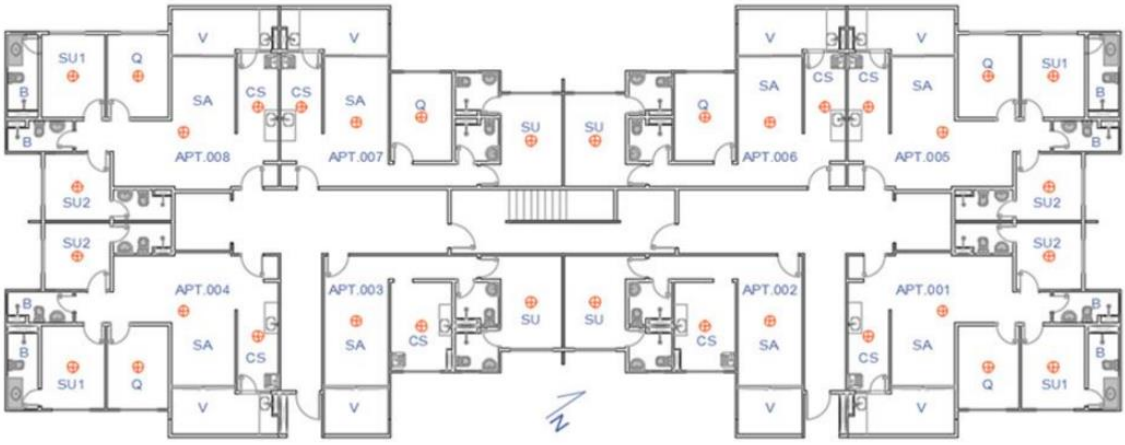
DEPENDÊNCIA	ILUMINAMENTO GERAL PARA OS NÍVEIS DE DESEMPENHO		
	MÍNIMO	INTEMEDIÁRIO	SUPERIOR
Sala de Estar Dormitório Copa/Cozinha Área de serviço	≥ 60 LUX	≥ 90 LUX	≥ 120 LUX
Banheiro Corredor Escada interna à unidade Corredor uso comum (prédios) Garagens/Estacionamentos (demais ambientes)	NÃO REQUERIDO	≥ 30 LUX	≥ 45 LUX

Fonte: ABNT (2013).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS

O sistema de parede de concreto foi representado por um empreendimento composto por 18 pavimentos, sendo 8 apartamentos por andar, totalizando 144 unidades, localizado em Nobre, Paulista/PE (Figura 9). Os apartamentos da obra foram projetados e executados inteiramente com o sistema paredes de concreto moldadas *in loco* com 14cm de espessura. O concreto utilizado foi fabricado com CPV-ARI para uma resistência mínima de projeto de 40 Mpa e abatimento pelo *slump test* de 23±3mm.

Figura 9 – Planta baixa – Edifício de parede de concreto.



Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

O sistema de alvenaria convencional com bloco cerâmico foi representado por um edifício com 22 pavimentos, sendo 4 apartamentos por andar, totalizando 88 unidades, localizado na Várzea, Recife/PE (Figura 10). Os apartamentos foram projetados e executados seguindo o processo construtivo convencional no Brasil, composto por pilares, vigas e lajes de concreto armado, e sistema de vedação de alvenaria com bloco cerâmico com 14cm de espessura.

Figura 10 – Planta baixa – Edifício de alvenaria convencional.

Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

3.3 PRODUTIVIDADE E CUSTO

De forma a complementar as análises realizadas, o presente trabalho apresenta um estudo comparativo de produtividade e custo de cada um dos sistemas, a fim de determinar a viabilidade econômica de ambos métodos construtivos.

As análises de produtividade levaram em consideração a real produtividade do sistema de parede de concreto, utilizando como fonte uma empresa X, localizada em Paulista/PE, especialista em construções de parede de concreto. Para os índices de alvenaria convencional, foram utilizados como referência a produtividade real de uma empresa Y, localizada na várzea e especialista em alvenaria com bloco cerâmico, bem como a TCPO (Tabela de Composição de Preços para Orçamentos).

O orçamento executivo se segmentou em composições de a) estrutura, b) elementos de vedação; e c) revestimento de parede. O levantamento de material e a determinação de seu custo unitário foi definido a partir de levantamento de campo com as construtoras e composições do SINAPI de abril/ 2022. Pela facilidade de acesso dos autores às informações de projeto do empreendimento de parede de concreto, foi possível realizar um levantamento real sobre os quantitativos e preços para esta obra, aproximando o orçamento da realidade e tornando-o mais factível.

A mão de obra foi quantificada levando em consideração informações da produtividade estimada no item 3.3 – produtividade. Seu custo unitário teve como base a tabela de encargos sociais do SINAPI não desonerado, ou seja, considerando a contribuição do INSS.

4 ENSAIOS DE DESEMPENHO

No confronto acerca do desempenho do sistema de alvenaria convencional e do sistema de parede de concreto foram adotados parâmetros e ensaios abordados na norma brasileira que trata do desempenho das edificações habitacionais, a NBR 15.575/2013.

4.1 COMPARATIVO TÉRMICO

A NBR 15.575/2013 define parâmetros térmicos, conforme a Tabela 2, ao quais as edificações devem atender para fornecer o mínimo de conforto climático aos usuários presentes no ambiente.

A fim de avaliar os empreendimentos estudados, foram realizadas simulações computacionais utilizando os programas, EnergyPlus 8.1 e SketchUP, para obtenção dos resultados de cada edifício analisado levando em consideração suas respectivas características.

Tabela 2 – Parâmetros de desempenho mínimo, intermediário e superior.

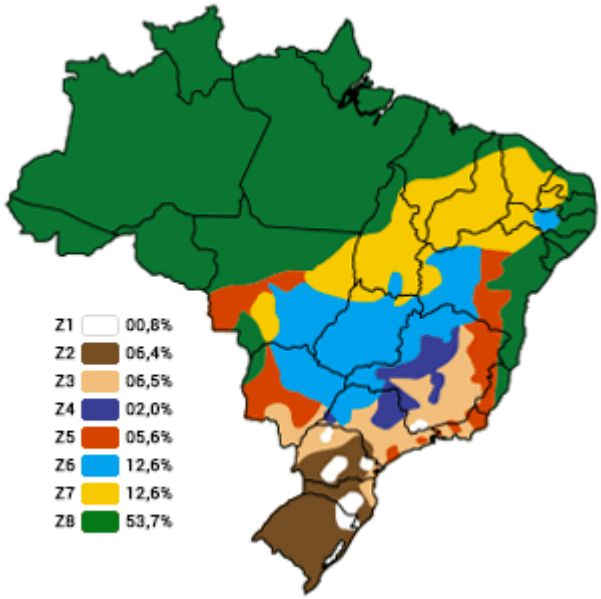
	NÍVEL DE DESEMPENHO	**ZONAS BIOCLIMÁTICAS**							
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
VERÃO	Mínimo	Ti, máx ≤ Te, máx							
	Intermediário	Ti, máx ≤ (Te, máx – 2° C)							Ti, máx ≤ (Te, máx – 1° C)
	Superior	Ti, máx ≤ (Te, máx – 4° C)							Ti, máx ≤ (Te, máx – 2° C)
INVERNO	Mínimo	Ti, mín ≥ (Te, mín + 3° C)							Não necessita de verificação
	Intermediário	Ti, mín ≥ (Te, mín + 5° C)							
	Superior	Ti, mín ≥ (Te, mín + 7° C)							

Fonte: ABNT (2013).

Sendo, “$T_{i,\,mín}$” e “$T_{i,\,máx}$” o valor mínimo e máximo diário da temperatura no interior do ambiente, em graus Celsius, e “$T_{e,\,mín}$” e “$T_{e,\,máx}$” os valores limites no exterior do prédio, analisados para dias típicos de verão e de inverno.

Por ambas as edificações estarem localizadas na zona bioclimática 8, assim como mostra a Figura 11, não é necessário fazer a verificação nos dias de Inverno. Para as simulações foram utilizados os dados de Recife, disponíveis na NBR 15.575-1 (Tabela 3).

Figura 11 – Zonas bioclimáticas do Brasil.



Fonte: UGREEN (2021).

Tabela 3 – Localização e dados climáticos de verão do Recife.

CIDADE	**Recife**
Altitude(M)	7
Latitude (°)	8.05 S
Longitude (°)	34.92 W
Temperatura Máxima diária (°C)	31,4
Amplitude diária de temperatura (°C)	7,4
Temperatura de bulbo úmido (°C)	24,7
Radiação Solar (Wh / m²)	5105
Nebulosidade décimos	6

Fonte: ABNT (2013).

Como condição crítica termicamente, de acordo com a norma, deve se adotar para a simulação do período de verão, os recintos com maior permanência voltados para o oeste e norte, caso não seja possível, deve pelo menos ter um ambiente voltado para o oeste.

De início, é aplicada na simulação a taxa de ventilação de 1 renovação por hora (1ren/h). Essa taxa se refere à quantidade de vezes que o volume de ar é totalmente substituído em um determinado intervalo de tempo (neste caso, 1 hora) e em um mesmo espaço. Para os cômodos que não atenderem aos requisitos mínimos nessas condições, deve ser feito uma nova simulação adotando os seguintes parâmetros:

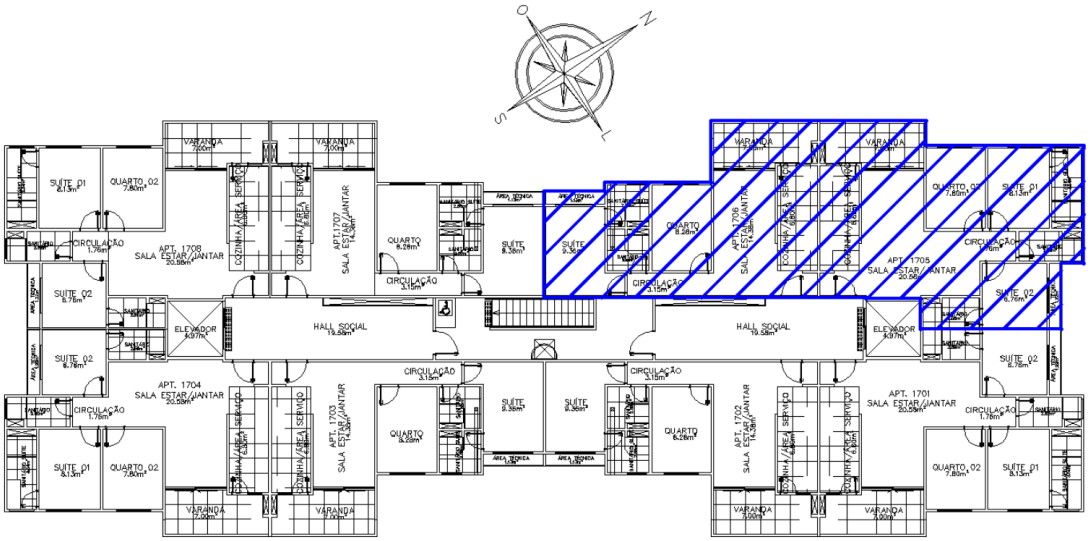
i. Aumentar a taxa de ventilação para 5 renovações por hora (5ren/h);
ii. Aplicar sombreamento causado pelas proteções internas ou externas da esquadria, com dispositivo capaz de diminuir em 50% a radiação solar que passa pela janela, além da taxa de ventilação de 1ren/h;
iii. Combinação dos dois tópicos anteriores, ventilação de 5 ren/h e sombreamento nas janelas.

Na situação do cômodo não atender aos critérios em nenhuma das simulações, deverá ser feita alguma mudança no projeto ou nos materiais, pois, no cenário original, a edificação não estaria de acordo com a norma.

4.1.1 Parede de concreto

Segundo a NBR 15.575-1, a condição mais crítica para edifícios de múltiplos pavimentos se encontra no seu último andar, onde a cobertura está exposta. Neste empreendimento de parede de concreto, foram escolhidos os apartamentos 1705 e 1706, sendo estes no último pavimento, com as janelas dos cômodos voltados para oeste e norte, como indica na Figura 12.

Figura 12 – Planta baixa do 17º pavimento representando os ambientes avaliados.



Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

Os tipos dos materiais inseridos no software foram retirados mediante a ficha técnica, que foi preenchida pelo responsável da obra. Segue a Tabela 4, especificando os materiais e suas propriedades térmicas retiradas da NBR 15.220-2/2005.

Tabela 4 – Propriedades térmicas dos materiais utilizados.

Materiais Opacos				
Material	**Condutividade Térmica (W/m.k)**	**Densidade (kg/m³)**	**Calor Específico (J/kg.k)**	**Absortância (α)**
Argamassa de Revestimento	1,15	1600	1000	0,6
Argamassa de Contrapiso	1,15	1600	1000	0,6
EPS	0,035	40	1420	0,2
Laje de Concreto	1,75	2400	1000	0,6
Lajota de Concreto	1,75	2400	1000	0,3
Manta Asfáltica	1,15	2300	920	0,8
Parede de Concreto	1,75	2400	1000	0,3
Pasta de Gesso	0,7	1200	840	0,3
Placa Cerâmica (cor clara)	0,9	1600	920	0,3
Porta de Madeira	0,15	614	2300	0,2
Telha de Fibrocimento	0,95	1900	840	0,3
Telha de Fibrocimento TopComfort	0,95	1900	840	0,09

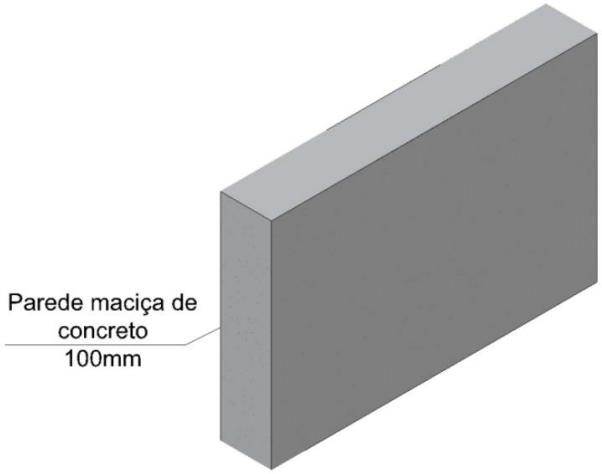
Materiais Translúcidos					
Material	**Transmitância à radiação solar (%)**	**Transmitância visível (%)**	**Refletância à Radiação solar (%)**	**Refletância à Radiação visível (%)**	**Condutividade Térmica (W/m.k)**

Vidro Float Cinza (4mm) – Cebrace	52	55	6	6	1
Vidro Laminado Emerald (4+4) – Cebrace	26	57	5	6	1

Fonte: ABNT (2005).

