

ANÁLISE TÉRMICA E ACÚSTICA DE EDIFICAÇÕES COM PAREDES EM CONCRETO MOLDADAS *IN LOCO* NA REGIÃO DO SEMIÁRIDO DO RIO GRANDE DO NORTE.

Dennys Lacerda de Araújo Martins¹, Manoel Denis Costa Ferreira².

¹Aluno do Curso de Engenharia Civil - Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA Campus Caraúbas; dennyslacerda@hotmail.com.

²Prof. Dr. do Curso de Engenharia Civil - Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA Campus Caraúbas; Manoel.denis@ufersa.edu.br.

Resumo: A grande demanda social por habitação no Brasil fez com que a indústria da construção civil procurasse expansão, melhorias em métodos e sistemas construtivos. Então, surge o sistema construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco*. Por tratar-se de um sistema mecanizado, envolvendo uma sistematização do processo construtivo, gera ganhos de tempo na construção, redução de perdas de materiais e menores custos de produção. Dessa forma, desenvolveu-se um estudo sobre a utilização de concreto com ar incorporado na confecção das paredes deste sistema. Para isso realizou-se a dosagem do concreto pelo método da Associação Brasileira de Cimento Portland e, para maior controle, todos os materiais que o compõem foram caracterizados em laboratório. Logo, através de modelos construídos com diferentes percentuais de aditivo, pôde-se verificar uma possível viabilidade na utilização deste material na região do semiárido do Rio Grande do Norte, visto que todos se apresentaram viáveis quanto ao desempenho térmico e em um dos modelos também se aproximou bastante do conforto acústico, tendo como referência alguns critérios das normas NBR 15575:2013 – Edificações Habitacionais - Desempenho e NBR 10152:2017 – Acústica – Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. E, para melhor compreensão dos resultados térmicos, foram calculados os fluxos de calor para as situações extremas de temperatura. Todos os modelos construídos estiveram dentro dos limites usuais de resistência e abatimento, ratificando a viabilidade de tal sistema construtivo.

Palavras-chave: Desempenho térmico. Desempenho acústico. Paredes de concreto. Ar incorporado.

1. INTRODUÇÃO

Com a criação de um programa habitacional que proporcionou crédito facilitado às famílias de menor renda, as condições de compra dos imóveis cresceram. Este fato impactou diretamente no déficit habitacional Brasileiro, que é classificado segundo [1] em duas classes que são as famílias que habitam em domicílios precários e as que coabitam com outras famílias.

Com a facilidade de compra 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 também possibilitassem a economia e satisfação do cliente.

Nessa busca, surge o concreto como elemento principal de um sistema construtivo, mais conhecido como sistema de paredes de concreto moldadas *in loco*, cujas nas suas características positivas estão incluídas racionalização, economia, produtividade, limpeza e dentre várias outras.

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 [2].

Para alcançar algumas características desejáveis no concreto, muitas das vezes é necessário que se utilize da adição de algum material que modifique ou agregue propriedades desejáveis ao material. Neste trabalho, desenvolveu-se um estudo sobre a utilização de concreto com ar incorporado na confecção das paredes deste sistema.

O concreto com ar incorporado é resultado da adição de incorporador de ar, que cria bolhas de ar no interior do compósito, agregando as características desejáveis. Diferentemente de outros vazios encontrados no concreto, resultantes do próprio amassamento, a presença destas bolhas agrega importantes benefícios ao concreto, no estado fresco e no estado endurecido [3]. Essa adição é proporcional à massa de cimento do traço dosado.

Alguns motivos que levam a incorporação de ar no concreto é o objetivo de obter uma menor massa específica (concreto mais leve) e melhor comportamento térmico e acústico [4].

Dois fatores fundamentais para o bem-estar e satisfação do usuário para com a edificação, são os desempenhos térmicos e acústicos proporcionados por suas características construtivas. Estudos revelam a importância de

ambos os desempenhos, levando em consideração o conforto, bem estar, saúde e consumo energético. De acordo com [5], 74% da população se sente incomodada com ruídos provenientes do ambiente externo.

