



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CAMPUS CARAÚBAS
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA**

DENNYS LACERDA DE ARAÚJO MARTINS

**ANÁLISE TÉRMICA E ACÚSTICA DE EDIFICAÇÕES COM PAREDES EM
CONCRETO ARMADO**

Caraúbas/RN
(2016)

ANÁLISE TÉRMICA E ACÚSTICA DE EDIFICAÇÕES COM PAREDES EM CONCRETO ARMADO

Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido- UFERSA, como exigência final para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia

Orientador: Prof. Ms. Gilvan Bezerra dos Santos Junior.

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Ma MARTINS, DENNYS LACERDA DE ARAÚJO.
ANÁLISE TÉRMICA E ACÚSTICA DE EDIFICAÇÕES COM
PAREDES EM CONCRETO ARMADO / DENNYS LACERDA DE
ARAÚJO MARTINS. - 2016.
47 f. : il.

Orientador: GILVAN BEZERRA DOS SANTOS JUNIOR.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2016.

1. PAREDES DE CONCRETO. 2. DESEMPENHOS TÉRMICO
E ACÚSTICO. 3. NBR'S 15575 E 10152. I. DOS SANTOS
JUNIOR, GILVAN BEZERRA, orient. II. Título.

DENNYS LACERDA DE ARAUJO MARTINS

**ANÁLISE TÉRMICA E ACÚSTICA DE EDIFICAÇÕES COM PAREDES EM
CONCRETO ARMADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Ciência e Tecnologia da
Universidade Federal Rural do Semiárido
(UFERSA), Campus Caraúbas, como parte dos
requisitos para obtenção do Título de
Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Aprovado em 9 / 11 / 16

BANCA EXAMINADORA


Prof. MSc. Gilvan Bezerra dos Santos Junior - UFERSA
Orientador - Presidente


Prof. MSc. Mackson Matheus França Nepomuceno - UFERSA
Primeiro membro


Prof. MSc. Rudson de Souza lima - UFERSA
Segundo membro

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar eu gostaria de agradecer a Deus, pois é somente pela vontade Dele que eu estou aqui hoje!

À pessoa mais importante pra mim, minha mãe, pelo amor, compreensão, apoio, conselhos, por tudo que ela fez e faz por mim.

A minha tia que sempre está presente em minha vida, ajudando em tudo que pode, o meu muito obrigado!

A toda a minha família, em especial a minha avó e o meu pai que contribuíram diretamente para que isso pudesse acontecer.

A minha madrinha, por todo o apoio e preocupação comigo. Por toda sua bondade e gentileza.

A todos os meus amigos de Caraúbas\RN e de Patos\PB que direta ou indiretamente me ajudaram nessa jornada.

Agradecer em especial aos meus amigos aqui de Caraúbas\RN que considero a minha família daqui. Muito obrigado Malucos, sem vocês nada teria dado certo!

Ao meu Orientador, o professor Gilvan Bezerra dos Santos Junior, pela oportunidade de trabalho, por todo o apoio e contribuições.

Ao professor Mackson Matheus França Nepomuceno por todo o apoio prestado a mim durante a preparação deste trabalho.

Ao professor Rudson de Souza Lima pela disponibilidade e ajuda com as contribuições durante a elaboração deste trabalho.

*“Nas grandes batalhas da vida, o primeiro
passo para a vitória é o desejo de vencer.”
Mahatma Gandhi*

RESUMO

A grande demanda social por habitação no País fez com que a indústria de construção procurasse expansão, melhorias em métodos e sistemas construtivos. Então, surge o sistema construtivo de paredes de concreto moldadas in loco, que já está sendo bastante utilizado na construção de residências unifamiliares. Por tratar-se de um sistema mecanizado, o qual envolve uma sistematização do processo construtivo, gera ganhos de tempo na construção, redução de perdas de materiais e menores custos de produção. Inicialmente o trabalho aborda sobre um problema antigo no País que é o Déficit habitacional, mostrando que com a criação de programas de facilitação ao crédito como o Programa Minha Casa Minha Vida houve uma grande redução nesse déficit nos últimos anos e que o fato de se utilizar este sistema construtivo pode aumentar a oferta de residências para as famílias de mais baixa renda e de uma forma bem mais rápida devido o tempo de construção ser menor. Neste trabalho, são abordados os tipos de concretos que podem ser utilizados neste tipo de sistema construtivo, sobre os desempenhos térmico e acústico e por fim sobre as normas Brasileiras que regem os padrões de referência deste trabalho, a NBR 15575 – Norma Brasileira de desempenho e a NBR 10152 – Norma Brasileira de níveis de ruídos para conforto acústico. Diante do fato das grandes vantagens advindas deste sistema construtivo e a preocupação com o ser humano, sua saúde e bem estar, analisou-se o desempenho térmico considerando apenas a transferência de calor por condução, através da equação de Fourier determinando o fluxo máximo de calor que poderia haver nessas paredes para um conforto térmico de acordo com a norma. Para determinação do desempenho acústico foram consideradas duas situações, as duas foram analisadas através da classe de transmissão sonora (CTS), pela equação que relaciona os níveis de intensidade sonora do interior do ambiente que recebe o som, do emissor e a CTS. Após as análises e com os resultados obtidos, pôde-se concluir que as residências construídas a partir desse sistema vão ter um conforto térmico dentro dos padrões e um conforto acústico em padrões ótimos para o segundo caso. Então, em uma primeira análise térmica e acústica pôde-se afirmar a viabilidade para a implantação deste sistema no semiárido do Rio Grande do Norte.

Palavras Chave: Paredes de concreto. Desempenhos térmico e acústico. NBR's 15575 e 10152.

ABSTRACT

The large social demand for housing in the country has made the construction industry sought expansion, improvements in methods and building systems. So, the constructive system of concrete walls cast in loco appears, which is already being widely used in the construction of single-family homes. Because it is a mechanized system, which involves a systematization of the construction process, generates time savings in construction, reduction of losses of materials and lower production costs. Initially, the work addresses on an old problem in the country that is the housing deficit, showing that with the creation of facilitating credit programs such as Minha Casa Minha Vida program was a great reduction in this deficit in recent years and the fact that use this building system can increase the supply of homes for families of lower income and a much faster because construction time is less. In this work, concrete types that can be used in this type of construction system on the thermal and acoustic performances and finally on the Brazilian rules governing the reference standards of this work, the NBR 15575 - Brazilian Standard Performance and NBR 10152 - Brazilian standard noise levels for acoustic comfort. Given the fact of the great advantages resulting from this construction system and concern for the human being, his health and welfare, we analyzed the thermal performance considering only conduction heat transfer through the Fourier equation determining the maximum heat flow there might be in these walls for thermal comfort in accordance with the standard. To determine the noise performance were considered two cases, the two were analyzed by sound transmission class (CTS), the equation that relates the noise intensity levels inside the room that receives the sound transmitter and the CTS. After the analyzes and the results obtained, it could be concluded that homes built from this system will have thermal comfort within the standards and acoustic comfort in optimal standards for the second case. Then, in a first thermal and acoustic analysis could be said the viability for the implementation of this system in the Rio Grande do Norte semi-arid.

Keywords: concrete walls. thermal and acoustic performances. NBR's 15575 and 10152.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Queda do déficit habitacional (nº de famílias em milhões) entre 2010 e 2014.....	18
Figura 2 – Sistema seguro e racionalizado, utilizando painéis de fôrmas.....	21
Figura 3 – Utilização de guarda-corpos junto aos painéis de fôrmas.....	21
Figura 4 – Fôrmas sendo retiradas. Detalhes que os espaços para janelas e portas já são pré-determinados.	22
Figura 5 – Construção finalizada a partir do SCPCMIL.	22
Figura 6 – Fatores importantes para o desempenho térmico das edificações.	25
Figura 7 – Zonas bioclimáticas de acordo com a NBR 15575.	27
Figura 8 - Mecanismos de transferência de calor.	28
Figura 9 – Representação de uma parede de concreto de condutividade k , Fluxo de calor, q , espessura L , temperatura interna e externa T_1 e T_2 , respectivamente.	29
Figura 10 - Ilustração de quando o som atinge a superfície de uma parede.....	32
Figura 11 - Planta baixa da residência escolhida para a análise.	37
Figura 12 - Média dos últimos 30 anos para as temperaturas da cidade de Caraúbas/RN.	39

