



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

MARIA AMÉLIA SALVADOR ALVES MARTINS
PÂMELLA VITTÓRIA DE MELO BRAGA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS DE VEDAÇÃO COM ALVENARIA
DE BLOCO CERÂMICO E PAINÉIS *LIGHTWALL***

Recife
2020

MARIA AMÉLIA SALVADOR ALVES MARTINS
PÂMELLA VITTÓRIA DE MELO BRAGA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS DE VEDAÇÃO COM
ALVENARIA DE BLOCO CERÂMICO E PAINÉIS *LIGHTWALL***

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 em
Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Rachel Perez Palha.

Recife

2020

M386a	<p>Martins, Maria Amélia Salvador Alves.</p> <p>Análise comparativa entre sistemas de vedação com alvenaria de bloco cerâmico e painéis <i>lightwall</i> / Maria Amélia Salvador Alves Martins; Pâmella Vitória de Melo Braga. - 2020.</p> <p>76 folhas, il., gráfs., tabs.</p> <p>Orientadora: Profa. Dra. Rachel Perez Palha.</p> <p>TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 2020.</p> <p>Inclui Referências e Anexos.</p> <p>1. Engenharia civil. 2. Alvenaria de vedação. 3. <i>Lightwall</i>. 4. Bloco cerâmico. 5. Método construtivo. I. Braga, Pâmella Vitória de Melo. II. Palha, Rachel Perez (Orientadora). III. Título.</p> <p>UFPE</p> <p>624 CDD (22. ed.)</p> <p>BCTG/2020-255</p>
-------	--

MARIA AMÉLIA SALVADOR ALVES MARTINS
PÂMELLA VITTÓRIA DE MELO BRAGA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS DE VEDAÇÃO COM
ALVENARIA DE BLOCO CERÂMICO E PAINÉIS *LIGHTWALL***

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 em
Engenharia Civil.

Aprovado em: 19/02/2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Rachel Perez Palha (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Diogo Ferreira de Lima Silva (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Julio Cezar Soares Silva (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Esse trabalho é dedicado aos nossos familiares que permaneceram conosco durante a jornada, aos professores deste curso que fizeram a diferença na nossa formação, aos nossos amigos e a todos que contribuíram diretamente para chegarmos.

AGRADECIMENTOS

Ao chegarmos no fim dessa grande jornada que foi o bacharelado em engenharia civil, gostaríamos primeiramente de agradecer a Deus, por ter nos dado forças e perseverança para concluirmos esse trabalho, que simboliza o fim da nossa graduação.

Agradecemos também a todos os nossos familiares, em especial nossos pais, Marilene Melo, William Braga, Cosma Salvador e Melquizedek Martins, por todo o apoio e dedicação para que hoje pudéssemos estar tão perto da realização desse sonho.

Não poderíamos deixar de citar, também, nossos companheiros de turma e profissão, que acabaram por tornar mais leve a nossa jornada.

Também reconhecemos e agradecemos a nossa orientadora Dra. Rachel P Palha, primeiramente por ter escolhido a engenharia civil, servindo de exemplo para as suas alunas num mercado ainda majoritariamente masculino. Agradecemos também, toda dedicação, compromisso, disponibilidade e empatia. Que com certeza tornaram nossa jornada mais fácil.

Aos membros da banca, por participarem desta defesa, contribuindo com a nossa formação acadêmica.

Enfim, agradecemos a todas as pessoas que fizeram parte dessa etapa decisiva das nossas vidas.

RESUMO

Na construção civil encontram-se diversos tipos de vedação vertical, sendo mais comum o emprego da alvenaria de bloco cerâmico, especialmente em empreendimentos habitacionais. Junto a isso, a evolução dos materiais e a necessidade de obras cada vez mais rápidas, permitiu o desenvolvimento de novas técnicas e métodos. Nessa perspectiva, é importante perceber o *lightwall* como um novo método de vedação, que tem como principal característica a racionalização e a leveza. Dito isso, é válido comparar a eficácia e eficiência dos métodos de vedação em bloco cerâmico e painéis *lightwall*. Neste trabalho foi feito um estudo comparativo entre os dois métodos construtivos em termos de desenvoltura, com base na norma de desempenho para edificações habitacionais, a NBR 15.575/2013, como também, baseando-se em dados de custo e produtividade. A partir disso, observou-se que ambos os métodos atendem aos critérios de desempenho, com exceção dos ensaios de carga suspensa para o painel *Lightwall*, o qual se faz necessário o uso de uma bucha e adesivo para que o sistema atenda aos requisitos mínimos. Entretanto, em média, o sistema *lightwall* possui produtividade cerca de 50% maior em relação ao bloco cerâmico, em contrapartida, necessita de um investimento muito maior, em relação a alvenaria convencional.

Palavras-chave: Alvenaria de vedação. *Lightwall*. Bloco cerâmico. Método construtivo.

ABSTRACT

In civil construction are found several types of masonry, the most common being the use of ceramic block masonry, especially in housing developments. The Evolution of materials and the need for faster constructions, allowed the development of new techniques and methods. In this perspective, it is important to notice the lightwall as a new kind of masonry, which has rationalization and lightness as its main characteristic. That said, it is valid to compare the effectiveness and efficiency of ceramic blocks masonry and lightwall panels. I this study was made a comparative analysis based on the performance standard for residential buildings, NBR 15.575/2013, and also based on costs and productivity data. From that, it was observed that both methods meet the performance criteria. However, on average, lightwall system has about 50% higher productivity compared to the ceramic block, on the other hand, it requires a much higher investment, compared to the conventional masonry.

Keywords: Masonry. Lightwall. Ceramic block. Constructive method.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação dos Tijolos.....	16
Figura 2 - Amarração das Fiadas.	17
Figura 3 - Blocos Cerâmicos.....	18
Figura 4 - Bloco de Concreto	18
Figura 5 - Encaixe macho-fêmea lightwall.	20
Figura 6 - Montagem casa modelo.....	21
Figura 7 - Execução de Alvenaria.....	22
Figura 8 - Amarração no próprio bloco.....	22
Figura 9 - Tratamento de juntas.	24
Figura 10 - Representação do ensaio de corpo mole.....	26
Figura 11 - Esquema de mão francesa para ensaio de peça suspensa.	31
Figura 12 - Ensaio de peça suspensa.....	33
Figura 13 - Ensaio de Fechamento brusco de porta.	34
Figura 14 - Tempo de Reveberação	35
Figura 15 - Índice de Redução Sonora.....	36
Figura 16 - Posicionamento dos termopares na superfície do corpo de prova.....	37
Figura 17 - Representação de chapisco, emboço e reboco.....	38
Figura 18 - Gráfico comparativo.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Grandezas do Painei Lightwall.	20
Tabela 2 - Critério de desempenho	27
Tabela 3 - Impacto para corpo mole lightwall.	28
Tabela 4 - Corpo Percissor.	29
Tabela 5 - Nível de desempenho ao impacto de corpo duro para vedação.	29
Tabela 6 - Nível de desempenho para impacto de corpo duro lightwall.	30
Tabela 7 - Critérios de desempenho para ensaio de peça suspensa.	31
Tabela 8 - Índices sonoros.	34
Tabela 9 - Assentamento da alvenaria	39
Tabela 10 - Aplicação do Reboco.	39
Tabela 11 - Melhoria na produtividade alvenaria convencional vs lightwall.	40
Tabela 12 - Composição de preço painei lightwall.	41
Tabela 13 - Composição de preço alvenaria tijolo cerâmico e=9cm.	42
Tabela 14 - Composição de preço alvenaria tijolo cerâmico e=14cm.	43
Tabela 15 - Comparativo de custo em relação ao lightwall.	43

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Justificativa e motivação.....	13
1.2	Objetivos gerais e específicos	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1	Histórico dos sistemas de vedação	14
2.2	Tipos de sistemas de vedação	15
2.2.1	Tijolo cerâmico	15
2.2.2	Bloco vazado de concreto simples	18
2.2.3	Painéis lightwall.....	19
2.3	Procedimento executivo da alvenaria de tijolos cerâmicos	21
2.4	Procedimento executivo dos painéis lightwall	23
2.4.1	Condições para início da execução das vedações	23
2.4.2	Execução da vedação em lightwall	23
2.4.3	Tratamento de juntas	24
3	METODOLOGIA.....	25
4	COMPARATIVO ENTRE SISTEMA DE ALVENARIA CONVENCIONAL E PAINEIS LIGHTWALL.....	26
4.1	Comparativo Ensaio de Corpo Mole	26
4.2	Comparativo Ensaio de Corpo Duro.....	29
4.3	Comparativo Do Desempenho das Cargas Suspensas	30
4.4	Comparativo Ensaio de Fechamento Brusco na Porta.....	33
4.5	Comparativo do Ensaio de Medição de Isolação Sonora em Laboratório	34
4.6	Comparativo do ensaio de ensaios de desempenho a ação de calor e choque térmico, associado a ensaios de estanqueidade.....	36
4.7	Comparativo de Produtividade.....	38
4.8	Comparativos de Custo	41
4.8.1	Composições de custo da execução de alvenaria com painel Lightwall.....	41
4.8.2	Composições de custo da execução de alvenaria com blocos cerâmicos de 9x19x29 cm.....	42
4.8.3	Composições de custo da execução de alvenaria com blocos cerâmicos de 14x19x29 cm.....	42
4.8.4	Comparativo de custos finais	43

4.9	Considerações Finais.....	44
5	CONCLUSÕES.....	46
	REFERÊNCIAS.....	47
	ANEXO A - RELATÓRIOS DOS ENSAIOS: IMPACTO DE CORPO MOLE; IMPACTO DE CORPO DURO; RESISTÊNCIA A CARGAS SUSPENSAS E FECHAMENTO BRUSCO DE PORTA.....	49
	ANEXO B - RELATÓRIO DO ENSAIO DE ISOLAÇÃO SONORA	64
	ANEXO C - RELATÓRIO DO ENSAIO DE DESEMPENHO TÉRMICO	68

1 INTRODUÇÃO

Nas edificações é indispensável, o uso de divisões feitas através de vedações, denominadas alvenaria. Segundo Azeredo (1997, p.125), a 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 et. al. Marinho (211, p.22).

No entanto a falta de uniformidade, tanto no que se diz respeito a qualidade das vedações, quanto a produtividade delas, vem introduzindo cada vez mais, novos materiais análogos, com um nível de industrialização maior no panorama da construção.

Como cenário da construção civil encontra-se em constante mudança, onde cada vez mais a competitividade acentua-se em todos os seguimentos, gerando avanço tecnológico e a necessidade de novas estruturas. Logo, o desenvolvimento das técnicas construtivas se faz cada vez mais importante e imprescindível, visando atingir o melhor custo-benefício possível, com uma execução cada vez mais veloz, como já citado. Esses sistemas visam melhorar a produtividade, diminuir o desperdício e a quantidade de horas trabalhadas na execução das obras. Para tornar uma edificação mais competitiva a utilização de estratégias de racionalização dos insumos e mão de obra é indispensável (Vaz, 2014).

Diante desta necessidade, esta monografia apresenta a comparação entre a utilização do *lightwall*, uma tecnologia que se insere na construção civil como um sistema de pré-fabricado de painéis tipo *sandwich* composto nas faces externas por placas cimentícias e o núcleo em concreto leve, painéis esses, que são agrupados através de um encaixe tipo macho-fêmea presente em cada uma das suas extremidades. Esse sistema visa substituir os sistemas de vedação em paredes internas e externas existentes no mercado e, principalmente, os sistemas convencionais e mais artesanais de alvenaria, que são as constituídas por blocos cerâmicos.

Com este panorama, o trabalho abordará comparativos técnicos, econômicos, produtivos e a viabilidade de cada um dos sistemas de vedação, observando parâmetros normativos da norma de desempenho NBR 15.575/2013, criada em 2008 e revisada em 2013. Dessa forma, visando fornecer uma análise comparativa que auxilie no entendimento da viabilidade de cada uma das metodologias.

1.1 Justificativa e motivação

O mercado da construção civil brasileiro vem em uma crescente busca por melhoria de processos e obras cada vez mais enxutas, com isso, a necessidade de tecnologias que venham reduzir custos, aumentar produtividade e cumprir prazos cada vez menores está em constante ascensão.

De acordo com Azevedo (1997, p125), a vedação em alvenaria com tijolo cerâmico é o método construtivo mais utilizado atualmente para fechamento e divisão de ambientes. Há alguns anos, uma nova metodologia de vedação vem se popularizando no mercado brasileiro, o painel *lightwall*, que comparado a alvenaria de blocos cerâmicos, busca entregar obras mais limpas, rápidas e com redução de desperdício.

Tendo em vista a grande importância das vedações nas nossas obras, escolhemos fazer uma análise comparativa entre duas metodologias a alvenaria em blocos cerâmicos e o painel *lightwall* buscando expandir o conhecimento ao público, já que o painel *lightwall* apresenta vantagens em relação ao tempo de obra e desperdício quando comparado ao bloco cerâmico.

1.2 Objetivos gerais e específicos

O objetivo desta pesquisa é avaliar e comparar os métodos de vedação tradicional utilizando blocos cerâmicos com vedação utilizando painéis *lightwall*, ambos utilizados vedação externa e interna em edificações. Como objetivos específicos pode-se listar:

- a) Investigar a diferença de desempenho técnico dos dois métodos;
- b) Analisar a diferença de produtividade dos métodos;
- c) Verificar a diferença de custo dos métodos e a viabilidade para os muitos tipos de empreendimentos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Vedação é todo elemento destinado ao fechamento externo ou interno de uma construção, constituindo assim uma das partes mais essenciais de uma edificação. Dessa forma, é válido pontuar os diferentes tipos de vedação e a evolução desse sistema ao decorrer da história e avanços tecnológicos.

2.1 Histórico dos sistemas de vedação

A arquitetura e construções acompanham a história do homem desde a antiguidade seja construindo templos, fortalezas, pirâmides ou cidades. Dessa forma, segundo Souza (2002, p.5) observou-se que a origem da utilização de sistemas de vedação vem desde a sedentarização do homem, da necessidade de abrigar-se e de defender-se dos perigos externos, principalmente com a evolução bélica. Na antiguidade, civilizações na Mesopotâmia, Egito, Palestina Grécia e Império Romano deixam vestígios de construções feitas em pedras naturais regulares ligadas por meio de argila, terra argilosa reforçada com madeira e fibras moldando paredes e eventualmente tijolos. É possível afirmar que a pedra é o material mais recorrente nas construções das civilizações pré-históricas e da antiguidade.

Segundo Galvão (2008, p.2) o primeiro material pré-manufaturado passível de estocagem usado na construção foi o adobe, precursor do tijolo, que consiste no uso de pelotas de argila misturada, muitas vezes, com areia e fibra vegetal. Moldados a mão, os adobes tinham formato e tamanho predeterminado que permitisse a justaposição na construção de edificações. Posteriormente há registros do emprego de tijolo cozido nas fortificações da Mesopotâmia, Ásia-Menor, Síria e Pérsia por volta de 3000 a.c. representando uma grande evolução na forma de construir devido a resistência do material.

Na antiguidade clássica a construção apresentou grandes avanços com os povos gregos e romanos utilizando tecnologias cujo emprego se estendeu até a Europa Ocidental, de acordo com Souza (2002, p.9). Nessa época era adotado um alto grau estético ao construir grandes monumentos em pedra de mármore perfeitamente talhados. Além disso usava-se, também, o tijolo cerâmico, onde organizaram-se centros produtores e distribuidores aproveitando-se as vantagens das hidrovias. A produção foi descrita pelos romanos em termos de tecnologia de conformação, aditivos e secagem, no processo industrial eram utilizados animais e água e o cozimento feito em fornos a lenha.