Sendo assim, 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, NBR 15575, e de níveis de ruídos para conforto em edificações, NBR 10152.

Nesse contexto, desenvolveu-se um estudo sobre a utilização de concreto com ar incorporado neste sistema construtivo, através de modelos construídos com 0,04% e 0,2% de aditivo incorporador de ar, para a verificação da viabilidade técnica, considerando os comportamentos térmico e acústico, no semiárido do Rio Grande do Norte, mais precisamente no município de Caraúbas/RN.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais Utilizados

2.1.1. Cimento

Na produção de todo o concreto utilizado neste trabalho, foi usado um único tipo de cimento: Cimento Portland CP II-Z-32-RS fabricado pela Mizu e adquirido no comércio local do município de Caraúbas/RN.

2.1.2. Agregado Miúdo

Toda a areia utilizada foi proveniente das margens de um rio que fica nas proximidades do município de Caraúbas/RN e foi adquirida no comércio local da cidade.

2.1.3. Agregado Graúdo

Neste trabalho, o agregado graúdo utilizado, foi proveniente de uma pedreira localizada no município de Caraúbas/RN. Utilizou-se brita 0 (zero), cujas dimensões estão na faixa de 4,8mm a 9,5mm.

2.1.4. Água

A água utilizada foi a fornecida pela concessionária local, a CAERN (Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte), e, portanto, dentro dos limites de potabilidade.

2.1.5. Aditivo Incorporador de Ar

O aditivo utilizado foi o Sika Aer Líquido, que tem como limites de adição os valores de 0,04% e 0,2%, mínimo e máximo, respectivamente. Este aditivo possui um de 12 +/- 1 e densidade de 1,01 +/- 0,02 kg/litro e deve ser homogeneizado juntamente com a água de amassamento antes de ser aplicado. A proporção de aplicação é com relação a massa do cimento de acordo com o traço utilizado.

Este aditivo pode ser utilizado em qualquer aglomerante, pois age apenas sobre o conjunto água-agregado, criando minúsculas bolhas de ar esféricas na estrutura do concreto, conferindo-o uma melhor trabalhabilidade, o tornando mais leve e o deixando com maior volume.

2.2. MÉTODOS UTILIZADOS

2.2.1. Caracterização dos materiais

Os dados necessários com relação ao cimento foram fornecidos pela fabricante do produto, a Mizu.

O agregado miúdo foi caracterizado através do ensaio granulométrico, regido pela NBR 7217 [6]. A massa específica pela NBR 9776 [7]. A Massa unitária pela NBR 7251 [8]. O módulo de finura (MF) foi determinado pela soma dos percentuais retidos em todas as peneiras da série normal, dividida por 100.

Todos os equipamentos empregados nos ensaios do agregado miúdo se encontram representados na figura 01 (a, b, c e d), a seguir.



Figura 01: Caracterização agregado miúdo. (Autoria própria)

O agregado graúdo foi caracterizado através do ensaio de granulometria pela NBR 7211 [9]. A massa específica pela NBR NM 53 [10]. A massa unitária pela NBR 7251 [11]. Observam-se na figura 02 (a, b, c e d) registros dos ensaios realizados.



Figura 02: Caracterização agregado graúdo. (Autoria própria)

2.2.2. Dosagem

A dosagem do concreto foi feita pelo método da Associação Brasileira de Cimento Portland. Nos quadros 01 e 02, está disposto o resumo das características dos materiais empregados e da dosagem do material, respectivamente. No quadro 03, observa-se a apresentação do traço utilizado.