LISTA EQUAÇÕES

Equação 1 – Equação de Fourier.....	29
Equação 2 – Equação da quantidade de calor	30
Equação 3 – Equação do calor específico	31
Equação 4 – Equação da velocidade do som.....	32
Equação 5 – Equação da intensidade do som	33
Equação 6 – Equação do nível de intensidade sonora	34
Equação 7 – Equação da relação entre a CTS e os níveis de intensidade interno e externo	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de concreto para execução de paredes estruturais.	24
Tabela 2 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão	26
Tabela 3 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno	26
Tabela 4 – Valores, em dB, para residências de acordo com a NBR 10152.....	31
Tabela 5 – Fluxos de calor máximos para cada cômodo escolhido.....	41
Tabela 6 – Fluxos de calor máximos de cada cômodo divididos pela área.....	42

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

PMCMV – Minha Casa Minha Vida

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

ABESC – Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem

SCPCMIL – Sistema construtivo paredes de concreto moldadas in loco

CAA – Concreto auto adensável

FJP – Fundação João Pinheiro

FIESP – Federação das indústrias de São Paulo

CTS – Classe de transmissão sonora

dB – Decibéis

ΔT – Diferença de temperatura

q/A – Fluxo de calor dividido pela área

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS.....	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1 DÉFICIT HABITACIONAL BRASILEIRO	18
3.2 SISTEMAS CONSTRUTIVOS.....	19
3.3 O SISTEMA CONSTRUTIVO PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO (SCPCMIL)	20
3.3.1 Histórico	20
3.3.2 Características	20
3.4 CONCRETO	22
3.4.1. Tipos de concreto que podem ser utilizados no scpcmil	23
3.4.2 Concreto auto adensável.....	24
3.5 DESEMPENHO TÉRMICO	25
3.5.1 Zona bioclimática.....	26
3.6 FORMAS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR.....	27
3.6.1 Transferência de calor por condução.....	28
3.6.2 Lei de Fourier	29
3.7 QUANTIDADE DE CALOR	30
3.8 CALOR ESPECÍFICO	30
3.9 DESEMPENHO ACÚSTICO	31
3.9.1 Propagação das ondas sonoras	32

3.9.2 Velocidade do som em um sólido.....	32
3.9.3 Intensidade do som	33
3.9.4 Nível de intensidade sonora.....	34
3.9.5 Perda de transmissão	34
3.9.6 Classe de transmissão sonora (cts)	34
4.0 NORMAS BRASILEIRAS	35
4.1 NBR 155750	35
4.2 NBR 10152	36
5. METODOLOGIA	37
4.1 ANÁLISE TÉRMICA.....	38
4.2 ANÁLISE ACÚSTICA.....	39
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
5.1 ANÁLISE TÉRMICA	41
5.2 ANÁLISE ACÚSTICA.....	42
6. CONCLUSÃO	44
7. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	45

1. INTRODUÇÃO

Com a criação de um programa habitacional que proporcionou crédito fácil às famílias de mais baixa renda, as condições de compra cresceram bastante. Este fato impactou diretamente no déficit habitacional Brasileiro, que é classificado segundo a Fundação João Pinheiro (2013) em duas classes que são as famílias que habitam em domicílios precários e as que coabitam com outras famílias.

Com a facilidade através do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), a demanda por residências populares aumentou bastante e isso fez com que a indústria da construção procurasse desenvolver novas tecnologias, materiais e métodos executivos mais eficientes, que assim permitissem um aumento na oferta de moradias em um espaço de tempo reduzido e que possibilitassem a economia e satisfação do cliente.

Então, é nesse contexto que surge o concreto, como elemento principal de um sistema construtivo, que utiliza deste material em toda estrutura da edificação. De acordo com Adão & Hermely (2010), o concreto é uma mistura simples de cimento, água, aditivos, agregados miúdos e graúdos. E a grande vantagem desse material, dentro da construção civil, é o baixo custo quando comparado com a sua resistência.

Para construção de estruturas de concreto, existem determinados tipos de sistemas construtivos. Estes podem ser moldados no próprio local de utilização e também, pré-moldado quando ocorre a fabricação em uma unidade de produção em um canteiro de obras ou em uma usina. Este trabalho considera o sistema construtivo de paredes de concreto moldadas in loco, ou seja, no próprio local de utilização.

O sistema construtivo de paredes de concreto foi utilizado, inicialmente, nas décadas de 70 e 80. Foi bem sucedido, mas devido à limitação da economia imobiliária da época não teve continuação. Hoje com a grande demanda por edificações, com as vantagens propostas por este sistema construtivo e com a economia imobiliária crescente, a utilização se torna viável (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2008).

Dessa maneira, com a utilização desse sistema de construção é possível construir em larga escala, sendo mais eficiente diante a grande demanda por casas populares que é crescente a partir de programas como o PMCMV. Pois, além da

redução no tempo de construção, esse tipo de sistema oferece uma característica importante que é proporcionar um baixo desperdício de material, que o difere de vários outros.

Dois fatores fundamentais para o bem estar e satisfação do usuário para com a edificação, são os desempenhos térmicos e acústicos favorecidos ou não pelas mesmas. Estudos revelam a importância de ambos os desempenhos, levando em consideração o conforto, bem estar, saúde e consumo energético. De acordo com Lacerda et al (2005), 74% da população se sente incomodada com ruídos provenientes do ambiente externo.

Logo, como o sistema construtivo de paredes de concreto moldadas in loco possui diversas características favoráveis e ressaltando a importância da preocupação para com a população que adquire as moradias através dos programas de facilitação de crédito. Vê-se a importância na verificação quanto ao conforto térmico e acústico dessas residências, de acordo com os padrões regidos pelas normas Brasileiras de desempenho e de níveis de ruídos para conforto em edificações.

2. OBJETIVOS

Os objetivos estão divididos em geral e específicos e são descritos a seguir.

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é verificar, por meio de cálculos físicos, se os padrões térmicos mínimos, de acordo com a NBR 15.575 – Edificações habitacionais, e os padrões acústicos mínimos, de acordo com a NBR 10152 - Níveis de ruído para conforto acústico, estão sendo atendidos nas edificações construídas com a utilização do sistema de paredes de concreto moldadas in loco, visando o bem estar das pessoas que residem em ambientes como esses.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Contextualizar o sistema construtivo de paredes de concreto moldadas in loco;
- Entender como se dá a transmissão de calor e a propagação de ondas sonoras através do concreto;
- Avaliar o fluxo de calor e o nível sonoro através das paredes de concreto;
- Investigar a viabilidade da implantação desse sistema construtivo na região do semiárido, de acordo com as primeiras análises térmicas e acústicas que serão feitas.

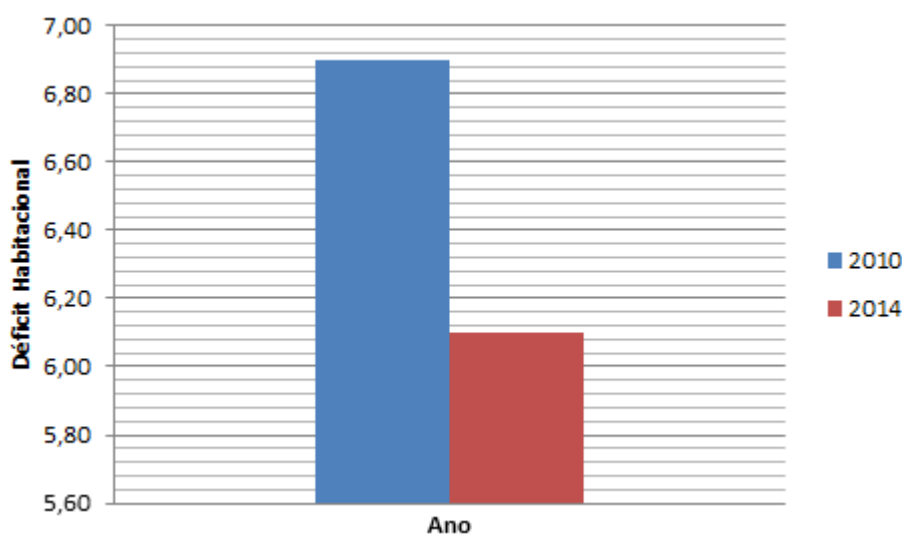
3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 DÉFICIT HABITACIONAL BRASILEIRO

Como já foi comentado, o déficit habitacional se divide em duas classes, as famílias em domicílios precários e as que coabitam com outras famílias, e de acordo com Fundação João Pinheiro, (2013), fazem parte das habitações precárias os domicílios improvisados, os domicílios que não possuem paredes de material adequado (rústicos), os domicílios alugados com mais de três moradores por dormitório e as moradias com ônus excessivo com aluguel, composto por famílias que destinam mais de 30% de sua renda somente com o aluguel. A segunda classe do déficit habitacional é composta pelas famílias conviventes (mais de uma família dividindo o mesmo domicílio, mas com intenção de formar sua moradia própria) e pelas famílias que moram em cômodos alugados ou cedidos.