Conforme Souza (2002, p.14), na Idade Medieval o aparecimento de inovações construtivas se deu a partir do século X com o desenvolvimento do catolicismo e a chegada do estilo Romântico que predominou até o século XIII caracterizado pelas abóbodas de berço e em

seguida com o estilo Gótico caracterizado por uma estrutura mais livre com maior incidência de luminosidade. Na mesma época se desenvolveram bastante, também as construções militares, sobretudo fortes e muralhas. Porém os materiais utilizados ao longo dos séculos permaneceram praticamente os mesmos apesar do grande desenvolvimento das formas de construir.

A revolução industrial trouxe a inovação da máquina a vapor que impulsionou a produção de tijolos cerâmico com os equipamentos de moldagem e prensagem e então as extrusoras e equipamentos de corte onde era possível o desenvolvimento de modelos industriais de produção em massa, segundo Souza (2002, p.18). Com o século XX vieram os edifícios altos e a necessidade por alvenarias mais leves e menos espessas e foi deixado de lado as técnicas de dimensionamentos empíricos intuitivos para abrir espaço para métodos mais técnicos. Com o desenvolvimento do concreto armado tornou-se cada vez mais interessante a utilização de alvenarias com propósito de vedação e não estrutural.

2.2 Tipos de sistemas de vedação

Sabe-se que com a evolução tecnológica os sistemas de vedação ficaram cada vez mais duráveis, eficientes e diversos. Existem vários tipos de vedação sendo assim, é válido salientar a importância de escolher o tipo mais adequado a cada situação. Tal escolha pode ser influenciada por diversos fatores, como por exemplo, tipo da construção, finalidade, disponibilidade no mercado e disponibilidade de mão de obra qualificada. São Exemplos de sistema de vedação utilizados: alvenaria em tijolo cerâmico, alvenaria de blocos de concreto e alvenaria de painéis *lightwall*.

2.2.1 Tijolo cerâmico

Os tijolos de barro cozido, que podem ser maciços ou furados, são feitos a partir de uma mistura de argila, água e areia moldados em formas e postos para secar ao sol formando os adobes para então serem cozidos em fornos com a temperatura entre 900 e 1100°C. Esse processo atribui uma boa resistência ao material de forma que os tijolos cozidos mais próximos ao fogo adquirem maior resistência que os mais afastados. (Azeredo, 1997, p. 125)

O tijolo cerâmico maciço deve ser produzido de acordo com a norma 8041 – Tijolo maciço cerâmico para alvenaria da ABNT. Quanto a sua geometria, deve possuir forma de paralelepípedo-retângulo maciço e dimensões que facilitem o fácil manuseio utilizando apenas uma mão, conforme a Figura 1. A dimensão mais comum é 21x10x5cm, cada peça possui cerca de 2,5kg e deve possuir resistência entre 1,5 e 4,0 Mpa.

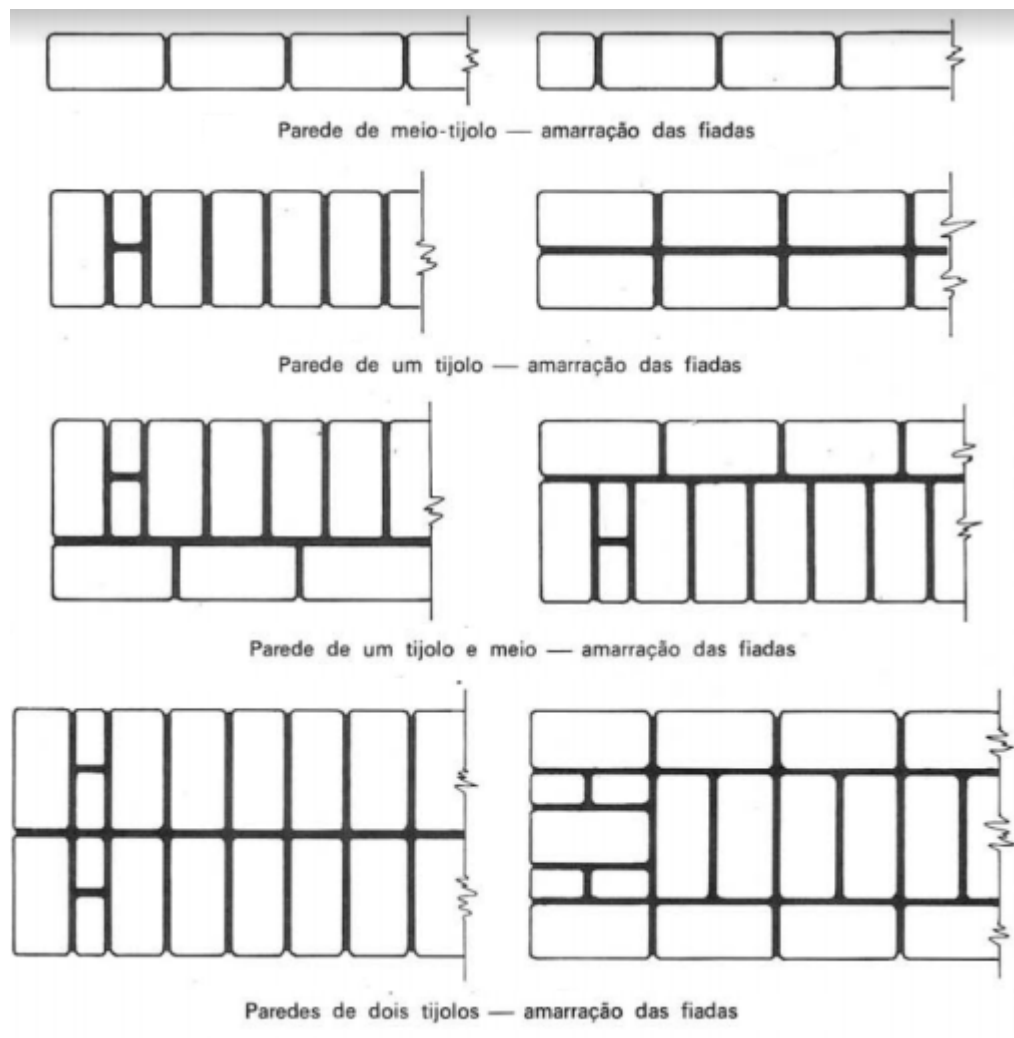
Figura 1 - Representação dos Tijolos



Fonte: blogpraconstruir (2020).

A alvenaria composta por tijolos cerâmicos maciços pode ser formada por paredes de meio tijolo, paredes de um tijolo ou ainda paredes de um tijolo e meio. Onde a amarração das fiadas é dada conforme a Figura 2.

Figura 2 – Amarração das Fiadas

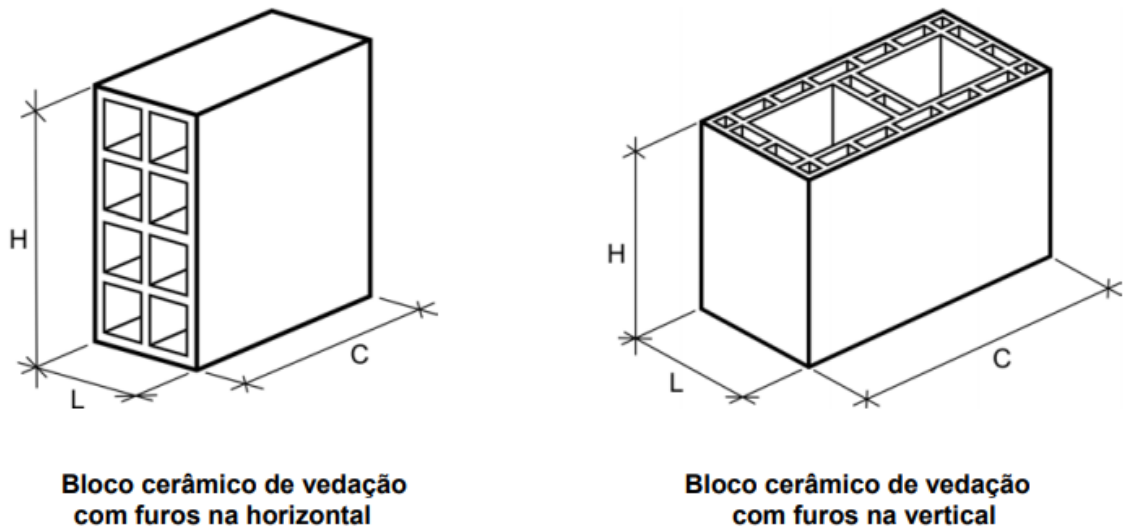


Fonte: Azeredo (1997).

No caso da produção do tijolo cerâmico furado a mistura de argila passa por extrusão que consiste no processo de conformação mecânica do bloco onde a extrusora dá forma ao objeto. Nessa etapa a mistura passa por uma boquilha de aço sob alta pressão e logo em seguida cortada por meio de um sistema mecanizado para então passar por secagem e o cozimento.

Esse tipo de tijolo deve ser produzido conforme a norma NBR 15270/2017 - Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação da ABNT. Sua geometria também é de paralelepípedo-retângulo com furos que podem ser na horizontal ou na vertical (Figura 3) e possui frisos na superfície das paredes externas e septos (elemento laminar dividindo os furos do bloco). As dimensões mais comuns comercialmente são os tijolos 9x19x19 cm e 12x19x19 cm.

Figura 3- Blocos Cerâmicos



Fonte: ABNT (2017).

2.2.2 Bloco vazado de concreto simples

O bloco vazado de concreto (Figura 4) é um componente para execução de alvenaria de vedação com função estrutural ou não estrutural fabricado a partir de cimento Portland, água e agregados, podendo conter ou não aditivos. A NBR 6136/2014 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria da ABNT estabelece os requisitos mínimos na fabricação e utilização, nela o bloco é definido como um componente de alvenaria que tem área líquida igual ou inferior a 75% da área bruta.

Figura 4 - Bloco de Concreto



Fonte: Azeredo (1997).

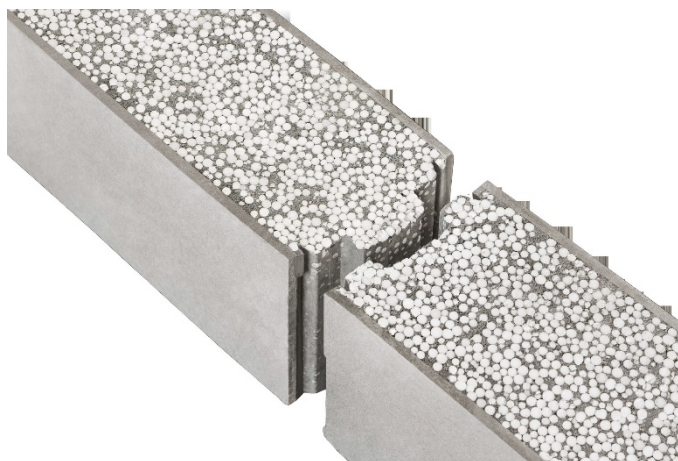
Os blocos vazados de concreto podem ser classificados pela NBR 6136/2014 de acordo com sua função e forma de utilização nas seguintes classes:

- a) Classe AE: Bloco para uso geral, como em paredes externas acima ou abaixo do nível do solo, podendo estar expostas a intempéries e que não recebem revestimento ou argamassa de cimento;
- b) Classe BE: Bloco para uso acima do nível do solo em paredes externas com revestimento de argamassa de cimento para proteção contra intempéries e paredes não expostas a intempéries.
- c) Exigências para as matérias-primas na fabricação dos blocos:
- d) Cimento: Deve-se utilizar cimento que obedeça às especificações brasileiras para cimento de acordo com as normas destinadas à preparação de concreto e argamassas;
- e) Água: Deve ser limpa e não pode conter produtos que prejudiquem a hidratação do cimento;
- f) Agregados: Podem ser graúdos ou miúdos devendo estar de acordo com a NBR 7211/2009 – Agregados para concreto da ABNT. Além disso é recomendado que a dimensão máxima do agregado não ultrapasse a metade da menor dimensão da parede do bloco.

2.2.3 Painéis lightwall

O painel *lightwall*, também chamado de painel de concreto leve é constituído por duas placas de Silicato de Cálcio, as placas cimentícias e núcleo de concreto leve, a base de EPS (pérolas de isopor), cimento de alta resistência inicial (CPV-ARI) e aditivos. Segundo Baade (2018, p.14) o painel possui encaixe tipo macho-fêmea, demonstrados na Figura 5, e tem a característica de ser autoportante, ou seja, para o caso de não haver grandes elevações, a alvenaria não precisa de estruturas de concreto ou metálicas auxiliando na sua estabilidade. Quanto as dimensões, o comprimento, largura, espessura e peso estão especificados na Tabela 1.

Figura 5– Encaixe macho-fêmea *lightwall*



Fonte: MF Artefatos (2017).

Tabela 1 - Grandezas do Painel *Lightwall*

COMPRIMENTO (mm)	LARGURA (mm)	ESPESSURA (mm)	PESO (Kg/m ²)
2500	610	75	42
à		90	49
3000		120	65

Fonte: MF Artefatos (2017).

As alvenarias não estruturais internas ou externas são contituídas de painéis de concreto leve unidos por encaixe e argamssas colantes cimentícias ao longo de todas as arestas, como demonstrado na Figura 6. Os painéis podem ser aplicados sob a laje de teto com ou sem piso e suas ligações com as paredes externas são feitas atraves de um sistema de ligação reforçado com tela e argamassa cimentícia, com a utilização de banda resiliente em fibra ou cortiça podendo haver um dispositivo que garanta integridade, se ligam as lajes de teto através de espuma de poliuretano expandido, chapas de EPS, argamassas e outro dispositivo que garanta integridade e aceitação da deformação total calculada para a laje.

Figura 6 - Montagem casa modelo



Fonte: MF Artefatos (2017).

2.3 Procedimento executivo da alvenaria de tijolos cerâmicos

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

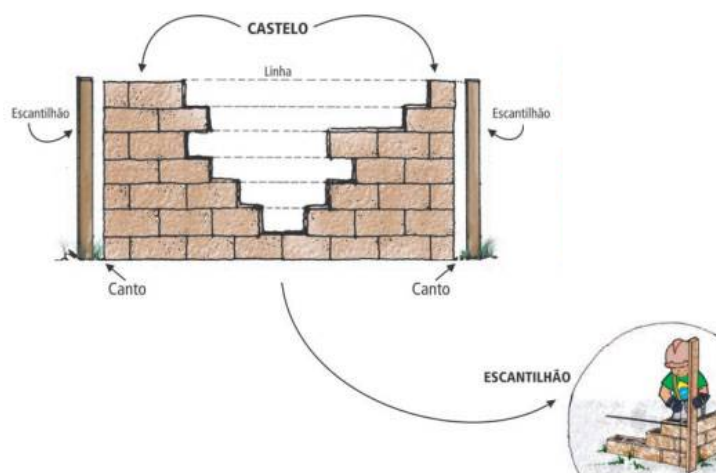
- a) O contrapiso esteja limpo e sem elementos prejudiciais a aderência da argamassa no local de execução da vedação;
- b) Os eixos estejam locados ou transferidos para o pavimento de trabalho, bem como definido o nível de referência através de nível de mangueira ou nível a laser;
- c) Os materiais estejam apostos;
- d) 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, como mostrado

na Figura 7. 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 como mostrado na Figura 8.

Figura 7 - Execução de Alvenaria



Fonte: Azeredo (1997).

Figura 8 - Amarração no próprio bloco



Fonte: Azeredo (1997).

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.

2.4 Procedimento executivo dos painéis

Existem procedimentos que precedem a execução da alvenaria de painéis *lightwall* que permitem o correto desempenho e instalação do sistema, assim como, uma metodologia a ser seguida quando se utiliza os painéis como forma de vedação para, dessa forma, garantir a integridade e funcionalidade da alvenaria.

