

ANÁLISE DE DESEMPENHO TERMOACÚSTICO DO SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO

Gabriel de Oliveira Machado

*Discente do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(oliveiragmachado@gmail.com)*

Matheus Henrique Arruda Gomes

*Discente do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(matheushenriquearruda12@hotmail.com)*

Wanessa Mesquita Godoi Quaresma

*Professora Mestra do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(wanessamgq@gmail.com)*

RESUMO

Devido a atual demanda vinculada ao déficit habitacional, a pesquisa busca apresentar as descrições dos processos contidos na execução de paredes de concreto e realizar uma análise atribuindo as características de desempenho exigidas ao sistema. Nos últimos anos notou-se grande preocupação no meio técnico em relação ao comportamento insatisfatório das edificações. O sistema construtivo de parede de concreto está fortemente presente nos empreendimentos do atual mercado imobiliário brasileiro. O objetivo é de se realizar um estudo do sistema construtivo como um todo, a começar dos parâmetros utilizados para definição do sistema até as técnicas aplicadas para a execução. Devido o déficit habitacional, faz-se necessário processos construtivos ágeis e que juntamente apresentem um custo inferior ao comumente utilizado pelas construtoras. A modernização dos processos construtivos aumentam a produtividade possibilitando o cumprimento da demanda do mercado imobiliário e exigem cada vez mais precisão que se relaciona a qualidade do empreendimento, visto que, o critério de velocidade de construção está diretamente relacionado a qualidade construída, um não podendo excluir ao outro. As edificações recentes apresentam grande modernização tecnológica vinculadas a sua obtenção e ao seu processo construtivo, porém a modernização não está necessariamente relacionada ao desempenho de uma forma geral das edificações. Será apresentada uma análise em relação a capacidade de atendimento aos requisitos exigidos pelas normas técnicas vigentes, apontando os pontos importantes relacionados a conformidade e aos padrões de desempenho atuais. Conforme prescrições normativas contidas na NBR 15575:1 (ABNT, 2013), as verificações e resultados levantados pelos ensaios de desempenho foram satisfatórios pois os índices de desempenho térmico e acústico corresponderam as expectativas exigidas por norma. Dessa maneira o sistema construtivo demonstra sua eficiência relacionada ao desempenho vivenciado pelos usuários nas edificações de paredes de concreto.

PALAVRAS-CHAVE: Parede de Concreto. Desempenho. Déficit Habitacional. Qualidade.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é o mercado responsável pela confecção e execução de obras com o intuito de suprir as necessidades básicas relacionadas a habitação e infraestrutura. Engloba as etapas desde o projeto ao acabamento, obedecendo as técnicas construtivas e as normas técnicas vigentes.

Conforme informado pelo Ministério das Cidades (2017), o déficit habitacional brasileiro atingiu 6,068 milhões de moradias em 2014, sendo 5,315 em áreas urbanas e 752,8 mil unidades em áreas rurais (GIVISIEZ; OLIVEIRA, 2018).

A demanda de habitações tem seu aumento exponencial relacionado ao aumento da população global e conseqüente expansão dos centros urbanos. A necessidade de técnicas construtivas mais eficazes e velozes tomam um espaço cada vez maior no mercado da construção civil exigindo assim que as metodologias de construção se adequem tornando-se mais precisas.

Como a diminuição da mão de obra, a industrialização dos canteiros e a racionalização dos métodos tornaram-se a base dos responsáveis que atuam nos segmentos de gestão dos empreendimentos, a busca por métodos mais eficientes ganharam o mercado. O sistema construtivo de paredes de concreto executadas in-loco passam a ter projeção e destaque como uma alternativa eficiente para a execução de obras (FONSECA JUNIOR, 2012).

Mesmo com a modernização dos sistemas construtivos é de suma importância o atendimento as normas técnicas relacionadas ao desempenho das metodologias construtivas, no caso das paredes de concreto para o oferecimento de uma solução segura e adequada às paredes devem oferecer certos aspectos em relação a seu desempenho como o caso do desempenho acústico e térmico, resistência axial e impermeabilidade.

2 PAREDES DE CONCRETO

O sistema construtivo de paredes de concreto é uma metodologia que utiliza fôrmas (podendo essas serem metálicas, plásticas ou mesmo de madeira), moldadas no local e posteriormente preenchidas com concreto, as instalações elétricas e hidráulicas podem ser executadas antes da montagem o que faz com que as instalações fiquem unidas ao sistema. Uma das características principais do método é que ele é composto por um sistema monolítico o qual o elemento portante é também o responsável pela vedação do ambiente interno (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

A metodologia construtiva de paredes de concreto, quando levado em consideração a mão de obra, os insumos e toda a logística relacionada em comparação as tipologias convencionais, proporciona uma série considerável de vantagens em relação à redução dos custos indiretos, velocidade, minimização de riscos, dependência da mão de obra especializada, retrabalhos, desperdícios de materiais, dilatação de cronograma, e principalmente pela inclinação a se assimilar à indústria seriada, relacionando aos reais ganhos em escala (BASSETE, 2016).

As paredes de concreto são consideradas estruturas autoportantes pois dispensam a necessidade de estruturas auxiliares para realizar a dissipação das cargas a elas impostas. São responsáveis tanto por receber as solicitações mecânicas como também a realização da vedação garantindo a estanqueidade do ambiente interno. Estruturas autoportantes dispensam a existência de vigas e pilares no seu sistema estrutural pois a própria estrutura executa a dissipação do carregamento, suportando desde seu peso próprio até aos carregamentos acidentais atuantes na estrutura (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

2.1 CONTEXTO HISTÓRICO

O sistema construtivo de paredes de concreto moldadas no local é uma metodologia que está em expansão no Brasil, mas em alguns países como México, Chile e Colômbia, o modelo tem uma disseminação mais concreta no mercado devido apresentar vantagens de prazo, custo e qualidade e por se caracterizar como um sistema monolítico, fundamental para os países onde ocorrem abalos sísmicos com regularidade (CORRÊA, 2012).

Segundo Misurelli e Massuda (2009), o sistema construtivo de paredes de concreto é inspirado em experimentações bem sucedidas de edificações habitacionais em concreto celular (sistema Gethal) e concreto convencional (sistema Outinord), sistemas as quais eram mundialmente populares nas décadas de 70 e 80.

Devido o avanço e popularização desse sistema construtivo, em 2007 profissionais da área da construção civil representantes da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), ABESC (Associação Brasileira de Serviços de Concretagem) e IBTS (Instituto Brasileiro de Tela Soldada) realizaram uma análise em obras localizadas nas capitais com o intuito de aprofundar o conhecimento em relação ao sistema construtivo de paredes de concreto. Chegaram a conclusão da eficiência na área das habitações populares, atingindo do baixo ao alto padrão (IBTS, 2008).

O sistema construtivo de paredes de concreto moldadas no local foi homologado pela ABNT, conforme prescrito pela norma NBR 16055 (ABNT, 2012). Sua normatização foi um importante avanço para a consolidação da utilização do mencionado sistema no que se relaciona ao segmento dessa metodologia construtiva, garantindo assim que o sistema passasse a exigir critérios em relação ao seu desempenho e proporcionando um auxílio no acompanhamento do desenvolvimento dos quesitos de qualidade exigidas por essa modalidade construtiva.

2.2 PROCEDIMENTOS DE EXECUÇÃO

A NBR 16055 (ABNT, 2012) tornou norma os procedimentos necessários trazendo mais segurança aos projetistas e construtores em relação a qualidade de empreendimentos edificados no sistema construtivo de paredes de concreto.

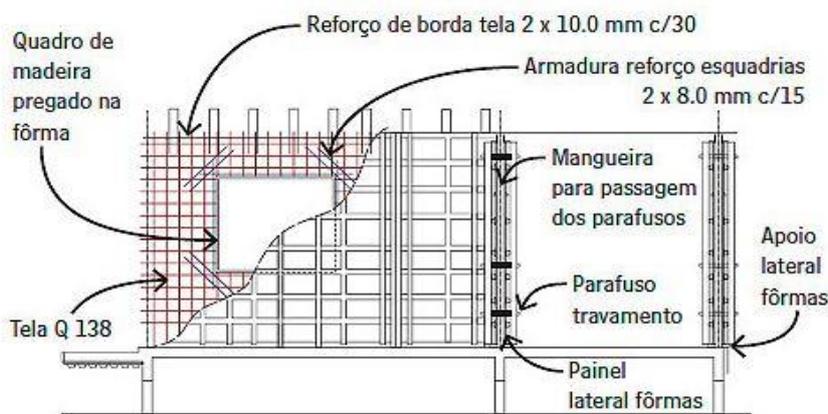
Além da difusão da norma e da conseqüente popularização do sistema, os agentes comprometidos no processo construtivo de paredes de concreto, inclusivamente a Caixa Econômica Federal (CEF), devem se atentar com a qualidade do que é oferecido ao mercado imobiliário. A consolidação do sistema construtivo esta relacionado a total qualificação da cadeia envolvida, parte das prímicias que uma boa execução proporcionará um bom produto ao mercado (ANAUATE, 2012).