Quadro 01: Dados de entrada para a dosagem. (Autoria Própria)

Dados de entrada		
Cimento		
Tipo	CPII Z32	-
Massa específica	3.000	kg/m ³
Areia		
Módulo de Finura	4,93	-
Inchamento	30	%
Umidade	6	%
Massa específica	2.525,2	kg/m ³
Massa unitária solta	1.530	kg/m ³
Brita 0		
Massa específica	2.476	kg/m ³
Massa unitária compactada	1.480	kg/m ³
Massa unitária solta	1.430	kg/m ³
Diâmetro máximo	9,5	mm

Quadro 02: Apresentação de mais dados referentes à dosagem. (Autoria Própria)

Determinação da relação a/c		
Resistência aos 28 dias	34,07	MPa
Relação água/cimento	0,475	-
Consumo dos materiais (Brita 0)		
Consumo de água	205,00	L/m ³
Consumo de cimento	431,58	Kg/m ³
Volume de brita	0,51	m ³
Consumo de brita	747,40	kg/m ³
Volume de areia	0,35	m ³
Consumo de areia	882	kg/m ³

Quadro 03: Apresentação do traço. (Autoria Própria)

Apresentação do traço			
Cimento	Areia	Brita	Água
1,00	2,04	1,73	0,475

O aditivo incorporador de ar foi adicionado com relação à massa do cimento, nas proporções de 0,04% para o traço AI1 e 0,2% para o traço AI2, sendo a mínima e máxima, respectivamente, permitida pelo fabricante.

2.2.3. Moldagem e Rompimento dos corpos de prova

Com o intuito de caracterizar ainda mais os modelos que seriam construídos e testados, foi verificada a resistência à compressão do concreto produzido.

Foram moldados, seguindo a NBR 5738 [12], 12 corpos de prova cilíndricos, com dimensões de 10cmx20cm, para cada traço. Sendo 06(seis) para o rompimento aos 07 dias e 06(seis) para o rompimento aos 28 dias. Inicialmente moldou-se o traço base (C), de concreto convencional, outro com adição de 0,04% (AI1) de aditivo e o último com adição de 0,2% (AI2) de aditivo incorporador de ar.

Segue, na figura 03, a prensa utilizada para o ensaio de resistência mecânica.



Figura 03: Prensa utilizada para rompimento dos corpos de prova. (Autoria própria)

2.2.4. Condutividade térmica

Foram moldados 5 (cinco) corpos de prova de cada traço, com as dimensões de 120mmx50mm, com a finalidade de serem ensaiados no equipamento KD2PRO, para determinação do coeficiente de condutividade térmica de tais materiais (Ver figura 04).



Figura 04: KD2PRO e Corpos de prova para determinação da condutividade térmica. (Autoria própria)

2.2.5. Abatimento de tronco de cone

Foi feito o ensaio de abatimento do tronco de cone de todos os traços executados, de acordo com a NBR NM 67 [13]. A seguir na figura 05, pode ser observado o comportamento dos concretos. Traço C (fig. 5a), AI1 (fig. 5b) e AI2 (fig. 5c), respectivamente.



Figura 05: Slump Test. (Autoria própria)

2.2.6. Moldagem dos modelos

Foram construídos modelos de paredes de concreto, medindo 1mx1mx0,1m, com fôrma de madeira (fig. 06), cujo o resultado final apresenta-se na figura 07.



Figura 06: Fôrma utilizada para a moldagem dos modelos. (Autoria própria)

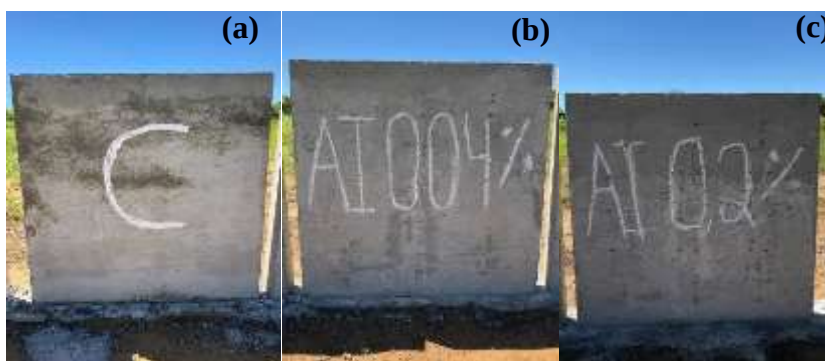


Figura 07: Modelos concretados e desenformados. (Autoria própria)

2.2.7. Medições

Foram realizadas medições de temperatura e de intensidade sonora, com o auxílio dos seguintes equipamentos, Termopares (fig. 8a) e um Medidor de nível sonoro do tipo KR-853 (fig. 8b), respectivamente.