2.4.1 Condições para início da execução das vedações

Para início da aplicação do *lightwall* se faz necessário que estejam executadas:

- a) Alvenaria de periferia, contra piso e chapisco de estrutura concluídos (modelo para edifícios);
- b) Contra piso limpo no local de execução da vedação;
- c) Os eixos principais devem estar definidos conforme projeto e locados ou transferidos para o pavimento de trabalho, assim como os vãos das esquadrias, grades de portas;
- d) Área de trabalho limpa e desimpedida.

2.4.2 Execução da vedação em *lightwall*

No processo de aplicação dos painéis *lightwall* deve-se iniciar a elevação com a colocação de um painel contra uma alvenaria ou pilar, já existente. Tendo sido depositado argamassa na parte inferior do painel *Lightwall*, que será colada ao contra piso, e na face vertical que será colado ao contra piso, posicionado com o encaixe fêmea para baixo, no encontro com a laje, e para o início no encontro com as vedações periféricas ou pilar. Aplicando uma quantidade de argamassa, suficiente e de forma contínua, nas juntas verticais e horizontais, deixando esborrar pelas juntas entre os painéis e entre os painéis *Lightwall*. Quando prensado remover o excesso de argamassa que esborra pelas juntas e utiliza-la para a colagem dos painéis *Lightwall* seguintes. A argamassa que flui entre as fendas deve ser retirada antes de seu endurecimento deixando a fenda com a superfície negativa 5mm em relação a superfície dos painéis *Lightwall*, para que posteriormente seja feito o tratamento da junta.

A cada dois painéis *Lightwall* assentados utilizar réguas de pedreiro para verificar o alinhamento. Os painéis posicionados devem ser ancorados com cunhas de madeira ou com espuma de poliuretano expansível a cada 0,60m.

2.4.3 Tratamento de juntas

Após a cura da argamassa AC-II utilizada nas juntas verticais, cerca de 48hrs após a aplicação, promover o preenchimento com argamassa polimérica deixando a mesma alinhada com a placa cimentícia, aguardando-se também a cura da argamassa polimérica, cerca de 12 hrs e aplica-se a tela de fibra de vidro com malha 3,3mm x 3,6mm e gramatura de 40 kg/m³ e 10 cm de largura, como na Figura 9, e sobre a tela com a utilização do desempeno ou espátula uma camada da argamassa polimérica, de modo que esteja plenamente coberta.

Para juntas horizontais, na parte superior da placa, se faz necessário, remover excesso da espuma de poliuretano e aplicar do gel polimérico de acunhamento, de modo que a estrutura possa trabalhar sem ocorrer a fissuração do revestimento da parede em questão. Caso se trate de uma parede interna, onde será aplicado um forro, não se faz necessário esse procedimento.

Figura 9 - Tratamento de juntas



Fonte: MF Artefatos (2017).

3 METODOLOGIA

Este trabalho trata de um estudo comparativo de desempenho, produtividade e custos entre dois métodos construtivos, elementos de vedação em *lightwall*, e a alvenaria de vedação em bloco cerâmico.

Para tal foram coletados, para o *lightwall* e bloco cerâmico, dados e resultados dos ensaios de desempenho citados na norma NBR 15.575/2013 sendo assim possível comparar o desempenho dos dois métodos construtivos. Os ensaios analisados foram ensaio de resistência a impacto de corpo mole, ensaio de resistência a impacto de corpo duro, ensaio de resistência a cargas suspensas, ensaio de fechamento brusco de porta, ensaio de isolamento sonora e ensaio de ação do calor e choque térmico. Para o ensaio de ação do calor e choque térmico da alvenaria de bloco cerâmico foi utilizada uma alvenaria de dimensões 1,85x1,85 m com blocos de dimensões 14x19x29 assentados com argamassa de aproximadamente 4 Mpa e ainda revestido com 2,5 cm de chapisco e reboco. Para o ensaio de fechamento brusco de porta foi utilizada uma alvenaria de dimensões 2,92x3,66 m com blocos cerâmico de dimensões 9x19x29 assentados da mesma forma e revestidos com 1,5 cm de chapisco e reboco. Para os demais ensaios a dimensão da alvenaria foi de 4,12x3,2 m composta por blocos cerâmicos de 9x19x29 cm ou 14x19x29 cm com revestimento de 1,5 cm. Para os ensaios feitos no sistema de vedação com painel *lightwall* foram utilizados painéis de 90 mm de espessura, uma vez que entre as espessuras 75mm, 90mm e 120mm está é a que se torna mais equivalente ao tijolo cerâmico. Com encunhamento pontual a cada 61 cm e fixados com argamassa do tipo ACIII.

Além disso, foi coletado também dados de produtividade através do estudo de caso de uma obra na cidade de Olinda-PE, fornecidos por BAADE (2018, p50) e custo da alvenaria em *lightwall*, disponibilizados pela empresa responsável pela metodologia. Os dados referentes ao custo e produtividade da alvenaria de bloco cerâmico foram retirados da Tabela para composições e preços para orçamentos (TCPO 2013) e partir destes dados foi feita a análise comparativa. Visando confrontar as metodologias apresentadas, foi feita um comparativo do desempenho dos dois sistemas, baseando-se pelos referenciais adotados pelas NBR 15.575/2013 utilizada em todos os comparativos, NBR 11675/2016 utilizada no comparativo do ensaio de corpo mole (tópico 4.1) e NBR 15930-2:2018 utilizado no ensaio de fechamento brusco de porta (tópico 4.4).

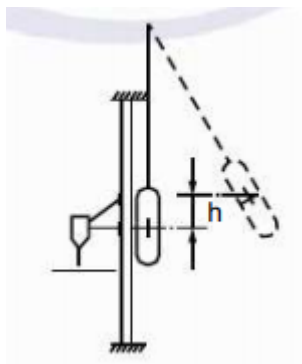
4 COMPARATIVO ENTRE SISTEMA DE ALVENARIA CONVENCIONAL E PAINÉIS LIGHTWALL

No confronto acerca do desempenho do sistema de alvenaria convencional e do sistema de painéis *lightwall* foram adotados parâmetros e ensaios abordados na norma brasileira que trata do desempenho das edificações habitacionais, a NBR 15.575/2013. Além disso, fez-se importante a comparação de dados de produtividade e custo, duas características muito importantes na escolha de um sistema construtivo.

4.1 Comparativo Ensaio de Corpo Mole

No ensaio de corpo mole é avaliada a resistência ao impacto resultante do movimento pendular de um saco de areia cilíndrico de couro com diâmetro e altura de, aproximadamente 350 mm e 900 mm, respectivamente. Contendo em seu interior areia seca e serragem, o peso total do corpo é de $(400 \pm 4)N$. Nessas condições, para realização do ensaio afasta-se o saco cilíndrico de couro do corpo de prova até que seu centro de massa atinja a altura h de 15 ou 30 cm.

Figura 10 - Representação do ensaio de corpo mole



Fonte: ABNT (2016).

Como resultado devem ser analisadas e registradas todas as falhas, fissuras, rupturas, perdas de estabilidade e medidas de deslocamento ou deformações. Os níveis de desempenho do sistema são dados de acordo com os critérios citados na Tabela 2 onde M corresponde ao nível de desempenho mínimo e I e S correspondem ao nível de desempenho intermediário e superior, respectivamente.

Tabela 2 - Critério de desempenho

Energia	Critério de desempenho	Nível de Desempenho
240 J	Não ocorrência de ruína	I; S
180 J	São permitidas falhas localizadas	I; S
120 J	Não ocorrência de falhas; Limitação do deslocamento: $d_h \leq h/125$; $d_{hr} \leq h/625$	I; S
60 J	Não ocorrência de falhas	I; S
120 J	Não ocorrência de ruína; São admitidas falhas localizadas	M
60 J	Não ocorrência de falhas; Limitação do deslocamento: $d_h \leq h/125^a$; $d_{hr} \leq h/625$	M

Fonte: ABNT (2013).

^a Para paredes leves ($G \leq m^3$), sem função estrutural, os valores do deslocamento instantâneo (d_h) podem atingir o dobro dos valores indicados nesta tabela.

O ensaio de impacto de corpo mole para alvenaria de bloco cerâmico observou-se que a parede feita com o bloco de espessura igual a 9 cm não apresentou nenhum dano visível quando submetida a impactos de até 360J, já a parede feita com o bloco de espessura iguala 14 cm não apresentou nenhum dano visível a impactos de até 720 J.

O ensaio de corpo mole para alvenaria de *lightwall* foi feito conforme descrito em relatório no anexo A, a vedação utilizada no ensaio possuía comprimento de 1,80 m e altura de 2,62 m. A vedação foi ensaiada com ambas as extremidades livres (tipo 1), também foi ensaiada com uma extremidade lateral fixa em pilar e outra livre (tipo 2) e ainda com ambas as extremidades fixadas em pilares (tipo 3). A massa do corpo mole foi de 40 kg e com altura compatível com os níveis de energia. Obteve-se que as três vedações ensaiadas apresentam desempenho intermediário a superior. De acordo com os critérios propostos em norma os resultados são mostrados na tabela 3.

Tabela 3 - Impacto para corpo mole *lightwall*

E	Critério de desempenho	Tipo 01	Tipo 02	Tipo 03
240 J	Não ocorrência de ruína	Foram observadas pequenas fissuras localizadas	Não foram observadas fissuras, destacamento ou qualquer outra falha.	Não foram observadas fissuras, destacamento ou qualquer outra falha.
180 J	São permitidas falhas localizadas	Não foram observadas fissuras, destacamento ou qualquer outra falha.	Não foram observadas fissuras, destacamento ou qualquer outra falha.	Não foram observadas fissuras, destacamento ou qualquer outra falha.
120 J	Não ocorrência de falhas; Limitação do deslocamento: $d_h \leq h/125$ (20,96 mm); $d_{hr} \leq h/625$ (4,19 mm)	Não foram observadas fissuras, destacamento ou qualquer outra falha. Foram obtidos os seguintes deslocamentos: $d_h = 4,07$ mm e $d_{hr} = 0,39$ mm	Não foram observadas fissuras, destacamento ou qualquer outra falha. Foram obtidos os seguintes deslocamentos: $d_h = 3,22$ mm e $d_{hr} = 0,20$ mm	Não foram observadas fissuras, destacamento ou qualquer outra falha. Foram obtidos os seguintes deslocamentos: $d_h = 0,427$ mm e $d_{hr} = 0,55$ mm
60	Não ocorrência de falhas; Limitação do deslocamento: $d_h \leq h/125$ (20,96 mm); $d_{hr} \leq h/625$ (4,19 mm)	Não foram observadas fissuras, destacamento ou qualquer outra falha. Foram obtidos os seguintes deslocamentos: $d_h = 2,38$ mm e $d_{hr} = 0,10$ mm	Não foram observadas fissuras, destacamento ou qualquer outra falha. Foram obtidos os seguintes deslocamentos: $d_h = 1,36$ mm	Não foram observadas fissuras, destacamento ou qualquer outra falha. Foram obtidos os seguintes deslocamentos: $d_h = 0,13$ mm e $d_{hr} = 0,005$ mm.

Fonte: MF Artefatos (2017).

4.2 Comparativo Ensaio de Corpo Duro

O ensaio de corpo duro é retratado na NBR15.575-4/2013 e mede a resistência a 10 impactos de um corpo pendular de massa (m) a uma altura (h) gerando a energia de impacto (E) especificados a seguinte Tabela 4:

Tabela 4 - Corpo Percissor

Corpo percissor de impacto	m (kg)	h (m)	E (J)
Corpo duro de grandes dimensões (esfera de aço) – 10 impactos para cada energia	1	1	10
Corpo duro de grandes dimensões (esfera de aço) – 10 impactos para cada energia	1	2	20
Corpo duro de pequenas dimensões (esfera de aço) – 10 impactos para cada energia	0,5	0,5	2,5
Corpo duro de pequenas dimensões (esfera de aço) – 10 impactos para cada energia	0,5	0,75	3,75

Fonte: ABNT (2013).

Como resultado devem ser analisadas e registradas todas as falhas, fissuras, rupturas, perdas de estabilidade e medidas de deslocamento ou deformações. Os níveis de desempenho do sistema são dados de acordo com os critérios citados na Tabela 5 onde M corresponde ao nível de desempenho mínimo e I e S correspondem ao nível de desempenho intermediário e superior, respectivamente.

Tabela 5 - Nível de desempenho ao impacto de corpo duro para vedação

Impacto	E (J)	Critério de desempenho	Nível de desempenho
---------	-------	------------------------	---------------------

Impacto externo (acesso externo do público)	3,75	Não ocorrência de falhas, inclusive no revestimento	M ; I
	20	Não ocorrência de ruptura e traspassamento	
		Não ocorrência de falhas	
	3,75	Profundidade da mocha $p \leq 2,0$ mm	
	20	Não ocorrência de ruptura e traspassamento	
Impacto interno (todos os pavimentos)	2,5	Não ocorrência de falhas	M
	10	Não ocorrência de ruptura e traspassamento	
	2,5	Não ocorrência de falhas	I
		Profundidade da mocha $p \leq 2,0$ mm	
	10	Não ocorrência de ruptura e traspassamento	

Fonte: ABNT (2013).

No ensaio de impacto de corpo duro para alvenaria de bloco cerâmico foi observado que para ambas as espessuras de parede, após 10 repetições com a energias de 20 J e 3,75 J, observou-se a ocorrência de mochas com profundidades inferiores que 2,0 mm.

O ensaio de resistência a impacto de corpo duro para alvenaria de *lightwall* foi feito conforme descrito em relatório no anexo A, utilizando objetos de massa 0,5 kg e 1,0 kg a alturas de 0,5 m e 1,0 m, respectivamente. O ensaio foi feito utilizando 10 elementos de *lightwall* com dimensões idênticas onde os resultados estão expressos na Tabela 6.

Tabela 6 - Nível de desempenho para impacto de corpo duro *lightwall*

Elemento	Profundidade da mocha (mm)	Avaliação	Profundidade da mocha	Avaliação
1	1,4	Não foram observadas fissuras, destacamentos ou outra falha. A profundidade da mocha foi < 2 mm	ND	Não ocorreu ruptura nem transpasse
2	0,77			
3	0,77			
4	0,95			
5	0,97			
6	1,4			
7	1,37			
8	0,86			
9	0,76			
10	0,7			

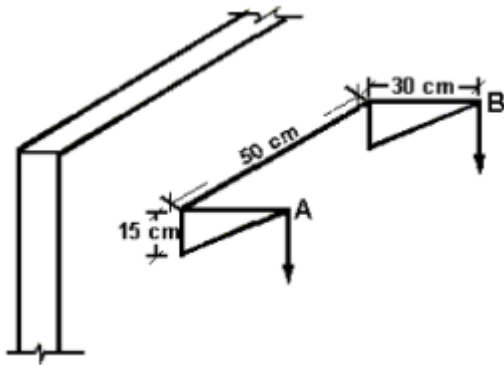
Fonte: MF Artefatos (2017).

4.3 Comparativo Do Desempenho das Cargas Suspensas

O ensaio de resistência a solicitação de peças suspensas é retratado na NBR15.575-4/2013 e tem como objetivo verificar se o sistema de vedação ensaiado suporta solicitações de objetos fixados, como armários, redes, prateleiras sem que apresente avarias.

Para o ensaio são utilizados pesos de 50 N cada pendurados numa mão francesa fixada com dimensões de comprimento 100 mm e largura de 25 mm. As cargas são aplicadas uma a uma com intervalo de 3 minutos entre elas, para peças suportadas por mão francesa padrão a carga deve ser 0,8 kN, 1,0 kN ou 1,2 kN durante um período de 24 horas.