A execução do sistema de paredes de concreto, para uma melhor ilustração pode ser dividido em etapas conforme sugeridas por Freire (2001), as quais são: adequações na logística do canteiro de tal forma que a metodologia construtiva seja executada da melhor forma; definição do concreto a ser utilizado; execução da montagem de fôrmas; execução da armação; execução da concretagem; cura do concreto e retirada das fôrmas e escoramento.

Além de serem empregues para a execução e confecção das paredes de concreto, o sistema de fôrmas, devido sua versatilidade, consegue ser aplicado em variadas finalidades e tipologias estruturais, podendo atuar em edificações residenciais sem limitações de pavimentos, em estruturas de pórticos como o exemplo de vigas, pilares e lajes, em edifícios industriais, institucionais ou comerciais, além de fundações, pontes, reservatórios, sistemas de tratamento de esgotos dentre outros (BASSETE, 2016).

O esquema de montagem das paredes é melhor representado na Figura 1, conforme demonstrado em vista o esquema traz uma ilustração relacionada ao esquema fôrma-armadura, demonstrando os reforços necessários para o combate das patologias que ocasionam as trincas nas quinas dos vãos das esquadrias.

Figura 1 - Vista esquema execução paredes de concreto



Fonte: SILVA, 2011.

Apesar do sistema construtivo de paredes de concreto moldadas in loco ser constantemente associado a utilização de fôrmas metálicas, a execução também pode ocorrer com a utilização de fôrmas de madeira, fôrmas plásticas ou também por opções mistas que envolvam fôrmas compostas pela utilização e combinação destes materiais.

2.2.1 Materiais de fôrmas

Assim como citado no tópico supracitado anteriormente 2.2 o qual trata dos procedimentos de montagem das paredes de concreto, as fôrmas utilizadas podem ser de materiais diversos como o caso de madeira, metal e de material plástico. Os materiais constituintes das fôrmas as quais podem ser empregadas na execução das paredes de concreto serão melhor ilustradas nos tópicos a seguir.

A definição do material a ser utilizado está ligada a uma criteriosa análise das solicitações específicas de cada empreendimento, pois a racionalização de seu uso permitirá ganhos significativos relacionados aos materiais, mão de obra e cronograma executivo.

2.2.1.1 Madeira

A inserção de chapas compensadas de madeira substituindo às antigas tábuas de pinho, devido sua evolução técnica ganhou mercado após 1960, devido sua capacidade de mudar a realidade no que se relaciona o uso de fôrmas. A má utilização devido à abundância de madeira e o baixo custo da mão de obra causavam seu uso indevido e sem restrição até que despertaram para a nova realidade (CHADE, 2009).

A utilização de madeira nos sistema de fôrmas apresenta como principais vantagens itens como a adaptabilidade e versatilidade, podendo se adequar a diversas formas e tamanhos devido a facilidade vinculada a sua manipulação.

Em relação a desvantagem de utilização da madeira como material de fôrma para a moldagem do concreto, está principalmente ligada a durabilidade do material devido sua utilização ter certa limitação quanto a sua empregabilidade.

2.2.1.2 Metálicas

O que define uma fôrma é basicamente seu material constituinte ao qual é produzida, as fôrmas metálicas possuem sua estrutura e face de contato completamente de aço. As fôrmas metálicas estão disponíveis em diversos tamanhos no mercado para facilitar sua utilização e simplificar sua adaptação a qualquer situação para ser empregada a fim de modelar o concreto (SANTOS, 2011).

As fôrmas de alumínio, aplicadas para a execução de paredes de concreto, é composta por um sistema de painéis com chapas e perfis metálicos estruturados. Devido sua leveza e flexibilidade possibilitam um aumento da produtividade e diversas combinações geométricas.

Segundo Santos (2011), as fôrmas metálicas estão disponíveis em variados tamanhos para facilitar sua utilização e sua adaptabilidade a qualquer situação envolvendo a moldagem de concreto. Suas medidas e pesos simplificam a montagem e o carregamento, podendo ser feito por um único trabalhador.

Podem ser aplicadas em diversas situações, bem como os casos de moldagem de pilares, vigas, paredes curvas, paredes de espessuras variadas, muros com contraforte entre outros devido sua versatilidade e modulação facilitando sua empregabilidade, execução e montagem (SANTOS, 2011).

2.2.1.2 Plástico

O sistema construtivo de paredes de concreto com fôrmas plásticas é formado por painéis plásticos e elementos metálicos (alinhadores, quadros, aprumadores, cantos, barras de ancoragem entre outros), que realizam a contenção do concreto e possuem a função de garantir o alinhamento, nível, prumo e esquadro das paredes para que após a desforma seja garantida a materialização das especificações contidas no projeto (BASSETE, 2016).

Alguns fatores como o baixo peso dos componentes (em média 10 Kg/m² dos elementos plástico e 19 Kg/m² dos elementos metálicos), facilidade de locomoção das peças, simplicidade relacionada a substituição de módulos devido os painéis serem modulados o que facilita eventuais reparos, as fôrmas plásticas oferecem ganhos estratégicos quando comparadas aos demais materiais (BASSETE, 2016).

As fôrmas possuem certas restrições quanto sua utilização ligadas a manutenção e limpeza, além da recomendação de se evitar impactos e efeitos abrasivos para assim garantir uma correta utilização do sistema e evitar possíveis retrabalhos.

2.2.2 Armação

A armação comumente adotada no sistema de paredes de concreto é a tela soldada, a qual é posicionada no eixo vertical para atender as paredes ou no eixo horizontal para as lajes. Em edificações com muitos pavimentos devem ser utilizadas duas camadas de tela soldadas. Nas bordas, vãos de janelas e portas são empregados reforços de telas ou barras de armadura convencional para combater as solicitações mecânicas (ABCP et al, 2008).

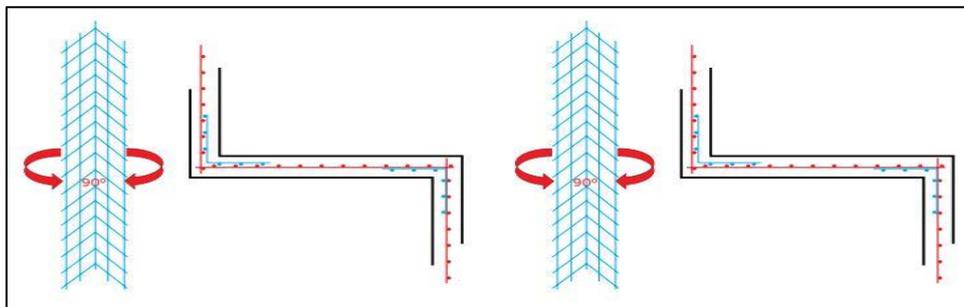
A armação adotada para o projeto será definida conforme as dimensões e aos carregamentos atuantes na edificação. Habitualmente em edificações, são utilizadas reforços localizados em pontos estratégicos detalhados no projeto estrutural que possuem a função de resistir a solicitações características previstas pelo projetista da estrutura.

Situações que demandem os ligamentos entre as telas, são executadas com amarrações entre si para garantir a comunicação estrutural dos esforços transmitidos e

solicitados pela tração empregada aos elementos, em relação ao ligamento laje-parede as telas ficam apoiadas em cima das lajes e são amarradas em vergalhões deixados ancorados nas lajes.

A Figura 2 ilustra os reforços utilizados nos cantos das paredes para realizar uma melhor comunicação entre as telas e também para garantir um melhor desempenho no que se relaciona a estruturação dos elementos constituintes.

