

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

PATRICK LUAN CARDOSO BALTOKOSKI

**COMPARATIVO TÉRMICO E ACÚSTICO ENTRE OS MÉTODOS
CONSTRUTIVOS, ALVENARIA CONVENCIONAL E PAREDE DE
CONCRETO MOLDADA NO LOCAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2015

PATRICK LUAN CARDOSO BALTOKOSKI

**COMPARATIVO TÉRMICO E ACÚSTICO ENTRE OS MÉTODOS
CONSTRUTIVOS, ALVENARIA CONVENCIONAL E PAREDE DE
CONCRETO MOLDADA NO LOCAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado junto ao curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Câmpus* Pato Branco, na área de processos construtivos e orçamentos, como requisito parcial à conclusão de curso.

Orientador : Prof. Dr. José Ilo Pereira Filho

PATO BRANCO

2015

TERMO DE APROVAÇÃO

COMPARATIVO TÉRMICO E ACÚSTICO ENTRE OS MÉTODOS CONSTRUTIVOS, ALVENARIA CONVENCIONAL E PAREDE DE CONCRETO MOLDADA NO LOCAL

PATRICK LUAN CARDOSO BALTOKOSKI

No dia 18 de novembro de 2015, às 10h20min, na Sala de Treinamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após arguição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná– UTFPR, conforme Ata de Defesa Pública nº29-TCC/2015.

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ ILO PEREIRA FILHO (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof. Msc. LUIZ ANTÔNIO MIOTTI (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof. Msc. NORMELIO VITOR FRACARO (DACOC/UTFPR-PB)

AGRADECIMENTOS

A minha família em primeiro lugar, pelo apoio e suporte que me deram ao longo de todos esses anos de batalhas, sem vocês eu não teria conseguido.

Aos amigos e colegas de curso que lutaram junto comigo diversas vezes, tanto aos que vou deixar pela universidade quanto aos que já partiram e hoje correm atrás de seus novos sonhos.

Agradecimento em especial ao meu orientador Dr. José Ilo Pereira Filho que me guiou no desenvolvimento deste trabalho, me deu suporte quando precisava e não mediu esforços para que conseguíssemos alcançar os objetivos do trabalho.

Aos proprietários dos edifícios que foram usados como objeto de estudo, meu muito obrigado.

E por fim a todos que contribuíram direta ou indiretamente, sem citar nomes, obrigado!

RESUMO

BALTOKOSKI, Patrick Luan Cardoso. Comparativo térmico e acústico entre os métodos construtivos, alvenaria convencional e parede de concreto moldada no local. 55 fls. Monografia. (Curso de Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Pato Branco, 2015.

Este trabalho apresenta um estudo comparativo térmico e acústico entre dois métodos construtivos, sendo estes, alvenaria convencional e um método construtivo considerado industrializado, parede de concreto moldada no local. Para tal o trabalho apresenta uma revisão bibliográfica dos dois métodos construtivos apresentando suas vantagens e desvantagens, como também uma breve revisão a respeito de comportamento térmico e acústico. A norma em que o estudo se baseou para avaliar os resultados obtidos das medições, foi a NBR 15575:2013 – Desempenho de edificações habitacionais e a obtenção dos resultados foram adaptações das ISO's (International Organization for Standardization) que a NBR 15575:2013 indica de acordo com o estudo a ser feito, seja ele térmico ou acústico. Por fim, o estudo mostrou que o método construtivo industrializado, parede de concreto moldada no local pode substituir o método da alvenaria convencional pois seus desempenhos foram melhores ou similares ao da alvenaria.

Palavras-chave: Comparativo térmico e acústico, Parede de concreto moldada no local, construção civil.

ABSTRACT

BALTOKOSKI, Patrick Luan Cardoso. Thermal and acoustic comparative between the construction methods, conventional brickwork and wall cast-in-place. 55 p. Monografia. (Curso de Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Pato Branco, 2015.

This work presents a comparative study thermal and acoustic between two construction methods, these being, conventional brickwork and an construction method reputable industrialized, wall cast-in-place. For such this work presents a literature review of the two construction methods presenting its advantages and disadvantages, as well as a brief review about thermal and acoustic behavior. The standard in which the study was based to evaluate the results of the measurements, was the NBR 15575:2013 – Desempenho de edificações habitacionais (Performance of residential buildings) and the obtaining the results were adaptations of ISO'S that the NBR 15575:2013 indicates according to the study to be made, either thermal or acoustic. Finally, the study showed that the industrialized building method, concrete wall cast-in-place, can replace the conventional brickwork because its performances were better or similar to the brickwork.

Palavras-chave: Thermal and acoustic comparison, wall cast-in-place, civil construction.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de resistência (R_w) médios, de acordo com cada método construtivo	13
Tabela 2 - Vantagens e desvantagens dos principais sistemas de fôrmas	20
Tabela 3 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão	36
Tabela 4 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno.....	36
Tabela 5 - Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{2m,nT,w}$, da vedação externa.....	37
Tabela 6 - Valores de referência para bandas de terço de oitava.	39
Tabela 7 - Medições do edifício em alvenaria convencional	43
Tabela 8 - Medições do edifício em parede de concreto moldada no local.....	45
Tabela 9- Médias das temperaturas apresentadas no gráfico da figura 22	47
Tabela 10 - Médias das temperaturas apresentadas no gráfico da figura 23	48
Tabela 11 - Coeficiente de variação das temperaturas apresentadas ao longo do dia	50

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Exemplos de aplicação da argamassa de assentamento, em blocos cerâmicos	9
FIGURA 2 - Exemplo de marcação da primeira fiada	10
FIGURA 3 - Exemplo de encunhamento	11
FIGURA 4 - Thomas Edison com um modelo de casa de concreto (cerca de 1910)	15
FIGURA 5 - Edificação confeccionada a partir do método de parede de concreto moldada no local, a armadura posicionada e os elementos elétricos embutidos	16
FIGURA 6 - Edifício residencial em Bogotá na Colômbia	16
FIGURA 7 - Conjunto de fôrmas de madeira e lançamento do concreto	18
FIGURA 8 - Radier de uma obra executada em parede de concreto moldada no local	21
FIGURA 9 - Armação com treliças e instalações de eletrodutos, para paredes de concreto	22
FIGURA 10 - Eletrodutos, caixas elétricas e espaçadores	23
FIGURA 11 - Execução do gabarito de uma janela, em parede de concreto moldada no local	24
FIGURA 12 - Concretagem residencial unifamiliar	25
FIGURA 13 - Limpeza das chapas das fôrmas	26
FIGURA 14 - Incidência de uma onda sonora em uma superfície qualquer	28
FIGURA 15 - Fator solar e suas características	30
FIGURA 16 - Diagrama	31
FIGURA 17 - Planta baixa situação objetos de estudo	33
FIGURA 18 - Fachada edifício executado em Parede de concreto moldada no local	33
FIGURA 19 - Edifício executado em alvenaria convencional	34
FIGURA 20 - Os dois objetos de estudo deste trabalho	35
FIGURA 21 - Medidor de intensidade sonora	40
FIGURA 22 - Alto falante, fonte sonora	40
FIGURA 23 - Mesa da fonte sonora, notebook com software gerador dos ruídos	41
FIGURA 24 - Data Logger de Temperatura	42
FIGURA 25 - Determinação de $D_{2m,nT,w}$ para a alvenaria convencional	44
FIGURA 26 - Determinação de $D_{2m,nT,w}$ para a parede de concreto moldada no local	46
FIGURA 27 - Gráfico das maiores temperaturas externas registradas	47
FIGURA 28 - Gráfico das menores temperaturas externas registradas	48
FIGURA 29 - Gráfico da variação da temperatura no dia 21/08/2015	51

Sumário

1 Introdução	5
1.1 Delimitação do tema.....	6
1.2 Formulação da questão de estudo.....	6
1.3 Objetivos	6
1.3.1 Objetivo Geral.....	6
1.3.2 Objetivos Específicos.....	6
1.4 Justificativa	6
2 Vedações Verticais.....	8
2.1 Alvenaria convencional.....	8
2.1.1 Histórico.....	8
2.1.2 Definição.....	8
2.1.3 Materiais empregados	8
2.1.3 Processo Executivo	9
2.1.1 Desempenho Térmico	12
2.1.1 Desempenho Acústico.....	12
2.1.1 Vantagens e Desvantagens	14
2.2 Parede de concreto moldada no local.....	14
2.2.1 Histórico.....	14
2.2.2 Definição.....	15
2.2.3 Materiais empregados	17
2.2.4 Processo Executivo	20
2.2.5 Desempenho térmico e acústico.....	26
2.2.6 Vantagens e desvantagens.....	27
2.3 Comportamento acústico.....	28
2.4 Comportamento térmico.....	29
3 Metodologia	30
3.1 Estudo de caso.....	31
3.2 Desempenho Acústico.....	37
3.3 Desempenho Térmico	41
4 Apresentação e análise dos resultados.....	43
4.1 Desempenho Acústico.....	43
4.1.1 Alvenaria Convencional.....	43
4.1.2 Parede de concreto moldada no local.....	45
4.2 Desempenho Térmico	46
5.0 Conclusão.....	53
REFÊRENCIAS	55

1 Introdução

“A Engenharia é um fator determinante para o desenvolvimento econômico das nações” (LOBO, 2012, pg. 1). Cada vez mais a criação e a produção de bens de grande valor agregado fazem a diferença na balança comercial do mundo globalizado. A capacidade de inovação depende de vários fatores, entre eles a existência, quantidade e qualidade de profissionais de Engenharia. Com a rápida evolução da tecnologia e a consequente obsolescência das existentes, a formação do engenheiro deve privilegiar os conteúdos essenciais, ensinando-o a se adaptar rapidamente aos novos conhecimentos e técnicas.

Atualmente no Brasil o mercado da construção civil enfrenta diversos problemas devido à falta de inovação tecnológica no processo construtivo, conforme corrobora Caram(2012), um exemplo seria o método de vedação vertical, atualmente o mais utilizado é a alvenaria de blocos cerâmicos, considerado artesanal, independente do sistema estrutural empregado. Tal método ainda gera muitas perdas econômicas diretas e indiretas, onde indiretas considera-se o retrabalho da mão de obra e, diretas como recortes em paredes para instalação de tubos hidráulicos e elétricos. Esta característica torna o Brasil um dos países que mais desperdiça material conforme pesquisa de Miranda(2013), sendo que estes desperdícios vão tornar-se resíduos que futuramente irão gerar problemas ambientais.

Mas ainda o problema principal é a mão de obra, Machado (2013) afirma que a indústria da construção civil é a que mais sofre com a falta de qualificação profissional. Segundo a autora, três em cada quatro empresas afirmam ter dificuldade com a falta de mão de obra qualificada, isso representa 74% das companhias do setor.

Neste segmento que a inovação tecnológica participa no processo construtivo, auxiliando na industrialização e conseqüentemente uma padronização na construção, diminuindo o tempo de qualificação da mão de obra, conforme corrobora Caleiro (2014).

Como alternativa tecnológica para vedações, que é o foco deste trabalho, tem-se a alvenaria moldada no local por meio de fôrmas, sendo regulamentada pela NBR 16.055:2012 ("Parede de Concreto Moldada no Local para a Construção de Edificações - Requisitos e Procedimentos"), na qual se pode embutir os elementos hidráulicos e elétricos do projeto, evitando o retrabalho da mão de obra e o desperdício de material, além de possuir outras vantagens que será discorrido ao longo deste trabalho.

Portanto o método de parede de concreto moldada no local foi escolhido por haver uma premissa de menor dependência da mão de obra, um volume quase inexistente de resíduos, ou seja, menor impacto ambiental e uma rápida execução. Contemplando o objetivo deste trabalho, que compara o desempenho térmico e acústico entre este método e o método construtivo alvenaria convencional, buscando determinar o método mais eficiente entre os desempenhos técnicos.

1.1 Delimitação do tema

Comparativo entre os métodos construtivos, alvenaria convencional com uso de tijolo cerâmico de seis furos e parede de concreto moldadas no local, em edificações de até quatro pavimentos.

1.2 Formulação da questão de estudo

Qual entre os métodos construtivos, alvenaria convencional e parede de concreto moldadas no local, possui o melhor desempenho térmico e acústico?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho será comparar o desempenho térmico e acústico entre os métodos construtivos, alvenaria convencional e parede de concreto moldadas no local.

1.3.2 Objetivos Específicos

Avaliar o comportamento acústico das paredes de concreto moldado no local e alvenaria;

Avaliar o comportamento térmico das paredes de concreto moldado no local e alvenaria;

Analisar os resultados de desempenho térmico e acústico conforme os parâmetros da NBR 15575:2013 – Desempenho de edificações habitacionais;

1.4 Justificativa

Sendo o ramo da construção civil no Brasil hoje ser muito artesanal e, portanto, dependente da mão de obra, o método construtivo alternativo a ser comparado ao método construtivo convencional foi escolhido por ter como uma de suas premissas a menor dependência da mão de obra. Bem como uma menor geração de resíduos e menor extração

de recursos naturais como a argila, principal matéria prima para a fabricação das cerâmicas vermelhas, principais elementos de vedação no método construtivo de alvenaria convencional.