Figura 11 - Esquema de mão francesa para ensaio de peça suspensa



Fonte: ABNT (2013).

Por fim, o sistema de vedação é analisado visualmente e deve ser registrado qualquer deslocamento, fissuras ou avarias consequentes do ensaio. Os critérios exigidos por norma estão expressos na Tabela 7.

Tabela 7 - Critérios de desempenho para ensaio de peça suspensa.

Carga de ensaio aplicada em cada ponto	Carga de ensaio aplicada em cada peça, considerando dois pontos	Critério de desempenho
0,4 kN	0,8 kN	Não ocorrência de falhas que comprometam o estado limite de serviço
		Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/500$ e $d_{hr} \leq h/2500$
Onde:		
H é a altura do elemento da parede;		
d_h é o deslocamento horizontal instantâneo;		
d_{hr} é o deslocamento horizontal residual.		

Fonte: ABNT (2013).

O ensaio de cargas suspensas para alvenaria de bloco cerâmico foi feito com a mão francesa foi fixada de forma padrão utilizando buchas plásticas da marca Fischer SX10

(Parafuso 6-8). No ensaio foi aplicado a carga máxima de 1,2 kN por um período de 24 horas e ambas as paredes se mantiveram constante sem alterações.

O ensaio de resistência a cargas suspensas foi descrito no relatório do anexo A. A vedação utilizada no ensaio foi feita utilizando painéis de uma espessura média 90 mm agrupados com argamassa industrializada. Posteriormente uma das superfícies foi pintada com textura elastomérica. Na alvenaria foi fixada uma mão francesa utilizando o conjunto bucha-parafuso e outra mão francesa foi fixada utilizando o mesmo sistema adicionado de um adesivo vinil éster híbrido antes de embutir a bucha na alvenaria. A carga aplicada foi de 0,8 kN com 16 discos de 50 N cada, sem golpes e respeitando o intervalo de três minutos entre cada carregamento até a carga máxima suportada pelo sistema.

Como resultado constatou-se a ruína do sistema com o peso de 400N de ensaio onde ocorreu o arrancamento do sistema de fixação sem adesivo, portanto a alvenaria não conseguiu atingir o desempenho mínimo (M), como mostrado na Figura 12 o sistema fixado sem adesivo veio a ruína enquanto o sistema fixado com adesivo manteve-se estável. Já o sistema fixado com adesivo além da bucha e parafuso manteve-se estável durante todo ensaio até a carga máxima, viabilizando assim a resistência dos painéis a esforços provenientes de cargas suspensas. Portanto, o Lightwall deve ser utilizado com adesivo e bucha química para atender os requisitos de desempenho.

Figura 12 - Ensaio de peça suspensa



Fonte: MF Artefatos (2017).

4.4 Comparativo Ensaio de Fechamento Brusco na Porta

O ensaio de resistência a ações transmitidas por portas é retratado na NBR 15930-2/2018 e permite analisar a resistência da interface parede-porta incluindo juntas quando ocorre o fechamento brusco da porta ou quando alguma carga colide com a porta fechada.

No ensaio o conjunto vedação e porta deve ser submetido a 10 fechamentos bruscos em um ângulo de 60° sob a ação de uma carga de 15 kg nesse momento não devem ocorrer rupturas, destacamentos, fissuras ou outras falhas. Além disso é analisada a resistência sob ação de um corpo mole aplicada no centro geométrico da folha porta com uma energia de 240 J, não devendo ocorrer arrancamento do marco, perda da estabilidade da parede ou rupturas, porém tolera-se fissurações e estilhaçamentos no contorno do marco.

O ensaio desempenho acústico em laboratório para alvenaria de bloco cerâmico foi feito com um porta de madeira classe 1 da marca Sincol, com dimensão de 2,10 x 0,8 metros instalada na alvenaria. Foram feitas 10 repetições de fechamento brusco da porta e não foram observadas falhas na interface de instalação da esquadria com o sistema de vedação.

O ensaio de resistência ao fechamento brusco de porta foi descrito no relatório do anexo A. A vedação utilizada no ensaio possuía comprimento de 1,80 m e altura de 2,62 m. Após a

aplicação de 10 impactos sob ação da massa de 15kg aplicada a folha da porta com ângulo de fechamento 60°, as paredes não apresentaram falhas, como rupturas, fissuras, destacamentos no encontro com o marco, cisalhamento nas regiões dos marcos ou destacamentos em juntas entre componentes das paredes.

Figura 13 - Ensaio de Fechamento brusco de porta



Fonte: MF Artefatos (2017).

4.5 Comparativo do Ensaio de Medição de Isolação Sonora em Laboratório

Para avaliar o desempenho relativo à isolamento sonora, requisitos e critérios apresentados pela NBR 15.575-4/2013 foram observados, comparando-os com os ensaios realizados na parede de alvenaria cerâmica e na parede de *lightwall*.

Os parâmetros de verificação adotados pela norma, são:

Tabela 8 - Índices sonoros

Símbolo	Descrição	Norma	Aplicação
R _w	Índice de Redução Sonora Ponderado	ISO 10140-2 ISO717	Componentes, em laboratório
D _{n,tw}	Diferença Padronizada de Nível Ponderada	ISO 140-4 ISSO 717-1	Vedações verticais e horizontais internas, em edificações
D _{2m,nt,w}	Diferença Padronizada de Nível Ponderada a 2 m de distância da fachada	ISSO 140-5 ISSO 717-1	Fachadas, em edificações Fachadas e coberturas em casas térreas e sobrados

Fonte: ABNT (2013).

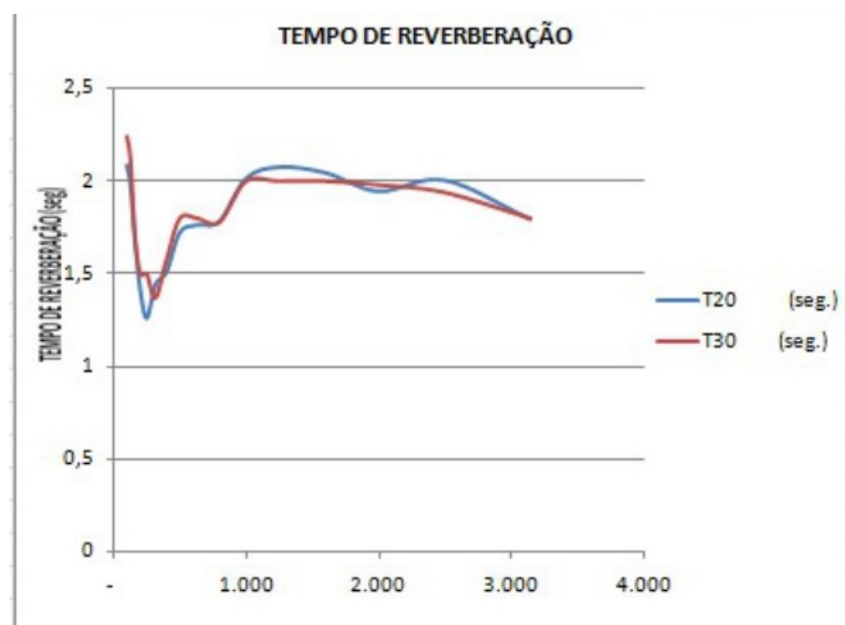
Obtendo cada um desses índices nos ensaios, precisamos verificar se eles atendem a um dos níveis de desempenho, e em quais eles se enquadram.

No ensaio desempenho acústico em laboratório para alvenaria de bloco cerâmico espessura total da parede ensaiada foi de 12 cm devido ao revestimento de 1,5 cm de ambos os lados. Obteve-se um índice de redução sonora ponderado (R_w) de 38 dB.

O ensaio de isolamento sonora foi descrito no relatório do anexo B. Nele, o elemento ensaiado era formado de painéis com dimensões de 2,50x0,61x0,09 m cada. Foi utilizado, também um conjunto de câmaras isoladas entre si contendo difusores interiores.

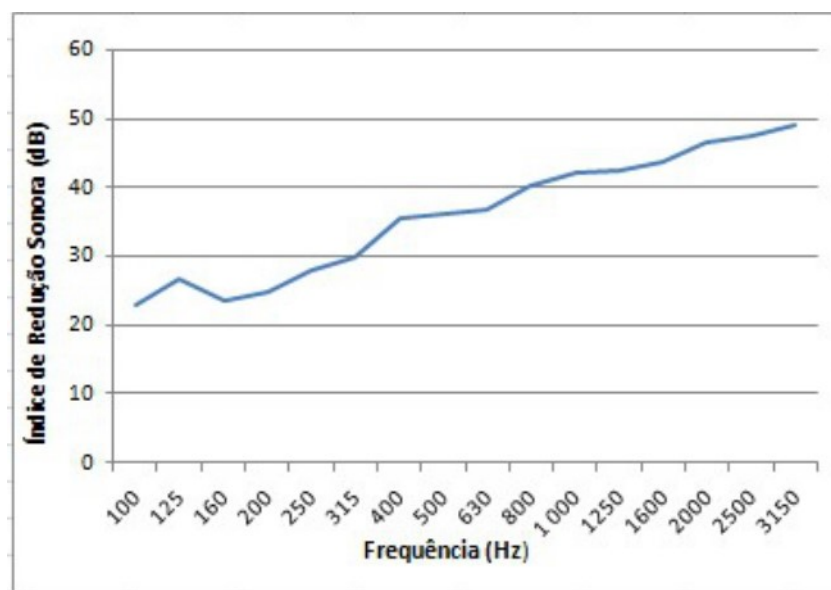
No procedimento a parede é construída no interior do pórtico externo a câmara, o qual é içado, posicionado na interface entre câmaras e isolado com tubulações de borracha e poliuretano. Nas câmaras de emissão e recepção há cinco microfones posicionados cada, além de cinco microfones posicionados para determinar o ruído de fundo e quatro para reverberação. Como resultado foram gerados os gráficos apresentados na Figura 14 e Figura 15, os quais descrevem o tempo de reverberação e índice de redução sonora, respectivamente. A partir destes obteve-se um índice de redução sonora igual a 39dB.

Figura 14 - Tempo de Reverberação



Fonte: MF Artefatos (2017).

Figura 15 - Índice de Redução Sonora



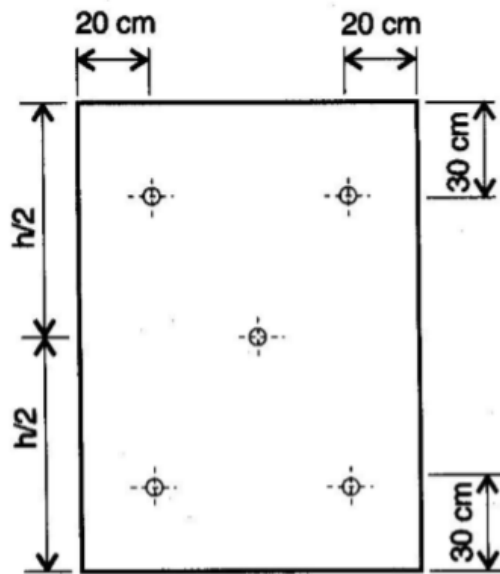
Fonte: MF Artefatos (2017).

4.6 Comparativo do ensaio de ensaios de desempenho a ação de calor e choque térmico, associado a ensaios de estanqueidade

O ensaio de verificação do desempenho à ação do calor e choque térmico verifica o comportamento de elementos de vedação quando expostos a ciclos de calor irradiado e resfriamento com água. O ensaio é realizado com um corpo de prova representativo da parede com todas as juntas e elementos existentes em condições reais.

São 10 ciclos que consistem na irradiação de calor por um painel colocado de frente a alvenaria durante 1 hora com uma distância em que a temperatura esteja entre 77 e 83 °C, onde a temperatura é medida através de termopares dispostos no posicionamento mostrado na Figura 16. E então, resfria-se a face exterior com jatos de água que atingem toda superfície até que a temperatura se reduza a $(20 \pm 3) ^\circ\text{C}$.

Figura 16 – Posicionamento dos termopares na superfície do corpo de prova



Fonte: ABNT (2013).

Para determinação dos resultados devem ser registradas quais quer irregularidades nas faces da alvenaria como fissuras, descolamentos e trincas, além de deslocamentos horizontais depois de 45 minutos com temperatura entre 77 e 83 °C imediatamente após um resfriamento. Por fim as paredes externas não podem apresentar deslocamentos horizontais maiores que $h/300$, onde h representa a altura do corpo de prova, como também, não deve apresentar danos que comprometam a integridade e utilização da vedação como vedação externa estanque.

Para o bloco cerâmico de 14x19x29 cm foi realizado ensaio que avalia a estanqueidade após choque térmico onde a alvenaria foi revestida, também, por 2 camadas de tinta em uma face com a primeira demão sendo selador acrílico pigmentado sem diluição e a segunda sendo tinta acrílica. A alvenaria obteve comportamento satisfatório mediante os ciclos do ensaio sem apresentar manchas de umidade ou falhas no sistema de vedação, classificando-se, assim, com desempenho superior. (ITT Perfomace, 2015)

O ensaio de resistência térmica foi descrito no relatório do anexo C. Utilizou-se de corpo de prova uma parede formada por 6 painéis *lightwall* de espessura 90 mm unidos por juntas verticais feitas de argamassa industrializada. Posteriormente a parede foi rejuntada com resina acrílica e uma das faces pintada com textura elastomérica e na outra face foi aplicada uma massa seladora e então pintada. Ao fim do 8º ciclo registrou-se uma fissura vertical contínua no encontro dos painéis a qual ampliou-se nos dois últimos ciclos seguintes e com espessura inferior a 1 mm. Quanto a estanqueidade registrou-se o aparecimento de manchas de infiltração após 7 horas de ensaio, para evitar o aparecimento desse tipo de manchas a empresa utiliza um

selante tipo PU, que evitando essas patologias. Com isso, segundo os requisitos de durabilidade e manutenibilidade sob o critério da ação do choque térmico os resultados representam nível mínimo M, pois a fissura não comprometeu a utilização do sistema e utilizando do PU ela não ocorre (ITEP, 2017).

4.7 Comparativo de Produtividade

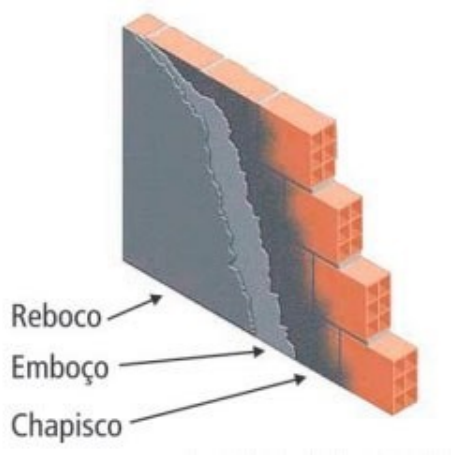
Afim de desenvolver um comparativo de produtividade, para analisar os dados do *lightwall*, foi utilizado um estudo de caso para uma edificação no município de Olinda, a qual teve o *lightwall* como sistema de vedação utilizado nas suas fachadas. Totalizando 625m² de parede, sendo executada num período de 22 (vinte e dois) dias, contando com uma equipe de 2 (dois) pedreiros e 2 (dois) ajudantes. Conforme BAADE (2018, p. 50).

Com o intuito de encontrar um valor de produtividade (Hh/m²), se valendo dos dados encontrados no estudo de caso, utilizando a equação (1) encontramos uma produtividade de 1,27 Hh/m².

