

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO ACÚSTICO E ESTRUTURAL DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS INOVADORES À LUZ DAS RECOMENDAÇÕES DA NBR 15575.

ESTUDO DE CASO: SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO ARMADO MOLDADAS NO LOCAL

Marinna Riul Messias
Bolsista de Iniciação Científica – FUMEC
(graduanda em Engenharia Civil / FEA-FUMEC -
marinna_riul@hotmail.com)

Igor Gregório Santiago Ferreira
Bolsista de Iniciação Científica Júnior – FAPEMIG
(Escola Estadual Professor Moraes - gregosanbh@
yahoo.com.br)

Thiago de Abreu Ribeiro
Aluno voluntário
(graduando em Engenharia Civil / FEA-FUMEC -
thiagoribeiro11@hotmail.com)

Profa. Dra. Edna Alves Oliveira
Coordenadora da pesquisa
(Professora da FEA-FUMEC - ednao@fumec.br)

Prof. Mst. Otávio Luiz do Nascimento
Professor Colaborador – FUMEC
(Professor da FEA-FUMEC- otavio@consultare.eng.br)

RESUMO

Apresenta-se uma síntese dos estudos realizados para o desenvolvimento da pesquisa de Iniciação Científica sob o título “Manual de avaliação de desempenho de sistemas construtivos inovadores”. cujo objetivo era avaliar o desempenho estrutural do sistema construtivo de paredes de concreto armado, moldadas in loco, à luz das recomendações da NBR 15.575 (ABNT, 2008) – que se trata de um conjunto de normas que estabelece

requisitos e critérios de desempenho considerando as exigências do usuário. Para atingir os objetivos da pesquisa, tomou-se como estudo de caso painéis de concreto armado, com e sem argila expandida, utilizados na execução de unidades habitacionais e containeres pela empresa Forma Forte S. A. do município de Belo Horizonte / MG. Para análise dos painéis de concreto armado, foram realizados ensaios de desempenho acústico in loco e análise de desempenho estrutural em corpos de prova. Os ensaios de desempenho estrutural mostraram que o concreto, com e sem argila expandida, atende aos requisitos da NBR 15575 (ABNT, 2008). Verificou-se, também, que, em algumas áreas da unidade habitacional, o desempenho acústico atende às recomendações da NBR 15575 (ABNT, 2008). Entretanto, o projeto arquitetônico da casa não contribui para o isolamento do ruído, em função da quantidade de vãos sem portas.

Palavras-chave: desempenho; sistemas construtivos; painéis de concreto; segurança estrutural; isolamento acústico.

INTRODUÇÃO

Diversas soluções inovadoras, no que se refere aos sistemas construtivos, são introduzidas no mercado para resolver a questão do déficit habitacional brasileiro. Porém, nem todas atendem aos requisitos mínimos desejáveis para uma moradia de custo acessível e de qualidade.

No Brasil, as inovações tecnológicas não vieram acompanhadas com a mentalidade de se avaliar o desempenho dos novos sistemas construtivos antes de lançá-las no mercado. Normalmente, os sistemas eram avaliados somente pelos seus custos iniciais, não sendo computados os custos de operação e nem mesmo os de manutenção e/ou recuperação ficando relegada a segundo plano a preocupação com os aspectos de durabilidade e vida útil dos edifícios.

Atualmente, para satisfazer estas expectativas de que um edifício, seus elementos e componentes, quando submetidos às condições de exposição, devem satisfazer a determinados requisitos de desempenho, expressos de maneira qualitativa, a partir da função específica a que se destinam e face às exigências do usuário, um sistema construtivo destinado a habitações

deve respeitar as recomendações da NBR 15.575:2008 (conjunto de normas que estabelece requisitos e critérios de desempenho considerando as exigências do usuário). Essas exigências, antes subjetivas, viraram requisitos técnicos, com parâmetros determinados, como por exemplo, a durabilidade do sistema e a manutenibilidade da edificação.