Figura 2 - Reforços nos cantos



Fonte: ARCELORMITTAL, 2019.

Na utilização de telas soldadas para realizar a armação das paredes, são obrigatórios a utilização de espaçadores, tal como os instalados nas lajes. Quanto aos espaçadores, eles são encarregados de garantir o correto posicionamento das telas soldadas no centro das paredes e de garantir o cobrimento exigido por norma, são definidos a partir da obrigatoriedade do cobrimento exigidos pela malha metálica os quais são definidos em projeto.

O aço utilizado para a elaboração e composição das armaduras deverá ser exatamente aquele especificado em projeto, se necessário a realização de alguma alteração ou adequação executiva o engenheiro projetista deverá ser notificado para que os cálculos necessários sejam efetuadas e que garantam a segurança aos usuários.

Quanto a utilização, dimensionamento e armazenamento as telas soldadas deverão seguir as prescrições normativas contidas na NBR 7481 (ABNT, 1990) – a qual se encontra em processo de revisão porém esteve em vigor até a conclusão deste projeto – dita as exigências necessárias para um correto emprego das armaduras nas estruturas, já a respeito da utilização das barras deverá ser obedecida as prescrições contidas na NBR 7480 (ABNT, 2007) não se esquecendo da NBR 6118 (ABNT, 2014) lidando com o comportamento conjunto dos materiais empregados nas estruturas de concreto armado.

2.2.3 Instalações

As instalações deverão ser iniciadas assim que a etapa anterior relacionada a montagem das telas soldadas for concluída, pois as instalações usam a tela como referência quanto as dimensões para posiciona-las e utilizam-nas como suporte para fixação dos pontos. A fixação das caixas e passagem das tubulações deverá obedecer as medidas contidas no projeto, portanto deve-se garantir uma fixação eficiente para que após a desforma os pontos não tenham se deslocado evitando possíveis retrabalhos.

Os eletrodutos devem ser posicionados nas telas e fixados com a utilização de espaçadores os quais garantem um correto cobrimento dos eletrodutos evitando prováveis fissuras que possam ocorrer no percurso percorrido pelos eletrodutos e também evitar eventuais exposições das armaduras (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2016).

A Figura 3 ilustra a fixação dos eletrodutos por meio da utilização dos espaçadores que se apoiam na tela.

Figura 3 - Espaçadores nos eletrodutos



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES.

Não é recomendado que as instalações hidráulicas sejam fixadas nas paredes devido a probabilidade de retrabalho. Com a pressão provocada pelo concreto lançado nas paredes, poderão ser geradas nas tubulações possíveis microfissuras e consequentemente futuros vazamentos nas tubulações. De uma maneira geral, quando há algum erro vinculado a execução de instalações, depois de concretada, a única maneira de realizar a correção é rompendo o concreto e isto influencia desfavoravelmente a produtividade executiva, o processo construtivo e a segurança estrutural fornecida pela edificação.

2.2.4 Concreto

Após concluída a montagem das armaduras, instalações e das fôrmas inicia-se a etapa da concretagem. É de suma importância que o planejamento efetuado seja eficiente, devido o sistema de paredes de concreto se tratar de um sistema monolítico a concretagem não deve ser interrompida. Segundo Bassete (2016), a intermissão do lançamento do concreto segmenta os elementos estruturais e ressalta emendas nas paredes, dessa forma haveria o comprometimento de uma das vantagens relacionadas ao sistema a qual é a qualidade da superfície das paredes.

No Brasil popularmente são utilizados quatro tipos de concreto na execução do sistema de paredes de concreto, segundo Misurelli e Massuda (2009). O Quadro 1 ilustra os tipos de concreto descritos, sua massa específica e resistência a compressão mínima característica.

Quadro 1 - Classe de concretos para execução de paredes estruturais

Tipo	Descrição	Massa Específica Kg/m ³	Resistência à compressão mínima MPa
L1	Concreto celular	1500 a 1600	4
L2	Concreto com agregado leve	1500 a 1800	20
M	Concreto com ar incorporado	1900 a 2000	6
N	Concreto normal	2000 a 2800	20

Fonte: ABCP et al., 2008.

Os concretos com tipologias descritas conforme ilustração do Quadro 1 nomeados com os termos L1, L2 e M, ficam restritas a edificações de pequeno porte devido a massa específica mínima ser de 2000 kg/m³ consoante a NBR 16055 (ABNT, 2012). Os concretos caracterizados como celular e ar incorporado apresentam vantagens relacionadas aos aspectos acústicos e térmicos (ABCP et al., 2008).

Devido as características físicas exigidas pelo sistema de paredes de concreto ser de um concreto com especificações mais fluídas, recomenda-se a utilização do concreto autoadensável. O concreto autoadensável também é responsável por dar um melhor acabamento e auxilia nos quesitos relacionados a limpeza das fôrmas e que consequentemente aumentará a vida útil do material reduzindo custos do empreendimento.

2.3 DESVANTAGENS DAS PAREDES DE CONCRETO

A consequência de erros executivos na obtenção das paredes de concreto é a necessidade de realização de retrabalhos que possuem alto grau de dificuldade. A solução da maioria dos erros cometidos envolve operações que necessitem a realização de rompimentos e cortes nas paredes, e posterior preenchimento dos reparos realizados com concreto.

As operações de correções acabam aumentando os custos devido os arremates serem corrigidos com concreto ao invés de alvenaria, o custo é elevado nos quesitos de materiais e mão de obra podendo impactar a produtividade na execução da montagem das fôrmas.

Uma outra desvantagem está relacionada as limitações arquitetônicas, devido as paredes comporem um sistema estrutural monolítico, não há possibilidades de alteração das organizações e repaginações dos ambientes internos. Como as paredes compõem o sistema estrutural, não é possível retirar paredes, abrir vãos para comportar janelas ou portas nem mesmo executar aberturas para compor o estilo americano. É importante citar que as limitações quanto a mundanças arquitetônicas não está ligado peculiarmente ao sistema de paredes de concreto, tal limitação é característico de sistemas autoportantes como é o caso também da alvenaria estrutural (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

2.4 VANTAGENS DAS PAREDES DE CONCRETO

O sistema construtivo de paredes de concreto possui como principal características a moldagem no local do elementos constituintes, como a estrutura e a parte de vedação. Todas as paredes pertencentes a cada ciclo construtivo de uma edificação são moldadas em apenas uma única concretagem, garantindo após a desforma que as paredes contemplem todos os elementos concluídos como o caso dos vãos de portas e janelas e também as instalações indicadas em projeto (ABCP et al., 2008).

O sistema é aconselhado para edificações que exigem alta repetitividade, como o caso de edifícios e condomínios residenciais. O sistema construtivo de paredes de concreto utilizam preceitos da indústria sistematizada, buscando a metodização dos processos garantindo um maior controle de qualidade e rendimento na execução.

Segundo a ABCP et al. (2008), as principais características do sistema são: velocidade de execução, garantia no cumprimento dos prazos, industrialização dos processos, maior garantia do controle de qualidade, qualificação na mão de obra. Há poucos métodos construtivos considerados tanto sistematizados quanto ao sistema construtivo de paredes de concreto, o sistema pode ser considerado a parametrização dos sistemas construtivos.

3 DESEMPENHO DO SISTEMA DE PAREDES DE CONCRETO

O aparecimento e desenvolvimento de novos materiais e técnicas no setor da construção civil resultou em estruturas com formas cada vez mais complexas. A construção civil é o setor que está ligado diretamente e responsável pelo desenvolvimento da sociedade e a seu bem-estar, deste modo os produtos ofertados pelo setor devem se adequar as exigências dos clientes.

3.1 CONTEXTO HISTÓRICO

Em Londres no ano de 1946 houve a reunião de 25 países com o intuito de elaborar uma organização internacional que facilitasse a unificação e a coordenação das normas a nível industrial. Portanto, surge então a ISO (Internacional Organization for Standardizing – Organização Internacional de Normalização), iniciou suas atividades oficialmente em fevereiro de 1947 instalada na cidade de Genebra (PINHEIRO; CRIVELARO, 2014).

As normas regulamentadoras denominadas ISO tem a função de padronização dos sistemas de gerenciamento dos quesitos relacionados a qualidade, utiliza por meio de ferramentas e conceitos com o intuito de realizar a unificação de forma universal. Desse modo há a realização da normalização de produtos como bens e serviços, e a permanente melhora na sua qualidade (PINHEIRO; CRIVELARO, 2014).