Com a criação de programas que possibilitam o fácil acesso ao crédito, como o PMCMV (Programa Minha Casa Minha Vida), o déficit habitacional Brasileiro teve uma redução média anual de 2,8% entre 2010 e 2014. Estes dados foram revelados a partir de estudos da Federação das indústrias de São Paulo (Fiesp), que destaca a Caixa Econômica Federal. Neste período, 742 mil famílias concretizaram o sonho de conquistar a casa própria. (PORTAL BRASIL, 2016).

Figura 1 – Queda do déficit habitacional (nº de famílias em milhões) entre 2010 e 2014.



Fonte: Autor.

Devido à preocupação com o aumento da demanda e a falta de oferta, que é ocasionada por vários motivos como, também, pelos tipos de sistemas construtivos utilizados nessas construções, já que o tempo de construção atinge diretamente o número de residências ofertadas. O tópico a seguir abordará sobre sistemas construtivos de forma geral.

3.2 SISTEMAS CONSTRUTIVOS

Os sistemas construtivos correspondem a um conjunto de técnicas organizacionais que podem ser combinadas. Logo, representa, para construção de edificações, um determinado avanço tecnológico, que define a forma como as construções são executadas. É de acordo com o grau de avanço tecnológico das indústrias de materiais de construção, de máquinas, equipamentos e ferramentas para construção civil que os sistemas construtivos avançam. Estes são divididos em subsistemas definidos de acordo com suas particularidades na construção, características que os diferem. Ao iniciar a preparação de um projeto é necessário que se tenha em mente a quantidade de possibilidades de sistemas construtivos existentes que possam ser aplicados (MARTUCCI, 1999).

Devido ao emprego de técnicas não racionalizadas, a maioria dos sistemas construtivos utilizados na produção de edificações, no Brasil, apresentam um elevado índice de desperdício de materiais, mão de obra e componentes. Devido este quadro, para atender a construção das moradias de interesse social do PMCMV e de outras obras, as empresas de construção civil, devem incorporar inovações tecnológicas com relação aos sistemas construtivos utilizados (LEITE, 2013).

São vários os tipos de sistemas construtivos existentes e que podem ser utilizados em construções de residências. O tópico a seguir trata de um tipo específico de sistema construtivo, o que é considerado neste trabalho.

3.3 O SISTEMA CONSTRUTIVO PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO (SCPCMIL)

3.3.1 Histórico

Historicamente, este sistema construtivo começou a ser utilizado desde as últimas décadas do século passado. De acordo com a (ABCP, 2008) o sistema de paredes de concreto moldadas in loco, foi muito utilizado com fôrmas deslizantes ou trepantes, em várias obras se destacando mais na construção industrializada em concreto convencional e em concreto celular.

De acordo com a (ABCP, 2008, p. 12) afirma ainda, sobre essa época, que:

A falta de escala e de continuidade das obras, principalmente devido às limitações do sistema financeiro da habitação da época, impediu que essas tecnologias se consolidassem no mercado brasileiro, retardando a própria evolução da construção civil em nosso país.

Hoje, com o boom do mercado imobiliário nacional, o sistema parede de concreto encontra o ambiente propício para desenvolver-se, tal como vem ocorrendo em outros países latino-americanos onde, a exemplo do Brasil, existe uma grande demanda por moradias e uma vigorosa produção de edificações.

3.3.2 Características

A parede maciça obtida através da moldagem no local definitivo onde vai ser utilizada pode ser definida como um elemento do subsistema de vedação vertical de formato laminar. É caracterizada por, quando solicitada, ter a capacidade de distribuir os esforços por toda a parede. (LORDSLEEM JÚNIOR et al, 1998).

De acordo com Silva (2013), o concreto utilizado no SCPCMIL é, na maioria das vezes, o concreto auto adensável (CAA), que se justifica por ser um material de boa fluidez e trabalhabilidade. Pode ser adicionado de aditivo incorporador de ar para melhoria de desempenhos térmico e acústico.

O sistema de paredes de concreto é muito seguro aos operários, pelo fato de ser racionalizado, utiliza equipamentos que privilegiam a segurança, como guarda-corpos juntos aos painéis de fôrmas e andaimes (ABCP, 2008). É um sistema que oferece as vantagens da produção de qualidade, em alta escala e em um período de

tempo muito menor - condições ideais para o crescimento da demanda habitacional no país (ABCP, 2008).

Figura 2 – Sistema seguro e racionalizado, utilizando painéis de fôrmas.



Fonte: Equipe de Obra (2011).

Figura 3 – Utilização de guarda-corpos junto aos painéis de fôrmas.



Fonte: Equipe de Obra (2011).

No sistema construtivo paredes de concreto moldadas in loco todas as paredes devem ser moldadas em uma única etapa de concretagem, para que, após a desforma as paredes já contenham espaços destinados às portas, janelas, tubulações ou eletrodutos de pequeno porte, e vários outros elementos especificados de acordo com o projeto (ABNT, 2012).

Figura 4 – Fôrmas sendo retiradas. Detalhes que os espaços para janelas e portas já são pré-determinados.



Fonte: CINTRA (2015).

Figura 5 – Construção finalizada a partir do SCPCMIL.



Fonte: MISURELLI E MASSUDA (2009)

3.4 CONCRETO

Dentre várias definições existentes para o concreto, foi escolhido a seguinte, segundo a ABNT NBR 12655, o concreto é um

Material formado pela mistura homogênea de cimento, agregados miúdos e graúdos e água, com ou sem a incorporação de componentes minoritários (aditivos químicos, metacaulim ou sílica ativa), que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento (cimento e água) (ABNT, 2006, p.2).

O concreto é feito por meio de diversos procedimentos realizados e monitorados a fim de obter, primeiramente, um material que apresente um estado que permita a sua adaptação em moldes de diversas formas geométricas. Após o endurecimento, o concreto apresenta características de resistência mecânica, o que

o torna um material de excelente desempenho estrutural, que suporta esforços vindos dos mais diversos ambientes em que são expostos (HELENE E ANDRADE, 2010).

3.4.1. Tipos de concreto que podem ser utilizados no scpcmil

No sistema construtivo paredes de concreto moldadas in loco, podem ser utilizados alguns tipos de concreto. De acordo com Misurelli e Massuda (2009), os concretos que podem ser utilizados neste sistema são:

a) Concreto celular;

É um material formado por cimento Portland, areia, brita, água e pequenas bolhas de ar bem distribuídas, que diminuem bastante sua massa específica deixando-a entre 1500 e 1600 kg/m³. Apresenta bom desempenho térmico e acústico (ABCP, 2008).

b) Com elevado teor de ar incorporado – até 9%;

Concreto com características térmicas e acústicas semelhantes às do concreto celular, tem resistência mínima de 6 MPa e é mais utilizado para residências térreas (ABCP, 2008).

c) Com agregados leves;

Tem um bom desempenho térmico e acústico, mas levemente inferior aos citados acima. Pode ser utilizado em qualquer estrutura que necessite de resistência de até 25 MPa (ABCP, 2008).

d) Convencional ou Auto adensável.

O concreto auto adensável (CAA) possui peculiaridades como, rápida aplicação, feita por bombeamento, mistura plástica dispensando vibradores. Ótimo para o SCPCMIL. (ABCP, 2008).

Na tabela 01, podem-se ver os tipos de concretos indicados para o SCPCMIL.

Tabela 1 - Tipos de concreto 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 ou auto adensável	2000 a 2800	20

Fonte: ABCP (2008).

No SCPCMIL, o CAA é o mais utilizado devido as suas diversas características que se enquadram para o uso no sistema, como a alta fluidez, preenchendo as fôrmas facilmente.

3.4.2 Concreto auto adensável

As paredes de concreto construídas através da utilização do SCPCMIL são moldadas utilizando, na maioria das vezes, concreto auto adensável. Pois para este tipo de sistema construtivo, precisam ser adicionados vários tipos de aditivos nos concretos para atender requisitos como, trabalhabilidade e o tempo de desforma (COLETÂNEA DE ATIVOS, 2011/2013).