Figura 08: Conjunto aparelho-termopar e Medidor de nível sonoro, respectivamente. (Autoria própria)

Para isso, as paredes foram isoladas nas laterais e na parte superior com o auxílio de placas de EPS, como pode ser observado na figura 09 a seguir todo o conjunto montado.



Figura 09: Conjunto pronto para receber as medições. (Autoria própria, 2018)

Nas extremidades foram utilizadas placas de 10 cm de espessura. Entre uma parede e outra e na parte superior foram utilizadas placas com 5 cm de espessura. Com a finalidade de evitar a influência externa nos resultados dos testes que foram realizados.

2.2.7.1. Medições Térmicas

As medições foram feitas durante o mês de março e ocorreram da seguinte maneira, iniciavam-se as 06h00min da manhã e iam sendo feitas medidas consecutivas, de hora em hora, até as 18h00min horas do dia corrido, totalizando 12 horas de medições.

De hora em hora, como descrito anteriormente, as medições foram feitas na face da parede voltada ao interior do ambiente e na face voltada para o exterior (recebendo incidência solar direta), para obter a variação de

temperatura e assim utilizar da equação de Fourier para determinar o fluxo de calor em tais elementos, podendo avaliar com base na NBR 15575 [14], o nível de desempenho térmico proporcionado pelo material.

De acordo com esta norma, os padrões a serem seguidos no período de verão estão descritos no quadro 4 a seguir.

Quadro 04: Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão. (Autoria Própria)

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$
I	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^{\circ}\text{C})$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 1^{\circ}\text{C})$
S	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 4^{\circ}\text{C})$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^{\circ}\text{C})$ e $T_{i,min} \leq (T_{e,min} + 1^{\circ}\text{C})$
$T_{i,max}$ 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 no exterior da 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 no exterior da edificação, em graus Celsius; NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3		

No quadro 4, as letras M, I e S significam Mínimo, Intermediário e Superior, respectivamente e, para maior conforto dos usuários, recomendam-se para os níveis intermediário (I) e superior (S).

Na utilização do quadro 4, foi considerado que os valores de $T_{i,max}$, $T_{e,max}$, $T_{i,min}$ e $T_{e,min}$ apresentados no quadro verificado, foram os valores registrados nas faces internas e externas dos modelos.

A norma classifica em zonas 7 e 8 a região na qual busca-se verificar o emprego desse material (estado do Rio Grande do Norte), conforme mapa das zonas bioclimáticas, que pode ser observado na figura 10 a seguir.

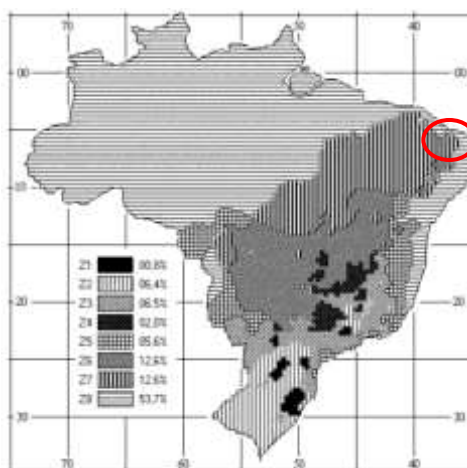


Figura 10: Zonas bioclimáticas de acordo com a NBR 15575/2013. (ABNT NBR 15575)

2.2.7.1.1. Fluxo de Calor

Para o cálculo do fluxo de calor nestes elementos, considerou-se a Lei de Fourier requer o conhecimento de 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 [15].