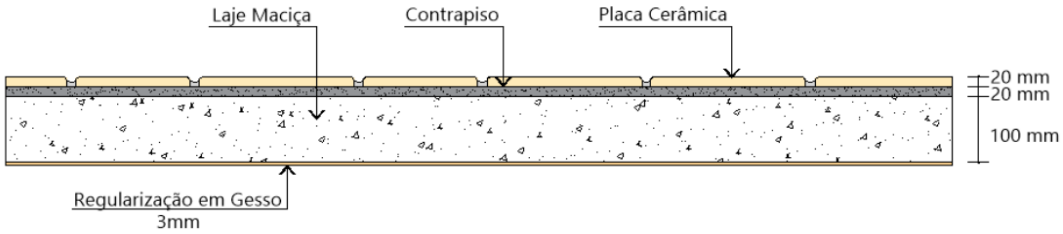
As figuras a seguir, detalham o sistema utilizado para as paredes, laje de piso e coberta, localizando os materiais utilizados.

Figura 13 – Sistema de parede de concreto.



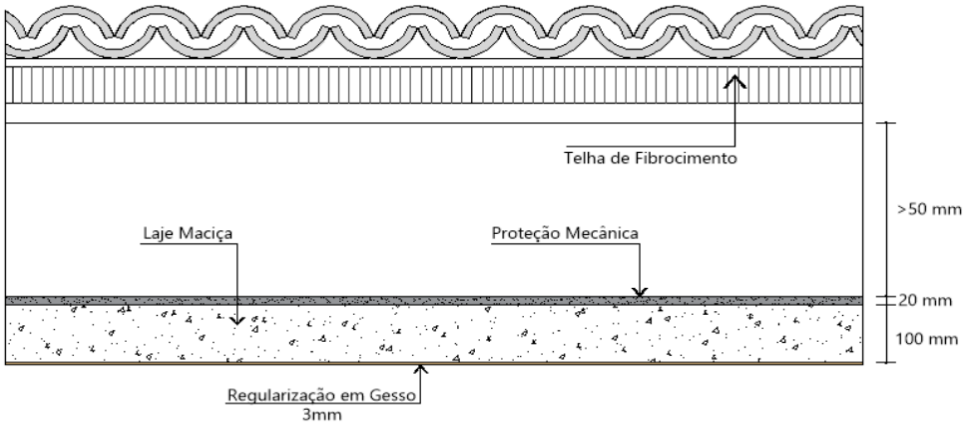
Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

Figura 14 – Sistema de piso.



Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

Figura 15 – Sistema de coberta



Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

Os resultados obtidos na simulação de desempenho térmico, em dias típicos de verão, levaram em consideração a falta de presença de fontes internas de calor (ocupantes, lâmpadas, outros equipamentos), para verificar se atende ao critério da temperatura do ar interna ser sempre menor ou igual a valor máximo diário da temperatura exterior. A seguir, a Tabela 5 apresentam os resultados da avaliação.

Tabela 5 – Resultados encontrados na simulação.

Ambiente	**Te máx. (°C)**	**Critério**	**Ti máx. (°C)**
			Sombreamento (5 ren/h)
Apto 1705 – Estar	31,75	Ti máx. ≤ Te máx.	30,10
Apto 1705 – Quarto 02			30,70
Apto 1705 – Suíte 01			30,85
Apto 1705 – Suíte 02			30,10
Apto 1706 – Estar			30,53
Apto 1706 – Quarto			30,59
Apto 1706 – Suíte			30,08

Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

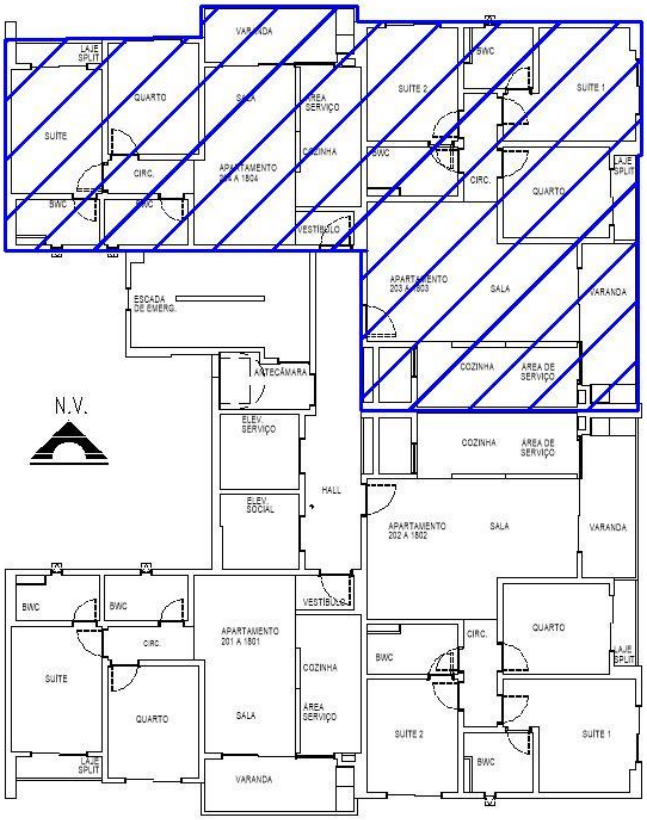
LEGENDA:

NÃO ATENDE AO NÍVEL MÍNIMO DE DESEMPENHO	ATENDE AO NÍVEL MÍNIMO DE DESEMPENHO	ATENDE AO NÍVEL INTERMEDIÁRIO DE DESEMPENHO	ATENDE AO NÍVEL SUPERIOR DE DESEMPENHO

4.1.2 Alvenaria com bloco cerâmico

Analogamente ao processo de análise do desempenho térmico do método parede de concreto, foi realizado o de alvenaria de tijolo, seguindo os mesmos parâmetros normativos da NBR 15.575-1. Os apartamentos simulados deste empreendimento foram: 1803 e 1804, conforme Figura 16.

Figura 16 – Planta baixa do 18º pavimento com os ambientes avaliados



Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

Fornecida a ficha técnica com os materiais empregados na construção do edifício de alvenaria, foi retirado da NBR 15220-2 as especificações térmicas dos mesmos, apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Materiais utilizados no método construtivo de alvenaria

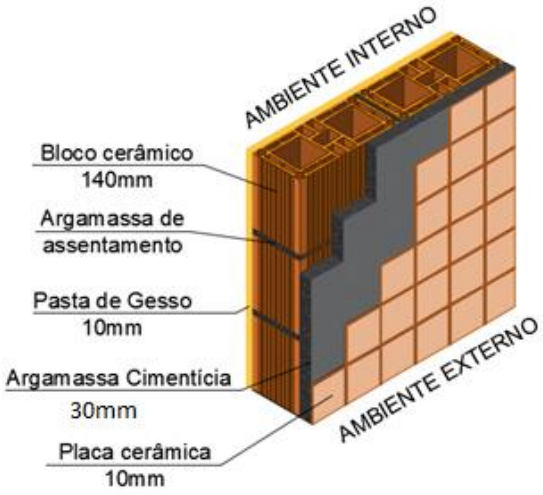
Materiais Opacos				
Material	**Condutividade Térmica (W/m.k)**	**Densidade (kg/m³)**	**Calor Específico (J/kg.k)**	**Absortância (α)**
Argamassa de Contrapiso	1,15	1800-2100	1000	0,6
Argamassa de Revestimento	1,15	1800-2100	1000	0,6
Bloco Cerâmico (9cm) – Furo na horizontal	0,5	650-750	920	0,6
Bloco Cerâmico (14cm) – Furo na vertical	0,4	600-700	920	0,6
Concreto	1,75	2200-2400	1000	0,6
Forro de gesso	0,35	750-1000	840	0,3
Manta Asfáltica	1,15	2300	920	0,8
Pasta de gesso	0,5	1100-1300	840	0,3
Placa Cerâmica (cor clara)	0,9	1600	920	0,3
Porta de Madeira	0,15	614	2300	0,2
XPS	0,035	25-40	1420	0,2

Materiais Translúcidos					
Material	**Transmitância à radiação solar**	**Transmitância visível**	**Refletância à Radiação solar**	**Refletância à Radiação visível**	**Condutividade Térmica**
	(%)	**(%)**	**(%)**	**(%)**	**(W/m.k)**
Vidro Float Cinza (4mm) – Cebrace	52	55	6	6	1
Vidro Laminado Emerad (4+4) – Cebrace	26	57	5	6	1

Fonte: ABNT (2005).

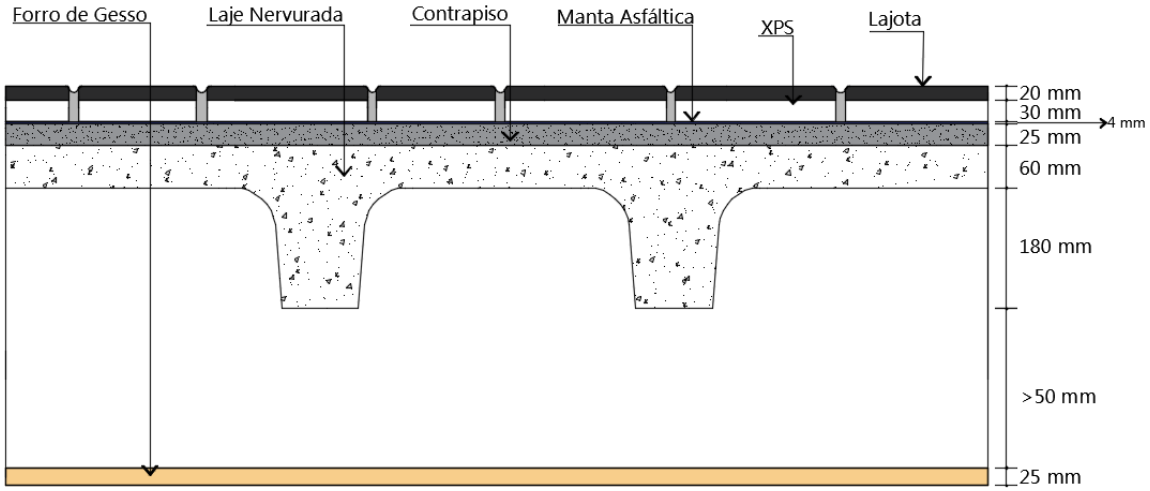
As figuras a seguir ilustram os elementos da divisória de alvenaria e do sistema de coberta, especificando a utilização dos materiais listados.

Figura 17 – Parede de alvenaria de bloco cerâmico



Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

Figura 18 – Sistema de coberta do prédio de alvenaria



Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

Com as características da edificação fornecidas, e todas os requisitos cumpridos, foi realizado a simulação no programa computacional com a finalidade de avaliar os resultados de desempenho térmico no objeto de estudo de alvenaria de bloco cerâmico para posterior comparação com o objeto estudado de parede de concreto. Segue Tabela 7 com resultados:

Tabela 7 – Resultados da simulação de alvenaria.

Ambiente	Te máx. (°C)	Critério	Ti máx. (°C) Sombreamento (5 ren/h)
Apto 1803 – Sala	**31,75**	**Ti máx. ≤ Te máx.**	30,11
Apto 1803 – Quarto			30,41
Apto 1803 – Suíte 01			30,18
Apto 1803 – Suíte 02			29,84
Apto 1804 – Sala			29,94
Apto 1804 – Quarto			29,95
Apto 1804 – Suíte			30,02

Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

LEGENDA:

NÃO ATENDE AO NÍVEL MÍNIMO DE DESEMPENHO	ATENDE AO NÍVEL MÍNIMO DE DESEMPENHO	ATENDE AO NÍVEL INTERMEDIÁRIO DE DESEMPENHO	ATENDE AO NÍVEL SUPERIOR DE DESEMPENHO

4.2 COMPARATIVO ACÚSTICO

Se tratando do desempenho acústico, segundo a NBR 15.575, a análise é dividida em 4 sistemas diferentes de vedações, sendo elas: Verticais internas, verticais externas (fachada), e horizontais (sistema de piso), quanto ao ruído aéreo e de impacto.

A avaliação é realizada com base na ISSO 12.354, norma que permite estimar o desempenho acústico da edificação, a partir da isolação sonora dos elementos de vedação. A simulação computacional é realizada no programa SONarchitect, onde é calculado os valores de isolamento acústico, em bandas de um terço de oitava por todo o edifício.

Os ensaios de laboratório avaliam individualmente cada elemento obtendo o Índice de Isolação Sonora Ponderado (Rw). Vedações formadas por mais de um elemento, tem seu Rw calculado a partir do resultado de cada elemento constituinte. Estes índices são relacionados com suas características especificas de cada componente, sendo assim o fornecedor deve disponibilizar essa informação.

Os requisitos normativos são separados por tipo de vedação, além da distribuição dos ambientes pelo empreendimento.

- Vedações verticais externas (fachadas)

Conforme as NBRs 15.575-4 e 15.575-5, as vedações de fachada são avaliadas exclusivamente nos dormitórios. A classe de ruído exterior é definida a partir do nível de

pressão sonora incidente nas fachadas pelo entorno do edifício. Sendo assim é realizado um estudo do mapeamento acústico da região do empreendimento, definindo assim as classes para enquadramento nos níveis de desempenho. Segue Tabela 8 com os parâmetros de desempenho de vedações verticais externas.

Tabela 8 – Requisitos isolação sonora de vedações verticais externas (Fachadas)

Classe de ruído	**Localização da habitação**	**D2m,nT,w (dB)**	**Nível de desempenho**
I	Habitação localizada longe de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas	≥ 20	Mínimo
		≥ 25	Intermediário
		≥ 30	Superior
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥ 25	Mínimo
		≥ 30	Intermediário
		≥ 35	Superior
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	≥ 30	Mínimo
		≥ 35	Intermediário
		≥ 40	Superior

Fonte: ABNT (2013).

- Vedações verticais internas

  A NBR 15.575-4 define os critérios para vedações verticais internas, a depender dos ambientes ao qual a parede divide, segundo a Tabela 9.

Tabela 9 – Requisitos isolação sonora de vedações verticais internas

Elemento	**DnT,w (dB)**	**Nível de desempenho**
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	40 a 44	Mínimo
	45 a 49	Intermediário
	≥ 50	Superior
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	45 a 49	Mínimo
	50 a 54	Intermediário
	≥ 55	Superior
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos	30 a 34	Mínimo
	35 a 39	Intermediário
	≥ 40	Superior
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos	40 a 44	Mínimo
	45 a 49	Intermediário
	≥ 50	Superior
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de laser e atividades esportivas, como *home theater*, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	45 a 49	Mínimo
	50 a 54	Intermediário
	≥ 55	Superior
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo	40 a 44	Mínimo

hall	45 a 49	Intermediário
	≥ 50	Superior

Fonte: ABNT (2013).

- Vedações horizontais (ruído aéreo)

  A avaliação do sistema de pisos quanto ao ruído aéreo é definida por meio dos elementos divididos pela vedação horizontal, em conformidade com a NBR 15.575-3 apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 – Requisitos isolação sonora de vedações horizontais (ruído aéreo)

Elemento	**DnT,w (dB)**	**Nível de desempenho**
Sistema de piso entre unidades habitacionais autônomas, no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	45 a 49	Mínimo
	50 a 54	Intermediário
	≥ 55	Superior
Sistema de piso entre unidades habitacionais autônomas, nas situações onde não haja ambiente dormitório	40 a 44	Mínimo
	45 a 49	Intermediário
	≥ 50	Superior
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos, bem como em pavimentos distintos	40 a 44	Mínimo
	45 a 49	Intermediário
	≥ 50	Superior
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso coletivo, para atividades de laser e esportivas, como *home theater*, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	45 a 49	Mínimo
	50 a 54	Intermediário
	≥ 55	Superior

Fonte: ABNT (2013).