Os aditivos são produtos que são adicionados em pequenas quantidades durante o processo de preparação do concreto, com o objetivo de modificar suas propriedades tanto no estado fresco quanto no estado endurecido, melhor adaptando-o a determinadas condições (ABNT NBR 11768, 2011).

O CAA é identificado como um material cimentício capaz de fluir pelo interior das fôrmas, preenchendo-as somente com a ação do seu próprio peso, dispensando vibração. Esta facilidade que o CAA possui, no estado fresco, de se auto adensar, passou a ser descrita como uma habilidade que o material tinha de preencher todo o espaço das fôrmas, envolvendo as barras de aço e entre outros obstáculos, somente pela ação da gravidade, mantendo uma boa homogeneidade (BOSILJKOV, 2003).

3.5 DESEMPENHO TÉRMICO

Um dos fatores fundamentais para a satisfação do usuário em uma edificação é o conforto térmico. E quando o edifício não proporciona este conforto em seu interior influencia diretamente no consumo energético, considerando que os integrantes destas residências tendem a tomar medidas para torná-lo confortável como, por exemplo, o uso de condicionadores de ar. (ROAF, CRICHTON e NICOL, 2009).

De acordo com Wendler (2009), as edificações habitacionais devem ter características que atendam as exigências quanto ao desempenho térmico, considerando alguns pontos como o local de implantação da obra e sua respectiva zona climática. O desempenho térmico é dependente do comportamento de três elementos que são a fachada, a cobertura e o piso da habitação.

Figura 6 – Fatores importantes para o desempenho térmico das edificações.



Fonte: Wendler (2009).

Para cada zona climática Brasileira a ABNT na NBR 15575-1 recomenda critérios de desempenho térmico. Considerando situações limites de calor e frio dentro das edificações, com relação ao ambiente externo, no verão e no inverno. (ABNT NBR 15575-1, 2013).

O desempenho térmico no verão (maiores temperaturas), de acordo com a norma, deve ser de um valor máximo para a temperatura do ar, em ambientes de permanência prolongada, como quartos e salas (sem a presença de fontes internas de calor, como lâmpadas, ocupantes e entre outros), menor ou igual ao valor máximo da temperatura diária do ar exterior. (ABNT NBR 15575-1, 2013).

O nível de aceitação é o M (denominado mínimo), como mostra a tabela a seguir.

Tabela 2 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão

Nível de Desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$
$T_{i,max}$ 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.		

Fonte: ABNT NBR 15575 (2013).

Para o desempenho térmico no inverno (menores temperaturas), os valores mínimos para temperatura do ar, aceitos pela norma, em ambientes de permanência prolongada, como os quartos, devem ser iguais ou maiores à temperatura mínima externa acrescida de 3°C. (ABNT NBR 15575-1, 2013).

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

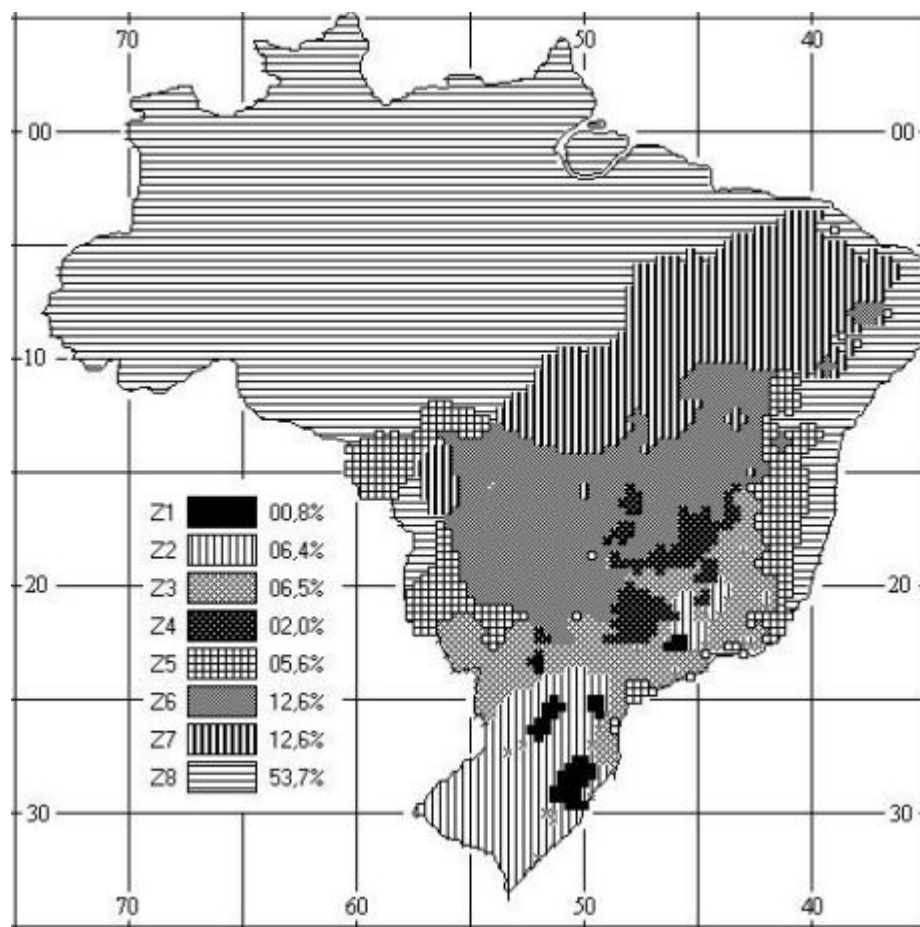
Nível de Desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 5	Zona 6,7 e 8
M	$T_{i,min} \leq (T_{e,max} + 3^{\circ} \text{C})$	Nestas zonas, este critério não deve ser verificado.
$T_{i,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius; $T_{e,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.		

Fonte: ABNT NBR 15575 (2013).

3.5.1 Zona bioclimática

Para o desempenho térmico, seja no verão ou no inverno, a norma Brasileira de desempenho considera a zona climática em que a residência se encontra.

Figura 7 – Zonas bioclimáticas de acordo com a NBR 15575.



Fonte: ABNT NBR 15575-1 (2013).

Como se pode observar através da figura acima, a região do semiárido do Rio Grande do Norte se encaixa nas zonas bioclimáticas sete e oito (Z7 e Z8 respectivamente).

3.6 FORMAS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

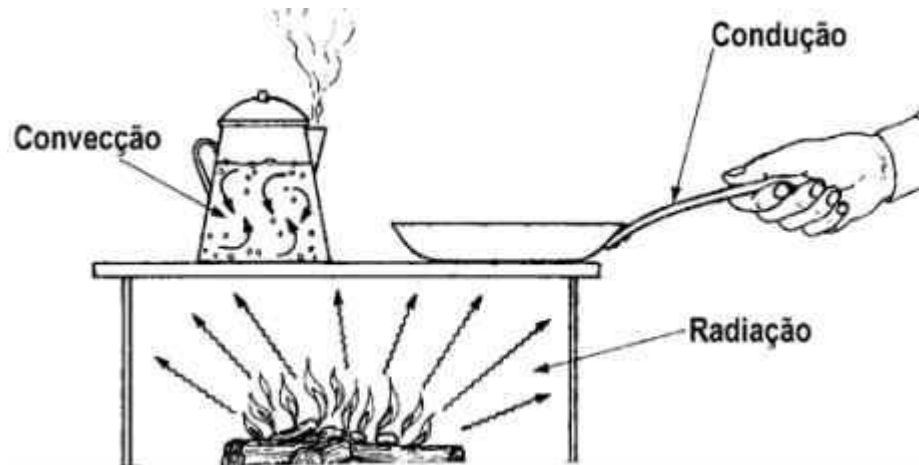
De acordo com Silva (2013), os tipos de transferência de calor são por:

Condução: É o tipo mais comum de transferência, pelo fato de os sólidos serem os mais propagadores do calor condutivo. O calor é transferido de molécula a molécula.

Convecção: A transferência por convecção acontece com gases e líquidos. Quando o fluido entra em contato com uma superfície com temperatura elevada.

Radiação: Por radiação, é uma forma eletromagnética de transferência de calor, acontece até mesmo no vácuo. Por exemplo, a luz solar que atravessa o espaço.