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

Com objetivo de obter o mesmo dado, porém relativo as paredes de alvenaria cerâmica, precisamos analisar a Hh/m² (hora homem trabalhada por metro quadrado), considerando não apenas o assentamento, como no caso do painel, mas também o chapisco, emboço e reboco. Essa consideração se faz necessária, pois, o *lightwall* equivale a uma parede de bloco cerâmico, que já passou pelas etapas de chapisco, emboço e reboco.

Figura 17 - Representação de chapisco, emboço e reboco



Fonte: Blog de Liga. (2020).

A partir disso, foram utilizados os dados de produtividade, para assentamento de alvenaria, apresentados na Tabela 9, 0,66 Hh/m² para os pedreiros e 0,66 Hh/m² para os serventes para paredes com 9 cm de espessura, e 0,70 para ambos, considerando uma espessura de 14 cm, conforme PINI (2010, p.207).

Tabela 9 - 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	m ³	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).

Para obtenção dos dados de produtividade do chapisco da alvenaria, foram considerados os dados da Tabela 10, com os valores de 0,10 Hh/m² para os pedreiros e 0,10 Hh/m² para os serventes, conforme PINI (2010, p. 341).

Os dados de produtividade do emboço da alvenaria, por sua vez, foram considerados através dos dados da Tabela 10, onde foram encontrados os valores de 0,60 Hh/m² para os pedreiros e 0,60 Hh/m² para os serventes, conforme PINI (2010, p. 324).

Para obtenção dos dados de produtividade do o reboco da alvenaria, foram considerados os dados da Tabela 11, 0,80 Hh/m² para os pedreiros e 0,80 Hh/m² para os serventes, conforme PINI (2010, p. 328).

Tabela 10 - 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 destacar que, os valores acima trabalhados não consideram a produção dos insumos, caso estas produções, fossem consideradas teríamos um pequeno aumento de na quantidade de Hh/m² dos serventes, o qual optamos por não considerar tendo em vista a falta de precisão dessa diferença, com a utilização do *lightwall*.

Com intuito da obtenção do dado de Hh/m² da parede de tijolos cerâmicos, devemos somar cada uma das contribuições acima apresentadas. Fazendo uma simplificação nas taxas, utilizaremos a média do valor apresentado, para os serventes e pedreiros, em cada uma das etapas. Levando em consideração, que os valores se apresentam iguais para pedreiros e serventes, logo ele se permanecerá inalterado e utilizaremos a formula abaixo para encontrar o valor final.

$$\text{Produtividade} = \text{Hh/m}^2_{\text{assentam.}} + \text{Hh/m}^2_{\text{chapisco}} + \text{Hh/m}^2_{\text{emboço}} + \text{Hh/m}^2_{\text{reboco}}$$

Bloco de 9 cm:

$$\text{Produtividade} = 0,66 + 0,10 + 0,60 + 0,80 = 2,16 \text{ Hh/m}^2$$

Bloco de 14 cm:

$$\text{Produtividade} = 0,70 + 0,10 + 0,60 + 0,80 = 2,20 \text{ Hh/m}^2$$

Comparando o valor final das produtividades, o *lightwall* teve como resultado 1,27 Hh/m², contra 2,16 Hh/m² da parede de 9 cm e 2,20 Hh/m² da parede de 14 cm. A alvenaria de bloco cerâmico tem o tempo de execução, aproximadamente, 70% maior comparado com o tempo para executar a alvenaria em *lightwall*, como apresentado na Tabela 13.

Tabela 11 - Melhoria na produtividade alvenaria convencional vs *lightwall*

SISTEMA DE VEDAÇÃO	UNID.	PRODUTIVIDADE	AUMENTO DO TEMPO DE EXECUÇÃO EM RELAÇÃO AO <i>LIGHTWALL</i>
<i>Lightwall</i>	Hh/m ²	1,27	-
Alvenaria convencional e=9cm	Hh/m ²	2,16	70,08%
Alvenaria convencional e=14cm	Hh/m ²	2,20	73,23%

Fonte: As Autoras (2020).

4.8 Comparativos de Custo

A fim de apresentarmos um comparativo fidedigno, se faz necessário também, um comparativo de custos entre o painel *lightwall* e a alvenaria convencional. Levando em consideração todos os custos envolvendo o processo executivo.

4.8.1 Composições de custo da execução de alvenaria com painel Lightwall

Para a composição de custo dessa execução, foram analisados os seguintes itens: O metro quadrado painel *lightwall* (61x 300x 9 cm), o quilograma da argamassa ACII, o litro da argamassa polimérica, o metro da tela de fibra de vidro, o litro do selante de poliuretano, o litro do gel polimérico de acunhamento e a hora e encargos complementares do pedreiro e servente. Os preços unitários para cada um desses valores foram fornecidos pela MF Artefatos no caso do painel *lightwall*, através de coleta dos valores do insumo, como no caso da argamassa ACII, argamassa polimérica, tela de fibra de vidro, selante de poliuretano e gel polimérico de acunhamento, e no caso da mão de obra, através de composições fornecidas no SINAPI.

Ao final da composição encontramos um preço de material de R\$ 144,08 e mão de obra R\$ 44,20, resultando no preço final de R\$ 188,28.

Tabela 12 - Composição de preço painel *lightwall*

ALVEARIA DE VEDAÇÃO DE PAINEL <i>LIGHTWALL</i> 61X300X9 cm (PAREDES INTERNAS E EXTERNAS) M²					
COMP	DESCRIÇÃO	UNID	QUANT	PREÇO UNIT.	TOTAL
INSUMO	PAINEL <i>LIGHTWALL</i> 61 x 300 x 9 cm	m²	1	132	132,00
INSUMO	ARGAMASSA ACII	KG	2,22	1,245	2,77
INSUMO	ARGAMASSA POLIMERICA	L	0,4	12,8	5,12
INSUMO	TELA DE FIBRA DE VIDRO MALHA 3,3 x 3,6 mm E GRAMATURA 40 Kg/m², 10 cm largura	M	0,4	0,44	0,18
INSUMO	SELANTE DE POLIUIRETANO PU	L	0,018	149,67	2,69
INSUMO	GEL POLIMERICO DE ACUNHAMENTO	L	0,44	3	1,32
COMP SINAPI	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,27	20,25	25,72

COMP SINAPI	SERVENTE DE PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,27	14,55	18,48
			MATERIAL		R\$ 144,08
			MÃO DE OBRA		R\$ 44,20
			TOTAL		R\$ 188,28

Fonte: As Autoras (2020).

4.8.2 Composições de custo da execução de alvenaria com blocos cerâmicos de 9x19x29 cm

Para composição de custo dessa execução, foram analisados os seguintes itens: Unidade do Bloco cerâmico (9 x 19 x 29 cm), o metro cúbico de argamassa de traço 1:2:8, hora e encargos complementares do pedreiro e servente. O preço de cada um desses encargos foi obtido através de composições e preços unitários retirados da tabela do SINAPI.

Ao final da composição encontramos um preço de material de R\$ 23,77 e mão de obra R\$ 75,17, resultando no preço final de R\$ 98,94.

Tabela 13 - Composição de preço alvenaria tijolo cerâmico e=9cm.

ALVEARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMCOS FURADOS NA HORIZONTAL E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO PREPARADA EM BETONEIRA (PAREDES INTERNAS E EXTERNAS) M²					
COMP	DESCRIÇÃO	UNID	QUANT	PREÇO UNIT.	TOTAL
SINAPI	BLOCO CERAMICO (ALVENARIA VEDACAO), 6 FUIROS, DE 9 X 19 X 29 CM	UNID	12,9	0,47	6,06
INSUMO	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREA MEDIA) PARA ASSENTAMENTO/ CHAPISCO/EMBOÇO/REBOCO PREPARO MECÂNICO BETONEIRA 400L	M³	0,0403	439,45	17,71
COMP SINAPI	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	2,16	20,25	43,74
COMP SINAPI	SERVENTE DE PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	2,16	14,55	31,43
			MATERIAL		R\$ 23,77
			MÃO DE OBRA		R\$ 75,17
			TOTAL		98,94

Fonte: As Autoras (2020).

4.8.3 Composições de custo da execução de alvenaria com blocos cerâmicos de 14x19x29 cm

Para composição de custo dessa execução, foram analisados os seguintes itens: Unidade do Bloco cerâmico (14 x 19 x 29 cm), o metro cúbico de argamassa de traço 1:2:8, hora e

encargos complementares do pedreiro e servente. O preço de cada um desses encargos foi obtido através de composições e preços unitários retirados da tabela do SINAPI.

Ao final da composição encontramos um preço de material de R\$ 25,05 e mão de obra R\$ 76,56, resultando no preço final de R\$ 101,62.

Tabela 14 - Composição de preço alvenaria tijolo cerâmico e=14cm

ALVEARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO PREPARADA EM BETONEIRA (PAREDES INTERNAS E EXTERNAS) M²					
COMP	DESCRIÇÃO	UNID	QUANT	PREÇO UNIT.	TOTAL
SINAPI	BLOCO CERAMICO (ALVENARIA VEDACAO), 6 FUROS, DE 14 X 19 X 29 CM	UNID	12,9	0,57	7,35
INSUMO	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREA MEDIA) PARA ASSENTAMENTO/CHAPISCO/EMBOÇO/REBOCO PREPARO MECÂNICO BETONEIRA 400L	M³	0,0403	439,45	17,71
COMP SINAPI	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	2,2	20,25	44,55
COMP SINAPI	SERVENTE DE PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	2,2	14,55	32,01
MATERIAL					R\$ 25,06
MÃO DE OBRA					R\$ 76,56
TOTAL					101,62

Fonte: As Autoras (2020).

4.8.4 Comparativo de custos finais

Analisando o preço final de cada uma das metodologias acima citadas, encontramos os valores apresentados na Tabela 15 – Comparativo de custo em relação ao *lightwall*. Tabela 15, onde, se compararmos com o valor final do *lightwall* temos uma redução de 90,29% para a alvenaria convencional de e=9cm e 85,27% de redução para alvenaria convencional de e=14cm.

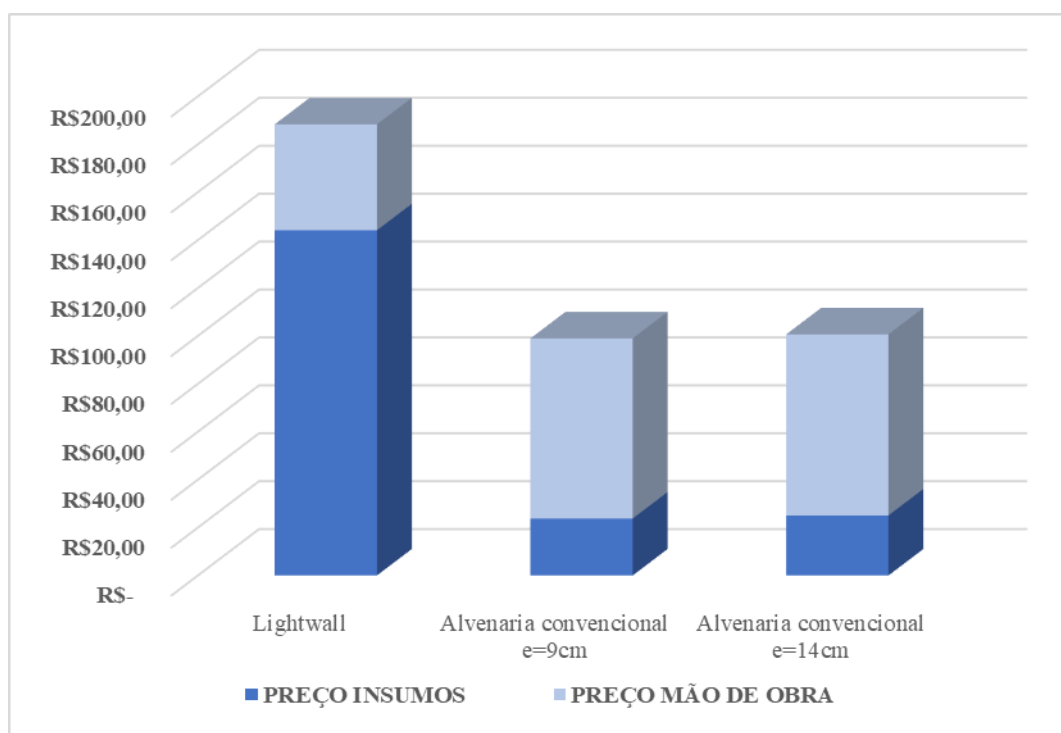
Tabela 15 – Comparativo de custo em relação ao *lightwall*.

SISTEMA DE VEDAÇÃO	PREÇO TOTAL M²	COMPARATIVO DE CUSTO EM RELAÇÃO AO <i>LIGHTWALL</i> (%)
<i>Lightwall</i>	R\$ 188,27	-
Alvenaria convencional e=9cm	R\$ 98,94	90,29%
Alvenaria convencional e=14cm	R\$ 101,62	85,27%

Fonte: As Autoras (2020).

Entretanto se compararmos os valores totais dos materiais e da mão de obra isoladamente, entre as alvenarias de 9 cm e 14 cm e a alvenaria em painel *lightwall* observa-se que a diferença de valor está diretamente associada a diferença de valor dos insumos. O valor dos insumos da alvenaria em *lightwall* é, em média, 589% maior em relação aos insumos para alvenaria em bloco cerâmico. Já para mão de obra para alvenaria em *lightwall* existe uma redução de, em média, 58,26% em relação a alvenaria de bloco cerâmico, o impacto do valor do insumo do painel em relação ao total comparado as outras metodologias, é apresentado no gráfico abaixo.

Figura 18 – Gráfico comparativo



Fonte: As Autoras (2020).

4.9 Considerações Finais

Quanto ao aspecto da produtividade é natural que o método de alvenaria em *lightwall* tivesse melhor resultados, por ser um tipo de alvenaria racionalizada, industrializada e de rápida execução. Porém quando é discutido o custo, tem-se o cenário oposto, onde o custo do painel torna-se muito maior em relação ao tijolo cerâmico. Esse cenário ocorre pelo fato do painel *Lightwall* ainda ter uma baixa procura, sendo um produto novo, resultando também em uma baixa oferta, possuindo apenas uma fábrica no país. Em um cenário hipotético onde a procura fosse maior, tendo diversas fabricas, o preço do produto tenderia a cair.

Além disso, os dados referentes a produtividade foram considerados tendo como estudo de caso apenas uma obra, na qual ainda existiram problemas de logística que atrapalharam a

execução. Logo o dado de produtividade, e consequentemente custo, tendem a ser ainda melhores, caso o estudo contemplassem mais obras.

Dessa forma, é válido afirmar que a utilização, ou não, do *lightwall* depende do estudo da obra a ser empregada. O *lightwall* é indicado para obras que possuem prazos de entrega menor, necessitam de redução das etapas de execução *in loco*, são caracterizadas por uma obra mais industrializada ou precisam de um maior controle de qualidade ou dificuldades para execução do acabamento da face externa da alvenaria (no caso de fachadas por exemplo. Ao avaliar a obra do estudo de caso em Olinda-PE, a produtividade do sistema convencional resultaria num tempo de execução de 36 (trinta e seis) dias, 14 (quatorze) dias a mais que o prazo real de entrega, o que implicaria na impossibilidade de entrega da obra em tempo hábil. Por outro lado, o elevado custo da alvenaria *lightwall* quando comparada a convencional, está diretamente ligada ao custo dos insumos e não há diferença tão significativa no custo da mão-de-obra

Logo tem-se que construções onde não existem necessidade de construir-se com rapidez ou gerando pouco resíduo, a utilização de alvenaria constituída por painéis *lightwall* não seria a melhor opção justamente por conta do alto custo. Tornando a obra onerosa, sem um custo-benefício considerável.