Portanto a importância deste trabalho é analisar o método construtivo de parede de concreto moldada no local, comparando ao método construtivo alvenaria convencional, buscando menores custos na construção civil, cronogramas mais enxutos e manter ou elevar a qualidade do produto, bem como facilitar ao empreendedor deste ramo, uma inserção no mercado. Oferecendo assim ao mercado uma concorrência digna e a sociedade o benefício da concorrência, preços mais justos e maior qualidade.

2 Vedações Verticais

2.1 Alvenaria convencional

2.1.1 Histórico

A necessidade de abrigo é uma das exigências básicas do ser humano, a partir da utilização das cavernas, a humanidade começou a desenvolver a arte de construir ambientes. Sendo a alvenaria uma das técnicas mais antigas e permanece empregada até os dias atuais, segundo Cavalheiro (2006).

O autor ainda cita que a alvenaria teve suas origens na Pré-História sendo assim um dos mais antigos sistemas de construção da humanidade, emprega-se na sua execução pedra, tijolo cerâmico exposto ao sol, assentados com barro, betume e mais adiante com argamassas de cal, pozolana e o que é empregado até os dias atuais, cimento Portland.

2.1.2 Definição

Pianca (1978) define o método construtivo como um sistema formado por pilares, vigas e lajes de concreto, sendo que os vãos são preenchidos com tijolos cerâmicos para vedação. Neste caso, o peso da construção é distribuído nos pilares, vigas, lajes e fundações e, por isso, as paredes são conhecidas como não portantes (não é estrutural).

O autor ainda afirma que entre as vantagens da estrutura convencional estão a possibilidade de criação de um projeto mais arrojado e a utilização de portas e janelas fora das medidas padronizadas. Apesar de ser mais caro que a alvenaria estrutural, é possível realizar qualquer tipo de reforma.

Depois da construção das paredes, torna-se necessário fazer recortes para então embutir as instalações hidráulicas e elétricas. Em seguida, deve ser iniciada a etapa de revestimento, caracterizada pela aplicação do chapisco, massa grossa, massa fina e pintura, segundo Pianca (1978).

2.1.3 Materiais empregados

Conforme o setor construtivo foi se desenvolvendo ao longo do tempo, muitas foram as modificações nos materiais, tal avanço possibilitou uma grande variedade dos tipos e das características dos materiais, adequando-se conforme as novas exigências técnicas, trazendo eficiência ao produto final e conforto aos proprietários.

Segundo Pianca (1978) os blocos cerâmicos usualmente usados são produtos oriundos de uma mistura de argila e pedra arenosa, sendo estes misturados com um pouco

de água até formar uma pasta. Em seguida esta é disposta em sua forma final para então ser cozida em fornos de alta temperatura, entre 900 e 1100 ° C.

A argamassa de assentamento terá a função de unir os blocos cerâmicos para constituir um elemento monolítico, distribuir uniformemente as cargas atuantes na parede por toda a área resistente dos blocos, selar as juntas garantindo a estanqueidade da parede, absorver as deformações naturais, como as de origem térmica e as de retração por secagem, a que a alvenaria estiver sujeita, afirma o autor Pianca (1978). Conforme ilustra a FIGURA 1.



FIGURA 1 - Exemplos de aplicação da argamassa de assentamento, em blocos cerâmicos
Fonte: Construindo, 2015.

2.1.3 Processo Executivo

Ainda o autor Pianca (1978) divide o processo executivo em três etapas, com o objetivo de trazer maior velocidade e qualidade de execução, sendo estas: marcação, assentamento e encunhamento.

2.1.3.1 Marcação

A marcação é a execução da primeira fiada da alvenaria. A marcação dos pontos deve ser feita de acordo com o projeto arquitetônico de modo a garantir a linearidade da

alvenaria. Antes da locação deverá ser verificado o nivelamento do piso, caso haja desnivelamentos é necessário remover o excesso ou aplicar argamassa nas depressões.

Recomenda-se que a marcação seja iniciada pelas paredes externas, facilitando o nivelamento das paredes. A locação das paredes deve ser feita com a utilização de cotas acumuladas buscando minimizar o acúmulo de erros de medição. Depois de marcados os eixos das paredes e verificado os esquadros, inicia-se a locação da primeira fiada em pontos estratégicos como canto de paredes, encontros e aberturas (D2R ENGENHARIA, 2015). A FIGURA 2 exemplifica a marcação da primeira fiada.

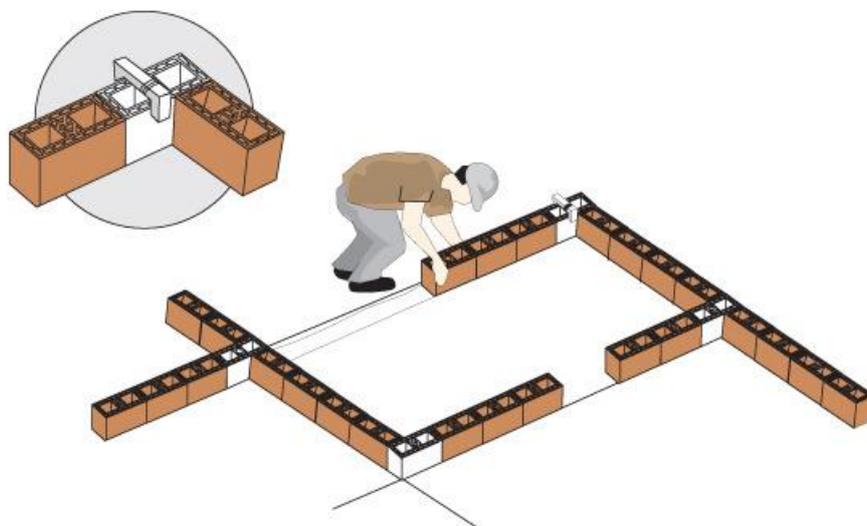


FIGURA 2 - Exemplo de marcação da primeira fiada
Fonte: Selecta blocos, 2009.

2.1.3.2 Assentamento

Deve-se considerar as posições e espessuras do projeto executivo. No assentamento dos blocos cerâmicos, as fiadas vão sendo confeccionadas umas sobre as outras de forma que as juntas verticais sejam descontínuas, conforme pôde ser observado na FIGURA 1 – Exemplos de aplicação da argamassa de assentamento, em blocos cerâmicos. Caso haja a necessidade da utilização de assentamento com juntas verticais contínuas a NBR 8545 recomenda a utilização de armadura longitudinal situadas na argamassa de assentamento. O estudo preliminar da disposição dos blocos deve ser realizado a fim de garantir que a alvenaria tenha o maior número possível de blocos inteiros trazendo maior economia, eficiência e velocidade na execução.

“O assentamento deve ser planejado de tal forma que no encontro de paredes seja realizada juntas de amarração. Devem ser executadas no mínimo 24 horas após a

execução da impermeabilização da viga baldrame, garantindo assim a estanqueidade da alvenaria” (NBR 8545, p.5, 1984).

Ainda conforme recomendação da NBR 8545:1984, em todos os vãos de portas e janelas deverão ser moldadas vergas e contra-vergas, excedendo 20 cm para cada lado do vão com altura mínima de 10 cm. Se o vão ultrapassar 2,40m elas devem ser calculadas como vigas.

2.1.3.3 Encunhamento

A respeito do encunhamento, Pianca (1978) explica que no encontro entre a alvenaria de vedação e a estrutura de concreto armado acima desta, é uma região que normalmente ocorrem fissuras, tendo em vista que a estrutura poderá transmitir esforços a este submetido para a alvenaria.

Para prevenir tais fissuras é necessário empregar materiais e técnicas que possam absorver tais esforços, além de maximizar a aderência entre as partes.

Para sua execução, a alvenaria deve ter sido concluída há no mínimo 14 dias, e a superfície deve estar totalmente limpa, sem qualquer tipo de pó, óleo, eflorescências ou outros materiais que prejudiquem a aderência. O encunhamento deve ser realizado de cima para baixo, com intervalo mínimo de 24 horas entre os pavimentos, de maneira a dar tempo para a estrutura se deformar.



FIGURA 3 - Exemplo de encunhamento
Fonte: UFRGS, 2011.

2.1.1 Desempenho Térmico

“A sociedade é vulnerável às variáveis climáticas, a saúde humana, a energia e o conforto são afetados mais pelo clima, mais do que por qualquer outro elemento do ambiente. As mudanças fisiológicas do homem respondem às mudanças no tempo atmosférico e das condições que se instalam, por exemplo, algumas doenças são induzidas pelo clima em tempos diferentes. Os elementos do clima que afetam diretamente as funções fisiológicas do homem incluem: radiação, temperatura, umidade, vento e pressão atmosférica”(RODRIGUES, 2010, 1).

Ciente da relevância do conforto térmico à saúde humana, a avaliação de desempenho térmico é bastante complexa, envolve o edifício como um todo e está inteiramente ligada às suas condições de implantação, como posição do sol pela manhã ou pela tarde, altitude em que está localizado, zona bioclimática, entre outras.

O desempenho térmico das paredes de vedação, assim como as demais propriedades diretamente ligadas às condições de conforto e habitabilidade da edificação, deve ser avaliado considerando-se todos os demais componentes de vedação vertical e também das vedações horizontais. Ou seja, depende da característica de todos os elementos construtivos presentes no ambiente.

Segundo Roriz (2013) para ter-se um bom desempenho térmico, deve ser analisado em conjunto algumas características importantes do material, boa resistência térmica que, quanto maior, menor será a intensidade de troca de calor com outro ambiente, por exemplo em um inverno rigoroso onde há troca de calor entre o ambiente interno e o externo. E a capacidade térmica que determina a quantidade de calor que um precisa receber para alterar sua temperatura. Tais características estão intimamente ligadas a densidade do material.

Portanto na alvenaria convencional os valores de resistência e capacidade térmica, estão diretamente ligadas ao tijolo cerâmico que será usado. Bem como seu acabamento, a espessura do reboco também irá influenciar.

2.1.1 Desempenho Acústico

Segundo Jankovitz (2014) o desempenho acústico de um elemento de uma edificação depende intimamente das características dos seus materiais constituintes, espessuras e execução, sendo sensivelmente alterada pela qualidade das interfaces com outros elementos e pelas esquadrias ou outros componentes de fechamento de aberturas nela contida.

O autor ainda afirma que a capacidade de tal elemento de isolar o ruído de modo a não perturbar as atividades cotidianas do morador, é uma grande determinante do desempenho, e consequentemente do conforto acústico. O bom isolamento acústico da habitação é a garantia de um repouso adequado e de condições ambientais favoráveis de lazer, trabalho e estudo, evitando o desgaste mental entre outras consequências malélicas a saúde e a produtividade das pessoas. Sendo então uma necessidade de isolamento não somente entre o ambiente externo e interno, mas também o isolamento acústico adequado entre os cômodos da mesma edificação, quando destinadas ao repouso noturno, ao lazer doméstico e ao trabalho intelectual.

A unidade de medida neste desempenho são os decibéis, sendo que o decibel (dBA) é uma unidade logarítmica que indica a proporção de uma quantidade física (geralmente energia ou intensidade) em relação a um nível de referência especificado ou implícito. Uma relação em decibéis é igual a dez vezes o logaritmo de base 10 da razão entre duas quantidades de energia.

A seguir segue-se a tabela 1, com valores de Resistencia (R_w) médios de acordo com cada método construtivo.

Tabela 1 - Valores de resistência (R_w) médios, de acordo com cada método construtivo

Tipo de parede	Largura do bloco / tijolo	Revestimento	Massa aproximada	R_w (dBA)
Blocos vazados de concreto	9cm	argamassa 1,5cm em cada face	180 kg/m ²	41
	11,5cm		210 kg/m ²	42
	14cm		230 kg/m ²	45
Blocos vazados de cerâmica	9cm	argamassa 1,5cm em cada face	120 kg/m ²	38
	11,5cm		150 kg/m ²	40
	14cm		180 kg/m ²	42
Tijolos maciços de barro cozido*	11cm	argamassa 2cm em cada face	260 kg/m ²	45
	15cm		320 kg/m ²	47
	11 + 11cm**		450 kg/m ²	52
Paredes maciças de concreto armado	5cm	sem revestimento	120 kg/m ²	38
	10cm		240 kg/m ²	45
	12cm		290 kg/m ²	47
Drywall	2 chapas + lâ de vidro	sem revestimento	22 kg/m ²	41
	4 chapas		44 kg/m ²	45
	2 chapas + lâ de vidro		46 kg/m ²	49

Fonte: Thomaz, 2013.

(*) valores indicados pela Universidade de Coimbra

(**) parede dupla 11 + 11cm, espaço interno de 4cm preenchido com manta de lâ de rocha 70 kg/m³

2.1.1 Vantagens e Desvantagens

Um dos métodos mais utilizados e aceito pela sociedade, as paredes de alvenaria de blocos cerâmicos tem algumas vantagens, SANTOS (2013, p.22) cita algumas delas e também algumas desvantagens.