Figura 8 - Mecanismos de transferência de calor.



Fonte: Meteorologia Básica (1999).

Por ser uma primeira abordagem, neste trabalho estará sendo considerada, somente, a forma de transferência de calor por condução, na parede de concreto, e envolverá apenas o ar externo, a parede de concreto e o ar interno.

Seguem em tópicos posteriores alguns conceitos físicos relacionados ao estudo térmico e acústico para melhor embasamento com relação ao assunto.

3.6.1 Transferência de calor por condução

É um fenômeno de transferência térmica causado por uma diferença de temperatura entre duas regiões em um mesmo meio, ou entre dois meios em contato (PÉREZ, ROMULUS, 1993). Quando o calor é transferido por condução, ele ocorre em regiões de temperaturas diferentes e o sentido da transferência de calor é sempre da temperatura maior para a temperatura menor (YOUNG & FREEDMAN, 2008).

A transferência de calor, quando dada por condução, pode ser determinada por uma lei desenvolvida por um físico e matemático Francês, Jean Baptiste Joseph Fourier. A Lei de Fourier que trata de quantificar o calor transferido entre duas extremidades de um determinado material com diferenças de temperatura.

3.6.2 Lei de Fourier

Na lei de Fourier devem-se considerar algumas variáveis, diretamente e inversamente, proporcionais ao fluxo de calor transferido. A área da seção e a diferença de temperatura são diretamente proporcionais a esta taxa, já a espessura é inversamente proporcional.

A condutibilidade térmica (k) é uma constante que varia para cada material. Diferem os materiais bons e maus condutores de calor (ou isolantes), visto que quanto maior esta taxa, maior é a facilidade do determinado material de conduzir calor (YOUNG & FREEDMAN, 2008).

Segundo Young & Freedman (2008, p. 190), “A transferência de energia produzida apenas por uma diferença de temperatura denomina-se transferência de calor ou fluxo de calor, e a energia transferida, desse modo, denomina-se calor.”.

Equação 1 – Equação de Fourier.

$$q = \frac{k.A.\Delta T}{L} \quad (\text{Equação 1})$$

onde,

q , fluxo de calor por condução (W);

K , condutividade térmica do material (W/m.K);

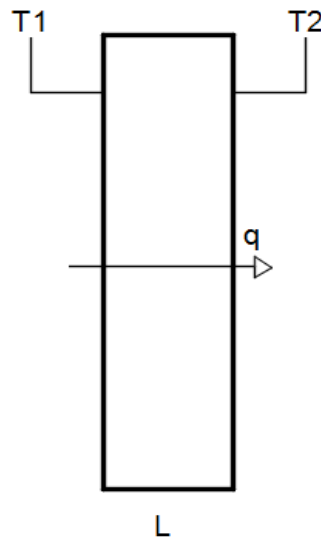
A , área da seção através da qual o calor flui por condução, medida perpendicularmente à direção do fluxo (m²);

ΔT , diferença de temperatura entre as duas extremidades (K);

L , espessura do material (m).

A lei de Fourier é considerada um bom método para se estimar o fluxo de calor quando se conhece, experimentalmente, a ΔT .

Figura 9 – Representação de uma parede de concreto de condutividade k , Fluxo de calor, q , espessura L , temperatura interna e externa T_1 e T_2 , respectivamente.



Fonte: Autor.

3.7 QUANTIDADE DE CALOR

“É definido como o calor necessário para causar uma variação de temperatura ΔT em uma massa m .” (YOUNG E FREEDMAN, 2008, p. 191).

Equação 2 - Equação da quantidade de calor

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (\text{Equação 2})$$

onde,

Q , quantidade de calor (J);

m , massa (Kg);

c , calor específico do material (J/kg.K);

ΔT , variação de temperatura (K).

3.8 CALOR ESPECÍFICO

Pode ser obtido através de uma relação entre a quantidade de calor absorvida ou cedida por um sistema e a variação de temperatura sofrida por ele. (COSTA,

1982). De acordo com Young e Freedman (2008), é uma grandeza física que varia para cada tipo de material.

Equação 3 – Equação do calor específico

$$c = \frac{1}{m} \cdot \frac{Q}{\Delta T} \quad (\text{Equação 3})$$

onde,

c, calor específico (J/kg.K);

m, massa (kg);

Q, quantidade de calor (J);

ΔT , variação de temperatura (K);

3.9 DESEMPENHO ACÚSTICO

Segundo Jeon (2010), o responsável pela poluição sonora não é somente o meio externo, mas sim o próprio sistema estrutural que é o responsável por gerar um caminho por onde se propagarão os ruídos sonoros de impactos e tubulações.

Os níveis de ruídos aceitos devem permitir o isolamento do ambiente. É importante, também, que haja o isolamento acústico entre todos os ambientes internos, como por exemplo, lugares destinados ao descanso, trabalho, diversão. (ABCP, 2008).

A NBR 10152 – Níveis de ruído para conforto acústico, apresenta valores, em dB, para vários tipos de ambientes como, hospitais, escritórios, hotéis, residências e entre outros. São descritos valores mínimos aceitos e valores que realmente trariam o conforto acústico (ABNT NBR 10152, 1987).

Tabela 4 – Valores, em dB, para residências de acordo com a NBR 10152.

Local	dB
RESIDÊNCIAS	
Dormitórios	35 – 45
Sala de estar	40 – 50

Fonte: ABNT NBR 10152 (1987).

NOTAS:

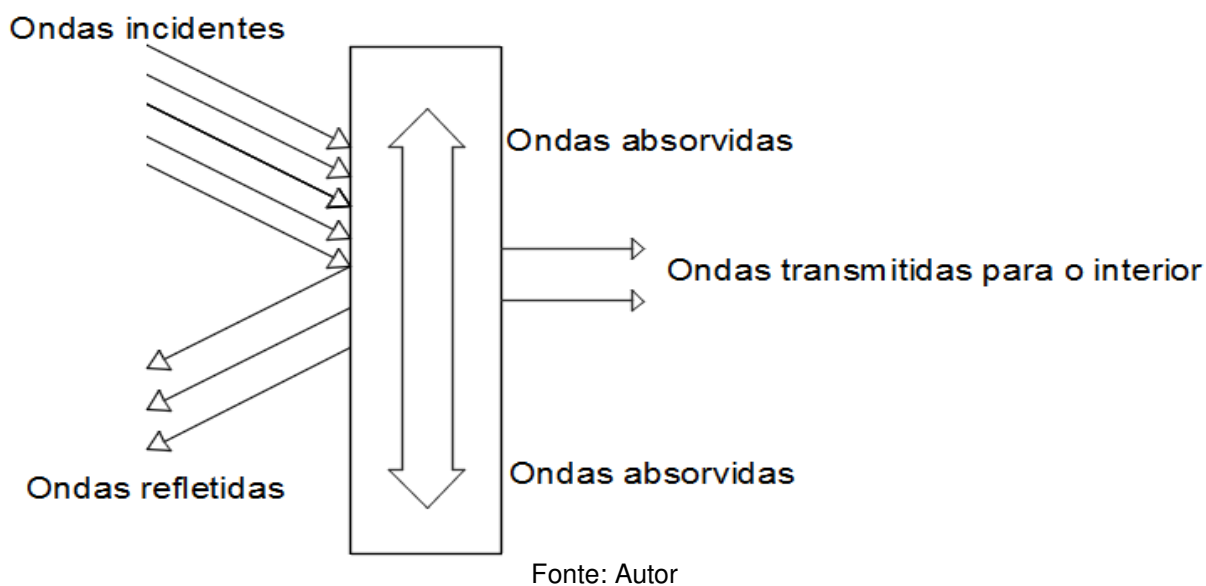
- a) O valor inferior da faixa representa o nível sonoro para conforto, enquanto que o valor superior significa o nível sonoro aceitável para a finalidade.

- b) Níveis superiores aos estabelecidos nesta Tabela são considerados de desconforto, sem necessariamente implicar risco de dano à saúde.

3.9.1 Propagação das ondas sonoras

As propagações das ondas sonoras ocorrem em todas as direções a partir da fonte, com amplitudes que dependem da direção e da distância entre o ouvinte e a fonte. Podem ser percebidas de acordo com a capacidade audível humana que vai de 20 a 20000 Hz, menos que 20 Hz infra-sons e mais que 20000 Hz ultra-sons. (YOUNG & FREEDMAN, 2008).