- Vedações horizontais (ruído de impacto)

  A NBR 15.575-3, também define para o ruído de impacto a depender dos elementos divididos, apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Requisitos isolação sonora de vedações horizontais (ruído de impacto)

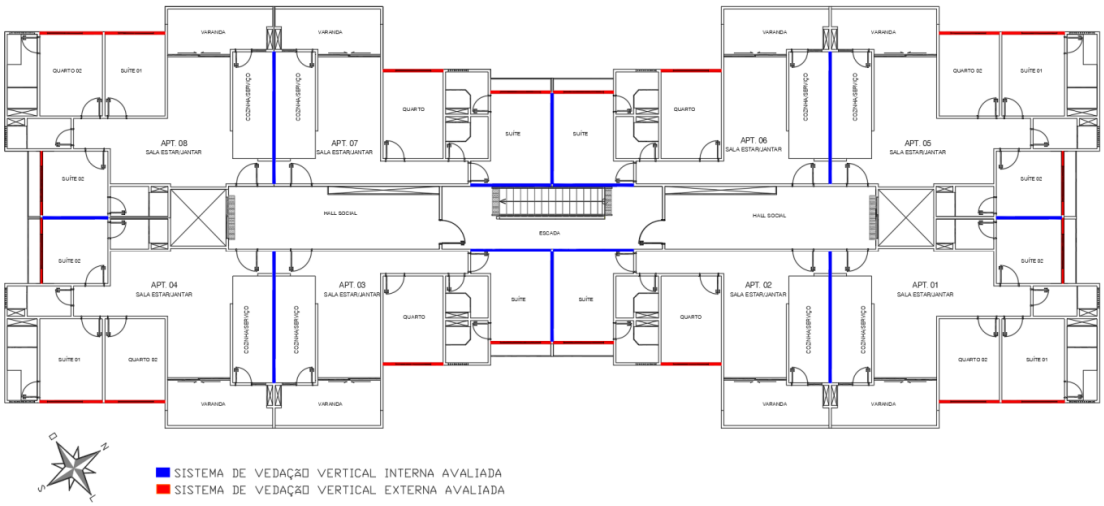
Elemento	L'nT,w (dB)	Nível de desempenho
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos	66 a 80	Mínimo
	56 a 65	Intermediário
	≤ 55	Superior
Sistema de piso de áreas de uso coletivo (atividades de laser e esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas) sobre unidades habitacionais autônomas	51 a 55	Mínimo
	46 a 50	Intermediário
	≤ 45	Superior

Fonte: ABNT (2013).

4.2.1 Parede de concreto

Os resultados obtidos na avaliação de desempenho acústico do sistema de paredes de concreto para os diferentes tipos de vedações serão apresentados a seguir. Em relação as vedações verticais, as paredes estudas do edifício foram descritas na Figura 19.

Figura 19 – Planta baixa realçando paredes estudadas – Parede de concreto



Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

- Vedações verticais externas (fachadas):

Conforme resultados obtidos pelo mapeamento acústico da localização do empreendimento, foram determinadas as seguintes classes de ruídos nas fachadas, indicadas na Tabela 12.

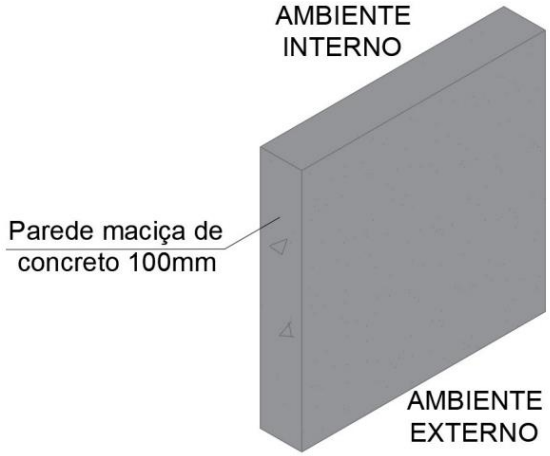
Tabela 12 – Mapa acústico – Parede de concreto

Classe de Ruído – (NBR 15575-4)				
Bloco	**Fachada Norte**	**Fachada Sul**	**Fachada Leste**	**Fachada Oeste**
1	Classe I	Classe I	Classe I	Classe I
2	Classe I	Classe I	Classe I	Classe I
3	Classe I	Classe II	Classe I	Classe II

Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

A análise das vedações verticais externa foi realizada considerando a utilização do sistema descrito no Tabela 13.

Tabela 13 – Descrição do sistema de vedação vertical externa – Parede de concreto

Elemento de vedação	
Revestimento Externo:	
Textura	
Elemento Estruturante:	
Parede maciça de concreto (e=100mm) (ρ=2500 kg/m³)	
Revestimento Interno	
Pasta de gesso e Pintura	
Índice de isolação sonora (R_w)	
45dB	

Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

O desempenho acústico nas fachadas sem esquadria possui elevada isolação sonora, apresentando valores maiores que 40dB, resultado que atende os 3 níveis de classe de ruído. Nas paredes com esquadrias, portas e janelas, a funcionalidade do isolamento acústico depende da etapa de fabricação e montagem das esquadrias, variando de fornecedor para fornecedor, logo a Tabela 14 define os valores mínimos de Rw das esquadrias para que seja atendido o desempenho acústico das fachadas.

Tabela 14 – Resultados avaliação acústica vedações verticais externas – Parede de concreto

Esquadria (m)	Vedação (Apto.)	$D_{2m,nT,w}$ (dB)	Classe de Ruído	R_w da Esquadria	Status
1,40 X 1,00	Suíte 01 (Aptos. 01, 04, 05 e 08)	23±3	I	16	Atende em nível mínimo de desempenho
1,40 X 1,00	Suíte 02 (Aptos. 01, 04, 05 e 08)	23±3	I	18	Atende em nível mínimo de desempenho
1,40 X 1,00	Quarto 02 (Aptos. 01, 04, 05 e 08)	23±3	I	16	Atende em nível mínimo de desempenho
1,60 X 1,00	Suíte (Aptos. 02, 03, 06 e 07)	23±3	I	18	Atende em nível mínimo de desempenho
1,40 X 1,00	Quarto (Aptos. 02, 03, 06 e 07)	23±3	I	16	Atende em nível mínimo de desempenho

Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

- Vedações verticais internas

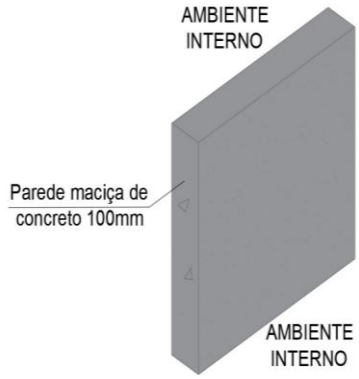
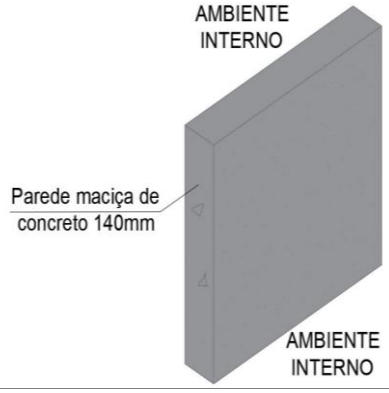
Conforme exibido na Figura 19 o empreendimento possui 5 situações descritas na norma, apresentadas na Tabela 9.

- Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório – Cozinha/Cozinha;
- Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório – Suíte/Suíte e Quarto/Quarto;
- Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos – Cozinha/Hall;
- Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos – Quarto/Escada;
- Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall.

A

Tabela 15 apresenta as características das vedações verticais internas analisadas.

Tabela 15 – Vedações verticais internas – Parede de concreto

SVVI Avaliadas	
PMC 100 Parede maciça de concreto (e=100mm) (ρ=2500kg/m³) Índice de Redução Sonora (Rw) = 45dB	
PMC 140 Parede maciça de concreto (e=140mm) (ρ=2500kg/m³) Índice de Redução Sonora (Rw) = 45dB	

Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

Os resultados da avaliação das paredes internas serão apresentados na Tabela 16 a seguir.

Tabela 16 – Resultados avaliação acústica vedações verticais internas – Parede de concreto

VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS (VVI)	**CRITÉRIO DnT,w (dB)**	**PMC 100**	**PMC 140**
Suíte 02 (Apto. 01) – Suíte 02 (Apto. 05)	**45**		47±2
Cozinha (Apto. 01) – Cozinha (Apto. 02)	**40**		45±2
Suíte (Apto. 02) – Escada	**40**	43±2	
Suíte (Apto. 02) – Suíte (Apto. 03)	**45**		47±2
Suíte (Apto. 03) – Escada	**40**	43±2	
Cozinha (Apto. 03) – Cozinha (Apto. 04)	**40**		45±2

Suíte 02 (Apto. 04) – Suíte 02 (Apto. 08)	**45**		47±2
Cozinha (Apto. 05) – Cozinha (Apto. 06)	**40**		45±2
Suíte (Apto. 06) – Escada	**40**	43±2	
Suíte (Apto. 06) – Suíte (Apto. 07)	**45**		47±2
Suíte (Apto. 07) – Escada	**40**	43±2	
Cozinha (Apto. 07) – Cozinha (Apto. 08)	**40**		45±2

Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

LEGENDA:	**ATENDE EM NÍVEL MÍNIMO DE DESEMPENHO**

- Vedações horizontais (ruído aéreo)

O edifício possui 2 situações de divisórias horizontais descritos na norma, conforme Tabela 10.

- Sistema de piso entre unidades habitacionais autônomas, no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório;
- Sistema de piso entre unidades habitacionais autônomas, nas situações onde não haja ambiente dormitório.

A avaliação de desempenho acústico das vedações horizontais, referente ao ruído aéreo, foi realizado levando em consideração os sistemas de piso dos ambientes, sala, cozinha e quarto, ilustrados na , Figura 21 e Figura 22, com Índice de Redução Sonora (Rw) de 53dB, 57dB e 54dB, respectivamente.

Figura 20 – Sistema de piso da sala – Parede de concreto

Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

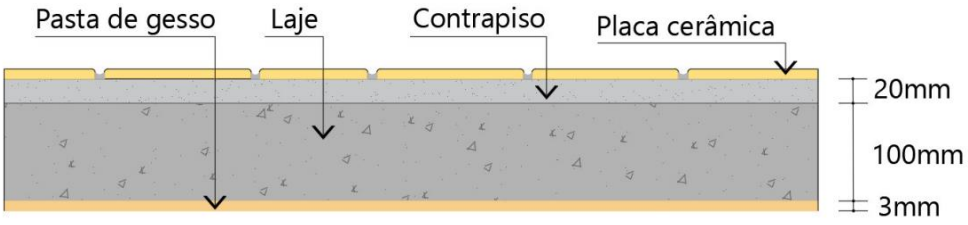
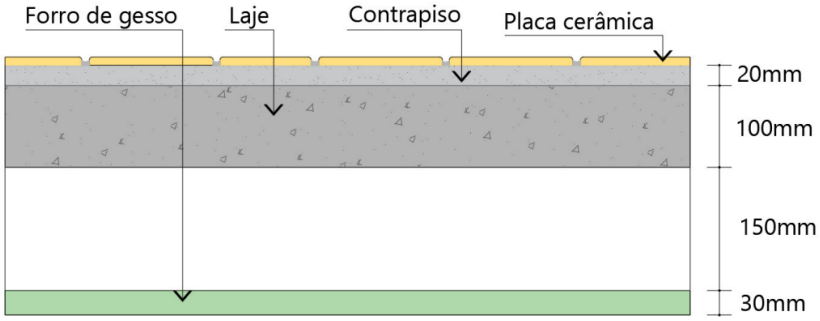
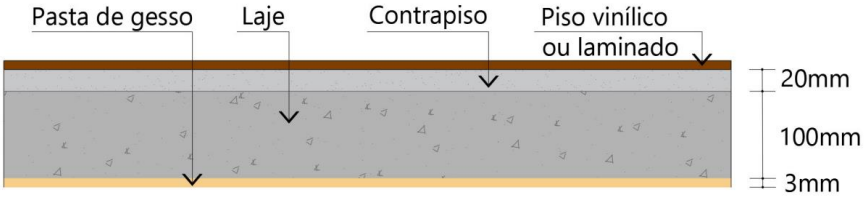


Figura 21 – Sistema de piso da cozinha – Parede de concreto



Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

Figura 22 – Sistema de piso do dormitório – Parede de concreto



Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

Os resultados da simulação computacional de ruído aéreo estão apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 – Resultados sistema de piso (ruído aéreo) – Parede de concreto

Sistema de piso	**Ambientes**	**$D_{nT,w}$ (dB)**	**Nível de desempenho especificado na NBR 15575-3 (dB)**	**Avaliação de desempenho**
Térreo/Tipo	Sala	45±2	Mínimo: 40 a 44 Intermediário: 45 a 49	Atende em nível intermediário de desempenho

	Cozinhas	47±2	Superior: ≥ 50	
Tipo/Tipo	Dormitórios	45±2	Mínimo: 45 a 49 Intermediário: 50 a 54 Superior: ≥ 55	Potencial de atendimento ao nível mínimo de desempenho

Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

- Vedações horizontais (ruído de impacto)

Apenas uma das situações previstas na NBR 15575, apresentadas na Tabela 11, foram representadas nesse edifício.

- Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos.

O sistema de piso avaliado, , Figura 21 e Figura 22, possui o Nível de Pressão Sonora de Impacto Padrão Ponderado (L'nT,w) de 79dB, 75dB e 72dB, respectivamente. Logo os resultados da simulação para esta situação estão representados a seguir.