Como descrito anteriormente, através do ensaio térmico, realizado no K2PRO, em pequenos corpos de prova, determinou-se a condutividade térmica do material estudado, concreto convencional e com ar incorporado em duas proporções.

Segundo [15], “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.”.

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

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, o valor de ΔT .

2.2.7.2. Medições de intensidade sonora

Segundo [16], o responsável pela poluição sonora não é somente o meio externo, mas sim o próprio sistema estrutural que gera um caminho por onde se propagarão os ruídos sonoros de impactos e tubulações.

Dessa forma, foram realizadas medições da intensidade sonora no interior e exterior do ambiente considerado através do modelo construído.

Duas situações foram criadas para que fosse possível verificar a perturbação sonora causada pelas mesmas. O primeiro caso (I), de uma simulação de buzinas a frente da edificação, cerca de 7 metros distantes da parede que recebe o som. E a segunda situação (II), buscou simular um carro de som passando na rua a frente da residência, com uma distância de, também, 7 metros da parede que recebe o som. Os limites para determinação do conforto acústico ou não deste sistema foram descritos pela NBR 10152 [17], como pode ser observado no quadro 05 a seguir.

Para a situação I, a medição foi realizada no modo fast do aparelho, que caracteriza medição de picos sonoros. Já para a situação II, foi realizada no modo slow, que caracteriza medições sonoras contínuas.

Quadro 05: Valores, em dB, para residências de acordo com a NBR 10152. (Autoria Própria)

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

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 neste quadro são considerados de desconforto, sem necessariamente implicar risco de dano à saúde.

Neste trabalho foi considerado, para as medições térmicas e acústicas, o ambiente de uma sala-de-estar, representado pelos modelos das paredes de concreto, visto que idealizou-se uma residência mais simples onde a parede da sala estaria em contato direto com a radiação solar.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos e discussões pertinentes. Todos serão descritos nos tópicos a seguir.

3.1. Resistência Mecânica

Segue no quadro 06, um resumo dos resultados de resistência obtidos através do rompimento dos corpos de prova.

Quadro 06: Média das resistências através do rompimento dos corpos de prova. (Autoria Própria)

Traços	Média aos 07 dias	Média aos 28 dias
Nomenclatura	(MPa)	(MPa)
C	25,62	37,57
AI1	15,47	24,36
AI2	8,551	14,12

De acordo com a [18], o concreto com alto teor de ar incorporado deve ter uma resistência mínima de 6MPa, e nesse caso, só poderá ser utilizado na construção de paredes de concreto em edificações com até, no máximo, dois pavimentos.

3.2. Ensaio de abatimento de tronco de cone

No traço convencional, o abatimento mediu 6 cm, no traço AI1 o abatimento mediu 15,7 cm e no traço AI2 mediu 16,7 cm. Todos os traços foram considerados com boa trabalhabilidade visto que os resultados no teste de abatimento foram dentro do esperado.

Para os traços AI1 e AI2, ainda foram mais apropriados para o sistema construtivo em questão que exige uma maior fluidez no concreto facilitando a aplicação e o preenchimento/adensamento nas fôrmas.

3.3. Desempenho térmico

As medições das temperaturas foram realizadas como descrito na metodologia e podem ser observadas no quadro 07 a seguir.

Quadro 07: Medições realizadas por 12 horas consecutivas. (Autoria Própria)