Entre as vantagens:

- Bom isolamento térmico e acústico;
- Boa estanqueidade à água;
- Boa resistência ao fogo;
- Durabilidade superior a cem anos, sem proteção e sem manutenção;
- Menores limitações de projeto arquitetônico;
- Portas e janelas podem ser utilizadas fora de medidas padronizadas;
- Possibilidade de reformas;

E algumas das desvantagens seriam:

- Como não se utiliza projeto de alvenaria, as soluções construtivas são improvisadas durante a execução dos serviços.
- Qualidade deficiente dos materiais utilizados e da execução;
- Muitos retrabalhos na execução dos rasgos para passagens das tubulações hidráulicas e elétricas;
- Necessidade de revestimentos adicionais para buscar uma textura lisa;
- Alta geração de resíduos durante execução;
- Fonte não renováveis de matéria prima de alguns elementos construtivos;

2.2 Parede de concreto moldada no local

2.2.1 Histórico

Segundo Cement (2014) a tecnologia de parede de concreto moldada no local, data desde antes de 1850, não muito após a criação da patente do cimento Portland. O uso predominante de fôrmas removíveis era para fabricação de habitações unifamiliares de baixo custo.

Thomas Edison (1910) foi um dos primeiros a reconhecer o potencial do método para edificações de alto valor agregado e a fazer projetos demonstrativos de habitações unifamiliares feitas inteiramente de concreto, conforme nos mostra a FIGURA 4.



FIGURA 4 - Thomas Edison com um modelo de casa de concreto (cerca de 1910)
Fonte : Cement, 2014.

Desde então muitos avanços tecnológicos ocorreram neste método, concretos aditivados, métodos de cura mais eficazes para evitar as fissurações, fôrmas mais baratas e eficazes, fizeram com que a técnica construtiva fosse bem aceita.

2.2.2 Definição

“Elemento estrutural autoportante, moldado no local, com comprimento maior que dez vezes sua espessura e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede” (NBR 16055, 2012, p.3). A norma também considera as paredes como sendo concretadas com os elementos de fachada e armaduras. Já as instalações elétricas e hidráulicas podem ou não ser embutidas.

Ainda da norma, considera-se também que as lajes e as paredes funcionam como um único sistema. Sendo assim, as paredes possuem uma finalidade estrutural também. A FIGURA 5 mostra uma edificação confeccionada a partir do método de parede de concreto moldada no local, a armadura posicionada e os elementos elétricos embutidos.

No Brasil este método é amplamente utilizado em edificações de baixo custo de caráter social, como programas sociais do governo, Minha Casa Minha Vida, sendo estes edifícios tanto unifamiliares como multifamiliares, térreos, ou de mais pavimentos. Porém a norma prevê apenas edificações de até cinco pavimentos, apesar disso, fora do país podemos encontrar edificações com mais andares utilizando este sistema, conforme FIGURA 6.



FIGURA 5 – Edificação confeccionada a partir do método de parede de concreto moldada no local, a armadura posicionada e os elementos elétricos embutidos
Fonte : Lima, 2012.



FIGURA 6 – Edifício residencial em Bogotá na Colômbia
Fonte : Ponzoni, 2013.

2.2.3 Materiais empregados

2.2.3.1 Concreto

Sendo o principal componente do sistema de parede de concreto moldada no local, este material é que irá garantir a durabilidade e a segurança do sistema estrutural, o segundo, em conjunto com a armadura. Portanto, devido à grande importância deste material deve-se ter um bom controle de qualidade, tanto de produção do concreto quanto da logística até o local da execução e o controle de recebimento do mesmo.

Segundo Mayor (2012) o concreto deve ser especificado conforme as Normas Brasileiras. Primeiramente é preciso que o responsável pelo projeto estrutural informe qual a resistência característica do concreto na idade de controle f_{ck} , habitualmente aos 28 dias, qual a classe de agressividade do ambiente em que será executado a obra, que irá influenciar diretamente no cobrimento da armadura. Com essas informações será possível determinar a relação água/cimento máxima e o consumo mínimo de cimento, sendo fundamental que este concreto tenha massa específica entre 2300 e 2400 kgf/m³.

O autor continua, afirmando que no sistema construtivo de parede de concreto moldada no local é muito importante que o concreto possua características como trabalhabilidade e fluidez, visto que a espessura mínima das paredes é de 10 cm e com uma tela de aço centrada, dificultando ou eliminando o uso de aparelhos auxiliares como vibradores de concreto.

Por este motivo é incentivado o uso de concreto autoadensável, normatizado pela NBR 15823, que deverá ser bombeado com classe de espalhamento mínima SF1- 550 a 650mm.

A FIGURA 7 mostra o conjunto de fôrmas e o lançamento do concreto.



FIGURA 7 - Conjunto de fôrmas de madeira e lançamento do concreto
Fonte : Mandnconcrete, 2012.

2.2.3.2 Fôrmas

Nakamura (2014) explica que é evidente que as fôrmas possuem uma grande relevância, sendo elementos construtivos provisórios nem sempre recebem a devida atenção. Porém como neste sistema é menor a quantidade de elementos construtivos auxiliares, e o alto custo das fôrmas, elas possuem ainda mais importância, passíveis de estudos para o melhor desempenho e menor custo. O autor ainda afirma que elas desempenham importantes funções, tais como:

- Garantir a geometria do projeto arquitetônico, dimensões e formatos;
- Junto com o cimbramento garante o posicionamento da armadura;
- Manter a conformação do concreto fresco;
- Proteção do concreto não curado;
- Evitar a fuga de finos como a nata do cimento, devendo ser estanques;
- Limitar a perda de água do concreto fresco;

2.2.3.2.1 Critério de escolha das fôrmas

A utilização de fôrmas adequadas potencializa os ganhos do sistema construtivo parede de concreto moldada em local. Devendo-se levar em conta características como manuseio, durabilidade e custo.

Para definição da escolha das fôrmas, Nakamura (2014) cita alguns fatores que são relevantes, tais como:

- Produtividade da mão de obra na montagem do conjunto;

- Durabilidade do material constituinte da chapa e estrutura;
- Número de reutilizações;
- Peso por m² das fôrmas;
- Modulação e flexibilidade das fôrmas (interferem no projeto arquitetônico);
- Adequação da fixação dos embutidos elétricos e hidráulicos;

2.2.3.2.2 Principais tipos de fôrmas

Segundo Silva (2009) o sistema de fôrmas de alumínio é constituído por painéis fabricados com perfis estruturais de alumínio e chapas também de alumínio. Suas dimensões variam de acordo com o projeto do cliente. Os projetos são elaborados caso a caso e os equipamentos fabricados sob medida, uma vez que os sistemas de fôrmas são vendidos. A largura do painel é limitada conforme o peso, para que se consiga uma boa produtividade na montagem e desmontagem manuais das fôrmas. Em geral o limite é de cerca de 60 cm, porém podem ser construídos módulos maiores. O travamento das fôrmas é feito a partir de pinos e cunhas, com espaçadores internos reutilizáveis que, além de conferir espaçamento entre as faces das fôrmas, conforme espessura do projeto da parede.

De acordo com Silva (2009), fôrmas plásticas são montadas a partir de uma série de módulos intercambiáveis de diversos tamanhos, os quais contem características de encaixe tipo macho e fêmea. Uma vez unidos, esses módulos podem formar uma variedade de fôrmas para concreto, que atende a modulações de até 5mm. O travamento do sistema de fôrmas é feito a partir de quadros metálicos, barras de ancoragem, com limitadores para cada espessura de parede.

“Sistema metálico com contato em madeira, são painéis metálicos combinados a uma chapa de compensado plastificado, disponíveis em diversas medidas, permitindo a combinação geométrica em função das mais variadas medidas de cada projeto. Sua montagem é feita a partir do uso de escoras prumadoras, peças para alinhamento e barras de ancoragem” (Cichinelli, 2010, p.1).

2.2.3.2.3 Vantagens e desvantagens dos principais tipos de fôrmas

Para a escolha do tipo de fôrma, Nakamura (2014) explica que deve ser levado em conta alguns aspectos como, economia, características do projeto arquitetônico, qualidade exigida no acabamento final e facilidade no fornecimento. O sistema construtivo de

parede de concreto moldada no local exige uma mão de obra especializada para a montagem das fôrmas.

A tabela 2 apresenta as principais vantagens e desvantagens dos principais tipos de fôrmas.

Tabela 2 - Vantagens e desvantagens dos principais sistemas de fôrmas

Sistema de Fôrmas	Vantagens	Desvantagens
Alumínio	<ul style="list-style-type: none"> • Painéis duráveis; • Equipamento leve; • Qualidade no prumo e alinhamento; • Bom acabamento superficial; • Rapidez na montagem dos painéis; • Boa estanqueidade; 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto custo para aquisição; • Pouca disponibilidade no mercado nacional; • Dificuldade de modulação; • Necessidade de captação de mão de obra;
Plásticas	<ul style="list-style-type: none"> • Equipamento leve; • Baixo custo de aquisição; • Possibilidade de modelação; • Disponibilidade de locação; 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldades com prumo e alinhamento; • Acabamento superficial ruim; • Menor durabilidade; • Poucos fornecedores;
Convencionais (Chapas de compensado plastificado e estrutura metálica)	<ul style="list-style-type: none"> • Equipamentos nacionais, tendo um custo menor; • Maior durabilidade; • Montagem fácil; • Bom acabamento superficial; • Grande disponibilidade; 	<ul style="list-style-type: none"> • Painéis mais pesados; • Necessidade de troca frequente das chapas; • Dificuldade de modulação; • Grande quantidade de peças soltas;

Fonte: Nakamura, 2014.

2.2.4 Processo Executivo

Para Massuda e Misurilli (2009) o processo executivo do sistema de parede de concreto moldada no local deve seguir a seguinte ordem:

- Fundação;
- Fixação das Armaduras;
- Instalação dos embutidos hidráulicos e elétricos;
- Montagem das fôrmas;
- Concretagem;
- Desforma e limpeza das fôrmas;
- Cura do concreto;

2.2.4.1 Fundação

Neste sistema construtivo não há restrições quanto ao tipo de fundação a ser executada, podem ser empregadas sistemas de fundação como sapata corrida, *radier*, blocos de coroamento para estacas ou tubulões conforme especificação do projeto de fundação.

Independente da opção escolhida, ela deve ser executada com um nivelamento rigoroso, garantindo assim uma correta montagem do sistema de fôrmas. É recomendada a construção de uma laje/piso na cota do terreno para que sirva de apoio ao sistema de fôrmas e elimine a possibilidade de se trabalhar em terreno bruto. A laje/piso deve ser construída excedendo as dimensões iguais à espessura dos painéis externos das fôrmas facilitando a montagem. Se a escolha da fundação for o *radier*, a construção da calçada externa junto com a laje de fundação traz velocidade e facilidade no apoio dos painéis. (MASSUDA; MISURELLI, 2009).

A laje/piso térreo executada de maneira correta, no nível exigido e sem nenhum tipo de ondulação, irá garantir que os demais pavimentos superiores estejam no prumo. A FIGURA 8 a seguir mostra a fundação em *radier* de uma obra executada em parede de concreto moldada no local.



FIGURA 8 - Radier de uma obra executada em parede de concreto moldada no local
Fonte: Comunidade da Construção, 2012.

2.2.4.2 Fixação das Armaduras

A quantidade de aço empregado e suas características irão variar de acordo com a dimensão da edificação e das cargas atuantes, variando muito de edificação a edificação. Segundo Massuda e Misurilli (2009) é utilizado comumente em habitações populares, as

treliças são usadas em pontos estratégicos detalhados no projeto estrutural. Janelas e portas recebem reforços com treliças ou com armadura convencional.

Os autores ainda afirmam que as armaduras devem atender a três requisitos básicos:

- Resistir a esforços de flexotorção nas paredes;
- Controlar a retração do concreto;
- Estruturar e fixar as tubulações elétricas, hidráulicas e gás;

Para garantir o correto posicionamento da armadura e a geometria na fixação dos painéis, é necessária a aplicação de espaçadores na armação, tubulações hidráulicas e eletrodutos a fim de garantir a cobertura mínima de concreto, evitando futuras fissuras e eventuais exposições da armadura.

A FIGURA 9 a seguir, armação com treliças e instalação de eletrodutos de uma habitação popular.



FIGURA 9 – Armação com treliças e instalações de eletrodutos, para paredes de concreto
Fonte: Everton de Britto Santos, 2013.

2.2.4.3 Instalação dos embutidos hidráulicos e elétricos

Para Santos (2013) após a fixação da armadura inicia-se a passagem das tubulações hidráulica, gás, os eletrodutos, as caixas elétricas e os quadros de distribuição. A marcação desses pontos deve seguir rigorosamente os projetos específicos para haver um perfeito encaixe nos moldes. Os pontos devem estar perfeitamente fixados para evitar deslocamentos na concretagem. A FIGURA 10 apresenta a fixação dos eletrodutos, das caixas elétricas e dos espaçadores.



FIGURA 10 – Eletrodutos, caixas elétricas e espaçadores
Fonte: Everton de Britto Santos, 2013.

2.2.4.4 Montagem das fôrmas

Segundo Venturini (2011) antes de se iniciar a montagem das fôrmas, é necessário marcar na laje/piso as linhas das faces internas e externas das paredes, de modo a orientar seu posicionamento. A seguir instala-se as guias de alinhamento, constituídas de cantoneiras devem ser parafusadas na laje/piso de modo a alinhar a base da fôrma.