Os benefícios atingidos englobam o cumprimento de procedimentos, atividade ligada aos processos de inspeção das etapas executivas. O sistema de gestão de qualidade prioriza um alto nível de organização do canteiro e das atividades envolvidas nos processos de uma maneira generalizada. Com a adoção de sistemas de gestão de qualidade, a organização passa a ser vista como um fator primordial na obra refletindo de forma significativa na produção e na segurança do canteiro de obras.

3.2 DESEMPENHO EXIGIDO

Segundo Freire (2001) a execução da etapa estrutural de uma edificação é uma das tarefas mais importantes relacionadas ao processo construtivo e também é etapa que define e impacta todas as etapas subsequentes de um empreendimento. Quando realizada de forma inadequada influencia tanto o cronograma devido as falhas estruturais sejam praticamente irrecuperáveis como também ao custo de construção devido o aumento da espessura dos revestimentos, o que pode ocasionar manifestações patológicas e o comprometimento do desempenho estrutural.

A NBR 15575:1 (ABNT, 2013) é uma norma responsável pela abordagem ao desempenho das edificações, apresenta características imprescindíveis de uma edificação atribuídas ao consumidor, possui objetivo de zelar pelo conforto, higiene, acessibilidade, vida útil da construção, estabilidade, segurança contra incêndios e segurança estrutural. É utilizada como guia para orientar as obrigatórias necessárias para uma edificação.

Como o concreto é o principal componente do sistema construtivo de paredes de concreto, caracterizado como material durável e resistente é sugerido que sejam realizados os ensaios necessários de modo que ofereçam uma solução adequada e segura para comprovarem a eficiência do método construtivo. Segundo prescrições contidas na NBR 15575:1 (ABNT, 2013), os ensaios relacionados ao desempenho deverão levar em consideração os seguintes aspectos: desempenho acústico, desempenho térmico, resistência estrutural, permeabilidade.

3.2.1 Desempenho Acústico

O desempenho acústico está relacionado a massa das paredes que é definida como a relação entre massa específica e espessura, é importante a análise das fugas de som ocasionadas pelas esquadrias ou mesmo por elementos como caixas de passagem (WENDLER, 2009).

Em relação aos níveis de ruídos aceitos em habitações, devem propiciar isolamento acústico entre os meios internos e externos, completamente entre os os cômodos da mesma edificação (mínimo de 30 decibéis) e também entre unidades distintas (mínimo de 45 decibéis) conforme prescrições normativas contidas na NBR 15575:4 (ABNT, 2013).

A NBR 15575:4 (ABNT, 2013) também aborda os requisitos necessários e os critérios de verificação do isolamento acústico entre os meios internos e externos como também entre as unidades autônomas e áreas comuns. O desempenho acústico deverá atender a proteção da privacidade dos usuários e impedir a intrusão de ruídos externos ocorridos nos ambientes adjacentes.

Um bom isolamento do sistema acústico das habitações, garante o repouso adequado de seus usuários, contribuindo com condições favoráveis de trabalho, estudo e lazer aumentando assim a saúde (relacionada ao não desgaste mental) e a produtividade de seus usuários.

3.2.2 Desempenho Térmico

A condutividade térmica do concreto depende de fatores como a densidade e conteúdo do traço – cada material que compõem o traço influencia diretamente nas propriedades físico-químicas do produto. O número de poros e sua distribuição também são fatores críticos para o isolamento térmico (HASTENPFLUG; LEITE; GIRARDI, 2018).

Segundo Wendler (2009), o desempenho térmico depende da interação entre os elementos da estrutura como o exemplo da interação entre fachada, piso e cobertura. Há 3 procedimentos utilizados para avaliação da adequação das habitações, são elas:

- Verificação quanto ao atendimento dos requisitos das fachadas através da análise do material da parede;
- Verificação quanto ao atendimento dos requisitos e critérios estabelecidos, por meio de simulações computacionais do desempenho térmico da edificação;
- Verificação quanto ao atendimento dos requisitos por meio de realizações de medições em edificações ou em protótipos elaborados.

As edificações habitacionais devem atender as características que obedeçam exigências de desempenho térmico, deve-se levar em consideração a região de implantação das edificações devido as características bioclimáticas (WENDLER, 2009). As verificações e critérios relacionados ao desempenho térmico devem seguir as prescrições e orientações contidas na NBR 15575:1 (ABNT, 2013).

3.2.3 Resistência Estrutural

A resistência estrutural está ligada a capacidade da estrutura a comportar e resistir as ações à ela empregadas sem apresentar fraturas ou deformações que possam impedir ou influenciar na utilização dos usuários. É um quesito importante por estar diretamente ligado ao bem estar dos usuários e sua utilização (FREIRE, 2001).

Segundo as prescrições normativas contidas na NBR 15575:1 (ABNT, 2013), a segurança estrutural apresentada durante a Vida Útil de Projeto (VUP), deverão atender os seguintes requisitos sob diversas ações de exposição.

- Fornecer segurança aos seus usuários sob ação de possíveis impactos, vibrações, choques ou quaisquer outras solicitações consequentes devido a utilização da edificação;
- Não ocasionar situações que causem insegurança aos usuários correspondentes a deformações ligadas a qualquer elemento da edificação, apenas se as deformações se reterem aos limites estabelecidos;
- Não refletir estados inaceitáveis de patologias nos sistemas estruturais, de vedação ou acabamento;
- Não prejudicar o manuseio dos acessórios das edificações como o caso de portas ou janelas devido à deformações dos componentes estruturais.
- Atender os requisitos normativos contidos nas normas regulamentadoras descritas na NBR 5629 (ABNT, 2018), NBR 11682 (ABNT, 2009) e NBR 6122 (ABNT, 2010) relativas às ações do solo e ao entorno da edificação.

Conforme prescrições contidas na Diretriz SINAT do Ministério das Cidades (2017), mesmo o sistema construtivo de paredes de concreto não se enquadrando totalmente no conceito estrutural da NBR 6118 (ABNT, 2014), deverá ser obedecido de maneira geral às exigências contidas na norma devido as proposições de projetos abordar as solicitações, buscando o atendimento quanto as verificações do Estado Limite Último (ELU) e Estado Limite de Serviço (ELS) previstos na norma.

3.2.4 Permeabilidade

A propriedade de permeabilidade esta ligada a capacidade de penetrabilidade pertencente ao material, no concreto tal característica está diretamente ligada a sua durabilidade. A durabilidade do concreto não é um fator propriamente associado ao concreto em si, ela também é fruto da interação do material com o ambiente externo, portanto aconselha-se que o concreto seja revestido impedindo sua exposição as intempéries.

A relação água-cimento é inversamente ligada à resistência mecânica do concreto, pois com o aumento desta relação aumenta-se também a sua porosidade, e por conseguinte ocorre o aumento da permeabilidade e diminuição do desempenho relacionado a sua estabilidade e duração (HASTENPFLUG; LEITE; GIRARDI, 2018).

A água age como agente deteriorante pois ela serve de transporte de substâncias as quais podem causar avarias ao material, por isso a diminuição do fluxo passante na microestrutura do concreto é tão importante para evitar o processo de deteriorização do concreto e de sua armadura.

O concreto que possui baixa permeabilidade, expressa valores reduzidos relacionados ao índice de água-cimento e também apresentam uma eficiente cobertura das armaduras. Não salvo da impossibilidade do ocorrimto da oxidação da armadura devido ao aparecimento das microfissuras geradas no concreto (HASTENPFLUG; LEITE; GIRARDI, 2018).

3.3 PBQP-H

O Programa Brasileiro da Qualidade do Habitat (PBQP-H) foi criado em 1998, após a assinatura da Portaria número 134 do Ministério do Planejamento e Orçamento. Já em 2000 o programa PBQP-H foi ampliado para PBQP-Habitat, dessa forma passou a

englobar as áreas de infra-estrutura, saneamento e transportes urbanos, nesse mesmo ano o programa foi marcado pela adesão da Caixa Econômica Federal a qual restringiu os financiamentos as construtoras que não possuísem a qualificação exigida pelo programa. O PBQP-H vem tomando espaço e se consolidando no setor da construção civil exigindo que o produto tome referências de qualidade e auxiliando a implementação de Sistemas de Gestão de Qualidade (SGQ) nos empreendimentos (DORNELES, 2006).