Figura 10 - Ilustração de quando o som atinge a superfície de uma parede.



3.9.2 Velocidade do som em um sólido

De acordo com Young & Freedman (2008), quando uma onda longitudinal se propaga em um material sólido, como uma barra que pode se deformar lateralmente quando é comprimida longitudinalmente. Tem-se que a velocidade de propagação da onda sonora no material é dada por:

Equação 4 – Equação da velocidade do som

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$$

(Equação 4)

onde,

V , velocidade do som (m/s);

γ , módulo de Young (Módulo de elasticidade) (MPa);

ρ , densidade (kg/m³).

3.9.3 Intensidade do som

Em termos acústicos a intensidade sonora é entendida como o valor médio do fluxo de energia por unidade de área perpendicular à direção de propagação. (PORTAL BRASIL, 2016).

Equação 5 – Equação da intensidade do som

$$I = \frac{E}{A \cdot \Delta T} = \frac{Pat}{A} \quad (\text{Equação 5})$$

onde,

E , energia (J);

A , área (m²);

ΔT , tempo (s);

Pat , potência que atinge o ouvido (J/s).

Como todas as ondas progressivas, as ondas sonoras transferem energia de uma região do espaço para outra. E é através da intensidade da onda que descrevemos essa energia transportada pela onda. (YOUNG & FREEDMAN, 2008).

A intensidade tem um valor mínimo chamado de limiar da audição que equivale a 10^{-12} W/m² e também um valor chamado de limiar da dor que é uma espécie de limite superior para o tímpano, em que já se torna incômodo e pode começar a trazer danos irreversíveis, equivale a 10^0 W/m².

3.9.4 Nível de intensidade sonora

Segundo Young & Freedman (2008), pela sensibilidade do ouvido a intervalos de intensidades muito grandes, se adota uma escala logarítmica para intensidades. Logo, o nível de intensidade sonora (β), é dado por:

Equação 6 – Equação do nível de intensidade sonora

$$\beta = (10) \log \frac{I}{I_0} \quad (\text{Equação 6})$$

onde,

β , nível da pressão sonora (dB);

I , intensidade sonora (W/m^2);

I_0 , intensidade sonora limiar (de referência) (W/m^2).

3.9.5 Perda de transmissão

É a medição da diferença de volume (dB) sonoro entre os dois lados de uma parede. Por exemplo, se tem 100 dB de um lado de uma parede. Muito alto. E do outro lado 75 dB. Logo se afirma que houve perda de 25 dB na transmissão desse som (SOUNDPROOFING, s.d.).

3.9.6 Classe de transmissão sonora (cts)

Já com alguns conceitos físicos para melhor entender a questão das ondas sonoras em geral. Pode-se falar sobre a CTS, que em 1961 foi apresentado como método de comparação para vários conjuntos de paredes, janelas, teto, piso e entre outros (SOUNDPROOFING, s.d.).

A CTS é calculada levando em consideração a perda de transmissão sonora. E é utilizado para classificar em quanto à parede, piso, teto (de acordo com o que estiver sendo considerado) atenua som no ar (SOUNDPROOFING, s.d.).

A CTS para paredes de concreto com espessura de 10 cm é definida como sendo igual a 52 dB (MARGOLLES et al, 2014). A CTS se relaciona com o nível de intensidade sonora, sendo da seguinte forma:

Equação 7 – Equação da relação entre a CTS e os níveis de intensidade interno e externo

$$\beta_e - CTS = \beta_i \quad (\text{Equação 7})$$

onde,

β_e , nível de intensidade sonora interno (dB);

β_i , nível de intensidade sonora externo (dB);

CTS, Classe de transmissão sonora (dB).

Logo, conhecer o nível de intensidade sonora da fonte emissora e a CTS do material em questão, significa dizer que é possível saber qual o nível de intensidade sonora no interior do cômodo.

4.0 NORMAS BRASILEIRAS

As normas Brasileiras de desempenho, em geral, têm como objetivo principal atender as exigências dos usuários.

4.1 NBR 155750

Segundo a (NBR 15575, 2013, p. 3), “O foco desta Norma está nas exigências dos usuários para o edifício habitacional e seus sistemas, quanto ao seu comportamento em uso e não na prescrição de como os sistemas são construídos.”.

A norma de desempenho – NBR 15575 divide-se em seis partes, que são:

- a) Parte 1: Requisitos gerais;
- b) Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais;
- c) Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos;

- d) Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas;
- e) Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas;
- f) Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários.

A NBR 15575 refere-se a sistemas que compõem edificações habitacionais de até cinco pavimentos, independentes dos seus materiais constituintes e do sistema construtivo utilizado (ABNT NBR 15575, 2013).

O território nacional é dividido em oito zonas bioclimáticas (ver figura 05) e para cada uma delas são definidos valores máximos e mínimos, no verão e no inverno, para as temperaturas, do ar, internas e externas. O desempenho mínimo aceitável é representado pela letra M, que mostra valores para a temperatura interna mínima e máxima do ar na edificação ($T_{i,mín}$; $T_{e,máx}$) e para a temperatura mínima e máxima do ar exterior à edificação ($T_{e,mín}$; $T_{e,máx}$), as duas se relacionam determinando as condições aceitáveis de desempenho (ABNT NBR 15575, 2013).

4.2 NBR 10152

A NBR 10152 – Níveis de ruído para conforto acústico trata basicamente de definir padrões para o conforto acústico nos mais diversos ambientes.

A norma deixa claro que com relação a questões de danos físicos possivelmente causados pelos ruídos emitidos para residência, são estudados em normas específicas para esse tipo de caso. E que as aplicações desta norma não excluem as recomendações básicas de outras condições de conforto já existentes.

Como já foi mostrado, na tabela 04, é possível ver uma parte da grande tabela que a norma oferece, com os valores definidos para as residências, em dB.

5. METODOLOGIA

Trata-se de um estudo de natureza qualitativa, baseia-se em uma pesquisa exploratória, desenvolvida através da literatura relacionada a análises térmicas e acústicas dos materiais, nesse caso, do concreto utilizado no sistema construtivo de paredes de concreto armado in loco.

Este estudo tem como padrões de referência, os dados da Norma Brasileira 15.575 – Desempenho de edificações habitacionais que considera as diferentes zonas climáticas Brasileiras, e para cada uma delas, define limites padrões, máximos e mínimos, de cada parâmetro que conste na norma, para o estudo térmico. Já para o estudo acústico os valores são de acordo com os demonstrados na Norma Brasileira 10152 – Níveis de ruído para conforto acústico.

Para o cálculo do desempenho térmico foram considerados a sala, cozinha, banheiro e os quartos de um dos tipos de residências populares do PMCMV. Para o Cálculo do desempenho acústico foram considerados os quartos e a sala.

Figura 11 - Planta baixa da residência escolhida para a análise.



Fonte: Tudo Construção (2015).

4.1 ANÁLISE TÉRMICA

A análise térmica foi embasada em estudos referentes à transmissão de calor em um meio contínuo. A transferência de calor por condução foi o tipo considerado para este estudo. A transferência ocorre da superfície externa (mais quente) para superfície interna (mais fria) da parede de concreto.

Foi calculado o fluxo de calor (q) utilizando a lei de Fourier (equação 1), através das paredes de espessura ($L = 10$ cm). A condutividade térmica ($k = 1,75$ W/m.°C) do concreto utilizado foi retirada da NBR 15220 para concretos com densidades entre 2200 e 2400 kg/m³.