O autor continua, afirmando que a montagem da fôrma vai depender do sistema de fôrmas, o que todas têm em comum é o fato de haver um projeto de fôrmas que deverá ser seguido, conforme sequência indicada. Também comum a todos os sistemas de fôrmas é a aplicação do desmoldante, líquido oleoso que terá a função de impedir que o concreto se fixe na superfície em contato da fôrma, facilitando então a desmontagem da fôrma e garantindo uma melhor qualidade do acabamento superficial do concreto. O desmoldante deverá ser escolhido de acordo com o tipo de material que compõe a fôrma. As fôrmas possuem gabaritos para as esquadrias, de acordo com o projeto arquitetônico.

A FIGURA 11 mostra a fixação do gabarito da janela:



FIGURA 11 – Execução do gabarito de uma janela, em parede de concreto moldada no local
Fonte: Venturini , 2011.

2.2.4.5 Concretagem

A concretagem irá levar em conta o tipo de concreto, discutido anteriormente no item 2.2.3.1 deste trabalho. Alguns pontos deverão ser levados em conta no momento da aplicação do concreto nas fôrmas, conforme cita Missuda e Misurilli (2009):

- Iniciar por um dos cantos da construção até que as paredes próximas estejam cheias;
- Repetir o procedimento nos quatro cantos, mas primeiro o canto oposto;
- Pontos nas linhas elevadas (telhado);
- O concreto deve ser lançado o mais próximo possível de sua posição final;
- A utilização de bombas para o lançamento do concreto, reduz a possibilidade de falhas durante a concretagem;
- Não deve haver interrupções com duração superior a 30 minutos;

A FIGURA 12 mostra a concretagem de um residencial unifamiliar.



FIGURA 12 – Concretagem residencial unifamiliar
Fonte: Usimak, 2012.

No caso de o concreto usado não for auto adensável, deverá então ser vibrado com equipamentos adequados, para que garanta o preenchimento de todos os espaços das fôrmas, evitando vazios e conseqüentemente problemas futuros.

2.2.4.6 Desforma e limpeza das fôrmas

Após 12 horas da concretagem o concreto atinge uma resistência de 1 Mpa e assim é possível começar a desforma, minimizando os impactos para evitar o surgimento de fissuras (VENTURINI, 2011).

Para a limpeza é recomendado o uso de jatos de água com pressão controlada para não danificar a chapa das fôrmas, também poderá realizar a limpeza da crosta de concreto com o uso de espátulas plásticas e escovas com água. Após a limpeza deverá ser aplicada o desmoldante.

A FIGURA 13 mostra a limpeza dos painéis das fôrmas com a utilização de espátula.



FIGURA 13 – Limpeza das chapas das fôrmas
Fonte: Venturini , 2011.

2.2.4.7 Cura do concreto

Após a desforma, a NBR 16055:2012 especifica que “A cura do concreto deve ser sempre executada”, quanto mais cedo for feita a cura, menor será a possibilidade de surgirem fissuras superficiais devido à grande área exposta ao sol, tal área poderia sofrer retração, que então se originaria tais fissuras.

Conforme cita a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2012, p.35), a cura do concreto é feita para:

- Evitar a perda de água pela superfície exposta;
- Assegurar uma superfície com resistência adequada;
- Assegurar a formação de uma capa superficial durável;

A NBR 16055 (2012, p.35) afirma que executando a cura deste modo, irá proteger o concreto contra mudanças bruscas de temperaturas, secagem rápida, chuva forte, água torrencial, congelamento, agentes químicos, choques e vibrações de intensidade que podem produzir fissuras superficiais. A norma ainda cita que para que se desenvolva a resistência e durabilidade adequada, a cura do concreto deve ser sempre executada, evitando-se a secagem prematura. Quanto mais cedo for feita a cura, menor a possibilidade de surgirem fissuras superficiais devido à grande área exposta.

2.2.5 Desempenho térmico e acústico

Conforme explica Arêas (2013), a NBR 16055:2012 Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações, não faz menção ao uso de materiais específicos

de tratamento térmico e acústico. Tal desempenho ficara a cargo do tipo de concreto escolhido.

Para o desenvolvimento do referencial teórico foram estudados muitos trabalhos a respeito do desempenho térmico, e o tipo de concreto que mais ganhou destaque devido aos desempenhos térmico e acústico foi o concreto celular. Além de possuir boa fluidez e alta trabalhabilidade, dispensando a vibração, com o uso deste concreto obteve-se menores valores de transmitância térmica com a mesma espessura de parede, visto que tem menor condutividade térmica que o concreto convencional devido as bolhas de ar incorporadas no concreto.

2.2.6 Vantagens e desvantagens

O sistema de parede de concreto moldada no local apresenta diversas vantagens em relações aos sistemas construtivos convencionais, como por exemplo, Corrêa (2012) cita alguns:

- Alta velocidade de produção;
- Maior industrialização do processo;
- Maior controle de qualidade, dado pela utilização de materiais com maior controle tecnológico;
- Sistema racionalizado;
- Baixa geração de resíduos;
- Econômico para empreendimentos de alta repetitividade, como condomínios e edifícios residenciais;
- Maior uniformidade;

Entretanto, o sistema apresenta algumas desvantagens, como:

- Baixa flexibilidade arquitetônica;
- Paredes não removíveis;
- Necessidade de mão de obra qualificada;
- Dificuldade de manutenção das instalações hidráulicas e elétricas (embutidas na parede);
- Antieconômica para empreendimentos de baixa repetitividade ou de grande complexidade arquitetônica;
- Mais suscetível à retração do que as estruturas convencionais;

2.3 Comportamento acústico

Pilling (2013) explica que o som é a propagação de uma perturbação mecânica em meio material, ou seja, uma onda de classificação mecânica. Esta onda possui características que fazem com que haja variação no comportamento acústico de uma estrutura, como a frequência e a intensidade sonora.

Segundo o autor, o comportamento acústico de uma estrutura possui algumas propriedades com características parecidas com propriedades do comportamento térmico, tendo em vista que assim como a radiação solar é propagada por ondas, no parágrafo anterior foi discernido que o som se propaga da mesma maneira, o que irá diferenciar será a maneira com que essa onda será absorvida, refletida ou transmitida por meio do componente de vedação.

Fator determinante para se definir o comportamento acústico, o isolamento acústico é a capacidade de um material refletir a onda de propagação impedindo de atravessá-lo, Jankovitz (2014) cita que normalmente materiais mais densos possuem um maior isolamento acústico por terem menores volumes de vazios, enquanto materiais menos densos possuem uma melhor absorção acústica, devido a presença de poros. A figura 15 exemplifica as características de reflexão, absorção e transmissão de uma onda sonora.



FIGURA 14 - Incidência de uma onda sonora em uma superfície qualquer
Fonte: melhor acústica, 2013.

2.4 Comportamento térmico

Roriz (2013) afirma que o comportamento térmico de uma estrutura é como ela irá se comportar em determinadas temperaturas e na variação desta. As principais variáveis serão as características arquitetônicas como orientação solar, acabamento da superfície, aberturas para ventilação e as características dos materiais e métodos construtivos o qual este trabalho dará ênfase. As variáveis dos materiais e métodos construtivos são definidas por determinadas propriedades térmicas, como a capacidade térmica, a transmitância térmica e ao fator solar.

Na concepção de Roriz (2013) a capacidade térmica é a quantidade de energia que um objeto precisa receber para que ocorra uma variação na temperatura deste. Quanto maior a capacidade térmica do objeto, mais energia ele irá precisar para variar a temperatura. De modo geral os valores de capacidade térmica são mais altos em materiais densos, o autor comenta que em climas com maiores amplitudes térmicas, sistemas construtivos mais espessos e mais densos acumulam calor nas horas mais quentes do dia e o liberam durante a madrugada, quando o ar é normalmente mais frio, diminuindo as oscilações das temperaturas internas proporcionando maior conforto aos usuários.

O autor ainda explana que a transmitância térmica é o tempo de transmissão de calor através de uma área unitária de um componente construtivo, induzida pela diferença de temperatura entre dois ambientes.

Segundo Roriz (2013) fator solar é o conjunto de algumas propriedades com relação a radiação solar, sendo esta propagada por ondas eletromagnéticas. As propriedades são: A refletância que depende da cor e do polimento da superfície e especifica quanto da radiação solar o componente irá refletir. A transmitância à radiação solar que só tem valor para superfícies transparentes ou translúcidas. E a absorvância à radiação solar, que como o nome diz é a capacidade de o componente absorver a radiação solar e transformar em calor. A figura 14 exemplifica a relação fator solar.

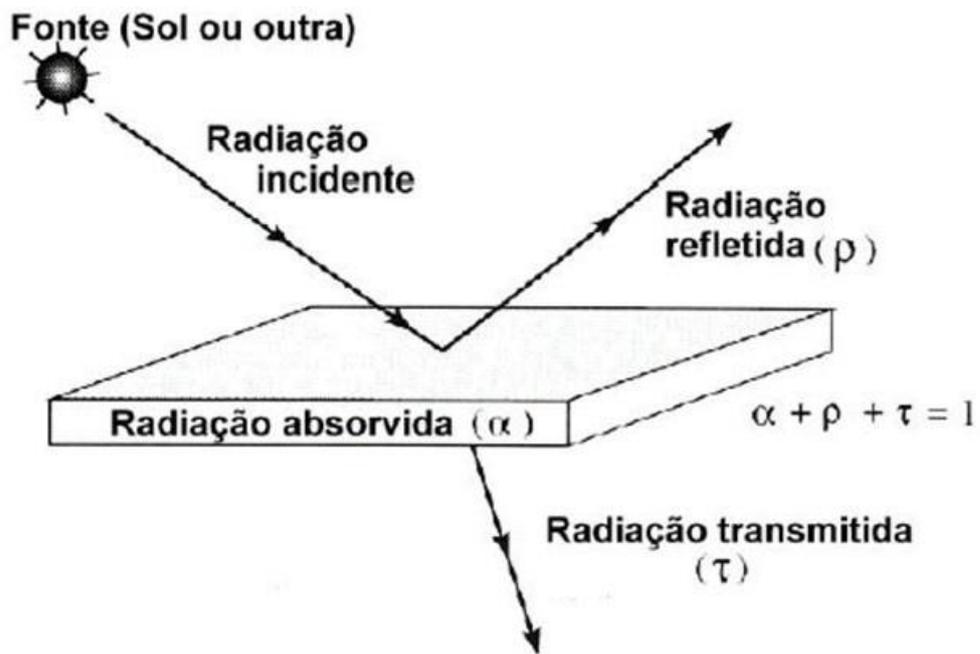


FIGURA 15 - Fator solar e suas características
 Fonte: Pinto, 2008.

3 Metodologia

A abordagem deste trabalho se classifica em qualitativo e quantitativo, devido ao fato de abordar resultados dos desempenhos acústicos e térmicos, quanto aos

procedimentos técnicos é classificado como pesquisa bibliográfica e estudo de caso. Por fim tal trabalho se caracteriza explicativa em relação aos objetivos.

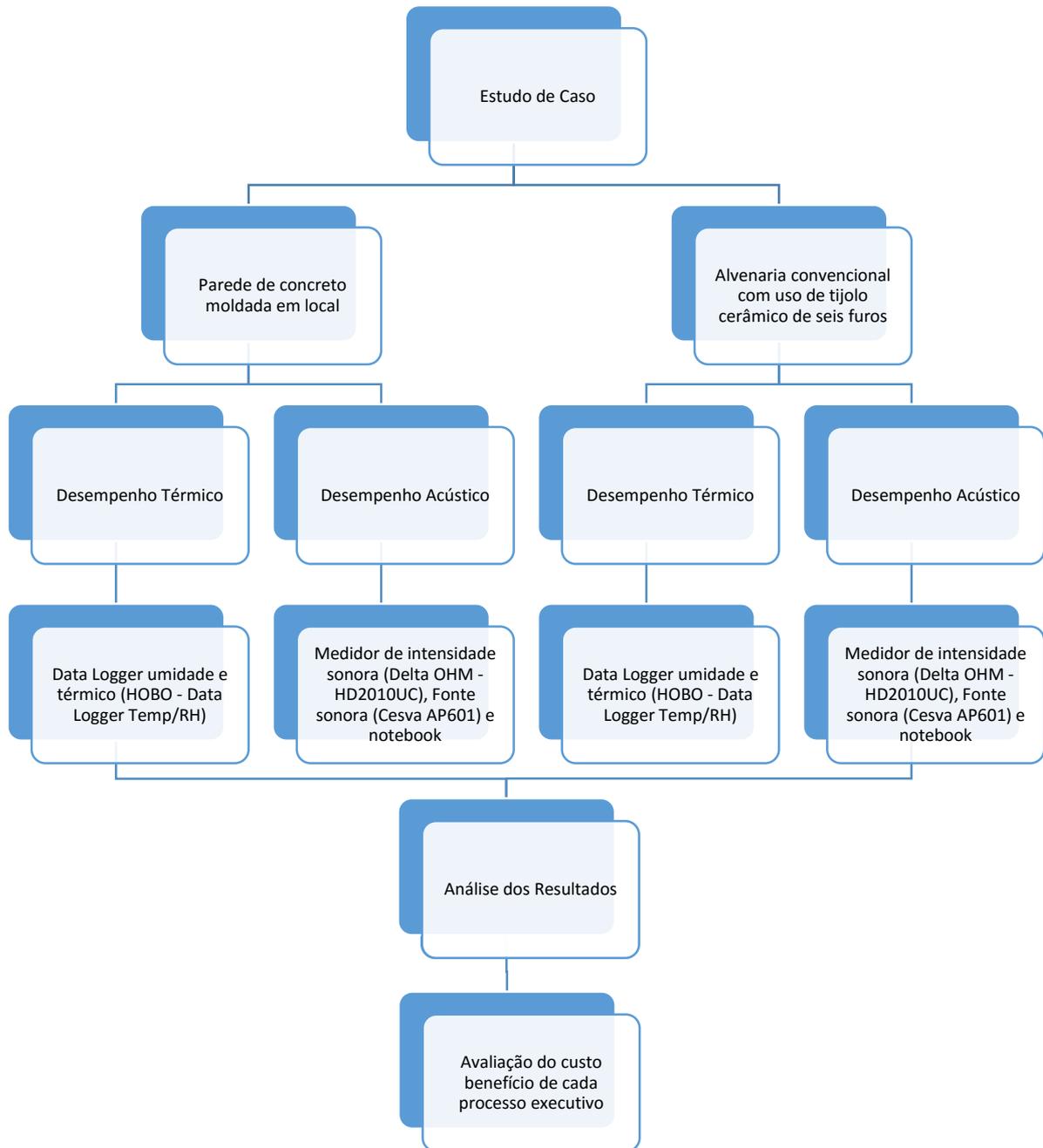


FIGURA 16 – Diagrama
Fonte : Autor, 2015.