No entanto, tais requisitos e critérios sofrem muitos questionamentos, mesmo sendo a Norma de Desempenho (NBR 15575:2008) um grande passo na construção civil. Torna-se necessário haver uma organização setorial para um esclarecimento das exigências, análise e justificativa técnica. Nesta perspectiva, apresenta-se uma síntese dos estudos realizados no desenvolvimento da pesquisa de Iniciação Científica sob o título “Manual de avaliação de desempenho de sistemas construtivos inovadores”.

OBJETIVO

O objetivo principal desta pesquisa é apresentar as recomendações da NBR 15.575 (ABNT, 2008) e avaliar o desempenho estrutural do sistema construtivo de paredes de concreto armado, com e sem argila expandida, moldadas no local à luz das recomendações da referida norma.

METODOLOGIA

Tendo como objetivo a avaliação estrutural dos sistemas construtivos inovadores, tomou-se como estudo de caso painéis de concreto armado moldados no local. Os objetos de estudo são unidades habitacionais e containeres da empresa Forma Forte S. A., localizados no município de Vespasiano / MG.

Para análise dos painéis de concreto armado, foram realizados ensaios de desempenho acústico e de resistência à compressão, à flexão em corpos de prova e determinação do módulo de elasticidade. As medições para avaliação do desempenho acústico das unidades habitacionais foram realizadas in loco. Os estudos experimentais para avaliação do desempenho estrutural foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção da FEA-FUMEC e da Consultare S. A.

As amostras utilizadas nos ensaios de resistência à compressão, flexão e determinação do módulo de elasticidade foram confeccionadas com os materiais

cedidos pelo diretor da empresa Forma Forte S. A. que tem interesse em receber a aprovação do SINAT (Sistema Nacional de Avaliações Técnicas).

DESCRIÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO

A principal característica dos painéis de concreto armado é a moldagem “in loco” dos elementos estruturais. Todas as paredes são moldadas em uma única etapa de concretagem, assim, ao retirar as formas, todo o seu interior já possui as tubulações elétricas e hidráulicas embutidas. A Figura 1 ilustra algumas etapas do processo de execução.

Figura 1 – Detalhes do processo de execução dos painéis de concreto armado no local: (a) disposição das telas de aço e instalação elétrica antes da concretagem; (b) detalhes das formas; (c) painel de concreto na fase final da execução.





Figura 2 – Corpo de prova submetido ao ensaio de compressão diametral.



Figura 3 – Corpo de prova submetido ao ensaio de flexão.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 RESULTADOS

5.1.1 DESEMPENHO ESTRUTURAL

Para análise da segurança estrutural foram realizados ensaios para determinação da resistência à compressão, flexão e determinação do módulo de elasticidade em corpos de prova cilíndricos e prismáticos segundo as especificações das normas da ABNT NBR 5739 e NBR 8522.

Foram moldados 3 (três) corpos de prova do tipo cilíndrico (\varnothing 10 cm x 20 cm) para cada data de ruptura e um para os outros tipos de ensaios: compressão diametral (\varnothing 15 cm x 30 cm – Figura 2) e de flexão (15 cm x 15 cm x 30 cm – Figura 3).



Figura 2 – Corpo de prova submetido ao ensaio de compressão diametral.



Figura 3 – Corpo de prova submetido ao ensaio de flexão.

Os corpos de prova de concreto, com e sem argila expandida, foram moldados conforme o traço apresentado no Quadro 1, traço adotado pela empresa na execução dos containeres. A resistência à compressão característica (fck) do concreto, utilizado na execução das unidades habitacionais e containeres pela empresa, foi de 15 MPa.