Horário	C		AI1		AI2		Δt		
	T. face I	T. face E	T. face I	T. face E	T. face I	T. face E	C	AI0,04%	AI0,2%
(h)	(C°)	(C°)	(C°)	(C°)	(C°)	(C°)	(C°)		
06	21,6	21,0	21,6	20,8	22,6	20,6	0,6	0,8	2,0
07	31,5	23,0	31,5	23,6	28,8	23,8	8,5	7,9	5,0
08	34,9	25,4	35,7	26,3	34,8	27,1	9,5	9,4	7,7
09	35,2	27,3	36,3	28,2	33,0	28,7	7,9	8,1	4,3
10	31,7	29,8	31,9	30,6	31,6	30,1	1,9	1,3	1,5
11	32,1	30,9	32,8	31,8	32,6	31,6	1,2	1,0	1,0
12	31,9	33,0	32,2	34,3	32,2	34,3	1,1	2,1	2,1
13	31,8	35,4	32,7	36,6	32,7	35,2	3,6	3,9	2,5
14	32,4	37,0	32,7	32,5	33,8	37,1	4,6	5,2	3,3
15	32,8	39,3	33,5	39,6	34,0	39,1	6,5	6,1	5,1
16	34,1	37,3	35,1	37,0	36,3	35	3,2	1,9	1,3
17	33,3	32,9	33,1	32,8	32,4	32,3	0,4	0,3	0,1
18	29,8	31,5	30,7	30,5	30,6	30,3	1,7	0,2	0,3

Pela posição em que os modelos foram assentados e com a movimentação do sol, ao decorrer do dia, e como a parte posterior das paredes não foram fechadas, observa-se que das 06h às 11h as temperaturas internas foram superiores às externas, visto que o sol nasceu naquela direção. Daí em diante, com poucas exceções, se comportou da forma como se esperava, com a incidência solar diretamente sobre o lado externo.

Utilizando o quadro 04, foi possível analisar as temperaturas máximas e mínimas, internas e externas, levando em consideração tudo que foi descrito neste trabalho, e fazer a classificação de acordo com a norma de desempenho. Foram consideradas as duas colunas de tal quadro, visto que a região se enquadra nas zonas 7 e 8.

3.3.1. Modelo C

Para este modelo, considerando as maiores e menores temperaturas, e comparando com o quadro 04, pode ser classificado como de conforto superior nos dois requisitos, considerando a zona 7 e a zona 8, com a diferença entre a $T_{i,máx}$ e a $T_{e,máx}$ de $4,1^{\circ}\text{C}$.

Por ser um modelo construído sem nenhum tipo de adição e já utilizado no mercado, em outras regiões do país, esperavam-se comportamentos que se enquadrassem no conforto, pela norma. Dessa forma e como esperado, o modelo C, obteve bons resultados nas situações extremas.

3.3.2. Modelo AI1

Este modelo teve um percentual de aditivo mínimo recomendado pelo fabricante do produto, utilizado para incorporar ar ao concreto.

Foram observados, também neste modelo bons resultados térmicos, visto que se encaixaram na situação intermediária de acordo com a NBR de referência, para ambas as zonas bioclimáticas, com a diferença entre a $T_{i,máx}$ e a $T_{e,máx}$ de $3,3^{\circ}\text{C}$, que se comparado com o modelo C, considerando o fluxo de calor, obteve melhores resultados, visto que o fluxo foi menor, o que significa uma menor quantidade de energia térmica sendo transferida do exterior para o interior do ambiente.

3.3.3. Modelo AI2

Já para este modelo utilizou-se o máximo de percentual de aditivo incorporador de ar, permitido pelo fabricante. Tendo obtido bons resultados quanto ao desempenho térmico, já que este se classificou como situação intermediária, de acordo com a NBR 15575 [15], com a diferença entre a $T_{i,máx}$ e a $T_{e,máx}$ de $2,8^{\circ}\text{C}$.

Neste caso, houve uma diferença de temperatura menor dentre todos os modelos, e, considerando o fluxo de calor, causou uma maior transferência do exterior para o interior do modelo.

Portanto, de forma geral, pôde-se, através do quadro 04, da NBR 15575, verificar a viabilidade térmica dos modelos construídos, nas situações mais críticas, já que todos se classificaram entre as situações intermediária e superior.

3.3.4. Fluxo de calor

Como proposto, foi calculado o fluxo de calor para as situações extremas, ou seja, de maiores e menores diferenças de temperaturas (Δt 's), (ver quadro 08).