5 CONCLUSÕES

Foram analisados os dados coletados referentes aos ensaios de desempenho, custo e produtividade para a alvenaria de bloco cerâmico e a alvenaria de painéis *lightwall* e então feito o estudo comparativo. Esse estudo é constituído pela análise do desempenho de ambas os métodos de acordo com a NBR 15.575/2013 e análise das diferenças dos custos e produtividade entre alvenaria de *lightwall* e alvenaria em bloco cerâmico.

Primeiramente, quanto ao desempenho dos materiais, evidenciou-se através dos ensaios de impacto de copo mole, impacto de corpo duro, resistência a cargas suspensas, fechamento brusco de porta, isolamento sonora e choque térmico que ambos os métodos construtivos apresentam critérios de desempenho satisfatórios com exceção do *lightwall* quanto ao ensaio de cargas suspensas, o qual não atingiu o critério mínimo de utilização.

Na análise de produtividade pode-se concluir que a alvenaria em *lightwall* apresenta-se como sendo um método em média 58% mais produtivo quando comparado a alvenaria feita de blocos cerâmicos. Entretanto ao analisar os custos de produção por m² de ambos os tipos de alvenaria constatou-se que a alvenaria com painéis *lightwall* tem custo 90,29% maior em relação ao custo da alvenaria em bloco cerâmico, ou seja, quase que dobra o investimento empregado.

Apesar de, todos os dados utilizados no decorrer desse trabalho foi identificado que a falta de informações a respeito da produtividade do *lightwall*, em diferentes tipos de edificações, afim de que fosse obtida uma média de produtividade mais aproximada do executado, tornou o comparativo menos fidedigno, em relação ao que era esperado no início do trabalho.

É possível afirmar, que em trabalhos futuros, se torna imprescindível a utilização de diversos edificações, de forma que o valor a ser encontrado para a produtividade do *lightwall* se torne completamente coerente com a realidade executada, tornando o comparativo ainda mais fiel, independentemente do tipo de obra a ser executada.

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 orçamento e cronograma.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724/2011**: Informação e documentação – Trabalhos acadêmicos – Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023/2002**: Informação e documentação – Referências – Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6024/2003**: Informação e documentação – Numeração progressiva das seções de um documento escrito – Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6027/2003**: Informação e documentação – Sumário – Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6028/2003**: Informação e documentação – Resumo – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6034/2003**: Informação e documentação – Índice – Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520/2011**: Informação e documentação – Citações em documentos – Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12225/2011**: Informação e documentação – Lombada – Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
- AZEREDO, H. A. **O Edifício até sua cobertura**. 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1997.
- BAADE, G. V. O. **Novas tecnologias construtivas: painéis *Lightwall*** – um estudo de caso. 2018. TCC (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2018.
- BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1994. v.1.
- BERTOLINI, L. **Materiais de Construção**. 1. ed. 2010. v 1.
- FROLLINI, Constantino B. **Qual é a função do chapisco, emboço e reboco na alvenaria**. Blog da Liga, 2016. Disponível em: <https://blogdaliga.com.br/funcao-chapisco-emboco-e-reboco/>. Acesso em: 26 jan. 2020.
- GALVÃO JÚNIOR, J. L. **O adobe e as arquiteturas**. Brasília: IPHAN. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/Adobe_e_as_Arquiteturas.PDF. Acesso em: 5 nov. 2019.
- GUIA DO CONSTRUTOR (Sorocaba, SP). **Alvenaria de vedação e tipos de blocos**. Disponível em: <https://www.guiadoconstrutor.com.br/blog/alvenaria-de-vedacao-e-tipo-de-blocos>>. Acesso em: 3 nov. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Normas de apresentação tabular**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE , 1993.

LIMA, F. E. C. **Índice de produtividade na execução de alvenaria**: estudo de caso na edificação de um laboratório. 2015. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/vetor/article/view/4481>. Acesso em: 24 jan. 2020.

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.

SISTEMA NACIONAL DE PREÇOS E ÍNDICES PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL. **Índices da construção civil**. SINAPI, 2020. Disponível em: <http://goo.gl/ttgltv>. Acesso em: 14 jan. 2020.

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

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

VAZ, P. F. L. **Estudo sobre a racionalização na construção civil**. 2014, p. 90. TCC (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

ANEXO A - RELATÓRIOS DOS ENSAIOS: IMPACTO DE CORPO MOLE; IMPACTO DE CORPO DURO; RESISTÊNCIA A CARGAS SUSPENSAS E FECHAMENTO BRUSCO DE PORTA



Figura 2 – Argamassa de assentamento dos painéis utilizada nas vedações aporticadas.

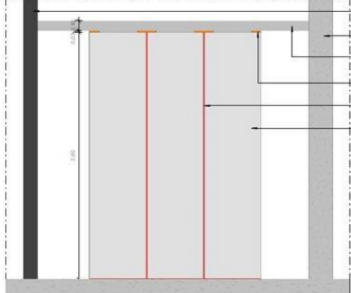
2.1.3 Outros materiais e componentes

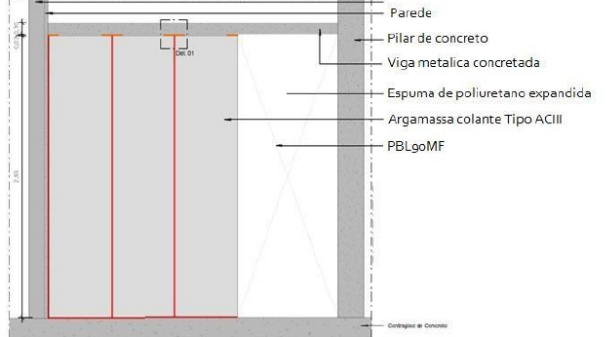
Outros materiais e componentes foram introduzidos ao sistema como telas de reforço, pregos de aço, elementos de deformação, portas e eletrodutos e caixas de distribuição já devidamente caracterizados em normas específicas.

2.1.4 Características das vedações aporticadas

Para o desenvolvimento do processo construtivo foram realizados alguns projetos básicos de vedações geralmente encontradas nas edificações e compatíveis com o pórtico disponível no laboratório TECOMAT-IPUTINGA. Foram projetadas e executadas três tipos de vedação aporticada como mostrado e descrito na tabela 2.

Tabela 2 – Características das vedações aporticadas – Tipos 01, 02 e 03.

Tipo 01	 <p>Parede Pilar de concreto Viga metálica concretada Poliuretano expandido Argamassa ACIII PBLgoMF</p>	<p>A vedação avaliada possuía uma espessura total de 90 mm, comprimento de 180mm com extremidades livres e altura de 2,62m com encunhamento pontual a cada 0,60 m. Os painéis foram fixados com argamassa colante ACIII.</p>
---------	--	--

Tipo 02		<p>A vedação avaliada possuía uma espessura média 90 mm, comprimento de 1,80m com uma extremidade fixada no pilar do pórtico e a outra livre com altura de 2,62 m e encunhamento pontual a cada 0,60 m. Os painéis foram fixados com argamassa colante ACIII.</p>
Tipo 03		<p>A vedação avaliada possuía uma espessura total de aproximadamente 90mm, com as duas extremidades fixadas aos pilares do pórtico e altura de 2,62m com encunhamento pontual a cada 0,60m. Os painéis foram fixados com argamassa colante ACIII</p>

Durante a execução das vedações foi sendo definidas as formas e procedimentos que ao final permitiram a elaboração de uma proposta de Procedimento de Execução de Serviço (PES) para a execução de vedações verticais internas em edificações. Esse procedimento está apresentado no anexo 1 deste documento.

3. Avaliação de desempenho das vedações aporticadas executadas com painéis de beton leve da MF (VVI-PBL-MF) - Requisitos e critérios

As vedações aporticadas executadas com PBL-MF foram avaliadas, pela equipe da TECOMAT, tomando como base os critérios e requisitos propostos pela NBR 15575 Edificações – Desempenho. Os resultados obtidos estão apresentados na tabela 3 para o comportamento frente ao impacto de corpo mole.

A massa do corpo mole foi mantida constante (40 kg) e a altura compatível com o nível de energia. Os critérios de aceitação adotados foram os propostos na NBR 15575. O sistema utilizado pode ser observado na tabela 3.

Tabela 3 – Avaliação de desempenho das VVI-PCL-MF – Impacto de corpo mole

Avaliação das vedações aporticadas – Impacto de corpo mole					
Nível de energia (J)	E	Critério de Aceitação	Tipo 01	Tipo 02	Tipo 03
	240	Não ocorrência de ruína	Foram observadas pequenas fissuras localizadas.	Não foram observadas fissuras, destacamento ou qualquer outra falha .	Não foram observadas fissuras, destacamento ou qualquer outra falha .
	180	São permitidas falhas localizadas	Não foram observadas fissuras, destacamento ou qualquer outra falha.	Não foram observadas fissuras, destacamento ou qualquer outra falha .	Não foram observadas fissuras, destacamento ou qualquer outra falha.
	120	Não ocorrência de falhas Limitação dos deslocamentos horizontais $d_h \leq h/125$ (20,96mm) $d_{hr} \leq h/625$ (4,19mm)	Não foram observadas fissuras, destacamento ou qualquer outra falha. Foram obtidos os seguintes resultados de deslocamento: $d_h = 4,07\text{mm}$ $d_{hr} = 0,39\text{mm}$	Não foram observadas fissuras, destacamento ou qualquer outra falha. Foram obtidos os seguintes resultados de deslocamento: $d_h = 3,22\text{mm}$ $d_{hr} = 0,20\text{mm}$	Não foram observadas fissuras, destacamento ou qualquer outra falha . Foram obtidos os seguintes resultados de deslocamento: $d_h = 0,247\text{mm}$ $d_{hr} = 0,55\text{mm}$
	60	Não ocorrência de falhas Limitação dos deslocamentos horizontais $d_h \leq h/125$ (20,96mm) $d_{hr} \leq h/625$ (4,19mm)	Não foram observadas fissuras, destacamento ou qualquer outra falha. Foram obtidos os seguintes resultados de deslocamento: $d_h = 2,38\text{mm}$ $d_{hr} = 0,10\text{mm}$	Não foram observadas fissuras, destacamento ou qualquer outra falha . Foram obtidos os seguintes resultados de deslocamento: $d_h = 1,36\text{mm}$ $d_{hr} = 0,00\text{mm}$	Não foram observadas fissuras, destacamento ou qualquer outra falha . Foram obtidos os seguintes resultados de deslocamento: $d_h = 0,13\text{mm}$ $d_{hr} = 0,05\text{mm}$
	Resultado da avaliação Critério de Aceitação NBR 15575-4:2013		Nível de desempenho intermediário/superior	Nível de desempenho intermediário/superior	Nível de desempenho intermediário/superior

Onde: d_h – deslocamento horizontal d_{hr} – deslocamento horizontal residual



Figura 3 – Vista do ensaio de impacto de corpo mole

Também foi avaliado o impacto de corpo duro sobre os painéis utilizados nas vedações e os resultados estão apresentados na tabela 4, a massa da esfera foi de 0,5kg e 1,0kg enquanto as alturas foram 0,5m e 1,0m.

Quadro 04 – Avaliação de desempenho das VVI-PCL.MF – Impacto de corpo duro

Elemento	Avaliação das vedações aporticadas – Impacto de corpo duro			
	Nível de energia 2,5J (massa=0,5kg – h=0,5m)		Nível de energia 10J (massa=1,0kg – h=1,0m)	
	Profundidade da mocha	Avaliação	Profundidade da mocha	Avaliação
1	1,40 mm	Não foram observadas fissuras, destacamento ou outra falha. A Profundidade da mocha foi <2mm.	ND	Não ocorreu ruptura nem transpasse
2	0,77 mm	Não foram observadas fissuras, destacamento ou outra falha. A Profundidade da mocha foi <2mm.	ND	Não ocorreu ruptura nem transpasse
3	0,77 mm	Não foram observadas fissuras, destacamento ou outra falha. A Profundidade da mocha foi <2mm.	ND	Não ocorreu ruptura nem transpasse
4	0,95 mm	Não foram observadas fissuras, destacamento ou outra falha. A Profundidade da mocha foi <2mm.	ND	Não ocorreu ruptura nem transpasse
5	0,97 mm	Não foram observadas fissuras, destacamento ou outra falha. A Profundidade da mocha foi <2mm.	ND	Não ocorreu ruptura nem transpasse
6	1,40 mm	Não foram observadas fissuras, destacamento ou outra falha. A Profundidade da mocha foi <2mm.	ND	Não ocorreu ruptura nem transpasse
7	1,37 mm	Não foram observadas fissuras, destacamento ou outra falha. A Profundidade da mocha foi <2mm.	ND	Não ocorreu ruptura nem transpasse
8	0,86 mm	Não foram observadas fissuras, destacamento ou outra falha. A Profundidade da mocha foi <2mm.	ND	Não ocorreu ruptura nem transpasse
9	0,76 mm	Não foram observadas fissuras, destacamento ou outra falha. A Profundidade da mocha foi <2mm.	ND	Não ocorreu ruptura nem transpasse
10	0,70 mm	Não foram observadas fissuras, destacamento ou outra falha. A Profundidade da mocha foi <2mm.	ND	Não ocorreu ruptura nem transpasse
Resultado	Nível intermediário/Superior conforme preconizado na NBR 15575-4 (ABNT, 2013).		Nível intermediário/Superior conforme preconizado na NBR 15575-4 (ABNT, 2013).	

O sistema utilizado para a realização do ensaio de corpo duro esta apresentado na figura 4.



Figura 4 – Detalhes de esfera utilizada no impacto de corpo duro e medição da endentação provocada

Também foi avaliado o comportamento das vedações quanto aos efeitos das cargas suspensas e os resultados estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5 – Avaliação de desempenho das VVI-PBL-MF – Cargas suspensas - Mão francesa Padrão

Bucha utilizada	Critério de desempenho	Carga máxima aplicada	Avaliação de desempenho	Nível de desempenho
S10	Limitação da ocorrência de falhas que comprometam o estado limite de serviço.	80 kg	Ocorreu a ruptura do sistema quando aplicada a carga máxima	Não atende

S10	Limitação da ocorrência de falhas que comprometam o estado limite de serviço.	80 kg		Atendem em nível mínimo
S10	Limitação da ocorrência de falhas que comprometam o estado limite de serviço.	80 kg		Atendem em nível mínimo

Para realização dos ensaios foi utilizada uma mão francesa padronizada. O equipamento foi fixado na vedação de painel de beton leve com bucha S10 e parafuso N°10.

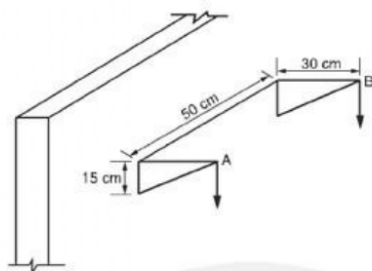


Figura 4 – Mão francesa padrão e bucha S10 Powerfix utilizada no ensaio

A aplicação de carga no dispositivo de mão francesa foi realizada através de 16 (dezesseis) discos de aço, cada disco com 50N, totalizando 0,8kN de carga. O ensaio foi realizado aplicando-se as cargas de 50N sem golpes e respeitado o intervalo de 3 (três) minutos entre cada carregamento, até a máxima carga suportada pelo sistema de fixação e parede.

Após 24h de ensaio foi verificado visualmente a ocorrência de arrancamento ou escorregamento do sistema de fixação. A figura 5 ilustra o carregamento aplicado na mão francesa padronizada.



Figura 5 – Fixação da mão-francesa e o carregamento

¹Os ensaios foram realizados utilizando bucha S de 10mm para os ensaios em mão francesa padrão e cantoneira L, e bucha S de 12mm para o ensaio em dispositivo de rede.