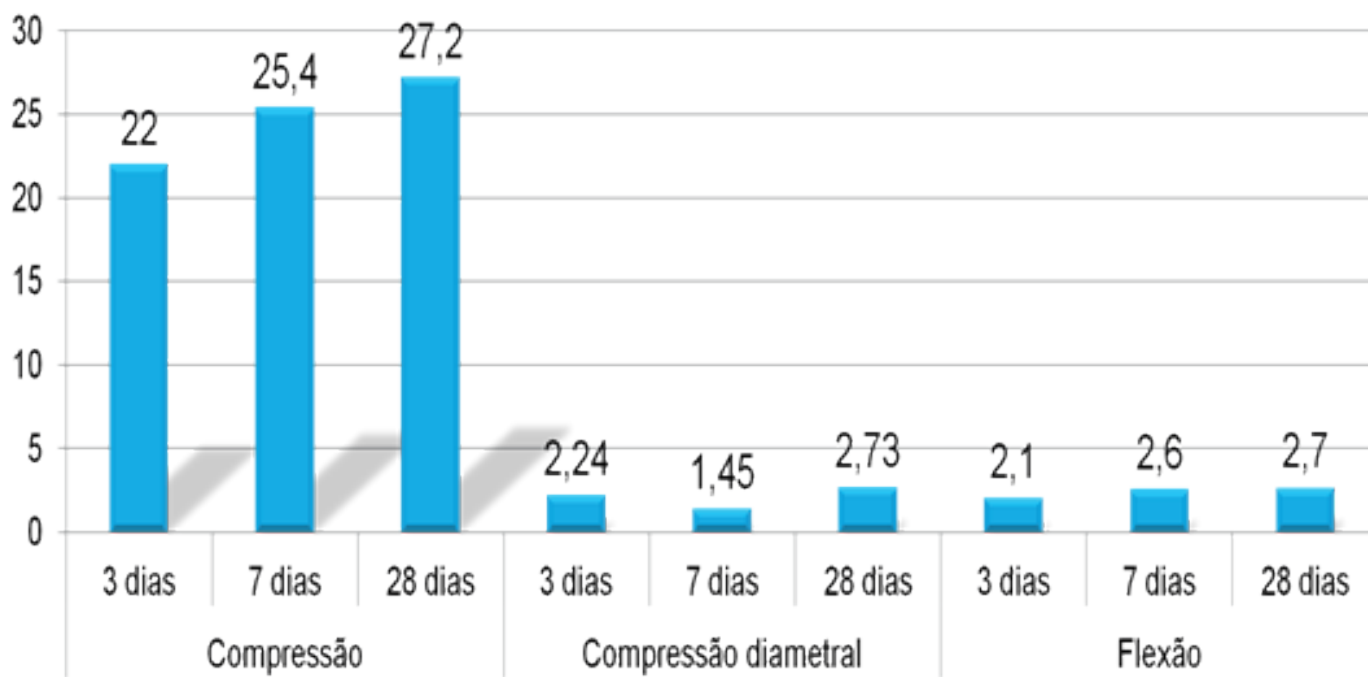
Ensaio a Compressão				
Corpo de prova	Tipo	Data de modelagem	Idade (dias)	Resistência (MPa)
1	10 x 20	01/07/2011	3	22,1
2	10 x 20	01/07/2011	3	22,9
3	10 x 20	01/07/2011	3	20,6
			Média	22,0
4	10 x 20	01/07/2011	7	25,7
5	10 x 20	01/07/2011	7	24,9
6	10 x 20	01/07/2011	7	18,1 ¹
			Média	25,4
7	10 x 20	01/07/2011	28	29,0
8	10 x 20	01/07/2011	28	26,6
9	10 x 20	01/07/2011	28	25,9
			Média	27,2
Ensaio a Compressão Diametral				
Corpo de prova	Tipo	Data de modelagem	Idade (dias)	Resistência (MPa)
1	15 x 30	01/07/2011	3	2,24
2	15 x 30	01/07/2011	7	1,45
3	15 x 30	01/07/2011	28	2,73
Ensaio de Flexão				
Corpo de prova	Tipo	Data de modelagem	Idade (dias)	Resistência (MPa)
1	15 x 15 x 30	01/07/2011	3	2,70
2	15 x 15 x 30	01/07/2011	7	2,22

Quadro 1 – Composição dos materiais do concreto leve com argila expandida

1 O corpo de prova 6 apresentou resistência inferior aos demais em função de erro de capeamento (ruptura no topo). Assim este resultado foi desconsiderado no cálculo da média.