Quadro 08: Fluxos de calor nas situações extremas. (Autoria Própria)

Parede	Horário		Δt		Espessura da parede	Média das Condutividades térmicas K ensaiadas	Fluxo de Calor	
Nomenclatura	(h)		(K)		(cm)	(W/m.K)	(W)	
C	17	8	0,4	9,5	10	2,036	8,144	193,325
AI1	18	8	0,2	9,4	10	1,383	2,766	130,002
AI2	17	8	0,1	7,7	10	1,82	1,82	140,14

Obs: A unidade utilizada para a diferença de temperatura no cálculo do fluxo de calor é o Kelvin. Graus Celsius somado a 273,15.

De acordo com [19], 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-se afirmar que, de acordo com a bibliografia citada, os modelos superaram os requisitos de desempenho, visto que o fluxo descrito no quadro anterior dividido pela área (W/m^2), para ser comparado com o estudo de [19], continua o mesmo já que a área da face perpendicular é de 1m^2 .

3.4. Desempenho Acústico

O quadro 09 apresenta valores obtidos para a verificação do desempenho acústico dos modelos.

Quadro 09: Intensidade sonora no interior do ambiente receptor, em cada situação. (Autoria Própria)

Parede	Situação I	Situação II	Medida referência – NBR 10152. Quadro 05
Nomenclatura	dB	dB	(dB)
C	71,2	68,7	40 - 50
AI1	64	68,4	40 - 50
AI2	61	67,5	40 - 50

Na situação I, a intensidade sonora do emissor foi de 97 dB. E na situação II de 101,6 dB. Procurou-se simular situações corriqueiras, com o intuito de tornar os resultados mais próximos da realidade, como pode ser observado na figura 11.



Figura 11: Intensidade sonora dos emissores na situação I e II, respectivamente. (Autoria própria)

3.4.1. Modelo C

De acordo com o quadro 05, este modelo não proporcionou conforto acústico, ficando entre pouco mais de duas dezenas de dB a mais que o permitido.

3.4.2 Modelo AI1

Para este caso, também não foi atendido o requisito mínimo para conforto acústico. Porém, já teve um comportamento razoavelmente melhor que o modelo tipo C.

3.4.3 Modelo AI2

Por fim, para este traço, da mesma forma que os anteriores, não obteve sucesso com relação ao desempenho acústico, o que difere dos demais é que, apesar de não se adequar a norma, ficou bem mais próximo, principalmente com relação a situação I – Buzinas de frente a residência.

4. CONCLUSÃO

Verificou-se, através de ensaios, a caracterização de todo o material utilizado neste estudo. O concreto foi ensaiado desde os requisitos mecânicos, quanto à resistência, até com relação aos padrões térmicos, como a condutividade térmica, tornando os resultados mais confiáveis.

O método de dosagem utilizado foi o da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), obtendo o seguinte traço, 1:2,04:1,73:0,475, sendo cimento, areia, brita e água, respectivamente.

A utilização do aditivo incorporador de ar, nas duas proporções, resultou em uma diminuição na resistência, aos 28 dias, dos traços AI1 (com adição de 0,04%) e AI2 (com 0,2%), em 35,16% e 62,42% respectivamente, com relação ao traço C (convencional), sendo este apresentando resistência de 37,57 MPa. Mas, ainda assim, possuindo utilização viável ao serem comparadas com a literatura, que demonstra a resistência mínima de 6 MPa para utilização em edificações de no máximo dois pavimentos. Além disso, caso seja necessária uma maior resistência, pode-se realizar um ajuste no traço, talvez uma diminuição do fator a/c , seja uma possível solução, tendo em vista uma melhora na trabalhabilidade.

Os traços AI1 e AI2 apresentaram os melhores valores no ensaio de abatimento de tronco de cone, resultando em 15,7cm e 16,7cm, respectivamente. Com isso, tornando-os mais apropriados ao sistema que requer uma maior fluidez no concreto, facilitando o adensamento e preenchimento do interior das fôrmas.

Quanto ao desempenho térmico, a proposta de medições em intervalos de uma em uma hora, com as devidas considerações da orientação geográfica do assentamento dos modelos, mostrou que o comportamento da variação da temperatura no lado interno e externo condiz com a realidade.