3.1 Estudo de caso

Como objetos de estudo deste trabalho foram escolhidos 2 edifícios com as mesmas características arquitetônicas, localização e posicionamento.

O primeiro objeto de estudo escolhido foi um edifício executado pelo método construtivo alvenaria convencional de 4 pavimentos sendo o térreo comercial e os andares superiores com 2 apartamentos por andar, a fachada do edifício foi executada com tijolos 6 furos assentadas meia vez com largura de 9cm e a camada de revestimento com 1,5cm em cada lado da parede, a direção da vista frontal está voltada para o sudoeste. Jacoby (2011) sugere que a massa específica média de uma parede de alvenaria é de 1300 kg/m³. Este objeto de estudo já estava concluído e já sendo ocupado por moradores.

O segundo objeto de estudo, sendo este de maior relevância ao trabalho conforme explanado nos capítulos anteriores, onde classificam a alvenaria convencional como artesanal e se propõe comparar os desempenhos acústicos e térmicos aos de um processo executivo alternativo industrializado, o processo construtivo parede de concreto moldada no local, com 4 pavimentos e 2 apartamentos por andar o edifício é inteiro residencial. A execução da vedação vertical deste edifício que também tem a função estrutural não seguiu as orientações da normativa brasileira que a rege, a NBR 16055:2012 estabelece que a espessura mínima das paredes de fachada devem ser de 10cm, no objeto de estudo as paredes de fachadas foram executadas com 8cm de espessura e feito seu acabamento com um revestimento de argamassa de 1,5cm somente nas paredes externas para corrigir imperfeições. A mesma NBR ainda sugere o uso de concreto auto adensável, tendo em vista a dificuldade de se adensar um concreto comum em meio a 10cm de espessura com malha de aço no seu centro, nesta edificação em estudo foi usado o concreto comum, feito em obra. Já citado anteriormente no item 2.2.3.1, a massa específica da parede de concreto moldada no local deve ter entre 2300 e 2400 kg/m³. Tal objeto de estudo estava em fase de acabamento, sendo os testes de desempenho realizados nas partes que já receberam o acabamento final.

Os objetos deste estudo, estão localizados no loteamento Nossa Senhora da Salete, no bairro Jardim Colina, da cidade de Dois Vizinhos, no estado do Paraná. A mesma, segundo a NBR 15220-3:2005 foi classificada como Zona Bioclimática 2 (Z2). A seguir na figura 17 mostra uma mapa de situação dos dois objetos de estudo, e nas figuras 18 e 19 é apresentado as fachadas dos dois objetos de estudo, sendo na alvenaria apenas parte de sua fachada.

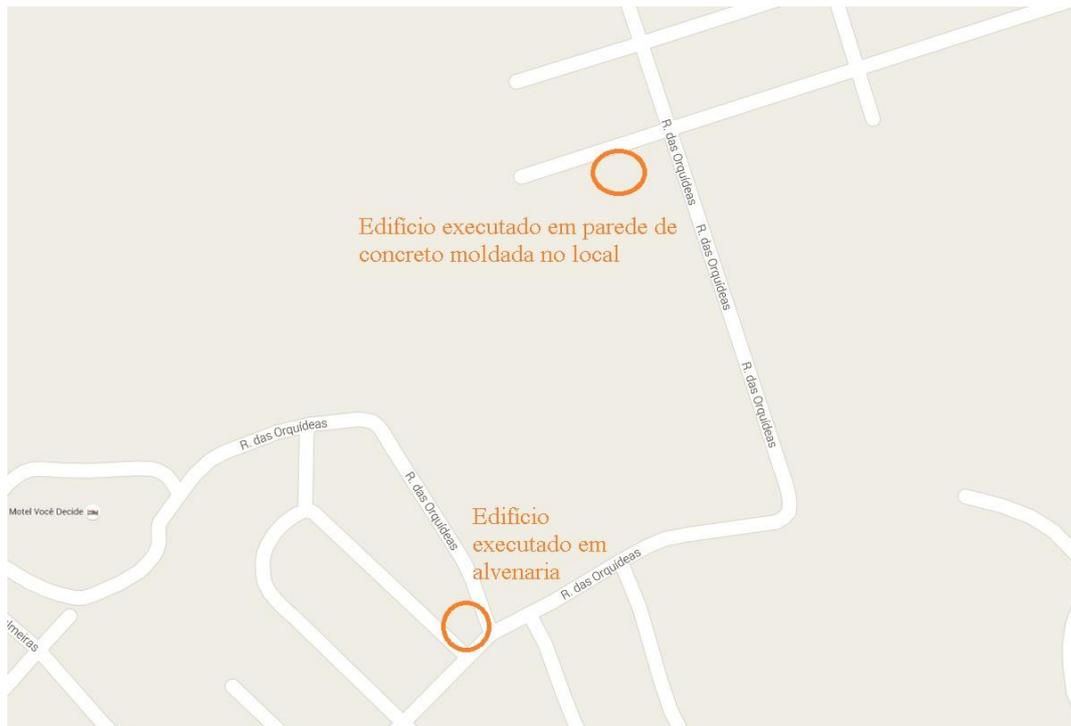


Figura 17 - Planta baixa situação objetos de estudo
Fonte: Autor, 2015



Figura 18 - Fachada edifício executado em Parede de concreto moldada no local
Fonte: Autor, 2015.



Figura 19 - Edifício executado em alvenaria convencional
Fonte: Autor, 2015.

Na figura 20 pode-se observar que não há bloqueio material, seja ele natural (natureza) ou artificial (construções) entre os dois objetos de estudo deste trabalho, e a distância relativa entre os mesmos.



FIGURA 20 - Os dois objetos de estudo deste trabalho
Fonte: Autor, 2015.

A norma em que o estudo foi baseado é a NBR 15575:2013 – Desempenho de edificações habitacionais, sendo que a Parte 1- Requisitos Gerais aponta os valores de referência de desempenho térmico e acústico e a Parte 4- Sistemas de vedações verticais internas e externas apresenta os métodos disponíveis para a verificação do desempenho acústico.

A seguir as tabelas 3 e 4 citam os valores de referência para o desempenho térmico, os quais serão comparados aos resultados obtidos. Sendo os níveis de desempenho divididos em mínimo (M), intermediário (I) e superior (S).

Já a tabela 5 apresenta os valores de referência mínimos de diferença padronizada a nível ponderada $D_{2m,nT}$ de acordo com a localização da habitação, sendo os objetos de estudos enquadrados na classe de ruído I. Os níveis de desempenho estão divididos em mínimo (M), intermediário (I) e superior (S).

Tabela 3 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$
I	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^\circ \text{C})$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 1\text{o C})$
S	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 4^\circ \text{C})$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2\text{o C})$ e $T_{i,min} \leq (T_{e,min} + 1\text{o C})$

$T_{i,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;
 $T_{e,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius;
 $T_{i,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;
 $T_{e,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius;
 NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

Fonte: NBR 15575-1, 2013.

Tabela 4 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas bioclimáticas 1 a 51)	Zonas bioclimáticas 6, 7 e 8
M	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 3^\circ \text{C})$	Nestas zonas, este critério não precisa ser verificado
I	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 5^\circ \text{C})$	
S	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 7^\circ \text{C})$	

$T_{i,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;
 $T_{e,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius;
 NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

Fonte: NBR 15575-1, 2013.

Tabela 5 - Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{2m,nT,w}$, da vedação externa

Classe de ruído	Localização da habitação	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	Nível de desempenho
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.	≥ 20	M
		≥ 25	I
		≥ 30	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥ 25	M
		≥ 30	I
		≥ 35	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.	≥ 30	M
		≥ 35	I
		≥ 40	S

Fonte: NBR 15575-4, 2013.

3.2 Desempenho Acústico

Segundo a Parte 4 da NBR 15575:2013, são três métodos disponíveis para a verificação do desempenho acústico, o método de precisão realizado em laboratório, o qual irá determinar o isolamento acústico de elementos e componentes construtivos, o método de engenharia realizado em campo, que determina em campo o isolamento sonoro global da vedação externa caracterizando de forma direta o comportamento acústico do sistema, e o método simplificado de campo, que permite obter uma estimativa do isolamento sonoro global.

Neste trabalho foi desenvolvido o método de engenharia aplicado em fachadas, sendo que a NBR 15575:2013 cita a ISO (International Organization for Standardization) 140-5: *Acoustics -- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of façade elements and façades* como descrição do método, porém esta ISO foi cancelada e em seu lugar entrou em vigor a ISO 16283:2014 *Acoustics -- Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 1: Airborne sound insulation*.

A ISO 16283-1 tem por objetivo determinar os valores de $D_{2m,nT}$, ela descreve todos os procedimentos de medição para cada caso considerado, equipamentos, princípios de medição, geração do campo sonoro, posições de microfones e alto-falantes necessárias para a realização dos testes.

Sendo $D_{2m,nT}$ a diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros.

Para medir o nível de pressão sonora médio na sala receptora foi usado um único microfone fixo movendo-o ponto a ponto, sendo necessárias pelo menos cinco posições fixas de microfone distribuídas na sala receptora para se obter o nível de pressão sonora médio. As distâncias mínimas de separação entre as medições foram 0,5m entre qualquer posição de microfone e contornos da sala e 0,5m entre diferentes posições do microfone.

Conforme descrito na ISO, para as medições o som gerado pelo alto-falante permaneceu constante na faixa de frequência considerada, que segundo a ISO deve ser de pelo menos 100Hz a 3150Hz, em bandas de terço de oitava. E a potência sonora da fonte alta o suficiente para produzir um nível de pressão sonora na sala receptora de pelo menos 6dB maior que o nível do ruído de fundo.

Os valores obtidos de $D_{2m,nT}$ pelas medições serão comparados com os valores de referência deslocados para cada faixa de frequência correspondente encontrados na ISO 717-1, conforme explica Michalski (2011). O autor esclarece que para obter tal deslocamento deve-se mover a curva dos valores de referência para cima ou para baixo em incrementos de 1dB, até que a soma das diferenças positivas entre os valores da curva referência deslocada e os valores de $D_{2m,nT}$ de todas as bandas de frequência somasse o mais próximo possível e não ultrapassando 32 dB, sendo recomendado que a diferença em cada banda de terça de oitava não supere 8 dB. Por fim, o valor de $D_{2m,nT,w}$ é o valor da curva de referência ajustada na banda de 500 Hz. A seguir a tabela 6 mostra os valores de referência segundo a ISO 717-1.

Tabela 6 - Valores de referência para bandas de terço de oitava.

Frequências (Hz)	Valores de Referência (dB)
100	33
125	36
160	39
200	42
250	45
315	48
400	51
500	52
630	53
800	54
1000	55
1250	56
1600	56
2000	56
2500	56
3150	56

Fonte: ISO 717-1, 1996.

As figuras 21, 22 e 23 mostram os equipamentos utilizados e a instalação destes no local.



FIGURA 21 - Medidor de intensidade sonora
Fonte: Autor, 2015.



FIGURA 22 - Alto falante, fonte sonora
Fonte: Autor, 2015.



FIGURA 23 - Mesa da fonte sonora, notebook com software gerador dos ruídos
Fonte: Autor, 2015.

3.3 Desempenho Térmico

Para obtenção dos dados necessários para a avaliação do desempenho térmico dos objetos de estudo, foi feito uso do equipamento Data Logger de Temperatura (Onset – Hobo Data Logger temp/RH). Foram usados três destes, sendo um fixado no lado exterior da parede do edifício de Parede de concreto moldadas no local, o segundo no lado interior de um dormitório do mesmo método construtivo e o terceiro no lado interior a um dormitório no método construtivo de alvenaria convencional.

A direção das paredes que foram fixadas os data loggers não correspondem com o que o ANEXO A da NBR 15575-1:2013 pede, nem ao qual pavimento foi fixado, tendo em vista as condições impostas pelo trabalho de campo. Porém as paredes dos dois objetos de estudo analisados são voltadas para a mesma direção, sudoeste. Sendo assim o objetivo de comparação de desempenho térmico entre os métodos permanece fiel. Os aparelhos data loggers foram fixados no primeiro andar dos dois edifícios.