Também foram avaliadas as solicitações de ações transmitidas por impacto nas portas foi realizada a partir dos ensaios de fechamento brusco e impacto de corpo mole na folha da porta.

Conforme especificado na norma de desempenho, NBR 15575-4 (ABNT, 2013), os ensaios foram realizados de acordo com os métodos descritos na NBR 15930-2 (ABNT, 2011). Os resultados dos ensaios estão apresentados na tabela 6.

O ensaio de fechamento brusco de portas tem por finalidade verificar o comportamento da interface porta/marco/parede devido a solicitações anormais como, por exemplo, batidas das portas aplicadas por ação do vento ou outro tipo qualquer.

Após a realização de dez impactos, sobre a ação de massa de 15 kg aplicada a folha da porta, e ângulo de fechamento de 60 graus, as paredes não apresentaram falhas, como rupturas, fissuras, destacamentos no encontro com o marco, cisalhamento nas regiões de solidarização do marcos ou destacamentos em juntas entre componentes das paredes. Sendo assim os sistemas porta/marco/parede, avaliados quanto ao fechamento brusco, atendem aos requisitos preconizados na NBR 15575-4 (ABNT, 2013) em nível mínimo de desempenho. A figura 6 ilustra o ensaio de fechamento brusco.



Figura 6 – Ensaio de fechamento brusco na porta

O ensaio de impacto de corpo mole em portas tem como objetivo avaliar o comportamento de portas quando submetidas a impactos decorrentes de choques acidentais provenientes do próprio uso da edificação ou choques provocados por tentativas de intrusões quaisquer, intencionais ou não. Esse ensaio foi realizado na vedação tipo 3 apresentada na figura 7.

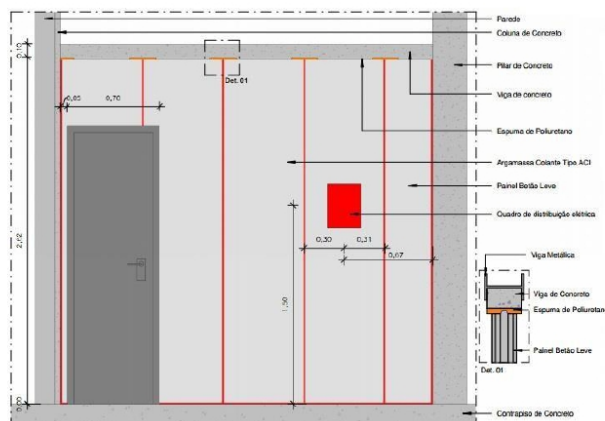


Figura 7 - Vedação submetida ao ensaio de solicitações de ações transmitidas por impactos nas portas - A porta pronta de madeira semi-oca fixada por chumbamento de poliuretano expansível ao longo de todo o entorno.

O ensaio de impacto de corpo mole na folha da porta foi realizado com equipamentos de acordo com as normas adotadas. Os resultados obtidos estão apresentados na tabela 7. Após impacto de corpo mole na folha da porta, como mostrado na figura 8, com energia de 240J, foi observado o sistema porta/marco/parede de todos os sistemas avaliados.



Figura 8 - Equipamento posicionado para ensaio de impacto de corpo mole na folha da porta interna

Tabela 7 – Avaliação de desempenho – Impacto de corpo mole na folha da porta

Peso (Kgf)	Altura (m)	Energia (J)	Critérios da NBR 15575-4 (ABNT, 2013)	Avaliação de desempenho
40	0,60	240	Não pode ocorrer arrancamento do marco, nem ruptura ou perda de estabilidade da parede. É permitida, no contorno do marco, a ocorrência de danos localizados, como fissuras e estilhaçamentos.	Não foram verificados danos visíveis ao sistema porta/marco/parede



RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 151.974

Recife, 21 de dezembro de 2017

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio de desempenho às solicitações de cargas provenientes de peças suspensas em elemento vertical formado de painéis sandwich revestidos

CLIENTE: M.F. Artefatos de Cimento LTDA

REFERÊNCIA: OS 1813/2017

1 OBJETIVOS

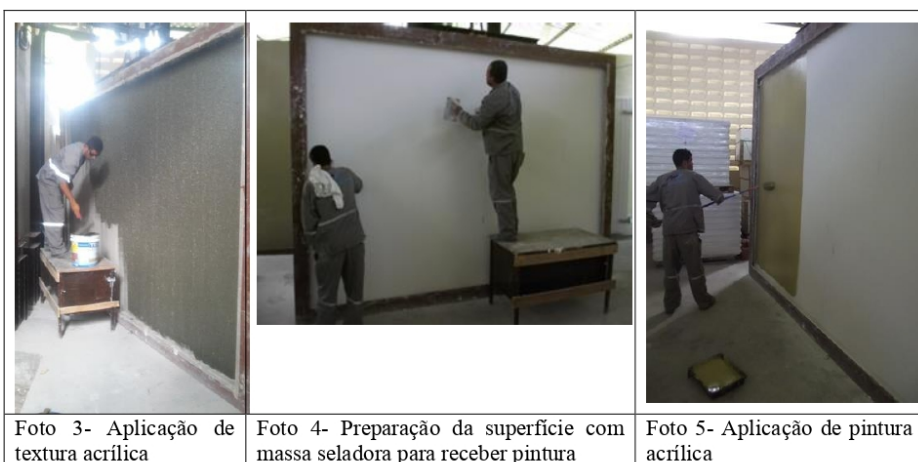
Verificar o desempenho ao requisito de desempenho às solicitações de cargas provenientes de peças suspensas uma parede cega formada por painéis sandwich de placas cimentícias com núcleo de argamassa com EPS, com tratamento de pintura nos dois lados, segundo a NBR15575-4 Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho – Parte 4: Requisitos para os sistemas estruturais

2. PRODUTO ENSAIADO

Sistemas de fixação formados por conjunto bucha-parafuso de marca Fischer modelo DUO 10, segundo dois procedimentos de aplicação proposto sobre elemento plano formado de painéis sandwich, de espessura total de 90mm sendo 6mm de placas cimentícias, para cada lado, confinando um núcleo em argamassa cilíndrica com EPS com 78mm de espessura. O elemento base utilizado para os ensaios de carga suspensa foi formado basicamente por seis placas cimentícias unidas com argamassa industrializada marca cimentocola interno da Quartzolit, ao longo das juntas verticais, rejuntada com resina acrílica(base coat) da Yesso com tiras de tela de fibra de vidro(malha (3,3x3,6)mm e gramatura de 40kg/m² com 10cm de largura, aplicados externamente nas duas faces ao longo da junta vertical. A densidade média dos painéis foi avaliada em 0,53ton/m³.

Posteriormente uma das superfícies foi pintada com textura elastomérica, fabricada pela YESO, com consumo aproximado de 1,8kg/m². A outra superfície foi aparelhada com massa seladora fabricada pela IBRATIN, consumo aproximado de 1,6kg/m², sendo procedido lixamento e posteriormente pintado com tinta elastomérica, fabricada pela YESO, com consumo aproximado de 0,8kg/m².

As fotos 1 e 2 mostram a montagem dos painéis no pórtico para ensaios de isolamento acústico. As fotos 3 a 5 mostram tratamentos realizados no elemento de painel sandwich realizados antes dos ensaios de impactos.



3. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS DE FIXAÇÃO UTILIZADOS

3.1 Sistema de fixação

Dois sistemas de fixação foram utilizados com conjunto bucha-parafuso de marca Fischer modelo DUOPOWER 10, como mostra foto 6.



Foto 6- Conjunto Buchaparafuso de nylon modelo DUOPOWER da Fischer numeração 10

3.1.1 Procedimento de fixação sem adesivo

O procedimento básico de fixação consistiu em perfurar com broca de vídea de 9,5mm de diâmetro e a sequência posicionar a bucha no vazio e após posicionar o suporte apertar o parafuso sextavado do sistema até o final. A sequência de fotos 7 e 8 mostra às etapas de fixação do suporte a parede ensaiada.



Foto 7 – Perfuração com broca de vídea 9,5mm

Foto 8- Colocação e aperto do parafuso para fixação do suporte de ensaio

3.1.2 Procedimento de fixação com adesivo

O procedimento de fixação consistiu em perfurar com broca de vídea de 9,5mm de diâmetro e a sequência posicionar e injetar adesivo vinil éster híbrido FIS V 410 C da marca Fischer no vazio, e na sequência embutir a bucha no espaço preenchido com o adesivo. Após posicionar o suporte apertar o parafuso sextavado do sistema até o final. A sequência de fotos 9 e 10 mostra às etapas complementares da fixação do suporte a parede ensaiada.



APARELHAGEM

A aparelhagem utilizada para a realização dos ensaios é constituída dos seguintes equipamentos e dispositivos, indicados na figura 1:

- suporte para aplicação de carga, constituído por perfis na forma de mãos francesas interligadas, constituídas por cantoneiras com dimensões indicadas na figura 01, com massa de 4kg;
- dois discos de aço, com diâmetro de 25mm e espessura de 10mm, posicionados na parte inferior do perfil;
- pares de contrapesos com massa de 5kg cada um.
- régua graduada metálica.
- suporte de referência indeformável, para medições dos deslocamentos horizontais.

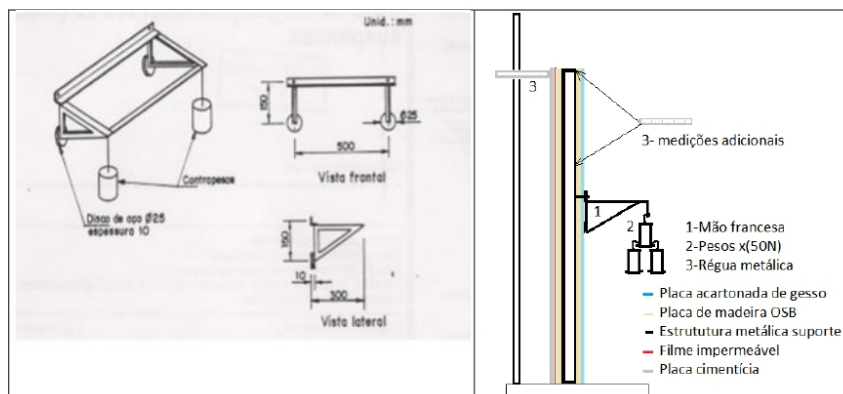


Figura 1- Aparelhagem e dispositivos de ensaio.

4. METODOLOGIA

Os ensaios foram realizados em laboratório para cada um dos procedimentos de fixação:

- Como não se conhece a carga de serviço, optou-se por elevar o carregamento aplicando pares de cargas de 50N, sem golpes, aguardando intervalo de 5 min entre patamares de carga, até observar indicativos de instabilidade.
- Registrando-se os deslocamentos para cada par de cargas, sendo a carga máxima inicial considerada a carga imediatamente antes da ruptura, ou a que resistiu 24 horas sem ruir ou demonstrar deslocamentos que indicasse início de ruína.
- Conhecendo-se a carga que provocou a ruptura, reinicia o novo procedimento de fixação e novamente se refaz a colocação de pesos, a cada 5min, até duas posições antes da que provocou ruína, deixando-se por 24 horas.

5. RESULTADOS

Os resultados obtidos nos ensaios estão apresentados nas tabelas 01 e 02.

Tabela 01- Comportamento do dispositivo com utilização de bucha sem adesivo

Peso(kN) por ponto	Tempo (min)	Deformação no topo (mm)	Constatações no sistema
0,0			
0,05	5,0	--	Estável (foto A1)
0,10	5,0	--	Estável (foto A2)
0,15	5,0	--	Estável
0,20	5,0	--	Estável (foto A3)
0,25	5,0	--	Estável (foto A4)
0,30	5,0	--	Estável (foto A5)
0,35	5,0	--	Estável
0,40	5,0	Foto 11	Ruína (foto A6) (foto A7)
Recolocação em outra posição, sob mesmo procedimento			

0,05	5,0	--	Estável (foto A12)
0,10	5,0	--	Estável
0,15	5,0	--	Estável
0,20	5,0	--	Estável
0,25	5,0	--	Estável
0,30	24 horas	--	Estável (foto A13)

Tabela 02- Comportamento do dispositivo com utilização de bucha com adesivo

Peso(kN) por ponto	Tempo (min)	Deformação no topo (mm)	Constatações no sistema
0,0			
0,05	5,0	--	Estável (foto A1)
0,10	5,0	--	Estável (foto A2)
0,15	5,0	--	Estável
0,20	5,0	--	Estável (foto A3)
0,25	5,0	--	Estável (foto A4)
0,30	5,0	--	Estável (foto A5)
0,35	5,0	--	Estável
0,40	5,0	---	Ruina (foto A12) fotos 13
0,45	5,0	--	Estável (foto A12)
0,50	5,0	--	Estável (foto A9)
0,55	5,0	--	Estável
0,60	5,0	--	Estável (foto A10)
0,65	5,0	--	Estável
0,70	24horas	--	Estável (foto A11)

6. ENQUADRAMENTO ÀS NORMAS

5.1-Requisitos segundo a NBR 15575-4:

5.1.1- O sistema de fixação com o conjunto bucha-parafuso utilizado sem adesivo não conseguiu atingir o desempenho mínimo(M), já que não atingiu 400N estável durante 24 horas.

5.1.2 O sistema de fixação com conjunto bucha-parafuso com adesivo, conforme apresentado no item 3.1.2, conseguiu atingir o desempenho superior (S), já que superou 600N estável durante 24 horas sem apresentar deflexão instantânea superior a 5mm(H/500), e não superando 1mm de deslocamento residual(H/2500).



Carlos Welligton de A Pires Sobrinho
MSc Engº Civil CREA 5.986-D/RJ

ANEXO A - MEMORIAL FOTOGRÁFICO



	
<p>Foto A7- Ruína no sistema sem adesivo após 400N</p>	<p>Foto A8 – Ruína por escorregamento bucha/parede</p>
	
<p>Foto A9- Sistema B sob carga de 500N por ponto</p>	<p>Foto A10- Sistema B sob carga de 600N por ponto</p>
	
<p>Foto A11- Sistema B sob carga de 700N por ponto</p>	



Foto A12- Sistema A' sob carga de 50N por ponto



Foto A13- Sistemas sob cargas últimas

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 150.863

Recife, 23 de novembro de 2017

NATUREZA DO TRABALHO: Medição de isolamento sonora em laboratório

CLIENTE: M.F. Artefatos de Cimento LTDA

REFERÊNCIA: OS 1813/17

1 OBJETIVO

Determinar os níveis isolamento sonoro promovido por uma parede cega de painéis sandwich de placas cimentícias com núcleo de argamassa com EPS entre ambientes da câmara de reverberação acústica.

2. PRODUTO ENSAIADO

Elemento plano formado de painéis sandwich, de espessura total de 90mm sendo 6mm de placas cimentícias, para cada lado, confinando um núcleo em argamassa cilíndrica com EPS com 78mm de espessura. O elemento ensaiado estava formado basicamente por seis placas cimentícias unidos com argamassa industrializada marca cimentocola interno da Quartzolit, ao longo das juntas verticais, rejuntada com resina acrílica(base coat) da Yeso com tiras de tela de fibra de vidro(malha (3,3x3,6)mm e gramatura de 40kg/m² com 10cm de largura, aplicados externamente nas duas faces ao longo da junta vertical. Os painéis são trazidos inteiros da fabrica nas dimensões de(2,50x0,61x0,09)m. A densidade média dos painéis foi avaliada em 0,53ton/m³.



Foto 1 - Montagem elemento com união de painéis utilizando argamassa cimentícia juntas verticais



Foto 2 - Vedação da junta superior com espuma expansiva de PU



3. APARELHAGEM:

3.1-Conjunto de duas câmaras, isoladas entre si, cujo painel sujeito a análise é construído em um pórtico de dimensões 4,2m x 3,9m x 0,20m. As câmaras possuem volume de 68,3m³ e área superficial total de 101,5 m², contendo difusores interiores.