Tabela 18 – Resultados sistema de piso (ruído de impacto) – Parede de concreto

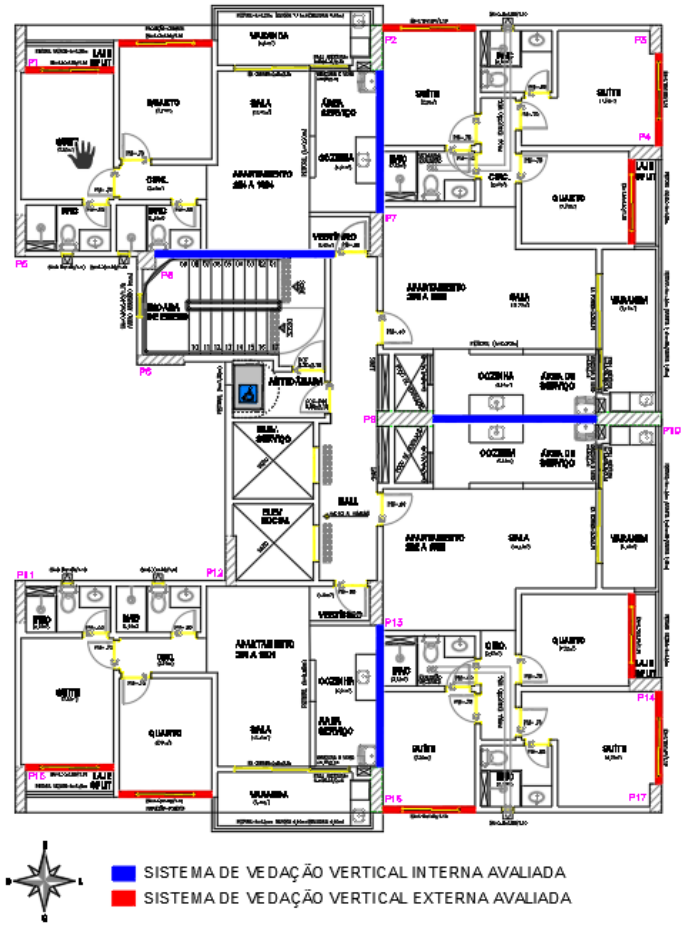
Sistema de piso	**Ambientes**	**$L'_{nT,w}$ (dB)**	**Nível de desempenho especificado na NBR 15575-3 (dB)**	**Avaliação de desempenho**
Térreo/Tipo Tipo/Tipo	Sala	79±3	Mínimo: 66 a 80 Intermediário: 56 a 65 Superior: ≤ 55	Potencial de atendimento ao nível mínimo
	Cozinha	80±3		Potencial de atendimento ao nível mínimo
	Dormitórios	77±3		Atende em nível mínimo de desempenho

Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

4.2.2 Alvenaria com bloco cerâmico

Toda a avaliação do desempenho acústico do sistema de alvenaria de bloco cerâmico, foi realizado de forma análoga ao de parede de concreto. As vedações verticais analisas neste empreendimento estão descritas nas Figuras.

Figura 23 – Planta baixa realçando paredes estudadas – Alvenaria de bloco cerâmico



Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

- Vedações verticais externas (fachadas):

Os resultados obtidos através do estudo de mapeamento acústico da localização do empreendimento, enquadraram as fachadas nas seguintes classes de ruídos, indicadas na Tabela 19.

Tabela 19 – Mapa acústico – Alvenaria de bloco cerâmico

	Classe de Ruído – (NBR 15575-4)			
Bloco	**Fachada Norte**	**Fachada Sul**	**Fachada Leste**	**Fachada Oeste**
A	Classe III	Classe III	Classe III	Classe I
B	Classe III	Classe III	Classe III	Classe I

Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

A Tabela 20 apresenta as características das vedações verticais internas analisadas.

Tabela 20 – Descrição do sistema de vedação vertical externa – Alvenaria de bloco cerâmico

Elemento de vedação	
Revestimento Externo:	
Placa Cerâmica	
Argamassa cimentícia	
(e=35mm) (ρ=1800kg/m³)	
Elemento Estruturante:	
Bloco cerâmico	
(e=140mm) (ρ=500-600kg/m³)	
Revestimento Interno	
Pasta de gesso	
(e=10mm) (ρ=1100kg/m³)	
Índice de isolação sonora	
(R_w)	
44dB	

Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

A isolação sonora nas fachadas sem esquadria, apresentam valores maiores que 40dB, resultado que atende os 3 níveis de classe de ruído. A Tabela 21 definem os valores mínimos de Rw das esquadrias para que seja atendido o desempenho acústico das fachadas.

Tabela 21 – Resultados avaliação acústica vedações verticais externas – Alvenaria de bloco cerâmico

Pavimento	**Esquadria (m)**	**Vedação (Apto.)**	**$D_{2m,nT,w}$ (dB)**	**Classe de Ruído**	**R_w da Esquadria**
Tipo	1,50 X 1,00	Suíte (Aptos. 01 e 04)	33±3	III	28
		Quarto (Aptos. 01 e 04)		III	28
		Suíte 02 (Aptos. 02 e 03)		III	28
		Suíte 01 (Aptos. 02 e 03)	36±3	III*	30
		Quarto (Aptos. 02 e 03)		III*	30

Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

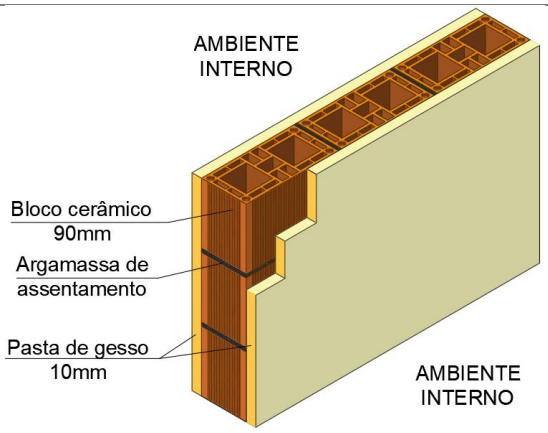
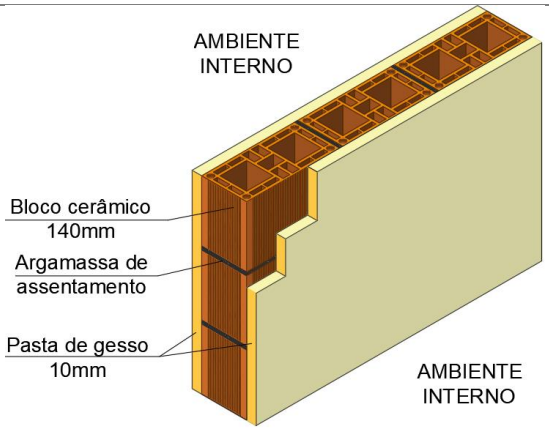
➢ Vedações verticais internas

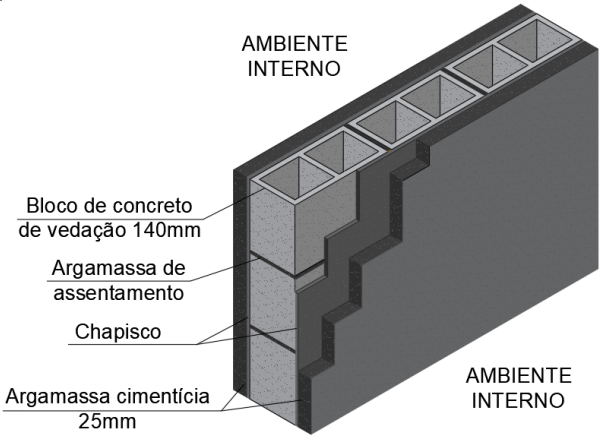
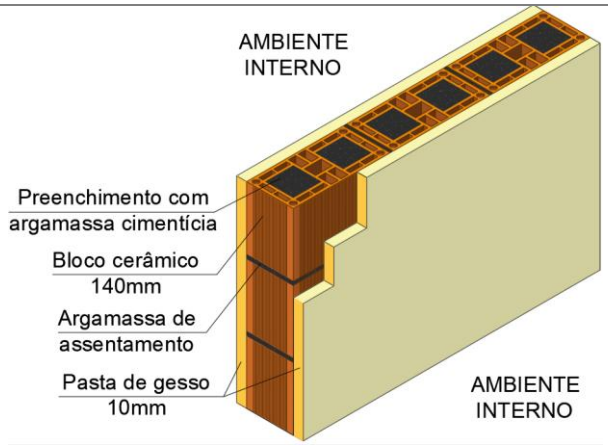
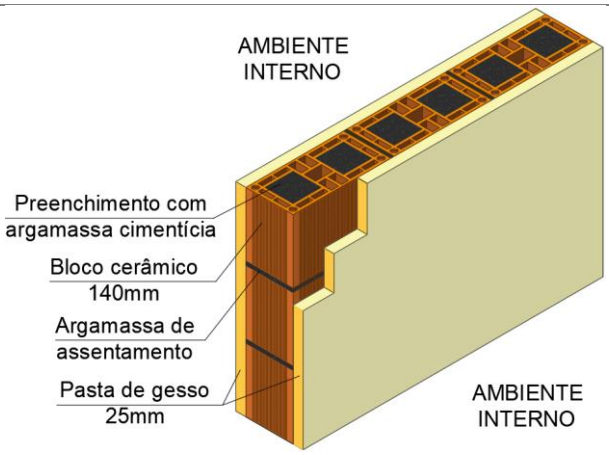
Conforme exibido na Figura 23 o empreendimento possui 3 situações descritas na norma, apresentadas na Tabela 9.

- Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório – Cozinha/Cozinha;
- Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório – Suíte/Cozinha;
- Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall.

A Figura 22 apresenta as características das vedações verticais internas analisadas.

Tabela 22 – Vedações verticais internas – Alvenaria de bloco cerâmico

SVVI Avaliadas	
BCE 90 RG 10 Bloco cerâmico (e=90mm) (ρ=750-850kg/m³) Pasta de gesso (e=10mm) (ρ=1100kg/m³) **Índice de Redução Sonora (R_w) = 37dB**	
BCE 140 RG 10 Bloco cerâmico (e=140mm) (ρ=650-750kg/m³) Pasta de gesso (e=10mm) (ρ=1100kg/m³) **Índice de Redução Sonora (R_w) = 40dB**	

BCO 140 RA 25 Bloco de concreto (e=140mm) (ρ=900-1000kg/m³) Argamassa cimentícia (e=25 mm) (ρ=1800 kg/m³) **Índice de Redução Sonora (R_w) = 45dB**	
BCE ARG 140 RG 10 Bloco cerâmico preenchido com argamassa cimentícia (e=140mm) (ρ=1600-1700kg/m³) Pasta de gesso (e=10mm) (ρ=1100kg/m³) **Índice de Redução Sonora (R_w) = 49dB**	
BCE ARG 140 RG25 Bloco cerâmico preenchido com argamassa cimentícia (e=140mm) (ρ=1600-1700kg/m³) Pasta de gesso (e=25mm) (ρ=1100kg/m³) **Índice de Redução Sonora (R_w) = 50dB**	

Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

Os resultados da avaliação das paredes internas serão apresentados na Tabela 23 a seguir.

Tabela 23 – Resultados avaliação acústica vedações verticais internas – Alvenaria de bloco cerâmico

VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS (VVI)	CRITÉRIO	BCE 90	BCE 140	BCO 140	BCE ARG 140	BCE ARG 140
	$D_{nT,w}$ (dB)	RG 10	RG 10	RA 25	RG 10	RG 25
Cozinha (Apto 01) – Suíte (Apto 02)	**45**	35±2	38±2	43±2	45±2	47±2
Cozinha (Apto 02) – Cozinha (Apto 03)	**40**	34±2	37±2	42±2	44±2	46±2
Suíte (Apto 03) – Cozinha (Apto 04)	**45**	35±2	38±2	43±2	45±2	47±2
Sala (Apto 04) – Escada	**30**	38±2	41±2	45±2	46±2	47±2

Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

LEGENDA:	
	NÃO ATENDE AO NÍVEL MÍNIMO DE DESEMPENHO
	POTENCIAL PARA ATENDER AO NÍVEL MÍNIMO DE DESEMPENHO
	ATENDE EM NÍVEL MÍNIMO DE DESEMPENHO

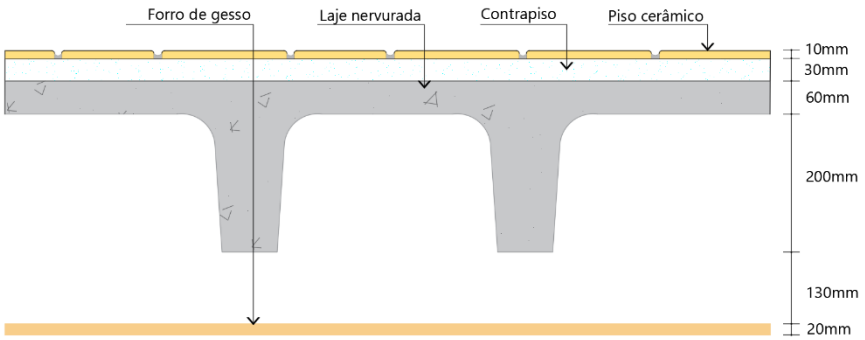
- Vedações horizontais (ruído aéreo)

O edifício possui 2 situações de divisórias horizontais descritos na norma, conforme Tabela 10.

- Sistema de piso entre unidades habitacionais autônomas, no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório;
- Sistema de piso entre unidades habitacionais autônomas, nas situações onde não haja ambiente dormitório.
- Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso coletivo, para atividades de laser e esportivas, como *home theater*, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas.

O Índice de Redução Sonora (Rw) do piso descrito na tem valor de 50dB.

Figura 24 – Sistema de piso – Alvenaria de bloco cerâmico



Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

A Tabela 24 apresenta os resultados obtidos na modelagem computacional para o sistema de piso, quanto ao ruído aéreo.

Tabela 24 – Resultados sistema de piso (ruído aéreo) – Alvenaria de bloco cerâmico

Pav.	**Ambientes**	**$D_{nT,w}$ (dB)**	**Nível de desempenho especificado na NBR 15575-3 (dB)**	**Avaliação de desempenho**
Mezanino/Tipo	Sala	49±2	Mínimo: 45 a 49	Atende em nível mínimo de desempenho
			Intermediário: 50 a 54	
	Dormitórios	47±2	Superior: ≥ 55	Atende em nível mínimo de desempenho
Tipo/Tipo	Sala	48±2	Mínimo: 40 a 44	Atende em nível intermediário de desempenho
			Intermediário: 45 a 49	
			Superior: ≥ 50	
	Dormitórios	47±2	Mínimo: 45 a 49	Atende em nível mínimo de desempenho
			Intermediário: 50 a 54	
			Superior: ≥ 55	

Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

- Vedações horizontais (ruído de impacto)

Apenas uma das situações previstas na NBR 15575, apresentadas na Tabela 11, foram representadas nesse edifício.

- Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos.

O sistema de piso representado na Figura 24, apresenta um Nível de Pressão Sonora de Impacto Padrão Ponderado (L’nT,w) de 69dB.

Tabela 25 – Resultados sistema de piso (ruído de impacto) – Bloco de alvenaria cerâmica

Pavimento	**Ambientes**	**$L'_{nT,w}$ (dB)**	**Nível de desempenho especificado na NBR 15575-3 (dB)**	**Avaliação de desempenho**
Tipo/Tipo	Sala	74±2	Mínimo: 66 a 80	Atende em nível mínimo de desempenho
			Intermediário: 56 a 65	
	Dormitórios	77±2	Superior: ≤ 55	

Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

4.3 COMPARATIVO LUMÍNICO – ILUMINAÇÃO NATURAL

Segundo a ABNT NBR 15.575, durante o dia, determinados cômodos do apartamento deverão receber iluminação unicamente natural, sem a presença de iluminação artificial, oriunda diretamente do exterior ou indiretamente, através dos recintos adjacentes. Esta análise é feita com o uso de simulação computacional.