As vantagens das certificações estão relacionadas a um melhor direcionamento, aproximando o entendimento da importância da qualidade no setor da construção civil, assim os órgãos responsáveis pela gestão de qualidade passam a ter melhores orientações a respeito da necessidade de padronização e validações dos métodos construtivos. A implantação de programas que auxiliem e garantam a qualidade dos produtos é evidenciada a uma maior satisfação por parte dos clientes.

4 PROGRAMA EXPERIMENTAL

O programa experimental foi desenvolvido na cidade de Anápolis, pela facilidade de acesso ao sistema construtivo de paredes de concreto foram utilizados os empreendimentos da Realiza Construtora para a coleta de dados e realização dos ensaios necessários durante os meses de dezembro/2018 à abril/2019. Para a elaboração do trabalho e apresentação dos resultados a respeito do desempenho desta metodologia construtiva, foram coletadas informações nos diferentes empreendimentos da construtora os quais utilizam a mesma metodologia construtiva.

Segundo Oliveira (2006), os vínculos entre os elementos também são considerados ações relacionadas a alvenaria, porém envolvem as propriedades dos componentes e materiais os quais são de determinação complexa. De forma geral, os projetistas acolhem os resultados normativos o que pode ocasionar elementos a favor da segurança mas em contra partida elementos superdimensionados, situação a qual pode ser evitada na correta aplicabilidade dos materiais.

Este capítulo é responsável por apresentar as etapas e caracterizações necessárias para a coleta de dados e descrição dos procedimentos necessários para a realização dos ensaios relacionados a validação do desempenho do sistema construtivo de paredes de concreto.

4.1 ENSAIOS REALIZADOS

Para uma melhor demonstração e aplicabilidade, foram realizados os principais ensaios relacionados ao desempenho esperado por uma edificação. São descritos nos tópicos a seguir as etapas e procedimentos necessários para a obtenção dos resultados.

Devido melhores adequações as situações encontradas, foram realizados os ensaios listados abaixo:

- Desempenho Acústico;
- Exterior as edificações;
- Interior das unidades residenciais;
- Desempenho Térmico.

4.1.1 Acústico

Os ensaios acústicos seguiram as prescrições normativas contidas na NBR 15575:1 (ABNT, 2013), com o intuito de medir e avaliar os ruídos propagados e provenientes por fontes externas e internas as edificações que utilizam o sistema construtivo de paredes de concreto.

4.1.1.1 Exterior às Edificações

As referências utilizadas para a elaboração dos ensaios utilizaram as normas técnicas vigentes relacionadas ao desempenho acústico conforme prescrições normativas contidas na NBR 10151 (ABNT, 2003) e NBR 15575:1 (ABNT, 2013). Com o intuito de verificar as classes de ruídos e enquadrar o empreendimento conforme classes estabelecidas pelas normas supracitadas.

Foram realizadas 33 medições em pontos distintos com duração de 5 minutos em cada ponto. Evitando locais que pudessem comprometer a medição, os quais poderiam apresentar ruídos atinais audíveis (zumbidos, chiadas ou apitos). O critério utilizado para realização do ensaio foi a realização da medição no entorno e em parte do perímetro interno do empreendimento.

O equipamento utilizado foi um decibelímetro digital, o qual são descritos abaixo as características e especificidades do equipamento:

- Equipamento: Medidor Sonoro;
- Classe: Tipo 2;
- Código de Identificação: MSL-1310;
- Número de Série: R-13680117;
- Modelo: MSL – 1310.
- Fabricante: Minipa Eletronics USA Inc

As fontes emissoras de sons foram ocasionadas por inquietações presentes na área, as quais foram geradas por pessoas, animais ou trânsito de veículos. O valor lido no instrumento será o índice determinante e classificante quanto a fonte emissora. Os pontos os quais foram realizadas as medições foram pontuadas e ilustradas na Figura 4 apresentada a seguir:

Figura 4 - Pontos verificados



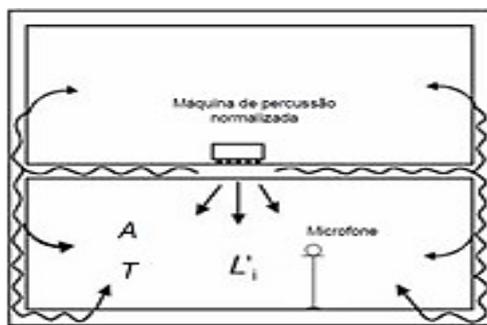
Fonte: PRÓPRIOS AUTORES.

4.1.1.2 Interior às Edificações

Para a elaboração do ensaio acústico para avaliação de nível de pressão sonora foram obedecidas as premissas da NBR 15575:1 (ABNT, 2013) e os procedimentos contidos na ISO 717-2 (2013). Para realização das medições foram utilizados equipamentos para aferição dos ruídos em sistemas de pisos destinados a separar unidades habitacionais.

As aferições foram realizadas no Condomínio Tropical Parque - Anápolis, onde as unidades habitacionais estavam concluídas com os fechamentos das esquadrias para evitar que possíveis oscilações comprometessem as leituras em relação aos níveis de ruídos captados. As medições para determinação dos ruídos foram aferidas conforme esquema abaixo demonstrado pela Figura 5.

Figura 5 - Esquema de medição



Fonte: ARQUIVO REALIZA, 2018.

A máquina de percussão realiza trepidações intermitentes com o intuito de propagar vibrações na estrutura e assim as transferir as demais unidades no seu entorno, para a validação foi posicionado um microfone no piso inferior para captar e aferir o nível de ruídos transferidos para as unidades habitacionais próximas.

Para realização do ensaio o aparelho foi posicionado no pavimento superior o qual é nomeado como ambiente emissor, já o microfone foi posicionado no ambiente receptor localizado no piso inferior com o intuito de simular a percepção dos usuários de movimentações ocasionados pelos habitantes.

Quanto as características e dados dos equipamentos utilizados para a realização do ensaio, são listados abaixo:

- Equipamento: Medidor Integrador de Nível Sonoro;
 - Classe: Tipo 1;
 - Número de Série: 61538;
 - Modelo: Blue Solo;
 - Fabricante: 01dB;
- Equipamento: Calibrador de Nível Sonoro;
 - Classe: Tipo 1;
 - Número de Série: 50241538(2004);
 - Modelo: Cal21;
 - Fabricante: 01dB;
- Equipamento: Máquina de Impacto Padronizado;
 - Classe: Tipo 1;
 - Número de Série: calp 04/01-11/185;
 - Modelo: Tapping Machine MAC 01;
 - Fabricante: 01dB.

Os valores utilizados como referência foram retirados da NBR 15575:3 (ABNT, 2013) e ilustrados no Quadro 2, apresentado a seguir. O quadro representa os valores utilizados como guias para a verificação do nível de atendimento as prescrições normativas.

Quadro 2 - Critérios para avaliação de nível de pressão sonora

Elemento	$L'_{nt,w}$ [dB]	Nível de desempenho
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos	66 a 80	M
	56 a 65	I
	≤55	S
Sistema de piso de áreas de uso coletivo (atividades de lazer e esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas) sobre unidades habitacionais autônomas	51 a 55	M
	46 a 50	I
	≤45	S

Fonte: NBR 15575:3 (ABNT, 2013).

Para o atendimento das prescrições normativas os níveis apresentados devem obrigatoriamente ser inferiores a 80 dB, para que a experiência de vivência dos usuários não seja afetada pelos demais usuários da mesma unidade habitacional.

4.1.2 Térmico

O ensaio de verificação quanto ao atendimento do desempenho térmico seguiu as prescrições normativas contidas na NBR 15575:1 (ABNT, 2013), para a comprovação e validação do desempenho térmico apresentado pelas paredes de concreto dos ambientes pertencentes as unidades habitacionais.

A verificação e posterior avaliação do desempenho térmico foi realizado de acordo com as características geométricas pertencentes ao projeto e disposição dos elementos arquitetônicos e foi executado por meio de simulação computacional conforme prescrições da norma NBR 15220:2 (ABNT, 2008). As unidades habitacionais devem atender as características exigidas, conforme considerações relacionadas as zonas bioclimáticas definidas pela NBR 15220:3 (ABNT, 2005).