A área (A) vai variar de acordo com o cômodo que estará sendo calculado. A temperatura T_2 da superfície exterior da parede de concreto foi considerada igual à maior temperatura do ar exterior, 35°C (pode ser verificado na figura 12), já que foram consideradas as condições de verão, mostrado na tabela 02. Para que seja possível analisar os fluxos de calor que serão gerados pelas paredes, em cada cômodo, considera-se a temperatura da superfície interior igual a 1°C menor que a temperatura da superfície externa, gerando, dessa forma, uma diferença de temperatura $\Delta T = (T_2 - T_1) = 1^\circ\text{C}$. Segue abaixo o cálculo do fluxo de calor detalhado para quartos 1 e 2.

$$q = \frac{k.A.\Delta T}{L} = \frac{(1,75).(8,932).(1)}{0,1} = \mathbf{156,3\ W}$$

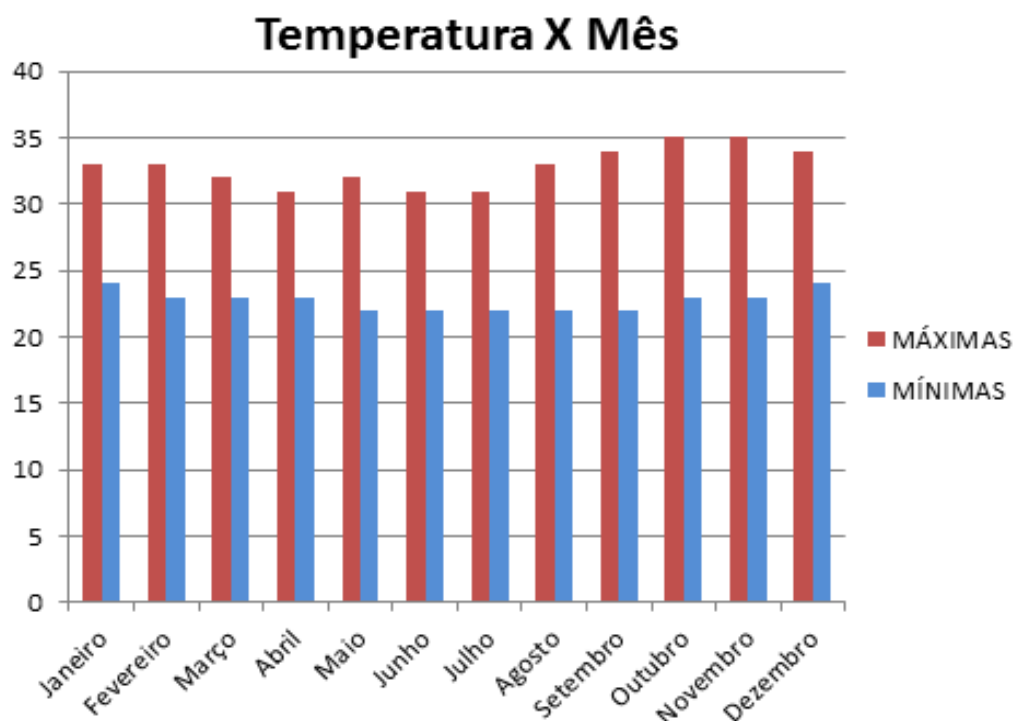
Para todos os cômodos considerados nesta análise, quartos, sala, cozinha e banheiro foram calculados da mesma forma mudando apenas as variáveis correspondentes a cada um (verificar os valores na tabela 05).

Foi feita a análise térmica apenas para o verão, pois a norma em que o estudo se baseia a NBR 15575, afirma que não deverão ser verificadas as zonas bioclimáticas 6, 7 e 8 para o inverno (pode ser verificado na tabela 03), e já que a zona da região é a 8, logo não se precisou calcular.

Vale ressaltar que para este estudo, como a temperatura da superfície exterior da parede foi considerada a do ar externo, vale que para a temperatura na superfície interior da parede a consideração igual a do ar no interior do cômodo calculado.

Como o valor considerado para a temperatura da parte interna da parede já obedece aos padrões da norma em relação ao verão, NBR 15575, que podem ser verificados na tabela 02, então foram calculados quais eram os maiores fluxos de calor possíveis nessas paredes de concreto, em cada cômodo considerado, para que fossem obedecidos os padrões da norma.

Figura 12 - Média dos últimos 30 anos para as temperaturas da cidade de Caraúbas/RN.



Fonte: Adaptado de CLIMATEMPO (2016).

4.2 ANÁLISE ACÚSTICA

A análise acústica foi baseada em estudos referentes à classe de transmissão sonora (CTS) no concreto e suas relações com as intensidades sonoras que são emitidas e as que são recebidas no interior dos cômodos considerados.

Para esta análise, como a intensidade sonora depende da distância em que é medida, foi adotado, para as duas situações, uma distância de 5 metros, que é cerca de metade da largura de uma rua.

A CTS do concreto, foi definida segundo Margolles et al (2014) igual a 52 dB, como mencionado anteriormente. Assim pôde-se calcular o nível de intensidade

sonora no interior dos ambientes considerados para esta análise que foram os quartos e a sala.

Foram propostas duas situações para a análise acústica. A primeira foi de um carro de som passando próximo dos quartos e em seguida da sala emitindo um nível de intensidade sonora de 120 dB. Muito alto. E a partir daí, conhecendo o nível sonoro do emissor e o CTS do concreto foi possível calcular o nível sonoro no interior dos quartos e da sala. Segue o cálculo detalhado para quartos e sala que será o mesmo, pois a parede é do mesmo material e a intensidade emitida é a mesma.

$$\beta_e - \text{CTS} = \beta_i \Rightarrow \beta_i = 120 - 52 = \mathbf{68 \text{ dB}}$$

A segunda situação foi considerando a intensidade proveniente de uma feira, que é algo comum na região, gerando uma emissão de 80 dB nas ruas ao lado dos quartos e ao lado da sala, e a partir daí também foi possível calcular o nível de intensidade sonora no interior dos ambientes, já que como na primeira situação conhecíamos o nível do emissor e o CTS do concreto. Segue o cálculo detalhado para a situação 2.

$$\beta_e - \text{CTS} = \beta_i \Rightarrow \beta_i = 80 - 52 = \mathbf{28 \text{ dB}}$$

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão revelados todos os resultados obtidos a partir das análises térmica e acústica e serão feitos comentários de acordo com estes.

5.1 ANÁLISE TÉRMICA

Como dito anteriormente, os cômodos considerados para esta primeira análise foram os quartos, a sala, a cozinha e o banheiro. E como o estudo só considera a transferência de calor por condução, a diferença de temperatura ($\Delta T = 1^\circ\text{C}$) adotada já obedece às condições da norma para o verão.

Então, calcularam-se os fluxos de calor máximos, através da equação 01, que poderiam ser admitidos para um resultado positivo de acordo com a norma. Como a ΔT não poderia ser zero para a análise feita nesse estudo (já que se fosse o fluxo seria zero e não seria possível de analisar), com essa diferença de temperatura adotada significaria o padrão máximo de aceitação da norma.

Portanto, segue abaixo a tabela 05 com os fluxos de calor máximos que as paredes de concreto devem ter para que o desempenho térmico da edificação seja conforme os padrões da norma Brasileira de desempenho - NBR 15575.

Tabela 5 – Fluxos de calor máximos para cada cômodo escolhido.

Cômodo	Fluxo de calor máximo (W)
Banheiro	57,4
Cozinha	110,74
Quarto 1	156,31
Quarto 2	156,31
Sala	149,35

Fonte: Autor

Como descrito na tabela acima, os fluxos de calor máximos variaram para cada cômodo, devido à área dos mesmos serem diferentes, exceto nos quartos. Já que a variação de temperatura (ΔT), a condutividade térmica (k) e a espessura (L) foram às mesmas para todos.

Com alguns estudos realizados nesta área, de análise térmica envolvendo a transferência de calor, a exemplo do estudo do Oliveira (1986), pode ser feita uma comparação com relação aos dados obtidos pelo mesmo que afirma que na região nordeste o fluxo de calor pode chegar a 560 W/m^2 .

Segue abaixo a tabela 06 com os fluxos de calor encontrados em cada cômodo, divididos pela área dos mesmos, para assim poder fazer uma comparação com os dados de Oliveira (1986).

Tabela 6 – Fluxos de calor máximos de cada cômodo divididos pela área.

Cômodo	Fluxo de calor máximo (W/m^2)
Banheiro	17,5
Cozinha	17,5
Quarto 1	17,5
Quarto 2	17,5
Sala	17,5

Fonte: Autor

Observa-se que, os valores do q/A (fluxo de calor dividido pela área), são os mesmos, para todos os cômodos, pois o material é o mesmo (concreto), a espessura da parede (L) e a variação de temperatura (ΔT) também são as mesmas.

5.2 ANÁLISE ACÚSTICA

Como foram propostas para a análise acústica, duas situações já descritas anteriormente, foram calculados os níveis de intensidade sonora no interior dos cômodos escolhidos, sala e quartos. Dessa forma, com a determinação desses níveis se podem compara-los com os níveis descritos pela NBR 10152 e verificar se estão dentro ou não nos padrões.

Para a primeira situação do carro de som emitindo 120 dB nos quartos e em seguida na sala, já que a casa considerada é feita somente de concreto, o CTS será o mesmo para a sala e os quartos, 52 dB. Logo o nível de intensidade sonora interna, que foi calculado pela equação 07, nos dois ambientes será o mesmo, igual a 68 dB.