A simulação computacional de desempenho lumínico tem por objetivo verificar se os ambientes do projeto atendem aos critérios de disponibilidade de luz natural exigidos na ABNT NBR 15.575. Durante o dia, os ambientes da edificação devem atender o nível mínimo de iluminância por luz natural descritos na Tabela 1. Para obter estes índices, a edificação é modelada em um programa de simulação computacional chamado Dialux Evo – responsável por calcular os valores de iluminância – conforme as especificações de acabamentos, fornecidos pela construtora.

A modelagem da edificação é feita com base as plantas fornecidas pela construtora e, seguindo o descrito em norma, são locados pontos de medição de iluminância no centro geométrico de cada ambiente, a 75 cm do piso. O sombreamento realizado por edificações vizinhas e elementos de fachadas e varandas da própria edificação também é considerado para o cálculo do nível de iluminância dos ambientes. Com esta finalidade, é realizada a modelagem por completo da edificação e edificações do seu entorno imediato.

Para o cálculo de iluminância dos ambientes também é levado em consideração as faixas de refletâncias das superfícies externas e das superfícies internas (pisos, paredes e tetos), bem como a transmissão luminosa dos vidros das esquadrias. Para as superfícies

opacas são consideradas as faixas de refletâncias determinadas pela ABNT NBR ISSO/CIE 8995-1:2013 conforme a Tabela 26.

Tabela 26 – Faixas de refletâncias úteis.

SUPERFÍCIES	FAIXAS DE REFLETÂNCIAS (CORES ESCURAS A CLARAS)
Teto	0,6 – 0,9
Paredes	0,3 – 0,8
Piso	0,1 – 0,5

Fonte: ABNT (2013).

Para a determinação do índice de refletância solar dos materiais opacos de acabamento, foram utilizados como referência os dados disponibilizados no Manual de iluminação, realizado pelo PROCEL EDIFICA – EPP – Eficiência Energética em Prédios Públicos, que contém a Tabela 27.

Tabela 27 – Índice de reflexão.

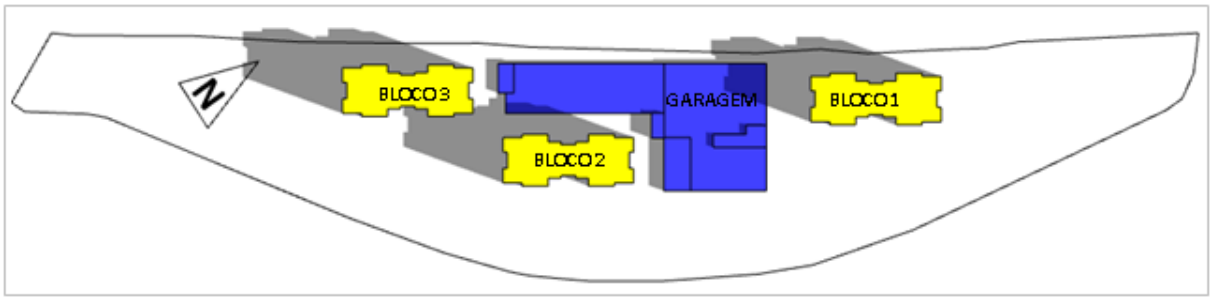
MATERIAL OU COR	VALOR	MATERIAL OU COR	VALOR
Azul claro	30-55	Madeira clara	30-50
Azul escuro	10-25	Madeira escura	10-25
Azulejo branco	60-75	Mármore claro	60-70
Amarelo	65-75	Marrom	10-25
Branco	70-85	Ocre	30-50
Cimento claro	35-50	Preto	5
Concreto claro	30-40	Rocha	60
Concreto escuro	15-25	Rosa	45-60
Cinza claro	45-65	Tijolo claro	20-30
Cinza escuro	10-20	Tijolo escuro	10-15
Cinza médio	25-40	Verde claro	30-55
Esmalte branco	65-75	Verde escuro	10-25
Gesso	70-80	Vermelho claro	25-35
Granito	15-25	Vermelho escuro	25-35
Laranja	25-35	Vidro transparente	5-10

Fonte: Manual de iluminação – PROCEL EPP (2011)

4.3.1 Parede de concreto

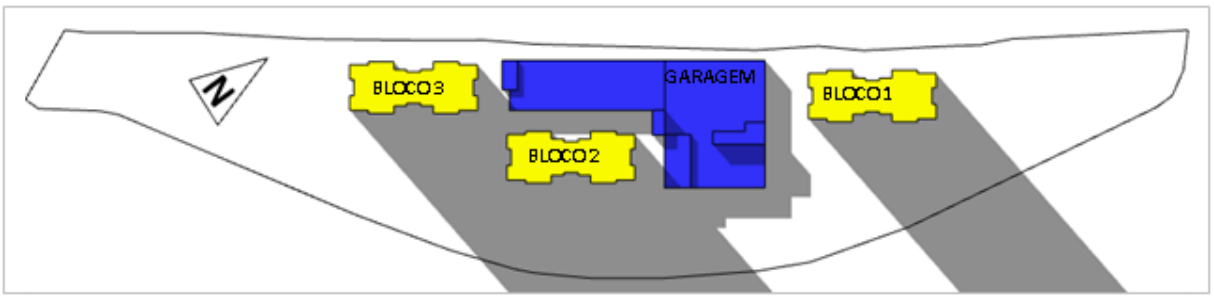
O primeiro passo para a análise de desempenho da iluminação natural é a identificação de eventuais sombreamentos resultantes de edificações vizinhas, taludes, muros e outros possíveis anteparos. Este empreendimento é composto por um edifício garagem e três blocos de 18 pavimentos, estruturas que são relevantes na análise de sombreamento. As Figuras abaixo ilustram o sombreamento para os dias e horários especificados na ABNT NBR 15.575-1. Em amarelo, estão os blocos do empreendimento e em azul a edificação com garagem e área de lazer.

Figura 25 – Sombreamento entre blocos – 23/04 às 9h30m.



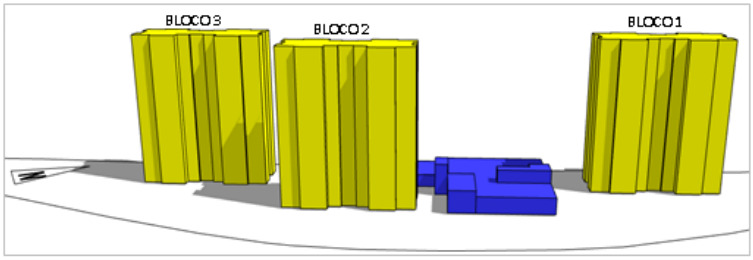
Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

Figura 26 – Sombreamento entre blocos – 23/10 às 15h30m



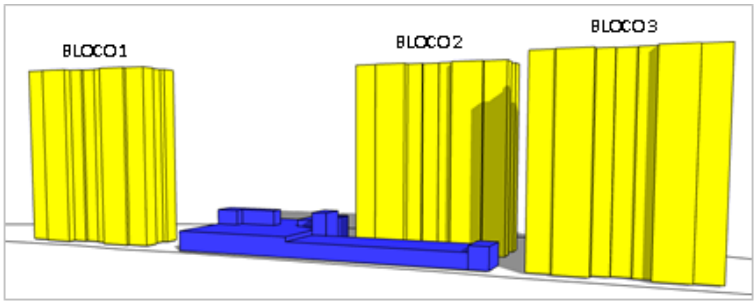
Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

Figura 27 – Sombreamento entre blocos – vista leste – 23/04 às 09h30m.



Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

Figura 28 – Sombreamento entre blocos – vista noroeste – 23/10 às 15h30m.



Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

Com o levantamento acima, podemos observar que os únicos sombreamentos relevantes são entre os blocos, não havendo influência do edifício garagem nos apartamentos. Dito isto, é feita a análise para o pior cenário com relação a recepção de luz solar: a relação entre o bloco 02 e o bloco 03. Foi-se analisado o térreo do bloco pelo fato de, entre os pavimentos, ser o que possui iluminação menos favorável para a recepção de luz natural.

Todos os revestimentos de piso paredes e tetos foram considerados na cor branca. O revestimento de fachada foi informado pelo cliente. Diante dos dados obtidos, o cálculo de iluminância deste projeto levou em consideração as faixas de refletâncias nos valores descritos abaixo.

Tabela 28 – índices de reflexão.

SUPERFÍCIES	ACABAMENTOS	ÍNDICE DE REFLEXÃO
Tetos	Material na cor branca [1]	**0,85**
Paredes	Material na cor branca [1]	**0,80**
Pisos	Material na cor branca [1]	**0,50**
Fachadas	Textura na cor Dublin Mínimo, fabricação Ibratim [1]	**0,70**
Fachadas	Textura na cor Dublin Cheio, fabricação Ibratim [1]	**0,30**

Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

Para as esquadrias, a construtora indicou a utilização de vidros de 4mm e 6mm, como descritos na Tabela 29, com isso, para a simulação prévia, foram considerados os valores descritos abaixo.

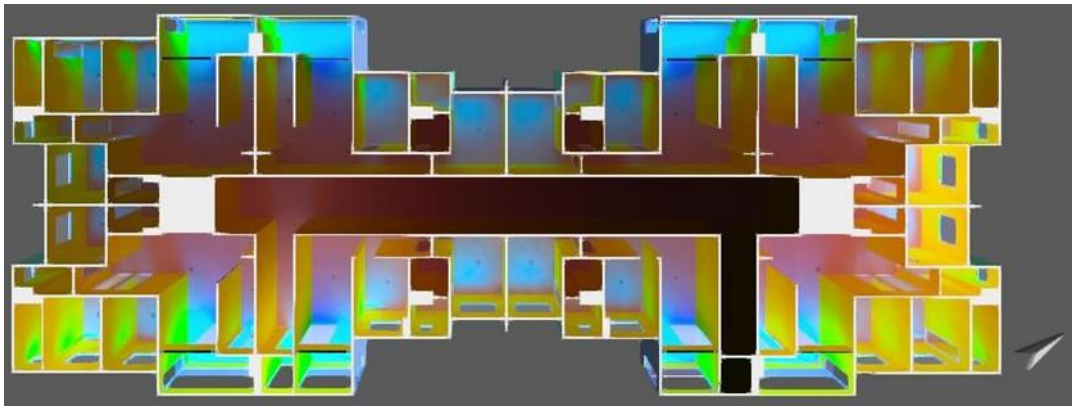
Tabela 29 – Fatores luminosos dos vidros considerados.

VIDRO FLOAT INCOLOR 4 mm. [1]		**VIDRO LAMINADO CINZA 3+3 mm. [3]**	
FATOR LUMINOSO	**%**	**FATOR LUMINOSO**	**%**
Transmitância visível	89%	Transmitância visível	43%
Refletância à radiação visível	8%	Refletância à radiação visível	5%

Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

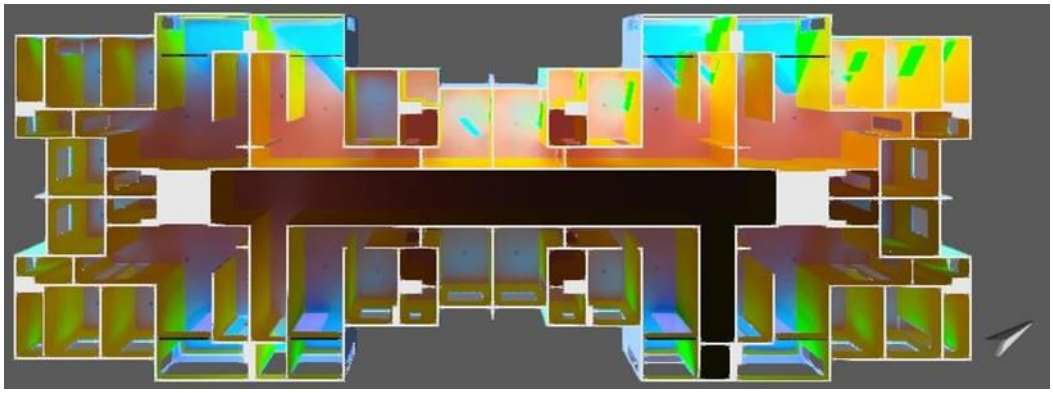
De posse das informações mencionadas acima e das dimensões dos ambientes e quantitativos de esquadrias, é gerado pelo software através do método de simulação, a vista superior do pavimento ilustrando a distribuição de luz natural nas duas datas analisadas conforme recomendação da ABNT NBR 15.575 (Tabela 30).

Figura 29 – Distribuição de luz natural – 23 de abril às 9:30h.



Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

Figura 30 – Distribuição de luz natural – 23 de outubro às 15:30h.



Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

Tabela 30 – Iluminância por ambiente e dia específico.

BLOCO – TÉRREO					
APT.	**AMBIENTE ANALISADO**	**ILUMINÂNCIA**			**NÍVEL DE ATENDIMENTO**
		MÍN	**23/04 09:30h**	**23/10 15:30h**	
01	SALA	48	772	186	SUPERIOR
	COZINHA+SERVIÇO	48	1080	226	SUPERIOR
	SUÍTE 1	48	2062	474	SUPERIOR
	SUÍTE 2	48	2373	252	SUPERIOR
	QUARTO	48	1882	445	SUPERIOR
02	SALA	48	680	185	SUPERIOR
	COZINHA+SERVIÇO	48	1128	391	SUPERIOR
	SUÍTE	48	1405	414	SUPERIOR
03	SALA	48	823	186	SUPERIOR
	COZINHA+SERVIÇO	48	1601	340	SUPERIOR
	SUÍTE	48	1417	415	SUPERIOR
04	SALA	48	692	187	SUPERIOR
	COZINHA+SERVIÇO	48	812	271	SUPERIOR
	SUÍTE 1	48	1865	501	SUPERIOR
	SUÍTE 2	48	637	844	SUPERIOR
	QUARTO	48	1491	472	SUPERIOR
05	SALA	48	232	763	SUPERIOR
	COZINHA+SERVIÇO	48	262	508	SUPERIOR
	SUÍTE 1	48	692	1846	SUPERIOR
	SUÍTE 2	48	2557	343	SUPERIOR
	QUARTO	48	673	1731	SUPERIOR
06	SALA	48	192	588	SUPERIOR
	COZINHA+SERVIÇO	48	496	1088	SUPERIOR
	SUÍTE	48	665	1882	SUPERIOR
	QUARTO	48	496	1848	SUPERIOR
07	SALA	48	179	916	SUPERIOR
	COZ INHA+SERV IÇO	48	248	490	SUPERIOR
	SUÍTE	48	675	1850	SUPERIOR
	QUARTO	48	609	682	SUPERIOR
08	SALA	48	166	183	SUPERIOR
	COZINHA+SERVIÇO	48	183	269	SUPERIOR
	SUÍTE 1	48	528	591	SUPERIOR
	SUÍTE 2	48	615	865	SUPERIOR
	QUARTO	48	548	616	SUPERIOR

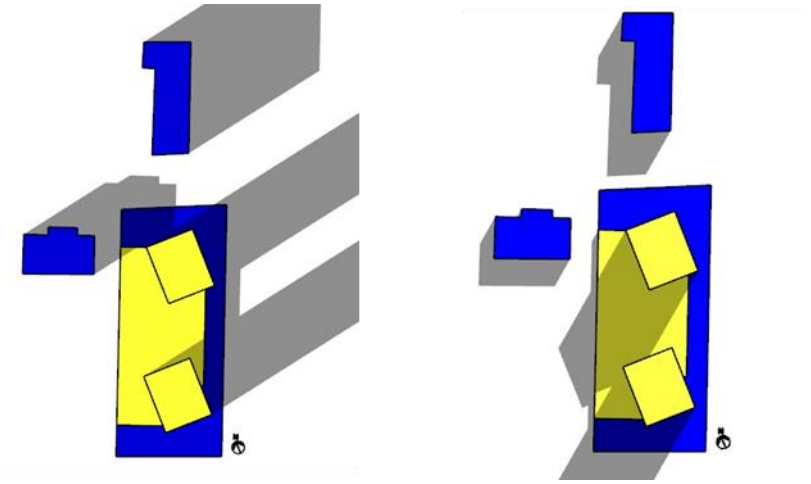
Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

4.3.2 Alvenaria com bloco cerâmico

De forma análoga ao desempenho lumínico de parede de concreto, foi elaborado a análise para o edifício de alvenaria com bloco cerâmico seguindo os mesmos critérios da NBR 15.575.