Na figura 24 pode-se observar o equipamento Data Logger de temperatura usado neste trabalho.



FIGURA 24 - Data Logger de Temperatura
Fonte: Autor, 2015.

4 Apresentação e análise dos resultados

Neste capítulo serão apresentados os principais resultados da pesquisa realizada em campo nos dois objetos de estudo deste trabalho. Sendo apresentados primeiramente os dados quanto o desempenho acústico dos edifícios e posteriormente o desempenho térmico.

4.1 Desempenho Acústico

Para obtenção do valor de $D_{2m,nT}$ foram realizadas 5 medições em cada faixa de frequência estipuladas pela ISO 16283-1, sendo que o valor de cada medição foi a média de três medições realizadas. Portanto para cada sistema construtivo foram realizadas 240 (duzentos e quarenta) medições.

A apresentação dos resultados deste item será dividido em dois subitens, os quais irão expor e analisar os resultados acústicos da alvenaria convencional e da parede de concreto moldada no local separadamente.

4.1.1 Alvenaria Convencional

Conforme exposto no item 3.1 deste trabalho, o edifício construído no método construtivo alvenaria convencional está enquadrado na classe de ruído I, da tabela 5 exposta no mesmo item, portanto o valor de referência mínimo para tal será maior ou igual a 20 dB.

A seguir na tabela 7 são apresentados os valores das medições, a média das medições para cada frequência e o valor de $D_{2m,nt}$.

Tabela 7 - Medições do edifício em alvenaria convencional

Hertz	Fonte	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Medição 4	Medição 5	Média	$D_{2m,nt}$
100	79,4	37,2	43,1	46,2	43,2	36,4	43,1	36,3
125	87,1	59,3	56,8	47,2	53,2	62,0	56,8	30,3
160	90,4	53,5	48,2	48,4	48,6	48,2	48,4	42,0
200	92,4	41,3	37,4	42	45,6	45,1	42,0	50,4
250	92	49,2	47,5	55,3	43,5	54,1	49,2	42,8
315	92,2	44,1	47,2	49,8	48,3	47,7	47,7	44,5
400	90	47,5	45,1	35,3	43,2	48,9	45,1	44,9
500	89,7	44,5	47,2	48,8	46,6	45,8	46,6	43,1
630	92,6	46	49,8	43,9	40,4	48,8	46,0	46,6
800	91,7	44,1	43,4	45,5	42,9	37,8	43,4	48,3
1000	89,4	37,8	36,3	39,9	33,3	45,4	37,8	51,6

1250	91,1	46,9	36	38,2	39,1	48,1	39,1	52,0
1600	97,1	40,7	45	40	37,4	40,2	40,2	56,9
2000	100	40,8	47,4	44,7	43,9	49,4	44,7	55,3
2500	97,5	40,8	44,9	40,2	42,3	41,4	41,4	56,1
3150	93,9	36,2	35,5	33,8	35	38,2	35,5	58,4

Fonte: Autor, 2015.

Sendo o valor de $D_{2m,nt}$ a subtração do valor medido na fonte pela média dos valores das cinco medições em cada frequência, em seguida será comparada a curva referência da ISO 717-1 deslocada.

A curva de referência foi deslocada 2 dB conforme descrito no sétimo parágrafo do item 3.2 deste trabalho, onde a soma das diferenças positivas de todas as bandas de frequência resultou em 27,9 dB, e a maior diferença em cada banda de terça de oitava foi de 10,4 dB, valor próximo dos 8 dB recomendados.

Na figura 25 é apresentado o gráfico das curvas de referência, valores de $D_{2m,nT}$ e da referência deslocada, com destaque para o valor da referência deslocada em dB na frequência de 500 Hz.

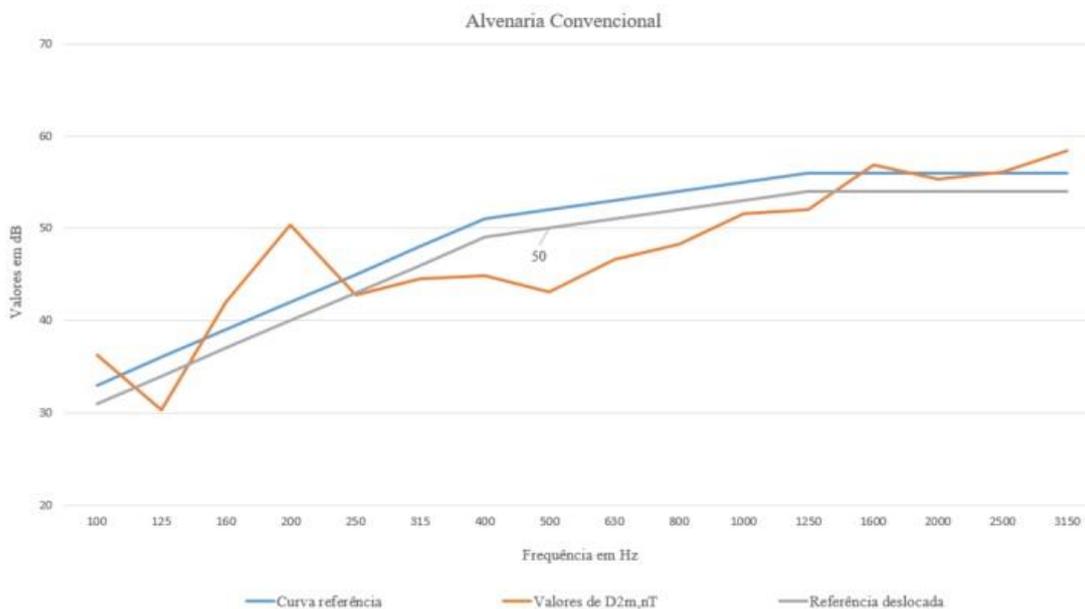


FIGURA 25 - Determinação de $D_{2m,nT,w}$ para a alvenaria convencional
Fonte: Autor, 2015.

Por fim o resultado obtido de $D_{2m,nT,w}$ para o método construtivo alvenaria convencional foi de 50 dB, obtendo um resultado de nível superior.

4.1.2 Parede de concreto moldada no local

Assim como na alvenaria este edifício também se classifica na classe de ruído I, portanto o valor de referência mínimo é de 20 dB.

Na tabela 8 a seguir segue os valores das medições, a média das medições para cada frequência e o valor de D2m,nt.

Tabela 8 - Medições do edifício em parede de concreto moldada no local

Hertz	Fonte	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Medição 4	Medição 5	Média	D2m,nt
100	75,0	43,8	42,2	43,3	43,9	43,4	43,4	31,6
125	82,8	44,9	42,7	43,3	44	43,2	43,3	39,5
160	86,5	40	43,2	43,6	43,9	43,5	43,5	43,0
200	87,1	48,7	47,6	44,7	43,9	46,4	46,4	40,7
250	89,0	47	43,9	44,6	45,1	51	45,1	43,9
315	87,7	46,2	46,4	44	45,7	47,6	46,2	41,5
400	88,0	45,2	43,3	45,5	43,7	43,7	43,7	44,3
500	87,4	48,2	42,3	43,3	46,8	44,4	44,4	43,0
630	89,4	45,2	47,2	45,2	44,9	45,9	45,2	44,2
800	86,9	44,5	43,3	45,3	45,8	47,2	45,3	41,6
1000	88,4	44	44,7	45,2	45,5	44,1	44,7	43,7
1250	89,6	44,3	44,8	45	45,3	44,1	44,8	44,8
1600	94,9	45,9	46,33	48,86	47,9	48,3	47,9	47,0
2000	95,3	44,2	43,8	46,33	44,9	44,2	44,2	51,1
2500	92,7	44,6	42,8	43,85	44,3	44,1	44,1	48,6
3150	90,6	44,5	43,9	44,16	45,2	43,5	44,2	46,5

Fonte: Autor, 2015.

Conforme descrito na análise dos resultados da alvenaria, os valores de D2m,nT se obtém pela diferença do valor medido na fonte pela média dos valores das cinco medições em cada frequência.

A confecção da curva de referência deslocada para estes resultados de D2m,nT se deu pelo decréscimo de 6 dB, a soma das diferenças positivas de todas as bandas de frequência resultou em 31,7 dB sendo que a maior diferença em cada banda de terça de oitava foi de 9,9 dB

Na figura 26 é apresentado o gráfico das curvas de referência, valores de D2m,nT e da referência deslocada, com destaque para o valores da referência deslocada em dB na frequência de 500 Hz.

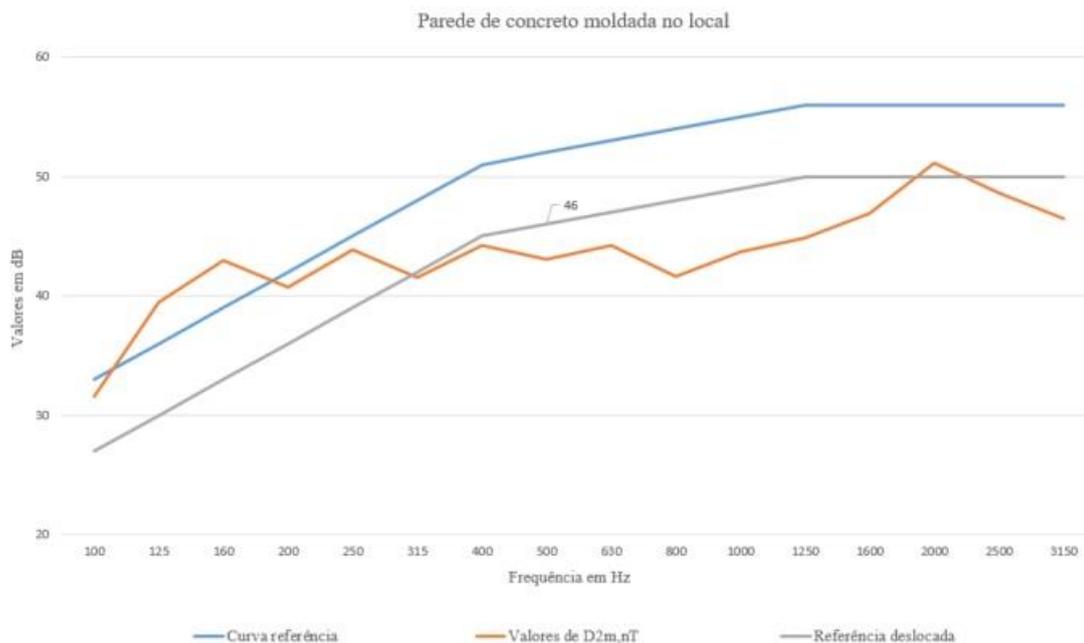


FIGURA 26 - Determinação de $D_{2m,nT,w}$ para a parede de concreto moldada no local
Fonte : Autor, 2015.

Portanto, para o método construtivo de parede de concreto moldada no local o valor de $D_{2m,nT,w}$ é de 46 dB, obtendo o nível de desempenho superior de acordo com a tabela 5 deste trabalho.

4.2 Desempenho Térmico

Os dados térmicos obtidos serão apresentados da seguinte maneira, maiores temperaturas externas, menores temperaturas externas, dia de maior variação térmica externa.

Com esta divisão de apresentação poderemos analisar melhor o comportamento térmico dos objetos de estudo e seus respectivos métodos construtivos.

A seguir a figura 27 nos mostra as diferenças registradas entre os dois métodos construtivos estudados nas maiores temperaturas registradas.

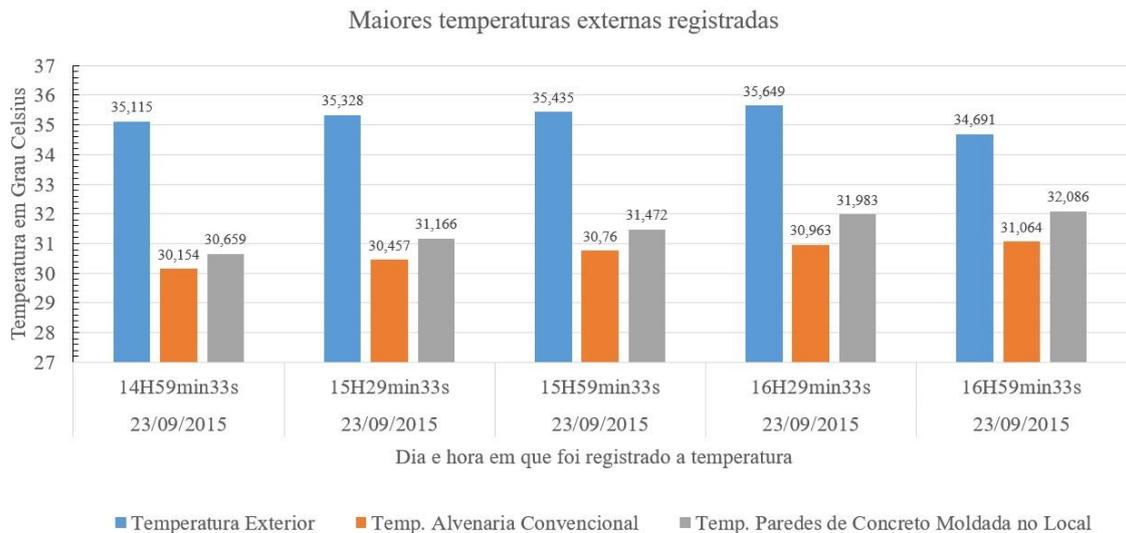


FIGURA 27 - Gráfico das maiores temperaturas externas registradas
Fonte: Autor, 2015.