As variações entre a $T_{i,máx}$ e $T_{e,máx}$ obtidas para C, AI1 e AI2 foram 4,1°, 3,3° e 2,8°, respectivamente. Dessa forma, todos atenderam aos requisitos de desempenho térmico.

Ainda sobre o desempenho térmico, podem-se relatar os resultados significativos dos fluxos de calor, ressaltando o caso do modelo C que obteve um fluxo igual a 193,325 W/m², sendo o maior entre os modelos, representando uma quantidade bem abaixo de 560W/m², observado nos estudos do Oliveira (1986), utilizado como referência.

No que se refere ao desempenho acústico, foram testadas duas fontes de ruído situadas a 7,00 metros de distância dos modelos, com emissão de 97dB e 101,6dB, respectivamente. Em ambos os casos, apesar do modelo AI2 ter apresentado um valor de 61dB na situação I e de 67,5dB na situação II, e se aproximado do valor limite de 50dB, nenhum dos modelos promoveram atenuação do som e consequente conforto acústico, conforme prescrições normativas.

Dessa forma, o material proposto para o sistema construtivo de paredes de concreto moldadas in loco demonstrou atender aos parâmetros de resistência mecânica à compressão e aos requisitos de desempenho térmico. Já no desempenho acústico, os resultados não foram dentro do desejado, requerendo adaptações no método de avaliação ou na melhoria das propriedades desse material.

Destaca-se que, para esta zona bioclimática, o critério da temperatura é de extrema importância para o usuário da edificação, demonstrando que esta pesquisa merece atenção e maior aprofundamento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Centro de Estatística e Informações. **Déficit Habitacional no Brasil 2013-2014**. Belo Horizonte, 2016.
- [2] HELENE, P; ANDRADE, T. **Concreto de Cimento Portland**. Cap. 29. In: ISAIA, G. C. (Ed.). CONCRETO. Ensino, Pesquisa e Realizações. São Paulo, IBRACON. 2010.
- [3] KOSMAKTA, S. H.; KERKHOFF, B.; PARANAESE, W. C. **Design and control of concrete mixtures**, 14th ed. Skokie. PCA, 2003.
- [4] NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. Tradução de Ruy Alberto Cremonini. 5a Edição. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016. 888 p.
- [5] 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: 20 mar 2018.
- [6] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7217:1987 – Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987.
- [7] _____. NBR 9776:1987 – Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Rio de Janeiro, 1987.
- [8] _____. NBR 7251:1982 - Agregados em estado solto – determinação de massa unitária. Rio de Janeiro, 1982.
- [9] _____. NBR 7211: 1983 - Agregados para concreto - especificação. Rio de Janeiro, 1985.
- [10] _____. NBR NM 53:2003 - Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2003.
- [11] _____. NBR 7251:1982 – Agregado em estado solto – determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, 1982.
- [12] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738:2003 - Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2003.
- [13] _____. NBR NM 67:1998 – Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.
- [14] _____. NBR 15575: partes 1 a 6 – Edificações Habitacionais de até cinco pavimentos.– Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.
- [15] YOUNG, Hugh D; FREEDMAN, Roger A. **FISICA II: Termodinâmica e Ondas**, 12 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008. 329 p.
- [16] JEON, Jin Y; LEE, Pyoung J; RYU, **Jong K.A quantification model of overall dissatisfaction with indoor noise environment in residential buildings**. Science Direct, Seul, 1 jun. 2010, Applied Acoustics. Acesso em: 15 mar 2018.
- [17] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10152 – Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987.
- [18] COLETÂNEA DE ATIVOS. **Paredes de Concreto. Comunidade da construção. 2007/2008**. Disponível em: <http://abesc.org.br/pdf/coletanea_ativos.pdf>, Acesso em: 10 mar 2018.
- [19] 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.

©Todos os direitos estão reservados à 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 tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)
Setor de Informação e Referência (SIR)



Bibliotecário-Documentalista
Nome do profissional, Bib. Me. (CRB-15/10.000)