De acordo com os padrões da norma 10152 esse valor de nível de intensidade sonora, da primeira situação, não se enquadra no conforto acústico (pode ser verificado pela tabela 04). Ou seja, nessa situação, o ruído está sendo ouvido com uma intensidade maior que a permitida, o que pode vir a prejudicar considerando o tempo de exposição.

Para a segunda situação, de uma feira, gerando uma emissão sonora de cerca de 80 dB, na sala e nos quartos da residência escolhida. Conhecendo o nível sonoro do emissor, nesse caso de 80 dB, e o CTS do concreto, pôde-se calcular o nível de intensidade sonora interna dos cômodos escolhidos, novamente através da equação 07, que será igual a 28 dB.

De acordo com a norma Brasileira, NBR 10152, o resultado do nível de intensidade sonora para a segunda situação é muito satisfatório já que o mesmo é melhor que os níveis que a norma revela para o conforto acústico. Ou seja, ótimo.

6. CONCLUSÃO

Pôde-se observar que, como a área é diretamente proporcional ao fluxo de calor, de acordo com a equação de Fourier (Equação 01). Em ambientes com maior área, estes tiveram maiores fluxos de calor e consequentemente serão cômodos que terão menores variações de temperatura entre os ambientes externo e o interno. Ou seja, serão os ambientes mais propensos a, de acordo com a variação de temperatura e da área, não proporcionarem um desempenho aceitável conforme a norma.

De acordo com Oliveira (1986), devido à intensa radiação solar, o fluxo de calor em fechamentos opacos, na região Nordeste, pode chegar até a 560 W/m^2 . Representando, uma considerável parcela de carga térmica nas edificações.

Dessa forma, pode ser feita uma comparação com os fluxos obtidos neste estudo, mesmo sabendo das considerações do trabalho em ser apenas a transferência por condução, conclui-se que, obtiveram-se bons resultados já que o maior q/A (fluxo de calor dividido pela área) encontrado é ainda bem menor (pode-se observar na tabela 06) que o de estudos já realizados, nesse caso o de Oliveira (1986). Portanto, considerando esses padrões, seria viável a sua implantação no semiárido do Rio Grande do Norte.

Quanto a acústica, observou-se em uma primeira análise feita nesse trabalho, considerando apenas o CTS do material e a intensidade sonora da fonte emissora percebeu-se que em situações de 80 dB (já considerada elevada), as paredes de concreto obedeceram as condições de conforto. Já para a situação 1, da emissão de 120 dB, os resultados não ficaram nos padrões da norma.

Portanto, para uma afirmação mais profunda tanto em relação a análise térmica e acústica, é interessante que se realizem em estudos futuros a consideração das outras formas de transferência de calor, como convecção e radiação. A construção de um protótipo de uma residência para que possam ser feitas as medições das temperaturas internas e externas e assim obter valores mais precisos no estudo que estiverem sendo realizados.

7. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ADÃO, X. F.; HERMELY, C. A. Concreto Armado: Novo Milênio, Cálculo prático e econômico. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 224 p.

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.

_____. NBR 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento. Rio de Janeiro, 2006.

_____. NBR 15575: partes 1 a 6 – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 15220: parte 1 – Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR 11768: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos. Brasil, 2011.

_____. NBR 10152 – Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987.

BOSILJKOV, V. B. SCC mixes with poorly graded aggregate and high volume of limestone filler. In: **Cement and concrete research**. Islândia, p. 1279-1286, 2003.

BRASIL, P. **Minha Casa Minha Vida acelera queda do déficit habitacional no País**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2016/03/minha-casa-minha-vida-acelera-queda-do-deficit-habitacional-no-pais>> Acesso em: 20 set 2016.

CINTRA, Arthur M. Estudo do desempenho térmico de concretos com ar incorporado. Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Uberlândia, 2015.

CLIMA TEMPO. Climatologia: Caraúbas/RN. Disponível em: <<http://www.climatempo.com.br/climatologia/2055/caraubas-rn>>, Acesso em: 5 set 2016.

COLETÂNEA DE ATIVOS. **Paredes de Concreto. Comunidade da construção. 2011/2013**. Disponível em: <<http://abesc.org.br/concreteca/artigos/colet%C3%A2nea-de-ativos-paredes-de-concreto-20112013.html>>, Acesso em: 6 ago 2016.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Centro de Estatística e Informações. Déficit Habitacional no Brasil 2013-2014. Belo Horizonte, 2016.

METEOROLOGIA BÁSICA. Mecanismos de transferência de calor. Disponível em: <<http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap2/cap2-9.html>>, Acesso em: 5 out 2016.

HELENE, P; ANDRADE, T. Concreto de Cimento Portland. Cap. 29. In: ISAIA, G. C. (Ed.). CONCRETO. Ensino, Pesquisa e Realizações. São Paulo, IBRACON. 2010.

JEON, Jin Y; LEE, Pyoung J; RYU, Jong K. A quantification model of overall dissatisfaction with indoor noise environment in residential buildings. Science Direct, Seoul, 1 jun. 2010, Applied Acoustics. Disponível em. Acesso em: 15 ago 2016.

LACERDA, Adriana B. M; MAGNI, Cristiana; MORATA, Thais C; MARQUES, Jair M; ZANNIN, Paulo H. T. Ambiente Urbano e Percepção da Poluição Sonora. Scielo, Curitiba, dez. 2005, Ambiente & Sociedade. Acesso em: 15 ago 2016.

LEITE, A. R. C. A. P. **A construção de moradias térreas populares no Brasil: inovações tecnológicas e manufatura responsiva.** Tese de doutorado, Universidade Paulista, São Paulo, 2013.

LORDSLEEM JUNIOR, A. C. et al. Estágio atual do uso de paredes maciças moldadas no local em São Paulo. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS - SOLUÇÕES PARA O TERCEIRO MILÊNIO, 1998, São Paulo. Anais... São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Civil – PCC. nov, 1998.

MARGOLLES, M. V; RODINELLA, A. M; ROBERTS, M. The Audible Landscape, 2014. Disponível em: <https://www.fhwa.dot.gov/environment/noise/noise_compatible_planning/federal_approach/audible_landscape/al04.cfm>, Acesso em: 20 de set. 2016.

MARTUCCI, R. (1999). Porque Analisar e Avaliar Habitações e Tecnologias para Sistemas Construtivos Habitacionais. In: **Habitação em debate**. Anais... Brasília: Starprint. 132 p.

MISURELLI, H.; MASSUDA, C. Como construir paredes de concreto. Revista Técnica, São Paulo, ano 17, n. 147, p. 74-80, jun. 2009.

OBRA, Equipe de. Obras: O que acontece no mundo do trabalho. Disponível em: <<http://equipedebra.pini.com.br/construcao-reforma/54/artigo273685-1.aspx>> Acesso em: 15 set 2016.

OLIVEIRA, Terange Utagori. *Estudo experimental das propriedades térmicas do ar aquecido por radiação solar em coletores planos*. Natal, Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica; UFRN; Dissertação de Mestrado, 1986; 53p.

PÉREZ, J. P. H.; ROMULUS, A. M. Thermodynamique. Fondements et Applications. Masson, Paris, 1993.

ROAF, S.; CRICHTON, D.; NICOL, F. Adapting buildings and cities for climate change. Oxford: Architectural Press, 2009.

SANTOS, R. F. C. **Estudo de concretos autoadensáveis, com aditivo incorporador de ar, utilizados na produção de paredes de concreto armado moldadas no local.** Dissertação de mestrado, instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo - IPT. São Paulo, 2012.

SOUNDPROOFING. Understanding STC. Disponível em: <<https://www.soundproofingcompany.com/soundproofing101/understanding-stc/>> Acesso em: 20 set. s.d.

TUDO CONSTRUÇÃO. 35 MODELOS DE PLANTA BAIXA PARA MINHA CASA MINHA VIDA. Disponível em: <<http://www.tudoconstrucao.com/35-modelos-de-planta-baixa-para-minha-casa-minha-vida/>>, Acesso em: 25 ago 2016.

WENDLER, A. **Sistema construtivo Parede de Concreto: Um sistema com bom desempenho.** In: Concrete Show, 2009. São Paulo.

YOUNG, Hugh D; FREEDMAN, Roger A. **FISICA II:** Termodinâmica e Ondas, 12 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008. 329 p.