As edificações no verão, devem apresentar condições térmicas no interior das edificações iguais ou melhores que às do ambiente externo (à sombra), para os dias inerentes de verão. O valor máximo apresentado da temperatura do ar no interior dos recintos como sala e dormitórios, os quais não possuam fontes de calor (como lâmpadas, ocupantes, e demais equipamentos eletrônicos), deverá ser menor ou igual ao valor máximo da temperatura do ambiente exterior NBR 15575:1 (ABNT, 2013).

O Quadro 3 apresenta os critérios para avaliação de desempenho térmico na condição da estação de verão, a qual é ilustrado a seguir:

Quadro 3 - Critérios de avaliação de desempenho térmico no 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	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^\circ C)$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 1^\circ C)$
S	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 4^\circ C)$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^\circ C)$ e $T_{i,min} \leq (T_{e,max} + 1^\circ C)$

$T_{i,max}$ 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 15220:3 (ABNT, 2005).

A norma prevê a realização dos ensaios nos ambientes tanto no verão quanto no inverno. De maneira análoga a norma ilustra os requisitos necessários e determina os parâmetros conforme ilustrado no Quadro 4.

Quadro 4 - Critérios de avaliação de desempenho térmico no inverno

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

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 15220:3 (ABNT, 2013).

Como método de avaliação foi utilizado um simulador computacional intitulado de Energy Plus, versão 8.8 conforme orientações normativas prescritas. Para a adequação da situação apresentada pela zona bioclimática foi utilizado o modelo do local mais próximo para que as simulações pudessem ser realizadas com menor margem de erro possível, foi utilizado o arquivo climático da cidade de Goiânia (Goiás).

A análise ocorreu em uma edificação residencial multipiso de 4454,93 m². Os ambientes analisados foram as áreas comuns de vivência como os quartos, sala e cozinha localizadas no último pavimento conforme ilustrado pela Figura 5.

Figura 5 - Planta dos ambientes



Fonte: ARQUIVO REALIZA, 2018.

A edificação está localizada em Anápolis (Goiás), que segundo prescrições normativas contidas na NBR 15220:3 (ABNT, 2005) é classificada como zona bioclimática 06. Para a simulação no software foi utilizado as especificações contidas em projeto para definição dos materiais e consequentemente a condutividade térmica, conforme citado os materiais foram ilustrados no Quadro 5 com as especificações dos itens empregados nas superfícies externas e internas. O quadro é apresentada a seguir:

Quadro 5 - Especificações dos materiais utilizados

Materiais	Local aplicação	Espessura	Condutividade térmica W/M.K	Densidade Kg/m ³	Calor Específico J/Kg.K	Absortância
Parede concreto com pintura	Alvenaria externa e interna	10 cm	0,9	500	1000	0,2
Argamassa	Laje	1,5 cm	1,15	2100	1000	
Laje de concreto	Laje	7 cm	1,75	2400	1000	
Gesso	Revestimento interno	0,05 cm	0,7	1200	840	
Telha fibrocimento	Cobertura	0,06 cm	0,95	2200	840	0,8
Madeira	Portas	3,5 cm	0,15	600	1340	
Cerâmica	Piso ambientes	7 cm	1,05	2000	920	
Vidro	Janelas e portas varanda	0,03 cm	1	2500	840	

Fonte: ARQUIVO REALIZA, 2018.

A verificação foi realizada em um dia típico de verão, com a utilização e entrada de dados conforme dados fornecidos pelo arquivo climático. Segundo NBR 15220:3 (ABNT, 2015), não se faz necessário realização de simulação para o inverno em caso de edificações localizadas na zona bioclimática 6, portanto foi realizada uma avaliação no verão.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISES DOS RESULTADOS

Os ensaios serão analisados conforme prescrições normativas vinculadas a cada área de conhecimento, para facilitar a ilustração a Tabela 1 demonstra os requisitos necessários a cada ensaio vinculando as médias a serem atingidas.

Tabela 1 - Parâmetros de Avaliação

Critérios de análises segundo NBR 15575:1 (ABNT, 2013)			
Acústico	Exterior	I	Até 60 dB
		II	60 a 66 dB
		III	66 a 70 dB
	Interior	M	66 a 80 dB
		I	56 a 65 dB
		S	≤ 55 dB
Térmico	Zona 6	M	Ti máx ≤ 34,6 °C
		I	Ti máx ≤ 32,6 °C
		S	Ti máx ≤ 30,6 °C

Sendo: M - Nível Mínimo
I - Nível Intermediário
S - Nível Superior

Fonte: PRÓPRIOS AUTORES.

Este capítulo é destinado a apresentação e desenvolvimento das análises dos resultados obtidos produtos da fase experimental – seguindo as prescrições contidas em norma para ensaio correspondente.

5.1 ANÁLISES DOS ENSAIOS

Os resultados serão analisados e apresentados segundo prescrições normativas relacionadas a cada experimento separadamente, e ao que se relaciona ao desempenho a conclusão será embasada conforme NBR 15575:1 (ABNT, 2013).

5.1.1 Análise Acústica

A análise acústica será efetuada conforme subitens 4.1.1.1 e 4.1.1.2, será abordado e apresentada separadamente expressando os resultados obtidos em cada situação vinculada a posição em relação aos usuários das unidades habitacionais, dessa maneira será ilustrado a percepção tanto externa quanto interna aos usuários das habitações.

5.1.1.1 Exterior às Edificações

As informações levantadas pelo ensaio descrito no subitem 4.1.1.1 realizado no entorno do empreendimento forneceu os resultados apresentados no Quadro 6.

Quadro 6 - Resultado do ensaio acústico do entorno

Número do Ponto	Ruído dB (A)	Local
1	56,6	Setor 01 - Frente
2	46	Setor 01 - Frente
3	53,1	Setor 01 - Frente
4	51	Setor 01 - Frente
5	56	Setor 01 - Frente
6	53,3	Setor 02 - Lateral Árvores
7	53,6	Setor 02 - Lateral Árvores
8	50,3	Setor 02 - Lateral Árvores
9	50,3	Setor 02 - Lateral Árvores
10	46,9	Setor 02 - Lateral Árvores
11	45	Setor 03 - Fundo próximo a APP
12	44,5	Setor 03 - Fundo próximo a APP
13	45,1	Setor 03 - Fundo próximo a APP
14	51,7	Setor 03 - Fundo próximo a APP
15	49,6	Setor 03 - Fundo próximo a APP
16	48,2	Setor 04 - Lateral próximo a fazenda
17	50,8	Setor 04 - Lateral próximo a fazenda
18	52,7	Setor 04 - Lateral próximo a fazenda
19	46,5	Setor 04 - Lateral próximo a fazenda
20	52	Setor 04 - Lateral próximo a fazenda
21	53,4	Rua 05
22	52,3	Rua Principal
23	48	Rua 05
24	48	Rua 04
25	48,9	Rua Principal
26	53,4	Rua 04
27	56,9	Rua 03
28	56,8	Rua Principal
29	56	Rua 03
30	54,2	Rua 02
31	56,4	Rua Principal
32	52,5	Rua 02
33	54,2	Rua 01

Fonte: PRÓPRIOS AUTORES.

Conforme prescrições normativas as quais corroboram com o Quadro 7, o empreendimento ficou classificado na Classe de Ruídos I – que expressa o valor de até 60 db, atendendo as prescrições normativas quanto ao desempenho acústico.