Para este empreendimento, localizado na várzea, foram identificadas duas edificações nas proximidades do empreendimento que poderiam influenciar no nível de iluminação natural incidente nos apartamentos. Podemos verificar que, durante o período considerado, as estruturas vizinhas não interferirão nos blocos, mas haverá um sombreamento do bloco no edifício A, como pode ser visto na Figura 31.

Figura 31 – Sombreamento entre edificações – 23/04 às 9h30m (esq.) e 23/10 às 15h30m (dir.)



Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

Diante desta análise, foram selecionados para realização da simulação o primeiro pavimento do bloco A, pois possui a posição menos favorável para a recepção de luz natural. Assim como no empreendimento anterior, serão considerados materiais de cor branca para os revestimentos de paredes, pisos e tetos.

Os fatores luminosos dos vidros foram fornecidos pela construtora através de e-mail, foram considerados vidros verdes de 4mm nas janelas de correr e 8mm para os vidros de segurança.

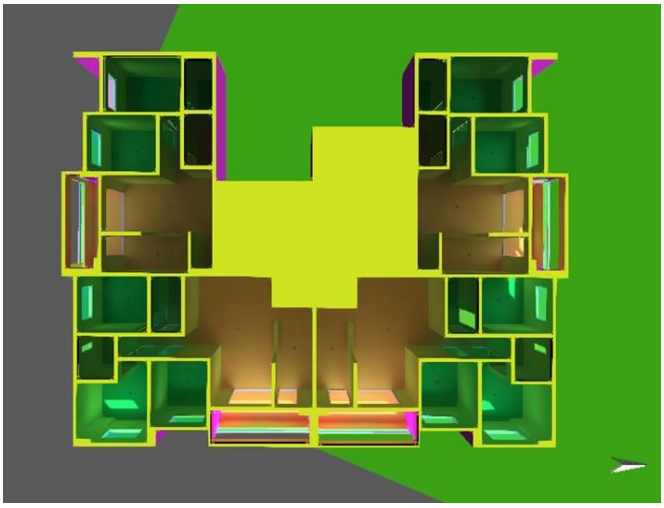
Tabela 31 – Fatores luminosos dos vidros utilizados

VIDRO FLOAT VERDE EMERALD 4mm [1]		**VIDRO LAMINADO VERDE EMERALD 4+4mm,[1]**	
FATOR LUMINOSO	%	FATOR LUMINOSO	%
Transmissão da luz visível	72%	Transmissão da luz visível	57%
Reflexão externa da luz visível	7%	Reflexão externa da luz visível	6%
Reflexão interna da luz visível	7%	Reflexão interna da luz visível	6%

Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

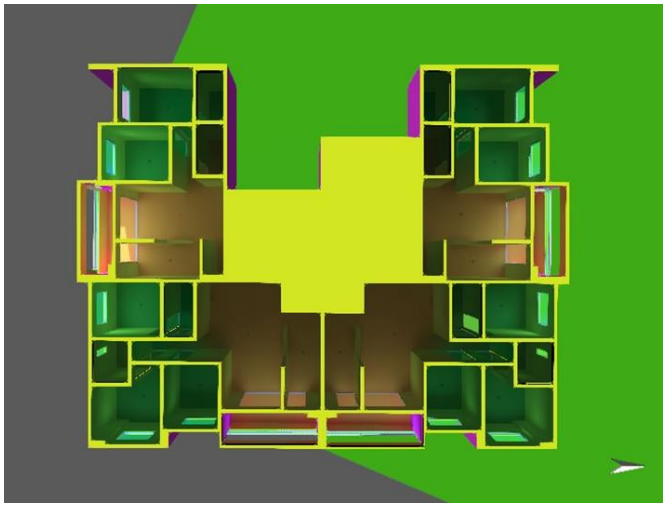
Com isso, o resultado dos ensaios obtidos através do método de simulação computacional encontra-se descrito abaixo. A Figura 32 e a Figura 33 representam a vista superior do pavimento ilustrando a distribuição de luz natural. Os valores de iluminância estão contidos na Tabela 32

Figura 32 – Distribuição de luz natural – 23/04 às 9:30h



Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

Figura 33 – Distribuição de luz natural – 23/10 às 15:30h



Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

Tabela 32 – Iluminância por ambiente e dia específico.

BLOCO – TÉRREO							
APT.	**AMBIENTE ANALISADO**	ILUMINÂNCIA					NÍVEL DE ATENDIMENTO
		MÍN	**INT.**	SUP.	23/04 09:30h	23/10 15:30h	
101	COZINHA/SERVIÇO	60	90	120	342	437	SUPERIOR
	SALA	60	90	120	410	422	SUPERIOR
	QUARTO 1	60	90	120	660	698	SUPERIOR
	SUÍTE	60	90	120	409	395	SUPERIOR
102	COZINHA/SERVIÇO	60	90	120	814	140	SUPERIOR
	SALA	60	90	120	811	129	SUPERIOR
	QUARTO 1	60	90	120	695	640	SUPERIOR
	QUARTO 2	60	90	120	1219	223	SUPERIOR
	SUÍTE	60	90	120	1687	283	SUPERIOR
103	COZINHA/SERVIÇO	60	90	120	881	133	SUPERIOR
	SALA	60	90	120	776	130	SUPERIOR
	QUARTO 1	60	90	120	1010	360	SUPERIOR
	QUARTO 2	60	90	120	1552	271	SUPERIOR
	SUÍTE	60	90	120	1674	269	SUPERIOR
104	COZINHA/SERVIÇO	60	90	120	506	250	SUPERIOR
	SALA	60	90	120	510	227	SUPERIOR
	QUARTO 1	60	90	120	1033	446	SUPERIOR
	SUÍTE	60	90	120	674	264	SUPERIOR

Fonte: Relatório de desempenho fornecido pela TECOMAT (2022).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo será iniciado com a análise quantitativa dos dados de desempenho dos empreendimentos objetos de estudo. Na sequência, será feita a descrição qualitativa dos resultados obtidos, através da apresentação das causas e medidas de reparo, caso necessárias.

5.1 DESEMPENHO TÉRMICO

Na análise do desempenho térmico no interior das edificações, para dias típicos de verão, o parâmetro determinante foi a diferença de temperatura máxima entre o exterior e o interior dos empreendimentos, como os dois métodos estão enquadrados na mesma zona climática, o valor da temperatura máxima externa foi o mesmo, medindo 31,75 graus Celsius.

Foram analisados os recintos com disposição semelhantes em relação aos pontos cardeais, sendo assim com incidência solar e de ventilação parecidos entre si. Em ambos os sistemas construtivos, a simulação final foi realizada com a taxa de ventilação de 5 ren/h e com sombreamento nas esquadrias dos cômodos. A seguir podemos ver na Tabela 33, as comparações diretas entre os cômodos, junto a diferença entre os respectivos valores comparados.

Tabela 33 – Comparativo térmico

Alvenaria		**Parede de concreto**		**Diferença (%)**
Ambiente	**Ti máx. (°C)**	**Ambiente**	**Ti máx. (°C)**	
Apto 1804 – Suíte	30,02	**Apto 1705 – Suíte 01**	30,85	2,76%
Apto 1803 – Suíte 01	30,18	**Apto 1705 – Suíte 02**	30,1	-0,27%
Apto 1804 – Sala	29,94	**Apto 1705 – Estar**	30,1	0,53%
Apto 1804 – Quarto	29,95	**Apto 1705 – Quarto 02**	30,7	2,50%
Apto 1803 – Sala	30,11	**Apto 1706 – Estar**	30,53	1,39%
Apto 1803 – Quarto	30,41	**Apto 1706 – Quarto**	30,59	0,59%
Apto 1803 – Suíte 02	29,84	**Apto 1706 – Suíte**	30,08	0,80%

Fonte: Os autores (2022).

Podemos notar que o empreendimento de alvenaria convencional teve uma pequena vantagem em relação ao de parede de concreto, com apenas uma exceção onde o recinto da parede de concreto teve temperatura inferior ao de alvenaria. Os valores de diferença térmica variaram de 0,5% a 3%, em relação as temperaturas internas máximas.

Quando comparado a maior e menor temperatura interna máxima, Tabela 34, ainda se mantém a vantagem do sistema de vedação de alvenaria.

Logo em relação a esta pesquisa, o sistema que possui o melhor conforto térmico é o de alvenaria de bloco cerâmico, apesar que, a diferença entre as temperaturas é pequena em relação ao sistema de paredes de concreto.

Tabela 34 – Comparativo térmico entre as temperaturas limites

	Alvenaria		**Parede de concreto**		**Diferença (%)**
	Ambiente	**Ti máx. (°C)**	**Ambiente**	**Ti máx. (°C)**	
Máxima	**Apto 1803 – Quarto**	30,41	**Apto 1705 – Suíte 01**	30,85	1,45%
Mínima	**Apto 1804 – Sala**	29,94	**Apto 1706 – Suíte**	30,08	0,47%

Fonte: Os autores (2022).

5.2 DESEMPENHO ACÚSTICO

Na avaliação do desempenho acústico dos empreendimentos, devemos separar entre os diferentes sistemas de vedações, analisando isoladamente cada tipologia diferente.

- Vedações verticais externas (fachadas)

A análise de desempenho das fachadas foi desconsiderada nesta pesquisa, pois os ruídos nas imediações dos empreendimentos se enquadraram em classes de ruído distintas, conforme Tabela 12 e Tabela 19, sendo assim, um edifício receberá maior incidência sonora que o outro, invalidando o comparativo.

- Vedações verticais internas

Os resultados da simulação para as vedações verticais internas serão apresentados a seguir, o critério de avaliação, Índice de Redução Sonora (Rw), é diretamente proporcional as faixas de desempenho mínimo, intermediário e superior, portanto a edificação que tiver maior valor, terá um melhor desempenho acústico das paredes internas. Foram comparadas apenas as situações de vedações, prescritas na norma, presentes nos dois empreendimentos.

Tabela 35 – Comparativo acústico – Paredes internas

Alvenaria de bloco cerâmico							Parede de concreto		
VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS (VVI)	**CRITÉRIO DnT,w (dB)**	**BCE 90 RG 10**	**BCE 140 RG 10**	**BCO 140 RA 25**	**BCE ARG 140 RG 10**	**BCE ARG 140 RG 25**	**VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS (VVI)**	**CRITÉRIO DnT,w (dB)**	**PMC 140**
Cozinha (Apto 02) – Cozinha (Apto 03)	40	34 ±2	37 ±2	42 ±2	44 ±2	46± 2	**Cozinha (Apto. 01) – Cozinha (Apto. 02)**	40	45±2
							Cozinha (Apto. 03) – Cozinha (Apto. 04)		45±2
							Cozinha (Apto. 05) – Cozinha (Apto. 06)		45±2
							Cozinha (Apto. 07) – Cozinha (Apto. 08)		45±2
Cozinha (Apto 01) – Suíte (Apto 02)	45	35 ±2	38 ±2	43 ±2	45 ±2	47± 2	**Suíte 02 (Apto. 01) – Suíte 02 (Apto. 05)**	45	47±2
							Suíte (Apto. 02) – Suíte (Apto. 03)		47±2
Suíte (Apto 03) – Cozinha (Apto 04)		35 ±2	38 ±2	43 ±2	45 ±2	47± 2	**Suíte 02 (Apto. 04) – Suíte 02 (Apto. 08)**		47±2
							Suíte (Apto. 06) – Suíte (Apto. 07)		47±2

Fonte: Os autores (2022).

Conforme a Tabela 35, as paredes de concreto internas apresentaram melhores resultados de desempenho acústico, a depender do material utilizado no fechamento com alvenaria, apenas o sistema de alvenaria com bloco cerâmico preenchido com argamassa cimentícia, 140mm de espessura, e revestimento com pasta de gesso, 25 mm de espessura, obteve um melhor desempenho em relação a parede de concreto, apesar da diferença ser mínima.

- Vedações horizontais (ruído aéreo)

Na análise do sistema de piso, o parâmetro de referência é o Índice de Redução Sonora (Rw), portanto quanto maior o valor, melhor enquadrado o desempenho acústico estará para este critério. A avaliação apenas ocorrerá para as situações, previstas na NBR 15575, que estão presentes nos dois empreendimentos.

Tabela 36 – Comparativo acústico – Ruído aéreo

Alvenaria de bloco cerâmico			**Parede de concreto**		
Ambientes	**$D_{nT,w}$ (dB)**	**Nível de desempenho especificado na NBR 15575-3 (dB)**	**Ambientes**	**$D_{nT,w}$ (dB)**	**Nível de desempenho especificado na NBR 15575-3 (dB)**
Sala	48±2	Mínimo: 40 a 44 Intermediário: 45 a 49 Superior: ≥ 50	Sala	45±2	Mínimo: 40 a 44 Intermediário: 45 a 49 Superior: ≥ 50
			Cozinhas	47±2	
Dormitórios	47±2	Mínimo: 45 a 49 Intermediário: 50 a 54 Superior: ≥ 55	Dormitórios	45±2	Mínimo: 45 a 49 Intermediário: 50 a 54 Superior: ≥ 55

Fonte: Os autores (2022).

Conforme é apresentado na Tabela 36, o método construtivo de alvenaria teve resultados um pouco melhores em relação ao de parede de concreto, mitigando mais o ruído aéreo entre vedações verticais.

- Vedações horizontais (ruído de impacto)

No caso do sistema de ruído de impacto, o critério de referência é o Nível de Pressão Sonora de Impacto Padrão Ponderado (L’nT,w), valor que quanto maior, pior será o conforto acústico, sendo assim o sistema que obtiver os menores valores, terá o melhor desempenho acústico, em relação ao ruído de impacto.