Tabela 9- Médias das temperaturas apresentadas no gráfico da figura 22

Médias das maiores temperaturas apresentadas				
Externa	Alvenaria Convencional	Parede de Concreto Moldada no Local	Difereça entre Alvenaria Convencional e Externa	Diferença entre Parede de Concreto Moldada no Local e Externa
35,244	30,680	31,473	-4,564	-3,770

Fonte: Autor ,2015.

Como critério de avaliação do desempenho, foi feita a média dos levantamentos de dados conforme exposto na tabela 6 e então comparados aos intervalos de valores que a tabela 3 nos fornece. Pôde-se constatar que os dois métodos construtivos atendem a norma de desempenho, sendo que a alvenaria convencional obteve um nível de desempenho superior e a parede de concreto moldada no local obteve nível de desempenho intermediário.

Para fins de comparação, será feito uso do coeficiente de variação para relacionar as temperaturas coletadas, tal coeficiente se dá pelo quociente do desvio padrão de um intervalo de valores pela média aritmética dos valores do mesmo intervalo.

O valor do coeficiente de variação da temperatura na alvenaria convencional é de 1,22% e na parede de concreto moldada no local é de 1,87%. Portanto a alvenaria convencional apresenta uma menor variação da temperatura no tempo, indicando uma

menor transmitância térmica e uma maior capacidade térmica, característica essa que como visto no item 2.4 deste trabalho, é comum ser encontrada em materiais mais densos, que seria o caso da parede de concreto moldada no local.

Na figura 28 serão apresentados os dados quanto as menores temperaturas registradas.

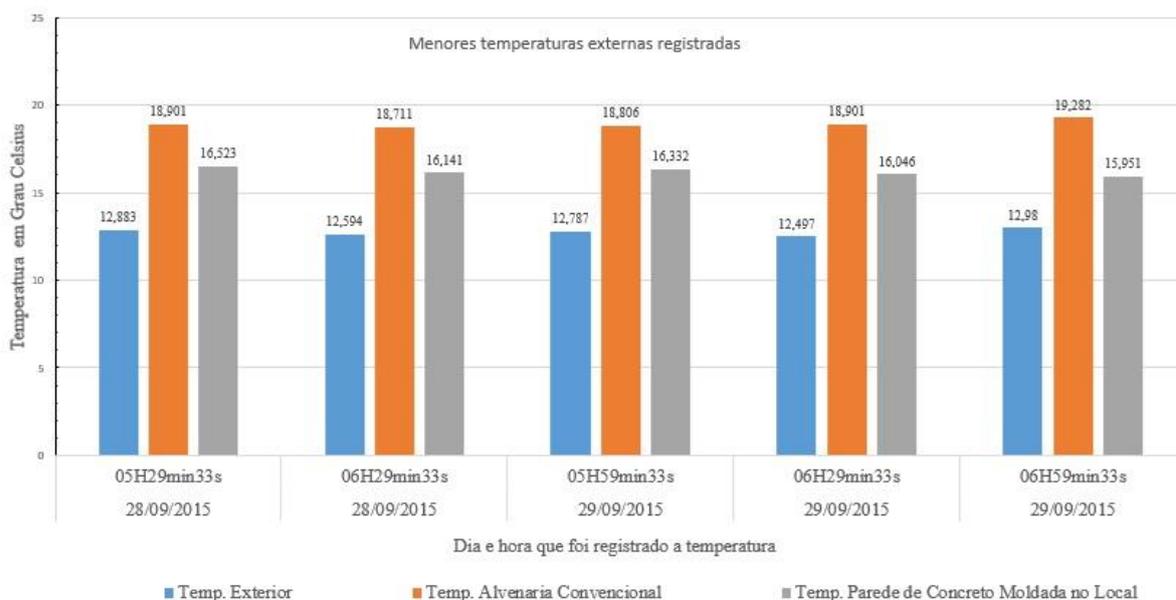


FIGURA 28 - Gráfico das menores temperaturas externas registradas
Fonte: Autor, 2015.

Tabela 10 - Médias das temperaturas apresentadas no gráfico da figura 23

Médias das menores temperaturas apresentadas				
Externa	Alvenaria Convencional	Parede de Concreto Moldada no Local	Difereça entre Alvenaria Convencional e Externa	Diferença entre Parede de Concreto Moldada no Local e Externa
12,748	18,920	16,199	6,172	3,450

Fonte: Autor, 2015.

A data da coleta de dados foi no final do mês de setembro de 2015, ou seja, final do inverno e início da primavera, para tanto será considerado o critério de avaliação de desempenho em condições de inverno, tendo em vista o comportamento da temperatura exterior.

Portanto de acordo com os critérios de avaliação de desempenho da tabela 4, extraída da NBR 15575:2013, defini-se o desempenho térmico da alvenaria convencional como intermediário e o método parede de concreto moldada no local como mínimo.

Novamente será desenvolvido o coeficiente de variação, porém neste caso não houve coincidência de que todas as amostras de temperaturas externas medidas fossem no mesmo dia. Portanto o coeficiente de variação será aplicado duas vezes para cada objeto de estudo, devido ao fato de que os valores medidos foram referentes a dois dias.

Para a alvenaria convencional os valores dos coeficientes de variação são, 0,71% para o primeiro dia, 28/09/2015 e 1,33% para o segundo dia, 29/09/2015. Na parede de concreto moldada no local no primeiro dia o coeficiente de variação foi de 1,65% e no segundo 1,24%.

Nota-se uma grande diferença entre os coeficientes de variação dos dois métodos no primeiro dia, alvenaria convencional 0,71% e parede de concreto moldada no local 1,65% confirmando a hipótese de que a alvenaria convencional teria uma melhor capacidade térmica e uma menor transmitância, porém quando a comparação é feita entre os valores dos coeficientes de variação do mesmo método de um dia para outro, se percebe que a alvenaria teve uma variação maior, de 0,62% de diferença enquanto a parede de concreto moldada no local teve uma diferença de 0,41%, o que pode-se presumir que em condições de menores temperaturas a alvenaria convencional possui uma menor transmitância, porém a parede de concreto moldada no local possui uma maior capacidade térmica quando analisada por um período de tempo maior.

Portanto, a alvenaria convencional transmite menos calor entre dois ambientes, porém tal transmitância acarreta em uma maior variação da temperatura ao longo do tempo, enquanto a parede de concreto moldada no local possui uma maior transmitância de temperatura do que a alvenaria convencional, porém tal valor tem menor impacto a temperatura do ambiente interno, visto sua maior capacidade térmica.

A próxima análise a ser feita será a variação térmica ao longo de um dia, este foi escolhido de acordo com o maior coeficiente de variação dos dados coletados ao longo do tempo de aquisição. Na tabela a seguir segue o coeficiente de variação apenas dos dias em que foram feitas as coletas de dados da 00:00 do dia até as 24:00 deste. Portanto serão desconsiderados os dias em que os aparelhos *dataloggers* foram instalados e quando foram retirados para coleta de dados.

Tabela 11 - Coeficiente de variação das temperaturas apresentadas ao longo do dia

Coeficiente de variação de temperatura diário	
DIA	Coeficiente de variação
19/09/2015	9,41%
20/09/2015	10,70%
21/09/2015	18,81%
22/09/2015	17,15%
23/09/2015	17,03%
24/09/2015	14,10%
25/09/2015	4,23%
26/09/2015	8,50%
27/09/2015	5,22%
28/09/2015	18,79%

Fonte: Autor, 2015.

Com base nos valores determinados do coeficiente de variação sabe-se que o dia com maior variação foi 21/09/2015, na próxima figura é apresentado o gráfico das temperaturas deste dia.

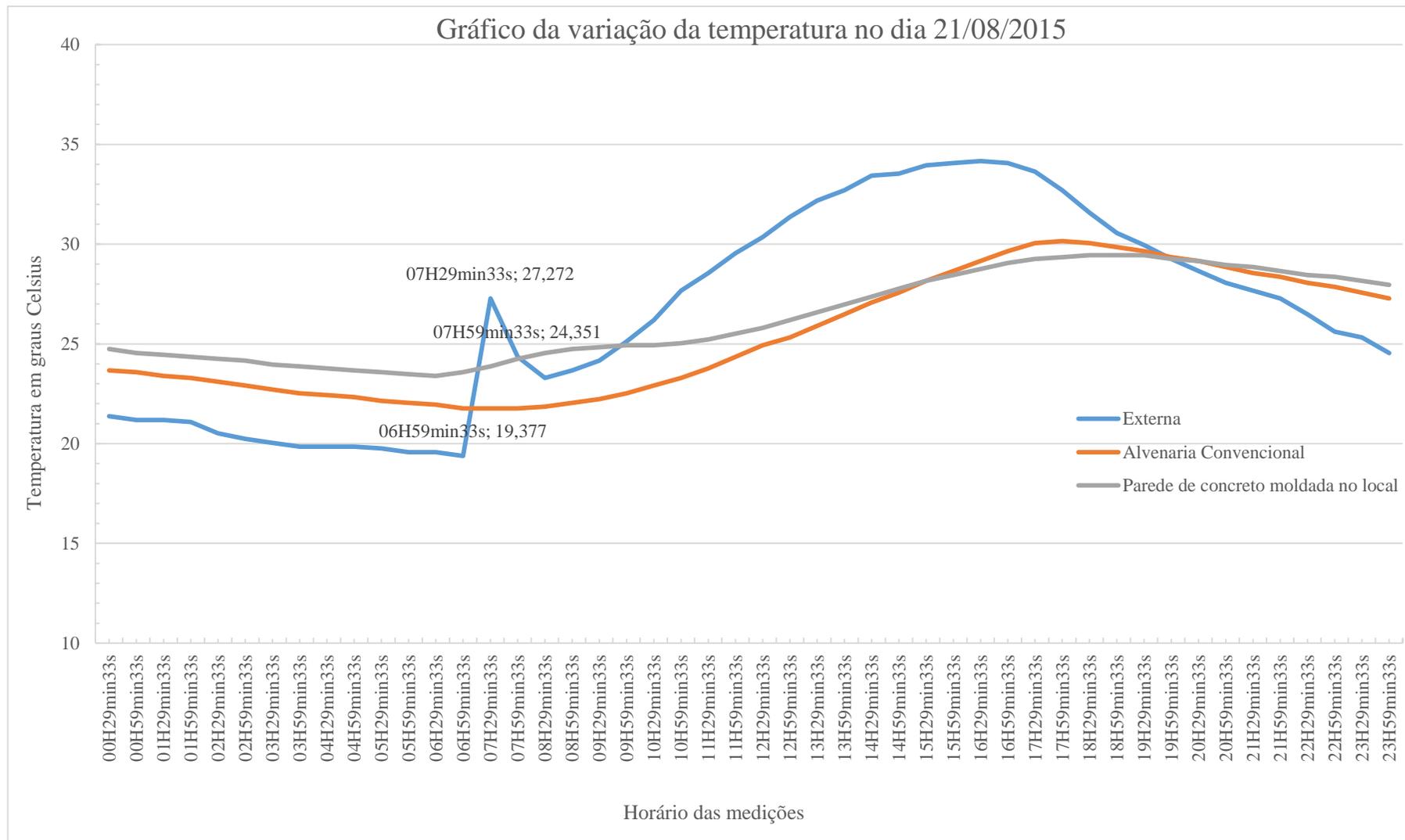


FIGURA 29 - Gráfico da variação da temperatura no dia 21/08/2015
 Fonte: Autor, 2015.

A primeira avaliação feita é que o comportamento da parede de concreto moldada no local é mais homogêneo, corroborando sua característica de capacidade térmica superior à da alvenaria.

Quando analisado o pico de temperatura externa, entre 06H59min33s e 07H29min33s confirma-se também o comportamento de transmitância térmica dos dois métodos, nota-se que neste curto período de tempo a parede de concreto teve uma maior variação de temperatura do que a alvenaria convencional, que permaneceu praticamente na mesma temperatura.

Ao longo da tarde quando após o meio dia a fachada estará exposta ao sol, é perceptível as características de capacidade térmica e transmitância dos objetos de estudo. Ao longo da tarde as temperaturas da alvenaria convencional superam as da parede de concreto moldada no local, dando mais crédito a análise feita anteriormente de que a parede de concreto moldada no local apesar de ter uma maior transmitância térmica, a qual irá responder mais rápido a variações bruscas da temperatura externa, ou seja em um intervalo de tempo menor, também possui a maior capacidade térmica identificando uma menor variação da temperatura ambiente interna ao longo de um intervalo de tempo maior, conferindo assim conforme exposto por Roriz (2013) um maior conforto térmico aos usuários.

5 Conclusão

No desenvolvimento deste trabalho foi possível alcançar o objetivo geral de comparar o desempenho térmico e acústico entre os métodos construtivos, alvenaria convencional e parede de concreto moldadas no local.