Quadro 7 - Classificação do nível de ruídos

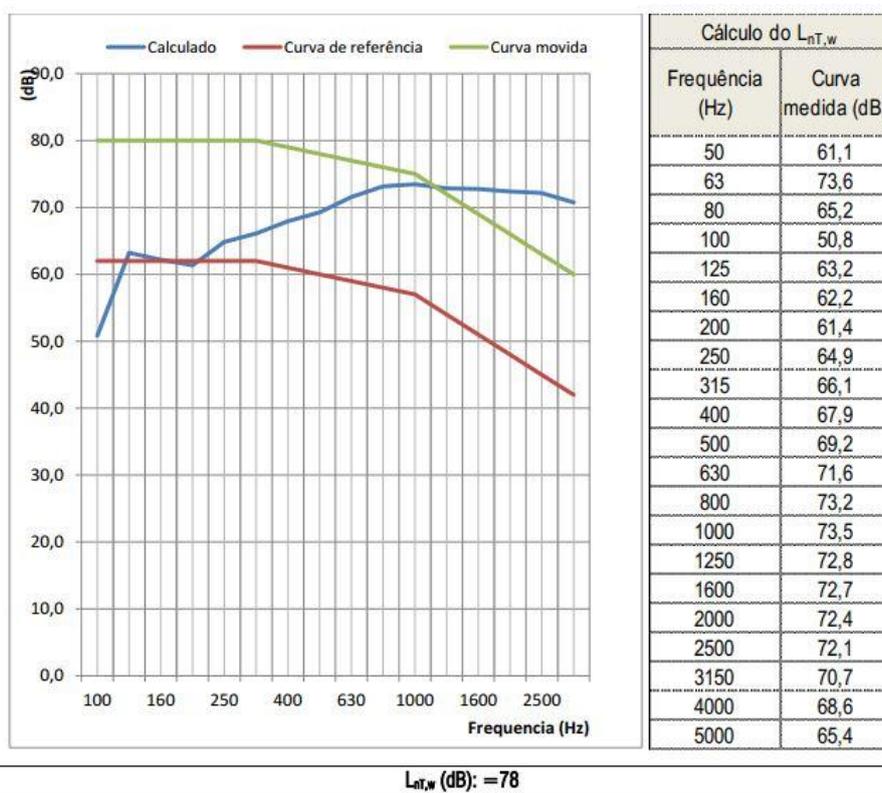
Classificação de Níveis de Ruídos - Conforme NBR 15575 (ABNT, 2013)	
Classe de Ruído	Nível de Pressão Sonora Equivalente
I	Até 60 db(A)
II	60 a 66 db(A)
III	66 a 70 db(A)

Fonte: NBR 15575:1 (ABNT, 2013)

5.1.1.2 Interior às Edificações

Conforme registrado no capítulo anterior no subitem 4.1.1.2, os resultados obtidos seguindo as orientações descritas na NBR 15575:3 (ABNT, 2013) para a realização do ensaio relacionado ao conforto acústico experimentado pelos usuários, é ilustrado no Gráfico 1 apresentado a seguir:

Gráfico 1 - Resultado das variações acústicas internas



Fonte: ARQUIVO REALIZA, 2018.

O sistema de pisos ensaiado expressou o valor de 78 decibéis, conforme ilustrado pela Quadro 2 supracitada, atendeu os requisitos mínimos exigidos pela NBR 15575:3. São válidas ao se aplicarem as medições aferidas em lajes destinadas a separar unidades habitacionais dispostas em pavimentos dissemelhantes.

É importante registrar que os resultados não são aplicáveis de forma generalizada para os demais ambientes e situações diversas, devido as medições se tratarem de peculiaridades de cada situação ou ambiente.

5.1.2 Análise Térmica

Os resultados obtidos pela simulação computacional do software Energy Plus, são apresentados abaixo ilustrados pelo Quadro 8.

Quadro 8 - Resultados da simulação do software Energy Plus

Data	Temp. Ext. Máx. °C	ZP1SL:Zone Air Temperature [C](Daily)	Nível de desempenho alcançado	ZP1Q:Zone Air Temperature [C](Daily)	Nível de desempenho alcançado	ZP1SU:Zone Air Temperature [C](Daily)	Nível de desempenho alcançado
12/20	Ti max ≤ 34,6° C: M	32,76	M	32,66	M	32,72	M
	Ti max ≤ 32,6° C: I						
	Ti max ≤ 30,6° C: S						
Data	Temp. Ext. Máx. °C	ZP2SL:Zone Air Temperature [C](Daily)	Nível de desempenho alcançado	ZP2Q:Zone Air Temperature [C](Daily)	Nível de desempenho alcançado	ZP2SU:Zone Air Temperature [C](Daily)	Nível de desempenho alcançado
12/20	Ti max ≤ 34,6° C: M	32,77	M	32,70	M	32,65	M
	Ti max ≤ 32,6° C: I						
	Ti max ≤ 30,6° C: S						
Data	Temp. Ext. Máx. °C	ZP3SL:Zone Air Temperature [C](Daily)	Nível de desempenho alcançado	ZP3Q:Zone Air Temperature [C](Daily)	Nível de desempenho alcançado	ZP3SU:Zone Air Temperature [C](Daily)	Nível de desempenho alcançado
12/20	Ti max ≤ 34,6° C: M	32,78	M	32,73	M	32,74	M
	Ti max ≤ 32,6° C: I						
	Ti max ≤ 30,6° C: S						
Data	Temp. Ext. Máx. °C	ZP4SL:Zone Air Temperature [C](Daily)	Nível de desempenho alcançado	ZP4Q:Zone Air Temperature [C](Daily)	Nível de desempenho alcançado	ZP4SU:Zone Air Temperature [C](Daily)	Nível de desempenho alcançado
12/20	Ti max ≤ 34,6° C: M	32,77	M	32,72	M	32,67	M
	Ti max ≤ 32,6° C: I						
	Ti max ≤ 30,6° C: S						
Data	Temp. Ext. Máx.	ZP5SL:Zone Air Temperature [C](Daily)	Nível de desempenho alcançado	ZP5Q:Zone Air Temperature [C](Daily)	Nível de desempenho alcançado	ZP5SU:Zone Air Temperature [C](Daily)	Nível de desempenho alcançado
12/20	Ti max ≤ 34,6° C: M	32,77	M	32,70	M	32,65	M
	Ti max ≤ 32,6° C: I						
	Ti max ≤ 30,6° C: S						
Data	Temp. Ext. Máx. °C	ZP6SL:Zone Air Temperature [C](Daily)	Nível de desempenho alcançado	ZP6Q:Zone Air Temperature [C](Daily)	Nível de desempenho alcançado	ZP6SU:Zone Air Temperature [C](Daily)	Nível de desempenho alcançado
12/20	Ti max ≤ 34,6° C: M	32,77	M	32,71	M	32,73	M
	Ti max ≤ 32,6° C: I						
	Ti max ≤ 30,6° C: S						
Data	Temp. Ext. Máx. °C	ZP7SL:Zone Air Temperature [C](Daily)	Nível de desempenho alcançado	ZP7Q:Zone Air Temperature [C](Daily)	Nível de desempenho alcançado	ZP7SU:Zone Air Temperature [C](Daily)	Nível de desempenho alcançado
12/20	Ti max ≤ 34,6° C: M	32,77	M	32,72	M	32,67	M
	Ti max ≤ 32,6° C: I						
	Ti max ≤ 30,6° C: S						
Data	Temp. Ext. Máx. °C	ZP8SL:Zone Air Temperature [C](Daily)	Nível de desempenho alcançado	ZP8SU:Zone Air Temperature [C](Daily)	Nível de desempenho alcançado	ZP8Q:Zone Air Temperature [C](Daily)	Nível de desempenho alcançado
12/20	Ti max ≤ 34,6° C: M	32,76	M	32,74	M	32,73	M
	Ti max ≤ 32,6° C: I						
	Ti max ≤ 30,6° C: S						

Fonte: Energy Plus, 2018.

Conforme prescrições normativas contidas na NBR 15220:2 (ABNT, 2008), considerando os critérios para avaliação do desempenho térmico os quesitos atenderam ao desempenho térmico requisitado, deste modo a edificação atende as prescrições normativas relacionadas ao conforto térmico de seus usuários.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O capítulo que segue apresenta a conclusão obtida com o cumprimento dos objetivos da pesquisa e sugestões para trabalhos futuros.

6.1 Conclusão

Devido a evolução das técnicas construtivas, a construção civil sempre busca otimizações e implementações nos sistemas construtivos. Devido a análise do sistema construtivo de paredes de concreto é possível indicar os motivos pela sua popularidade e aumento do índice na utilização do sistema, visto que, o sistema construtivo é uma interessante opção no que se diz respeito a velocidade de execução e facilidade de implementação em empreendimentos para fins habitacionais que possuam um projeto arquitetônico que seja comum entre as unidades.

O sistema de paredes de concreto estão vinculados a tentativa de executar conceitos da indústria seriada para o setor da construção civil, devido a realização de repetitividade as paredes de concreto buscam otimizar e agilizar os processos executivos – dessa maneira pode ser adotado como um dos sistemas que amenizariam a demanda vinculada ao déficit habitacional.