Tabela 37 – Comparativo acústico – Ruído de impacto

Alvenaria de bloco cerâmico		**Parede de concreto**		
Ambientes	**$L'_{nT,w}$ (dB)**	**Ambientes**	**$L'_{nT,w}$ (dB)**	**Nível de desempenho especificado na NBR 15575-3 (dB)**
Sala	74±2	Sala	79±3	Mínimo: 66 a 80 Intermediário: 56 a 65 Superior: ≤ 55
		Cozinha	80±3	
Dormitórios	77±2	Dormitórios	77±3	

Fonte: Os autores (2022).

Na Tabela 37, podemos notar que as vedações entre os dormitórios tiveram os mesmos valores para ambos os métodos, se tratando de ambientes sem dormitórios, sala e cozinha, o método de alvenaria apresentou um melhor valor de L’nT,w se enquadrando na faixa de desempenho mínimo, enquanto na sala e cozinha de parede de concreto o nível de desempenho mínimo será atendido a depender da margem de erro de 3 dB para cima ou para baixo.

5.3 DESEMPENHO LUMÍNICO

O desempenho lumínico teve como parâmetro de análise o atendimento dos critérios de disponibilidade de luz natural exigidos na norma. Durante o dia, os ambientes da edificação devem satisfazer o nível mínimo de iluminância por luz natural.

Avaliando os resultados obtidos através do método simulação computacional, é possível verificar que os resultados para todos os pontos dos apartamentos atendem ao nível superior de iluminância de acordo com o exigido pela ABNT NBR 15.575-1 (Tabela 1), tanto para o sistema de parede de concreto quanto para alvenaria convencional com bloco cerâmico (

Tabela 38).

Comparando as duas edificações, temos que, de acordo com a

Tabela 38, o edifício em parede de concreto possui, em média, para o térreo, valores mais altos de iluminância no período de 23 de abril. Apesar disso, podemos notar que o valor mínimo de iluminância (166 lux) é encontrado na sala do apartamento 8 do edifício de parede de concreto.

Já para o período de 23 de outubro, a torre em parede de concreto apresenta resultados mais positivos, com valores de iluminância muito superiores ao edifício de alvenaria em alguns apartamentos. De forma geral, a parede de concreto desempenhou melhores resultados para os testes nesta fase do ano.

Tabela 38 – Comparativo lumínico.

TÉRREO – PAREDE DE CONCRETO					**TÉRREO – ALVENARIA**				
APT.	**AMBIENTEANALISADO**	**ILUMINÂNCIA**			**APT.**	**AMBIENTE ANALISADO**	**ILUMINÂNCIA**		
		MÍN	**23/04 09:30h**	**23/10 15:30h**			**MÍN**	**23/04 09:30h**	**23/10 15:30h**
1	SALA	48	772	186	**101**	COZINHA+SERVIÇO	60	342	437
	COZINHA+SERVIÇO	48	1080	226		SALA	60	410	422
	SUÍTE 1	48	2062	474		QUARTO 1	60	660	698
	SUÍTE 2	48	2373	252					
	QUARTO	48	1882	445		SUÍTE	60	409	395
2	SALA	48	680	185	**102**	COZINHA+SERVIÇO	60	814	140
	COZINHA+SERVIÇO	48	1128	391					
	SUÍTE	48	1405	414		SALA	60	811	129
3	SALA	48	823	186					
	COZINHA+SERVIÇO	48	1601	340		QUARTO 1	60	695	640
	SUÍTE	48	1417	415					
4	SALA	48	692	187		QUARTO 2	60	1219	223
	COZINHA+SERVIÇO	48	812	271					
	SUÍTE 1	48	1865	501					
	SUÍTE 2	48	637	844		SUÍTE	60	1687	283
	QUARTO	48	1491	472					

TÉRREO – PAREDE DE CONCRETO					TÉRREO – ALVENARIA				
APT.	AMBIENTEANALISADO	ILUMINÂNCIA			APT.	AMBIENTE ANALISADO	ILUMINÂNCIA		
		MÍN	23/04 09:30h	23/10 15:30h			MÍN	23/04 09:30h	23/10 15:30h
5	SALA	48	232	763	103	COZINHA+SERVIÇO	60	881	133
	COZINHA+SERVIÇO	48	262	508		SALA	60	776	130
	SUÍTE 1	48	692	1846		QUARTO 1	60	1010	360
	SUÍTE 2	48	2557	343		QUARTO 2	60	1552	271
	QUARTO	48	673	1731		SUÍTE	60	1674	269
6	SALA	48	192	588	104	COZINHA/SERVIÇO	60	506	250
	COZINHA+SERVIÇO	48	496	1088		SALA	60	510	227
	SUÍTE	48	665	1882		QUARTO 1	60	1033	446
	QUARTO	48	496	1848		SUÍTE	60	674	264
7	SALA	48	179	916					
	COZINHA+SERVIÇO	48	248	490					
	SUÍTE	48	675	1850					
	QUARTO	48	609	682					
8	SALA	48	166	183					
	COZINHA+SERVIÇO	48	183	269					
	SUÍTE 1	48	528	591					
	SUÍTE 2	48	615	865					
	QUARTO	48	548	616					

Fonte: Os autores (2022).

5.4 COMPARATIVO DE PRODUTIVIDADE

De forma a complementar as análises de desempenho estudadas, será feito um comparativo de produtividade dos dois métodos construtivos apresentados neste trabalho.

5.4.1 Parede de concreto

A fim de desenvolver um comparativo de produtividade para analisar os dados da parede de concreto, foi utilizado como objeto de estudo o mesmo edifício já especificados nesta dissertação. O edifício é composto por, aproximadamente, 42.000 m² de parede (4.200 m³ de concreto CP V-ARI, concreto com alta resistência inicial).

Por ser um edifício com 8 apartamentos por pavimento, seu procedimento executivo é divido em 4 etapas (Figura 34). Isto é, todo o processo construtivo de armação, colocação da fôrma e concretagem de ¼ do pavimento é feita em um dia útil. Pela utilização do cimento Portland CPV-ARI, o concreto consegue atingir a resistência necessária para a desforma em algumas horas, o que faz com que seja possível concretar o pavimento completo em quatro dias úteis.

Figura 34 - Divisão das etapas de concretagem.

Fonte: Modificado do relatório fornecido pela TECOMAT (2022)

Com isso, o edifício com 18 pavimentos seria executado num período de setenta e dois dias úteis, contando com uma equipe de 19 (dezenove) armadores, 2 (dois) pedreiros e 20

(vinte) serventes, conforme produtividade da empresa X em Paulista especialista em paredes de concreto.

Com o intuito de encontrar um valor de produtividade (Hh/m² - hora homem trabalhada por metro quadrado), se valendo dos dados encontrados no estudo de caso, utilizando a equação (1) e considerando que um dia trabalhado corresponde a 8,8h, encontramos uma produtividade de 0,62 Hh/m².

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Tempo x Núm. Profissionais}}{\text{Qnde de Serviço}} \quad (1)$$

Edifícios em parede de concreto não precisam, necessariamente, de chapisco, emboço e reboco, uma vez que as paredes já estão no alinhamento e prumo ideal e não possuem grandes irregularidades superficiais. Para melhorar a aderência da tinta e uniformizar sutilmente a textura das paredes de modo geral, é comum se fazer uma regularização com gesso em pasta e massa corrida. Como esta etapa não está contida no processo de alvenaria, ela deverá ser considerada no cálculo de produtividade. Para este serviço, será estimado que três pintores seriam capazes de regularizar um pavimento a cada quatro dias (equivalente a fazer os 18 pavimentos em setenta e dois dias úteis). Desta forma, utilizando a equação (1), obtemos uma produtividade de 0,045 Hh/m². Por fim, somando os índices para obtenção da produtividade geral, temos o valor de 0,663 Hh/m².

5.4.2 Alvenaria com bloco cerâmico

Para o estudo relativo às paredes de alvenaria cerâmica serão consideradas a produtividade para concretagem dos elementos estruturais bem como o levante de alvenaria e o chapisco, emboço e reboco.

De modo a definir a produtividade de armação e concretagem dos elementos estruturais, foi feita uma pesquisa de campo com uma empresa localizada na várzea, especializada em edifícios de alvenaria com bloco cerâmico, para extração de índices de produtividade médio na região. Com uma equipe de 7 (sete) carpinteiros e 6 (seis) serventes, seria possível armar e concretar as vigas, pilares e uma laje de 390m² em 6 dias úteis. Utilizando essas informações, e considerando a mesma premissa de 8,8h trabalhadas por dia, obtemos um índice de produtividade de 1,76 Hh/m² para os elementos estruturais.

Os índices de assentamento de alvenaria para paredes de 14cm foram extraídos da Tabela de Composição de Preços para Orçamentos (TCPO), atualizada pelo PINI. Com base na Tabela 39, extraída da TCPO, é possível verificar que os índices de produtividade para pedreiros e para serventes é de 0,70 Hh/m².

Tabela 39 - Assentamento da alvenaria

COMPONENTES	UNID.	CONSUMOS		
		ESPESSURA DA PAREDE (CM)		
		9	14	19
ARGAMASSA mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:8	m³	0,0103	0,0159	0,0216
Pedreiro	h	0,66	0,70	0,74
Servente	h	0,66	0,70	0,74
Bloco cerâmico de vedação - Bloco inteiro	UNID.	12,90	12,90	12,90

Fonte: TCPO (2010).

A obtenção dos dados de produtividade do chapisco, emboço e reboco da alvenaria foram feitos a partir das informações da Tabela 40, conforme PINI (2010, p. 341). Para execução do chapisco, os coeficientes de produtividade foram de 0,10 Hh/m² para os pedreiros e 0,10 Hh/m² para os serventes. Para emboço, estes valores variaram para 0,60 Hh/m² para os pedreiros e 0,60 Hh/m² para os serventes. Já para o reboco, os índices de produtividade projetados foram de 0,80 Hh/m² para os pedreiros e 0,80 Hh/m² para os serventes.

Tabela 40 - Aplicação do Reboco

COMPONENTES	UNID.	CONSUMOS		
		CHAPISCO	EMBOÇO	REBOCO
Pedreiro	h	0,1	0,6	0,8
Servente	h	0,1	0,6	0,8
Argamassa de cimento e areia sem peneirar traço 1:3	UNID.	0,005	0,02	0,05

Fonte: TCPO (2010).

É importante salientar que os valores mencionados acima não contemplam a fabricação dos materiais, caso estes precisem ser produzidos *in loco.* Para obtenção dos índices totais de

Hh/m² para parede de tijolo cerâmico, deve-se somar a contribuição de cada um dos serviços apresentados anteriormente (assentamento, chapisco, emboço e reboco). Com isso, obtemos um valor total de 2,2 Hh/m² de produtividade para tijolo cerâmico.

Ao comparar os resultados, o método construtivo de parede de concreto obteve um valor final de produtividade de 0,663 Hh/m², contra 2,2 Hh/m² de bloco cerâmico, o que nos mostra uma econômica no tempo em cerca de 332%, como apresenta a Tabela 41.

Tabela 41 - Comparativo de produtividade

MÉTODO	**HH/M²**	**AUMENTO NO TEMPO (%)**
Parede de concreto	0,663	-
Bloco cerâmico	2,2	332%

Fonte: Os autores (2022)

5.5 COMPARATIVO DE CUSTOS

A fim de apresentarmos um comparativo fidedigno, se faz necessário, também, um comparativo de custos entre parede de concreto e a alvenaria convencional. O presente orçamento foi elaborado considerando variações nos elementos da superestrutura, elementos de vedação e revestimento de parede entre os métodos construtivos.

Estruturas executadas completamente em concreto armado possuem um peso muito superior com relação às estruturas do método convencional – pilares, vigas e lajes. Devido a grande diferença de carga em que a fundação estaria solicitada, é correto afirmar que as soluções de fundações para os métodos também sofreriam alterações. A nível deste trabalho e para efeitos de simplificações devido à escassez de detalhes referente às fundações, foi elaborado um orçamento desconsiderando a variação nos elementos de fundações.

5.5.1 Composições de custo da execução de parede de concreto

As composições de custo de parede de concreto levaram em consideração a montagem das fôrmas e aplicação de desmoldante, armação com tela de aço e reforços, concretagem das paredes, kit de espaçadores e regularização de paredes com gesso em pasta.

Pela facilidade dos autores no acesso às informações referente aos projetos executivos do empreendimento de parede de concreto, como mencionado anteriormente, foi possível

fazer um levantamento fidedigno sobre os quantitativos utilizados nesta estrutura, aproximando o orçamento da realidade. Todas as composições, incluindo os preços dos insumos, foram montadas a partir da tabela do SINAPI de 2022 e de levantamentos de campo com a construtora responsável por ambas as obras.

É importante salientar que o método de parede de concreto vêm ganhando força no Brasil nos últimos tempos graças, principalmente, a sua velocidade. Mas esse tipo de construção ainda é muito utilizado para obras em que se tenha uma grande quantidade de repetições nas torres, ou seja, obras com grande volume de torres iguais, como é o caso de obras do programa "Minha Casa, Minha Vida", por exemplo. Esse fato se dá pela diluição do alto valor da fôrma metálica – valor esse que varia em torno de milhões de reais - no orçamento, uma vez que a fabricação de uma fôrma especificamente para um empreendimento poderia torná-lo muito caro, inviabilizando o processo. Para este estudo, foi considerado um gasto de R$ 1.935.000,00 com aquisição de fôrmas metálicas. Tal valor foi considerado com base em uma pesquisa de mercado com o fabricante.

O quantitativo de aço foi elaborado a partir do projeto estrutural terceirizado pela construtora. As paredes e as lajes são compostas por telas Q92, Q335 e T138.

No Quadro 1 encontra-se a planilha orçamentária do edifício objeto de estudo composto por 4200m³ de concreto construído em parede de concreto moldada *in loco*.

Quadro 1 - Planilha orçamentária - parede de concreto.