Através dos resultados do desempenho acústico obtidos do item anterior, avalia-se que os 4 dB que representam uma diferença de 8% entre um método construtivo e outro é pequeno, levando-se em consideração que o método construtivo de parede de concreto moldada no local, que obteve o menor resultado, não teve um controle de qualidade na execução do sistema vertical de vedação e no manejo dos materiais a serem utilizados, o que acarreta em um decréscimo do desempenho, também deve-se observar os valores de desempenho impostos pela NBR 15575:2013, estes mensuram na pior hipótese, classe de ruído III, habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação, o valor mínimo de 40 dB como nível de desempenho superior, sendo que a alvenaria convencional atingiu o valor de 50dB e a parede de concreto moldada no local 46dB.

Quanto ao desempenho térmico dos métodos construtivos comparados neste trabalho pode-se afirmar que a parede de concreto moldada no local obteve um resultado melhor que o da alvenaria convencional, colaborando com o trabalho de Roriz (2013) que afirma que materiais mais densos irão proporcionar maior conforto ao usuário de um edifício residencial, isso por que na execução do sistema vertical de vedação utilizasse material mais denso do que na alvenaria o qual irá contribuir para a maior capacidade térmica do edifício como um todo.

Outro fator relevante é que a falta de um controle de qualidade na execução e manejo dos materiais irá influenciar nos resultados finais do desempenho, e como citado no item 3.1, o concreto usado na confecção do edifício de parede de concreto em estudo foi produzido em obra, sem controle de dosagem e sem uso de aditivos, fatores que dificultaram o adensamento do concreto lançado nas fôrmas e que conseqüentemente resultaram em um concreto com maior volume de vazios, diminuindo sua densidade.

Sobre os parâmetros que a NBR 15575:2013 apresenta, os dois métodos estavam em conformidade com os valores de referência, sendo que na acústica ambos obtiveram desempenho superior, portanto podemos afirmar que, a respeito da acústica, as referências atuais de níveis de desempenho da norma são baixas e, portanto, não há dificuldade de

atender a estes, desta maneira os requisitos deste item da normativa poderiam ser superiores. Já quanto o desempenho térmico os parâmetros se mostraram adequados, a alvenaria convencional obteve desempenho superior em altas temperaturas e intermediário em temperaturas baixas, enquanto a parede de concreto moldada no local apresentou um desempenho intermediário em altas temperaturas e mínimo nas temperaturas baixas.

Por fim é importante a reflexão de que, se o edifício de parede de concreto moldada no local tivesse sido executado com especificações mínimas determinadas pela norma, pressupõe-se que haverá uma melhoria nos desempenhos térmicos e acústico da edificação. Assim, no desenvolvimento deste trabalho foi possível concluir que o método construtivo de parede de concreto moldada no local, considerado um método industrializado, pode ser uma alternativa ao método construtivo de alvenaria convencional sem que haja perda na qualidade do produto para o usuário final em relação ao desempenho térmico e acústico.

REFÊRENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais.** São Paulo 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE.** São Paulo 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16055: Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e Procedimentos.** Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 8545: Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos.** Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** Rio de Janeiro, 2005.

ARÊAS, Daniel Moraes. **DESCRIÇÃO DO PROCESSO CONSTRUTIVO DE PAREDE DE CONCRETO PARA OBRA DE BAIXO PADRÃO.** Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10006241.pdf/>>. Acesso em: 25 de maio 2015.

CALEIRO, João Pedro. **POR QUE A MÃO DE OBRA AINDA EMPERRA A CONSTRUÇÃO CIVIL?** Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/economia/noticias/por-que-a-mao-de-obra-ainda-emperra-a-construcao-civil/>>. Acesso em: 23 de março 2015.

CARAM, Guilherme Luchetti. **O IMPACTO DA INOVAÇÃO NA MÃO DE OBRA: UM ESTUDO SOBRE A CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO.** Disponível em: <<http://www.convibra.org/dwp.asp?id=7263&ev=30/>>. Acesso em: 23 de março 2015.

CAVALHEIRO, Odilon P. **ALVENARIA TÃO ANTIGA E TÃO ATUAL.** Disponível em: <<http://www.ceramicapalmadeouro.com.br/downloads/cavalheiro1.pdf/>>. Acesso em: 23 de março 2015.

CEMENT. **REMOVABLE FORMS (CAST-IN-PLACE).** Disponível em: <<http://www.cement.org/think-harder-concrete-/homes/building-systems/cast-in-place/>>. Acesso em: 23 de maio 2015.

CICHINELLI, Gisele C. **SISTEMAS DE FÔRMAS. CONHEÇA OS PRINCIPAIS SISTEMAS DE FÔRMAS PARA MOLDAR PAREDES DE CONCRETO E OS**

CUIDADOS QUE DEVEM SER OBSERVADOS NA HORA DE PREVER, EXECUTAR E LOCAR OU ADQUIRIR A SOLUÇÃO. REVISTA TÉCNICA.

Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/155/artigo286677-1.aspx/>>. Acesso em: 24 de maio 2015.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. PAREDE DE CONCRETO. FUNDAÇÕES.

Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/fundacoes/execucao/30/fundacoes.html> />. Acesso em: 24 de maio 2015.

CONSTRUINDO. ARGAMASSA – PARA ASSENTAMENTO, REVESTIMENTO E REJUNTE. Disponível em: <<http://construindo.org/argamassa-para-assentamento-revestimento-e-rejunte/>>. Acesso em: 23 de maio 2015.

CORRÊA, Julio Marcelino. CONSIDERAÇÕES SOBRE PROJETO E EXECUÇÃO DE EDIFÍCIOS EM PAREDE DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO.

Disponível em: <http://www.deciv.ufscar.br/tcc/wa_files/tcc2012-JULIO.pdf/>. Acesso em: 25 de maio 2015.

D2R ENGENHARIA. VEDAÇÕES VERTICAIS. Disponível em:

<<http://www.d2rengenharia.com.br/vedacoes-verticais.php/>>. Acesso em: 23 de maio 2015.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 717-1:2013: Acoustics -- Rating of sound insulation in buildings and of building elements-- Part 1: Airborne sound insulation.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 16283-1:2014: Acoustics -- Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 1: Airborne sound insulation.

JANKOVITZ, João Afonso Abel. NOÇÕES DE ISOLAMENTO ACÚSTICO E ABSORÇÃO SONORA. Disponível em: <<http://www.abel-acustica.com.br/Acustica/IsoleAbsor.htm/>>. Acesso em: 31 de março 2015.

LIMA, Mauricio. NORMA DE PAREDE DE CONCRETO MOLDADA IN LOCO ESTÁ EM CONSULTA PÚBLICA. Disponível em:

<<http://piniweb.pini.com.br/construcao/tecnologia-materiais/norma-de-parede-de-concreto-moldada-in-loco-esta-em-246068-1.aspx/>>. Acesso em: 24 de maio 2015.

LOBO, Dr. Roberto. ARTIGO: ' PARA QUE DEVEM SER FORMADOS OS NOVOS ENGENHEIROS?'. Disponível em: <http://educacao.estadao.com.br/noticias/geral,artigo-para-que-devem-ser-formados-os-novos-engenheiros,838027>. Acesso em: 31 de março 2015.

MACHADO, Carla. CONSTRUÇÃO: 74% DAS EMPRESAS DO SETOR

SOFREM COM FALTA DE MÃO DE OBRA QUALIFICADA. Disponível em:

<<http://www.dci.com.br/industria/construcao-74-das-empresas-do-setor-sofrem-com-falta-de-mao-de-obra-qualificada-id371901.html/>>. Acesso em: 23 de março 2015.

MANDNCONCRETE. **CAST IN PLACE CONCRETE WALL**. Disponível em: http://www.mandnconcrete.com/cast_in_place_concrete_walls.html/>. Acesso em: 24 de maio 2015.

MAYOR, Arcindo Vaquero y. **O CONCRETO E O SISTEMA PAREDE DE CONCRETO**. Disponível em: <http://nucleoparededeconcreto.com.br/artigos/o-concreto-e-o-sistema-paredes-de-concreto/>>. Acesso em: 24 de maio 2015.

MELHOR ACÚSTICA. **COMPORTAMENTO ACÚSTICO DOS MATERIAIS**. Disponível em: <http://melhoracustica.com.br/comportamento-acustico-dos-materiais///>>. Acesso em: 31 de março 2015.

MIRANDA, Prof. Dr. Leonardo F. R. **A RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NO BRASIL**. Disponível em: http://sanchocom.com/download/abrecon_pesqsetorial2013.rar/>. Acesso em: 23 de março 2015.

MICHALSKI, Ranny L.X.N. **METODOLOGIAS PARA MEDIÇÃO DE ISOLAMENTO SONORO EM CAMPO E PARA EXPRESSÃO DA INCERTEZA DE MEDIÇÃO NA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ACÚSTICO DE EDIFICAÇÕES**. Disponível em: http://objdig.ufrj.br/60/teses/coppe_d/RannyLoureiroXavierNascimentoMichalski.pdf/>. Acesso em: 15 de março 2015.

MISURELLI, H.; MASSUDA, C. **Paredes de concreto**. *Revista Técnica*. Disponível em: <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/146/artigo141977-1.asp/>>. Acesso em: 23 de maio 2015.

NAKAMURA, Juliana. **ESCOLHA DE FÔRMAS PARA PAREDES DE CONCRETO DEVE CONSIDERAR CRITÉRIOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS**. *REVISTA TÉCNICA*. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/202/artigo304347-2.aspx> />. Acesso em: 24 de maio 2015.

PIANCA, João Batista. **MANUAL DO CONSTRUTOR**. V.2. Porto Alegre: Globo, 1978. Acesso em: 24 de maio 2015.

PILLING, Prof. Dr. Sergio. **BIOFÍSICA – ONDAS, SOM E INTRODUÇÃO A BIOACÚSTICA**. Disponível em: http://www1.univap.br/spilling/BIOF/BIOF_04_Ondas,%20som%20e%20bioacustica.pdf/>. Acesso em: 31 de março 2015.

PINTO, Francisco de Assis de Carvalho. **SENSORIAMENTO REMOTO PROF. FRANCISCO DE ASSIS DE CARVALHO PINTO LABORATÓRIO DE PROJETO DE MAQUINAS E VISÃO ARTIFICIAL DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**. Disponível em: <http://slideplayer.com.br/slide/355698/>>. Acesso em: 30 de março 2015.

PONZONI, Jéssica. **PAREDE DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO: VERIFICAÇÃO DO ATENDIMENTO ÀS RECOMENDAÇÕES DA NORMA NBR 16055/2012 NOS PROCEDIMENTOS EXECUTIVOS EM OBRA DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL.** Disponível em:
<Fonte:<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/96297/000915045.pdf?sequence=1/>>. Acesso em: 24 de maio 2015.

RODRIGUES, T.; VIEGAS, J.; FEITOSA, A. **CONFORTO TÉRMICO COMO INDICADOR DE QUALIDADE DE VIDA: RELAÇÃO ENTRE AS CASAS DE TAIPA E ALVENARIA, NA COMUNIDADE QUILOMBOLA JAMARY DOS PRETOS, TURIANÇA-MA.** Disponível em:
<<http://www.agb.org.br/evento/download.php?idTrabalho=1863/>>. Acesso em: 23 de maio 2015.

RORIZ, Prof. Dr. Maurício. **DESEMPENHO TÉRMICO E AS PAREDES DE CONCRETO.** Disponível em: <<http://nucleoparededeconcreto.com.br/destaque-interno/desempenho-termico-e-as-paredes-de-concreto/>>. Acesso em: 30 de março 2015.

SANTOS, Everton de Britto. **ESTUDO COMPARATIVO DE VIABILIDADE ENTRE ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS E PAREDE DE CONCRETO MOLDADAS NO LOCAL COM FÔRMAS METÁLICAS EM HABITAÇÕES POPULARES.** Disponível em: <
http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1869/1/CM_COECI_2013_1_04.pdf/>. Acesso em: 23 de maio 2015.

SELECTA BLOCOS. **DETALHES CONSTRUTIVOS. SEQUÊNCIA DE MARCAÇÃO.** Disponível em:
<http://www.selectablocos.com.br/alvenaria_estrutural_detalhes_construtivos_22.html/>. Acesso em: 23 de maio 2015.
Acesso em: 23 de maio 2015.

SILVA, Fernando Benigno da. **PAREDES DE CONCRETO ARMADO MOLDADAS NO LOCAL COM FÔRMAS PLÁSTICAS. REVISTA TÉCNICA.** Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/150/artigo287685-1.aspx/>>. Acesso em: 24 de maio 2015.

THOMAZ, Ercio. **GUIA ORIENTATIVO PARA APLICAÇÃO E ATENDIMENTO À NORMA NBR 15575.** Disponível em: <<http://www.sinduscon-rio.com.br/palestras/ercio.pdf/>>.

UFRGS. **EXECUÇÃO DE ALVENARIA: ENCUNHAMENTO.** Disponível em:
<http://www.ufrgs.br/eso/content/?p=470/>>. Acesso em: 23 de maio 2015.

USIMAK. **HF IMPLANTA NOVA TECNOLOGIA NA CONSTRUÇÃO.** Disponível em: http://usimak.blogspot.com.br/2012_04_09_archive.html/>. Acesso em: 24 de maio 2015.

VENTURINI, Jamila. **Casas com paredes de concreto. Revista Equipe de Obra.** Disponível em: <<http://www.equipededeobra.com.br/construcao-reforma/37/artigo220698-2.asp/>>. Acesso em: 24 de maio 2015.