3.2- Analisador – 2270 – G4 Dual Channel Building Acoustics System, Brüel & Kjaer;

3.3- Dodecaedro Omni – 4292 – L, Brüel & Kjaer;

3.4- Amplificador, Brüel & Kjaer

3.5 - Softwares BZ-7222, BZ – 7227 e BZ – 7229, Brüel & Kjaer;

4. METODOLOGIA

4.1 Normas de referência

ISO 140-3: 1995. Acoustics. Measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 3: Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements.

ISO 717-1: 1996. Acoustics. Rating of sound insulation in buildings and of building elements. Part 1: Airborne sound insulation.

ISO 354: 2003. Acoustics -- Measurement of sound absorption in a reverberation room.

ABNT NBR 15575-4: 2008. Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. Parte 4: Sistemas de vedação vertical.

4.2 Procedimentos

Após a construção da parede no interior do pórtico externo a câmara, este é içado e posicionado na interface entre câmaras, devidamente isolado com tubulações de borracha e espuma de poliuretano.

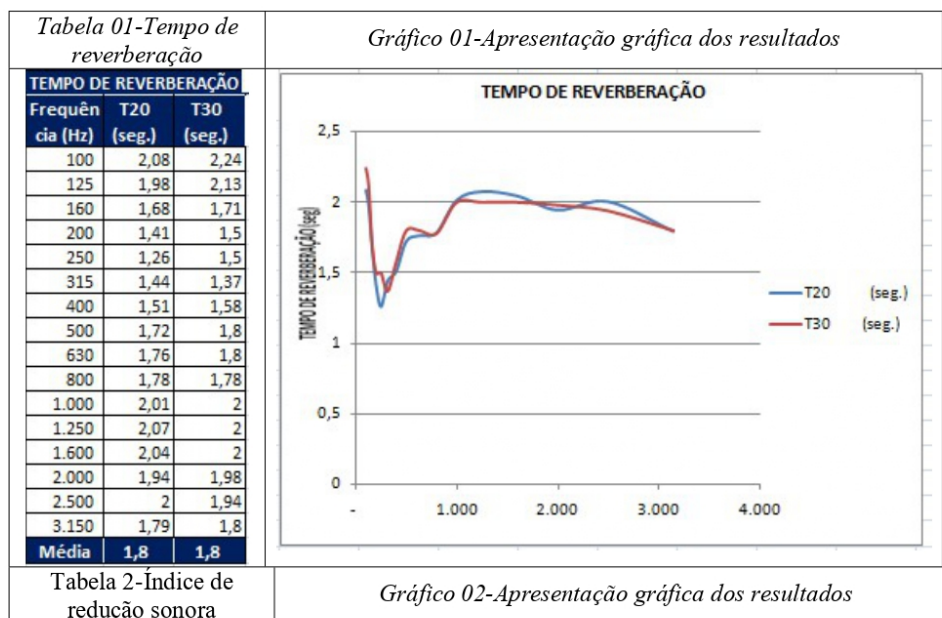
Cada câmara possui portas duplas devidamente isoladas com tubulações de borracha, com medição de temperatura e umidade.

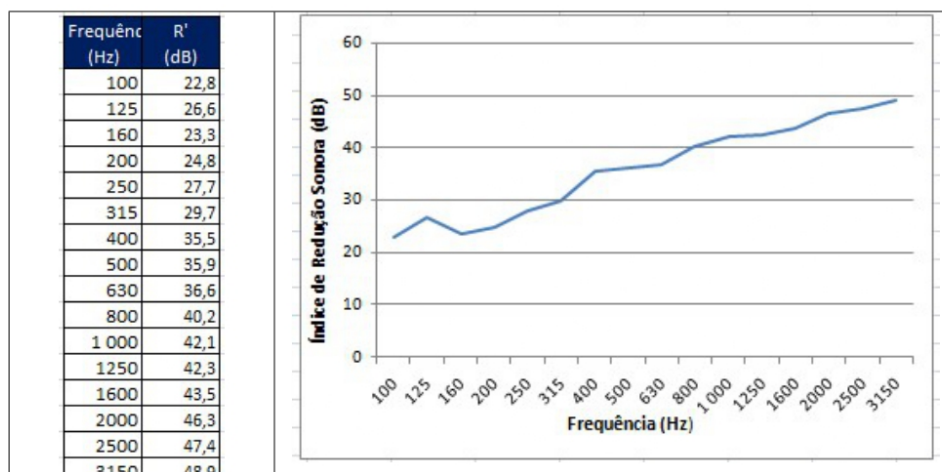
Há cinco posicionamentos de microfones, tanto na câmara de emissão como na câmara de recepção, para cada uma das duas posições de fontes de emissão. Além disso, cinco posicionamentos para determinação de ruído de fundo e quatro para reverberação.

5. RESULTADOS

Na tabela 01 estão apresentados os resultados das medições dos índices de redução sonora R_w para cada faixa de frequência considerada. O Gráfico 01 mostra a evolução dos índices de redução sonora ponderado para parede avaliada, bem como os coeficientes de adaptação do espectro, calculada conforme a norma ISO 717-1:1996.

5.1 Apresentação dos resultados





5.2 Expressão dos resultados

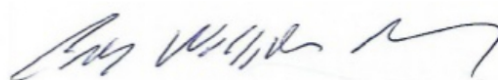
Rw(C;Ctr)= 39(-1;-5) dB

Rw= Índice de Redução Sonora Ponderado (dB)

C= Coeficiente de Adaptação do Espectro para Ruído Rosado

Ctr= Coeficiente de Adaptação do Espectro para Ruído de Trânsito

Temperatura= 29°C Umidade Relativa= 70%



Carlos Welligton de A Pires Sobrinho
MSc Engº Civil CREA 5.986-D/RJ



RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 151.973

Recife, 21 de dezembro de 2017

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio de desempenho a ação de calor e choque térmico, associado a ensaios de estanqueidade, em elemento vertical formado painéis sandwich revestidos

CLIENTE: M.F. Artefatos de Cimento LTDA

REFERÊNCIA: OS 1813/2017

1 OBJETIVOS

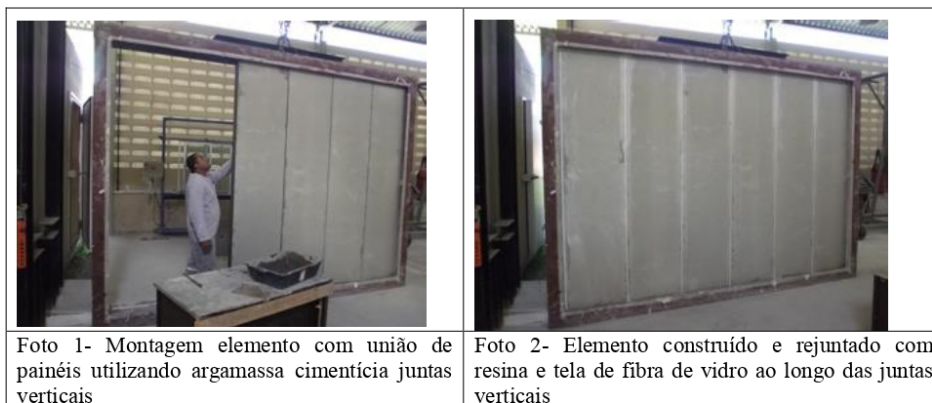
Verificar o desempenho ao requisito de desempenho às solicitações de ação de calor e choque térmico, associado a ensaios de estanqueidade, em elemento vertical formado por painéis sandwich de placas cimentícias com núcleo de argamassa com EPS, com tratamento de pintura nos dois lados, segundo a NBR15575-4 Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho – Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas-SVVIE.

2. PRODUTO ENSAIADO

Parede formada de painéis sandwich, de espessura total de 90mm sendo 6mm de placas cimentícias, para cada lado, confinando um núcleo em argamassa cilíndrica com EPS com 78mm de espessura. O elemento base utilizado foi formado basicamente por seis placas cimentícias unidas com argamassa industrializada marca cimentocola interno da Quartzolit, ao longo das juntas verticais, rejuntada com resina acrílica(base coat) da Yeso com tiras de tela de fibra de vidro(malha (3,3x3,6)mm e gramatura de 40kg/m² com 10cm de largura, aplicados externamente nas duas faces ao longo da junta vertical. A densidade média dos painéis foi avaliada em 0,53ton/m³.

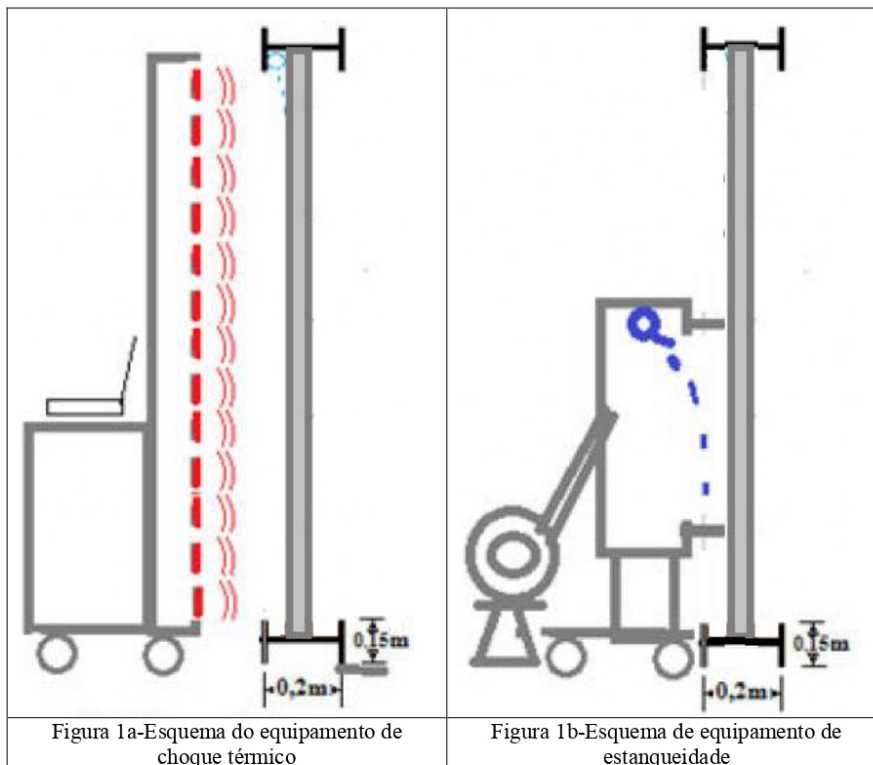
Posteriormente uma das superfícies foi pintada com textura elastomérica, fabricada pela YESO, com consumo aproximado de 1,8kg/m². A outra superfície foi aparelhada com massa seladora fabricada pela IBRATIN, consumo aproximado de 1,6kg/m², sendo procedido lixamento e posteriormente pintado com tinta elastomérica, fabricada pela YESO, com consumo aproximado de 0,8kg/m².

As fotos 1 e 2 mostram a montagem dos painéis no pórtico para ensaios de isolamento acústico. As fotos 3 a 5 mostram tratamentos realizados no elemento de painel sandwich realizados antes dos ensaios de impactos.



3. APARELHAGEM

A aparelhagem utilizada para a realização dos ensaios é constituídos dos seguintes equipamentos e dispositivos, indicados na figura 1:



3.1 Equipamento de choque térmico

- Suportes modulados (1,20 x 2,40)m constituídos de painel para aquecimento com resistências em quartzo e pirômetros infravermelhos em quatro linhas independentes;
- Controladores de partida resistiva, acionados por comandos em quatro circuitos trifásicos, com limites de temperatura programados;
- tubulação de água perfurada posicionada na parte superior alimentada por rede de água na forma de esguichos ao longo da área do produto sob ensaio;
- suporte de referência indeformável, para medições dos deslocamentos horizontais.

3.2 Equipamento de estanqueidade por pressão

- Caixa metálica com área de atuação nas dimensões (1,0 x 1,0)m, com borracha vedante no perímetro;
- Entrada de ar forçado fornecido por ventoinha, com controle de pressão por registro e distribuído na linha superior da câmara.



- c) Entrada de água fornecido por mangueira acoplado a rede de água, com controle de vazão por registro e distribuído na linha superior da câmara;
- d) Medidor de pressão de ar no interior da câmara para controle da pressão;
- e) Suportes para travamento entre a câmara e a parede a ser ensaiada. .

4. METODOLOGIA

Os ensaios foram realizados em laboratório na sequência indicada a seguir:

4.1 Ensaios de choque térmico, segundo o anexo E da NBR 15575-4:

- a) Produto de ensaio contido em todas as bordas no pórtico em perfis de aço nas dimensões internas (2,69x3,70)m, submetido a ação de equipamento de choque térmico de módulo de (1,20x2,40) posicionado na região do centro de uma aresta vertical do painel;
- b) Após verificação visual e registro fotográfico das superfícies, frontal e posterior, foi submetido a elevação de temperatura, monitorada por pirômetros de superfície infravermelhos até atingir 80°C, permanecendo assim por 60min. Na sequência eram deslocados o módulo de aquecimento e imediatamente exposto a superfície a uma ação de água corrente e distribuída por mais 60min, sendo após realizado nova verificação visual e registro fotográfico das superfícies, frontal e posterior, sendo monitorada deformações e manifestações patológicas ;
- c) O ciclo anterior foi repetido 10 vezes

4.2 Ensaios de estanqueidade por pressão, segundo o anexo C da NBR 15575-4:

- a) Produto de ensaio, após a realização dos ensaios de choque térmico, fora posicionado o equipamento de estanqueidade na região central ensaiada;
- b) A vedação das bordas de borracha do equipamento e o produto de ensaio foram realizados utilizando travadores de parafusos/porcas longos e chapas de aço;
- c) Depois de posicionado e regulada pressão de 50Pa e vazão de 3,0 L/min foram iniciados o ensaio, mantido por 7 horas e sendo monitorado por inspeção visual e registro fotográfico as superfícies potenciais manchas na face posterior.

5. RESULTADOS

Os resultados dos principais registros de comportamento do ensaio de choque térmico estão apresentados no anexo A. Destaca-se ao final do 8º ciclo o aparecimento de fissura vertical contínua na região de encontro de painéis, ampliado no 9º e no 10º ciclo, com espessura máxima inferior a 1mm.

Os resultados dos principais registros de comportamento do ensaio de estanqueidade estão apresentados no anexo B, não sendo observadas manchas de infiltração após 7 horas de ensaio.

6. ENQUADRAMENTO ÀS NORMAS



Na avaliação do enquadramento do requisito de durabilidade e manitenibilidade sob o critério da ação de choque térmico os resultados mostram a atingir o nível mínimo (M), já que a fissura observada no final do ensaio não comprometeu o desempenho, quando avaliado pelo critério da estanqueidade.

Carlos Welligton de A Pires Sobrinho
MSc Engº Civil CREA 5.986-D/RJ

ANEXO A - MEMORIAL FOTOGRÁFICO



	
<p>Foto A5- Comportamento da face frontal após 8º ciclo</p>	<p>Foto A6- Comportamento posterior após 9º ciclo- detalhe surgimento de fissura</p>
	
<p>Foto A7- Comportamento da face frontal após 10º ciclo</p>	<p>Foto A8 – Comportamento da face posterior após 10º ciclo- detalhe fissura</p>

ANEXO B - MEMORIAL FOTOGRÁFICO



Foto B1- Vista frontal da câmara



Foto B2- Vista em perfil da câmara em ensaio



Foto B3- Aspecto da parte posterior sem manchas de umidade após 7 horas de ensaio.