ORÇAMENTO - PAREDE DE CONCRETO					
CÓDIGO	**DESCRIÇÃO**	**UN**	**QNT SERVIÇO**	**CUSTO SERVIÇO R$**	**ORÇAMENTO R$**
1	**HABITAÇÃO**				**5.650.577,79**
1.1	**ESTRUTURA**				5.244.577,79
1.1.1	**ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO**				5.244.577,79
	Aquisição de fôrma metálica – 40%	UN	1	1.935.000,00	1.935.000,00
1.1.1.1	Concreto Estrutural usinado, bombeável, Fck = 40 MPA	M3	4200,00	401,43	1.686.012,75
1.1.1.2	Forma Metálica - MO de Aplicação	UN	4200,00	100,42	421.766,09
1.1.1.3	Aplicação de desmoldante na estrutura metálica	M2	21000,00	0,56	11.844,00

ORÇAMENTO - PAREDE DE CONCRETO					
CÓDIGO	**DESCRIÇÃO**	**UN**	**QNT SERVIÇO**	**CUSTO SERVIÇO R$**	**ORÇAMENTO R$**
1.1.1.4	Telas em Aço e reforços para utilização em estrutura de parede de concreto - material	UN	4943,00	175,29	866.460,00
1.1.1.5	Telas em Aço e reforços para utilização em estrutura de parede de concreto - mão de obra	KG	115528,00	0,93	107.427,18
1.1.1.6	Kit de espaçadores. Gabaritos. caixas e quadros elétricos e acessórios de fixação	CJ	1,00	143.761,57	143.761,57
1.1.1.7	Passantes de PVC	UN	6710,00	6,02	40.394,20
1.1.1.8	Acabamento de Paredes Internas de Concreto	UN	144,00	178,27	25.670,94
1.1.1.9	Lavagem da estrutura pós desforma do bloco - pavimento	UN	18,00	346,73	6.241,06
1.2	**REVESTIMENTO DE PAREDE**				406.000,00
1.2.1	**REVESTIMENTO DE GESSO**				406.000,00
1.2.1.1	Gesso em pasta - Regularização e = até 5 mm	M2	28000,00	14,50	406.000,00

Fonte: Os autores (2022).

5.5.2 Composições de custo da execução de alvenaria com bloco cerâmico

Para a elaboração do orçamento do prédio em alvenaria, foi considerado que este empreendimento contaria com a mesma área, quantidade de apartamento e pavimentos que o edifício orçado no item anterior. Diferentemente do orçamento anterior, foi-se considerado, além da superestrutura, o levante da alvenaria e o revestimento das paredes com chapisco, emboço e reboco. O levantamento dos quantitativos foi feito através dos projetos disponibilizados pela construtora.

Quadro 2 - Planilha orçamentária – alvenaria convencional com bloco cerâmico.

ORÇAMENTO – ALVENARIA COM BLOCO CERÂMICO

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UN	QNT SERVIÇO	CUSTO SERVIÇO R$	ORÇAMENTO R$
1	**HABITAÇÃO**				**4.806.091,06**
1.1	**ESTRUTURA**				**1.227.893,96**
1.1.1	Fôrma de Lajes - Montagem e desmontagem laje tipo - Lâmina	M2	6537,02	56,14	367.001,92
1.1.2	Armadura CA 50/60 - Material	KG	35962,34	8,79	316.070,49
1.1.3	Armadura CA 50/60 - Mão de obra	KG	35962,34	2,10	75.391,45
1.1.4	Concreto Estrutural usinado. Fck= 40 Mpa	M3	1176,66	398,95	469.430,10
1.2	**ALVENARIA-FECHAMENTO**				**2.476.454,37**
1.2.1	Marcação de alvenaria interna	M	1555,50	19,69	30.626,37
1.2.2	Alvenaria bloco cerâmico 9x19x19 cm	M2	42000,00	58,23	2.445.828,00
1.3	**REVESTIMENTO DE PAREDE**				**1.101.742,73**
1.3.1	Chapisco Interno Alvenaria com argamassa pronta, na colher	M2	28000,00	7,03	196.896,00
1.3.2	Emboço Interno empregando argamassa pronta	M2	28000,00	27,36	766.079,86
1.3.3	Ponto de massa de parede	M2	28000,00	4,96	138.766,88

Fonte: Os autores (2022).

5.5.3 Considerações sobre produtividade e custos

Após as análises apresentadas anteriormente, será possível fazer a apresentação dos resultados entre a produtividade e os custos dos métodos, elencados por etapas construtivas: estruturas e vedações e revestimentos.

5.5.3.1 Estrutura e vedações

Foi utilizado como metodologia comparar o orçamento estrutural de parede de concreto com o estrutural + vedações para alvenaria convencional. Nesta etapa, o sistema de parede de concreto *in loco* custa aproximadamente 30% mais caro que a alvenaria convencional. Este número se dá, principalmente, pela aquisição de um jogo de fôrmas metálicas com custo elevado. Esse custo poderia ser dissolvido com o aumento da quantidade de torres nos empreendimentos. A análise em questão está considerando a construção de apenas uma torre, então, de acordo com este critério, o sistema de alvenaria se mostrou mais vantajoso.

5.5.3.2 Revestimento de parede

Com relação ao revestimento de parede, o sistema de parede de concreto se mostra muito mais econômico, com uma folga de orçamento de cerca de 65% com relação ao sistema de alvenaria comum. Este número se dá pela diminuição dos serviços e retrabalhos nesta etapa graças a uniformização da textura das paredes deixada pela fôrma durante a concretagem. A etapa de gesso em pasta é mais econômica em material e mão de obra, além de ter um período de duração muito menor com relação ao chapisco, emboço e ponto de massa.

De forma geral, temos que o método construtivo de parede de concreto possui um custo de execução de R$ 5.650.577,79. Já o sistema de alvenaria convencional com bloco cerâmico, um orçamento estimado em R$ 4.806.091,06. A partir destes dados, observamos que edifícios de alvenaria convencional possui um custo cerca de 15% menor com relação à parede de concreto.

Além da análise do orçamento, também deve ser ponderado os custos indiretos da obra. Os custos de uma obra são divididos em custos diretos e indiretos. Os custos diretos, como o próprio nome sugere, são referentes aos serviços diretos relacionados à edificação. Por exemplo, o serviço de pintura possui custos diretos com mão de obra: contratação dos pintores; e com material: aquisição de lixa, massa corrida e tinta acrílica. Já os custos indiretos são referentes aos gastos administrativos, como o pagamento da folha de pagamento de todos os colaboradores que trabalham para a obra de forma geral, como o engenheiro, auxiliares de engenharia, mestre de obra e encarregado. Além disso, esses custos indiretos também contemplam o consumo mensal e as despesas fixas, como vale alimentação, gasolina, energia elétrica, água, etc.

Apesar do foco desse estudo não ser o cronograma, deve-se observar que uma redução na permanência dos serviços e mão de obra que são pagos mensalmente pode ter um grande impacto no resultado final incorrido.

Dito isso, temos que, do ponto de vista apenas financeiro, o sistema de alvenaria convencional é superior ao de parede de concreto. Com relação a duração dos serviços de estrutura, o sistema de parede de concreto é cerca de 3,3 vezes mais rápido, como calculado no item 5.4 Comparativo de produtividade.

5.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do desempenho térmico dos métodos construtivos comparados neste trabalho, pode-se afirmar o sistema que possui o melhor conforto térmico é o de alvenaria de bloco cerâmico, apesar da diferença entre as temperaturas medidas serem pequenas. Segundo Roriz (2013), “a capacidade térmica é mais alta em corpos cujas massa e densidade sejam mais altas. Em climas com maiores amplitudes térmicas (diferenças entre as temperaturas máximas e mínimas), sistemas construtivos mais espessos e mais densos acumulam calor nas horas mais quentes do dia e o liberam durante a madrugada, quando o ar é normalmente mais frio, contribuindo assim para reduzir as oscilações das temperaturas internas e proporcionar mais conforto aos usuários”.

Isto quer dizer que materiais com maiores densidades apresentarão, em tese, maior capacidade térmica. Essa densidade dos materiais poderá ser influenciada pelas características dos materiais e por técnicas construtivas, como por exemplo, o mau adensamento do concreto nas fôrmas, ou a falta de aditivos e controle de dosagem, poderá deixar vazios que diminuirão sua densidade. Neste estudo não obtivemos grandes variações de temperatura, ambos os sistemas apresentaram valores similares para o conforto térmico, atendendo à norma.

Quanto aos resultados do desempenho acústico obtidos, avalia-se que as diferenças entre os métodos construtivos é mínima. O método de parede de concreto obteve melhor resultado para vedações verticais internas e pior para ruído aéreo e ruído de impacto. É importante salientar que não foi levantando nesta pesquisa o controle de qualidade na execução dos sistemas e qualidade dos materiais usados, que podem comprometer o desempenho como um todo.

Ao analisar o desempenho lumínico, temos que o edifício em parede de concreto possui o pior resultado durante o período de 23 de abril e os melhores resultados em 23 de outubro. De forma geral e como mencionado durante este trabalho, esses valores são influenciados, majoritariamente pelo tipo de revestimento utilizado e pelo posicionamento das torres.

Com isso, temos que ambos os sistemas estão em conformidade com a NBR 15.575/2013 para todos os cenários apresentados neste trabalho.

6 CONCLUSÃO

Decorrente do surgimento e difusão do Programa “Minha Casa, Minha Vida”, a indústria da construção civil brasileira buscou embasamento acerca do sistema parede de concreto, enfrentando grandes desafios para alavancar a qualidade deste sistema ao longo da vida útil das construções.

Nesta perspectiva o presente trabalho desenvolveu um estudo de caso em um empreendimento construído em parede de concreto e alvenaria convencional, a fim de comparar suas características de desempenho de acordo com a NBR 15.575, identificando qual dos métodos possuía melhor conforto para o usuário após sua construção.

Como resultado do estudo, foi observado que, através dos ensaios de desempenho, ambos os métodos construtivos estão em conformidade com a NBR 15.575 e atendem aos critérios mínimos estabelecidos pela norma, não sendo necessários fazer modificações na estrutura ou no revestimento.

Na análise de produtividade, pode-se concluir que a parede de concreto se apresenta como sendo um método em média 330% mais produtivo quando comparado a alvenaria convencional com blocos cerâmicos. Entretanto ao analisar os custos de produção por m² de ambos os tipos de edificações, constatou-se que o método de parede de concreto tem custo 15% maior em relação ao custo da alvenaria convencional, valor esse que apenas engloba a fase de estrutura, vedação e revestimento de parede, sem considerar a permanência da mão de obra indireta e os consumos do canteiro durante o andamento da obra.

É possível afirmar, que em trabalhos futuros, se torna imprescindível a busca por projetos e orçamentos de alvenaria com maiores níveis de detalhes, de modo a tornar os estudos e comparativos, principalmente de orçamento, ainda mais fiel.

Por fim, percebe-se que a escolha entre os dois métodos construtivos citados neste estudo depende do estudo das necessidades da obra em questão levando em conta o projeto arquitetônico e a localização (com relação aos ensaios de desempenho), o orçamento e o cronograma.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270/2017: Componentes Cerâmicos – Blocos e Tijolos para Alvenaria. Partes 1: Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575/2008: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15961-2/2011: Alvenaria estrutural — Blocos de concreto - Parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

AZEREDO, H. A. O Edifício até sua cobertura. 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1997.

BARROS, Carolina. Alvenarias. Apostila de técnicas construtivas (Instituto Federal Sul-Riograndense). 2009. Disponível em: <https://edificaacoes.files.wordpress.com/2009/12/5-mat-alvenaria.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2021.

CAMBRAIA, Matheus. Processo construtivo de paredes de concreto moldadas in loco em fôrmas de alumínio. 2017. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: < https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/30919/1/TCC%20-%20Matheus%20N.%20Cambraia%2010-10-17.pdf> Acesso em 07 mar. 2022.

CAMPOS, P. F. de; LARA, A. H. Sistemas construtivos alternativos para habitações populares. 2012. Projeto de pesquisa para a análise de sistemas construtivos industrializados existentes no Brasil utilizados para a construção de habitações populares. Disponível em: <https://www.usp.br/nutau/nutau_2012/1dia/Artigo_Patricia%20Campos.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2021.

CANTO, C. P. Vitor. Diagnóstico de manifestações patológicas no sistema parede de concreto através de análise de solicitações de assistência técnica. 2019. Trabalho de conclusão de curso – Universidade de Pernambuco. Disponível em < https://drive.google.com/file/d/1GSE8aUTC5FLGHRMKJgGtAAD0ZYeSqm6G/view> Acesso em: 07 mar. 2022.

CAVALHEIRO, Odilon P. Alvenaria tão antiga e tão atual. Disponível em: <https://anicerpro.com.br/wp-content/uploads/2018/04/Alvenaria-Estrutural_T%C3%A3o-antiga-e-t%C3%A3o-atual_cavalheiro1.pdf/>. Acesso em: 23 dez. 2021.

CEMENT. Removable Forms (cast-in-place). Disponível em: <https://www.cement.org/cement-concrete/paving/buildings-structures/concrete-homes/building-systems-for-every-need/removable-forms-(cast-in-place)/>. Acesso em: 24 dez. 2021.

INMET. 2022. Temperatura média anual. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em <https://www.gov.br/agricultura/pt-

br/assuntos/inmet?r=clima/page&page=anomaliaTempMediaAnual>. Acesso em: 07 mar. 2022.

JUNIOR, S. A. Érbes. O impacto do programa minha casa minha vida no setor da construção civil. 2019. TCC (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

KRIWACZEK, Paul. Babilônia: a Mesopotâmia e o nascimento da civilização. Rio de Janeiro: Zahar, 2018. p.36.

MARTINS, J. G. Alvenarias: condições técnicas de execução. Series materiais, Porto: 2009. Universidade Fernando Pessoa. 2009.

MAYOR, Arcindo Vaquero y. O concreto e o sistema parede de concreto. Disponível em: <https://nucleoparededeconcreto.com.br/o-concreto-e-o-sistema-paredes-de-concreto/>. Acesso em: 07 mar. 2022.

MISURELLI, H.; MASSUDA, C. Paredes de concreto. Revista Téchne. 2009. Disponível em: < http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/146/artigo141977-1.asp/>. Acesso em: 07 mar. 2022.

NAKAMURA, Juliana. Escolha de fôrmas para paredes de concreto deve considerar critérios técnicos e econômicos. 2014. Revista téchne. Disponível em: < http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/202/artigo304347-2.aspx/>. Acesso em: 07 mar. 2022.

PAIXÃO, Dinara X. da. Caracterização do isolamento acústico de uma parede de alvenaria, utilizando análise estatística de energia (SEA). 2002. 161p. Tese (Doutorado em Engenharia civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2002.

PENTEADO, P. T.; MARINHO, R. C. Análise comparativa de custo e produtividade dos sistemas construtivos: alvenaria de solo-cimento, alvenaria com blocos cerâmicos e alvenaria estrutural com blocos de concreto na construção de uma residência popular. 2011. TCC (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011. p. 64.

PIANCA, João Batista. Manual do construtor. V.2. Porto Alegre: Globo, 1978.

RORIZ, Maurício. Desempenho térmico e as paredes de concreto. Disponível em: <http://nucleoparededeconcreto.com.br/destaqueinterno/desempenho-termico-e-as-paredes-de-concreto/>. Acesso em: 07 mar. 2022.

SILVA, Fernando Benigno da. Paredes de concreto armado moldadas no local com fôrmas plásticas. 2019. Revista Téchne. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/150/artigo287685-1.aspx/>. Acesso em: 07 mar. 2022.

SILVA, M. M. de A. Diretrizes para o projeto de alvenarias de vedação. 2003. 167 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2003. Disponível em:

<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-01032004-150128/pt-br.php>. Acesso em 23 dez. 2021.

SOUSA, Hipólito. Construções em alvenaria: apontamentos. Porto: Universidade do Porto, 2003. p. 212.

TCPO: de composições de preços para orçamentos. São Paulo: Editora Pini, 2010. p.630.