As normas de desempenho priorizam a habitabilidade dos usuários, nem sempre se relacionam com o conforto final dos habitantes das unidades. De acordo com os parâmetros prescritos pela NBR 15575:1 (ABNT, 2013), conclui-se que as edificações executadas com o sistema construtivo de paredes de concreto atendem de forma satisfatória em relação ao desempenho termo-acústico vivenciado pelos usuários.

Em relação ao desempenho conclui-se que a etapa de elaboração do projeto é de suma importância devido ser a etapa responsável pela projeção, determinação e planejamento dos materiais utilizados o que acaba influenciando diretamente o desempenho das edificações e a satisfação de seus usuários.

A execução complementa a fase de projeto, devido falhas na etapa de execução comprometerem a aceitabilidade da estrutura e conseqüentemente afetar a vida útil da estrutura e comprometer a utilização dos habitantes das unidades residenciais. Erros na etapa executiva podem reduzir consideravelmente a vida útil da estrutura, as etapas de planejamento e execução devem se tornar complementares e não excludentes.

Um fator importante no que se relaciona aos usuários esta vinculado a utilização e ciência dos intitulados “manuais dos proprietários”, os quais auxiliam o garantimento do aumento da vida útil das edificações e da durabilidade de seus sistemas.

Devido as características termo-acústicas terem sido avaliadas e atingirem níveis aceitáveis, conforme prescrições contidas em norma, pode-se classificar o sistema construtivo de paredes de concreto como eficiente e eficaz devido fornecer características como conforto térmico e acústico a seus usuários.

Conclui-se que a capacidade técnica do sistema construtivo de paredes de concreto tendem a garantir, quando bem projetados e executados os requisitos normativos prescritos pela NBR 15575:1 (ABNT, 2013), e dessa maneira atingem o desempenho esperado pelas edificações construídas a partir da metodologia construtiva de paredes de concreto.

REFERÊNCIAS

ABCP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND *et al.* **Parede de Concreto: coletânea de ativos.** São Paulo: Comunidade da Construção, 2007/2008. 200 p. Disponível em: <http://abesc.org.br/pdf/coletanea_ativos.pdf>.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5629:** Tirantes ancorados no terreno — Projeto e execução. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. 38 p.

———. **NBR 6118:** Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014. 238 p.

———. **NBR 6122:** Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: ABNT, 2010. 91 p.

———. **NBR 7480:** Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2007. 13 p.

———. **NBR 7481:** Tela de aço soldada - Armadura para concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 1990. 7 p.

———. **NBR 10151:** Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 4 p.

———. **NBR 11682:** Estabilidade de encostas. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. 33 p.

———. **NBR 15220:2:** Desempenho térmico de edificações Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2008. 34 p.

———. **NBR 15220:3:** Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005. 30 p.

———. **NBR 15575:1:** Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 71 p.

———. **NBR 15575:3:** Edificações habitacionais — Desempenho Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 42 p.

———. **NBR 15575:4:** Edificações habitacionais — Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 63 p.

———. **NBR 16055:** Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações — Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. 35 p.

ANAUATE, Milton. **Programa Minha Casa Minha Vida e Parede de Concreto.** 2012. Disponível em: <<http://nucleoparededeconcreto.com.br/destaque-interno/programa-minha-casa-minha-vida-e-parede-de-concreto>>.

ARCELORMITTAL. **Soluções para Paredes de Concreto Armado**. Disponível em: <<http://longos.arcelormittal.com/produtos/catalogos/solucoes-para-paredes-de-concreto-armado>>.

ARQUIVO REALIZA. Escritório Central. **Ensaio.doc: ensaios para validação de desempenho do sistema de paredes de concreto**. Uberlândia, 2018.

BASSETTE, Rudinei José. **Sistema de fôrmas plásticas modulares para paredes de concreto**. Revista Técnica, São Paulo, p.57-64, 24 set. 2016.

CHADE, Wilton Taparelli. **Fôrmas pré-fabricadas de madeira**. Revista Técnica, São Paulo, n. 151, out. 2009.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Parede de Concreto - Logística**, 2012. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemasconstrutivos/2/logistica/planejamento/25/logistica.html>> Acesso em 03 mar de 2019.

———. **Parede de Concreto**, 2016. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/noticias/sistemas-construtivos/2/parede-de-concreto/>>

CORRÊA, Julio Marcelino. **Considerações Sobre Projeto e Execução de Edifícios em Paredes de Concreto Moldados In Loco**. 2012. 75 p. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

DORNELES, Juliana Bonacorso. **METODOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE EM EMPRESAS FORNECEDORAS DE MÃO-DE-OBRA PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2006. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

ENERGYPLUS. **Programa de Simulação Computacional - Versão 8.8**. Departamento de Energia dos Estados Unidos, 2018. Disponível em: <https://energyplus.net/>. Acesso em: 10 fev. 2019.

FONSECA JUNIOR, Ary. **Produtos e serviços de suporte à parede de concreto**. 2012. Disponível em: <<http://nucleoparededeconcreto.com.br/destaque-interno/produtos-e-servicos-de-suporte-a-parede-de-concreto>>.

FREIRE, Tomás Mesquita. **Produção de estruturas de concreto armado, moldadas in loco, para edificações: caracterização das principais tecnologias e formas de gestão adotadas em São Paulo**. 2001. 321 p. Dissertação (Pós-Graduação - Curso de Engenharia Civil), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

GIVISIEZ, Gustavo Henrique Naves; OLIVEIRA, Elzira Lúcia de. **Demanda futura por moradias: demográfica, habitação e mercado**. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2018.

HASTENPFLUG, Daniel; LEITE, Helena Rodrigues; GIRARDI, Ricardo. **Durabilidade do Concreto: Análise dos Requisitos dos Materiais Constituintes**. Rio de Janeiro: Revista de Engenharias da Faculdade Salesiana, 2018

IBTS – INSTITUTO BRASILEIRO DE TELA SOLDADA (São Paulo). **Rodobens investe no sistema construtivo "Paredes de Concreto"**. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.ibts.org.br/noticias01.asp>>. Acesso em: 13 mar. 2019.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 717:2**: Acoustics -- Rating of sound insulation in buildings and of building elements-- Part 2: Impact sound insulation. Geneve: Switzerland, 2013. 17 p.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **DIRETRIZ SINAT Nº 001 – Revisão 03**: Diretriz para Avaliação Técnica de paredes estruturais de concreto moldadas no local. Brasília: Ministério das Cidades, 2017.

MISURELLI, Hugo; MASSUDA, Clovis. **Paredes de Concreto**. 2009. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/147/paredes-de-concreto-285766-1.aspx>>.

OLIVEIRA, Lilian Corpas Bucene. **Análise da Permeabilidade e da colmatação em concretos permeáveis com agregado reciclado de concreto**. 2017. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sistemas de Infraestrutura Urbana, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2017.

OLIVEIRA, M. H. **Análise da resistência de prismas de blocos de concreto com variação da espessura das juntas de argamassa em alvenaria estrutural**. (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2006.

PINHEIRO, Antonio Carlos da Fonseca Bragança; CRIVELARO, Marcos. **Qualidade na Construção Civil**. São Paulo: Érica, 2014.

SANTANA, Edson Poyer. **QUAIS AS DIFERENÇAS ENTRE A ISO 9001 E O PBQP-H?** Sieng Platform, 2017. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/diferencas-entre-iso-9001-e-pbqp-h/>>.

SANTOS, Vinícius Faria. **Paredes de concreto com fôrmas metálicas**. Revista Técnica, São Paulo, abr. 2011.

SILVA, Fernando Benigno da. **Paredes de concreto armado moldadas in loco**. Revista Técnica, São Paulo, fev. 2011.

TECNOSIL. **Paredes de concreto moldadas in loco: o que são e por que usá-las na sua obra?** Grupo Tecnosil, São Paulo, 2018a. Disponível em: <<https://www.tecnosilbr.com.br/paredes/>>.

———. **PERMEABILIDADE DO CONCRETO: QUAL SUA IMPORTÂNCIA PARA A CONSTRUÇÃO?** 2018b. Disponível em: <<https://www.tecnosilbr.com.br/permeabilidade-do-concreto-qual-sua-importancia-para-a-construcao/>>.

WENDLER, Arnaldo. **Sistema construtivo de casas em paredes de concreto: Um sistema com bom desempenho**. São Paulo: Concrete Show, 2009. Disponível em: <http://abesc.org.br/arquivos/02_Sistema_com_bom_desempenho_MITOS_-E_-VERDADES_Wendler.pdf>.