Na Tabela 1 e Gráfico 1, encontram-se os resultados dos ensaios de resistência à compressão e flexão.

Gráfico 1 – Resultados do desempenho estrutural: resistência à compressão e flexão



Na Tabela 2, encontram-se os resultados dos ensaios de resistência à compressão e módulo de deformação dos corpos de prova de Ø10 cm x 20 cm e Ø15 cm x 30 cm, obtidos aos 28 dias após a moldagem.

Tabela 2 – Resultado do módulo de deformação e resistência à compressão simples aos 28 dias.

CPs Ø10 cm x 20 cm	Idade (dias)	Resistência à Compressão (MPa)	Módulo de Deformação Estático (GPa)
1	28	29,0	15,5
2		25,9	14,0
3		26,6	13,7
Média		27,2	14,4

CPs Ø15 cm x 30 cm	Idade (dias)	Resistência à Compressão (MPa)	Módulo de Deformação Estático (GPa)
1	28	27,3	11,7

DESEMPENHO ACÚSTICO

A medição acústica na casa e no container foi realizada conforme os procedimentos descritos na NBR 10151. Para medição do nível de ruído, utilizou-se o equipamento Decibelímetro digital (marca Polimed PM 1900). Em virtude da inexistência de fontes de ruídos significativas, decidiu-se pela simulação utilizando-se aparelhos de som e martelo, conforme recomendações da NBR 10151.

A Figura 4 mostra o procedimento esquematicamente, em que d_1 corresponde à distância entre a fonte de ruído e o obstáculo, o d_2 corresponde à distância entre o medidor e o obstáculo, e o d_3 é a distância do piso até o Decibelímetro.

A Figura 5 mostra a realização da medição na casa de concreto e a Figura 6 ilustra os pontos onde foram realizadas as medições e a localização da fonte de ruído.

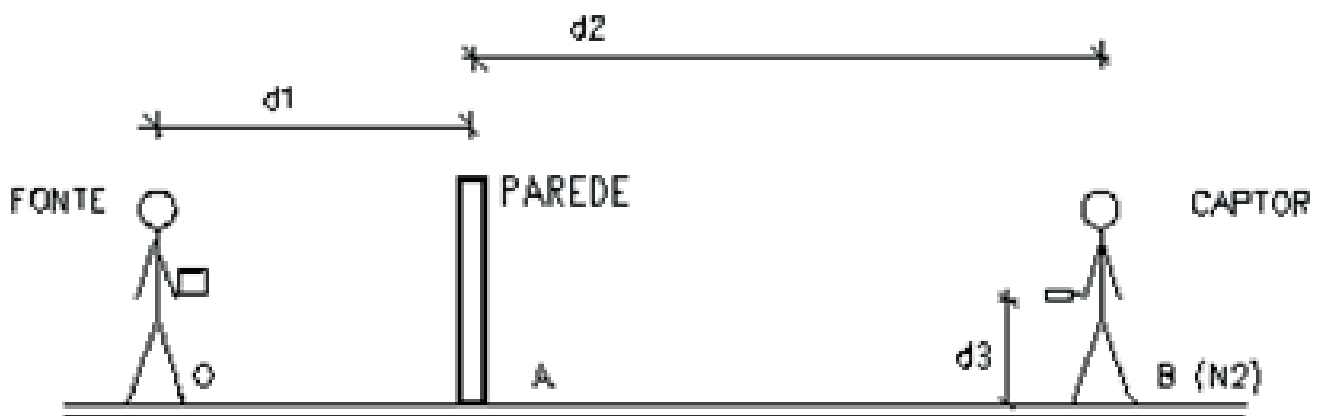


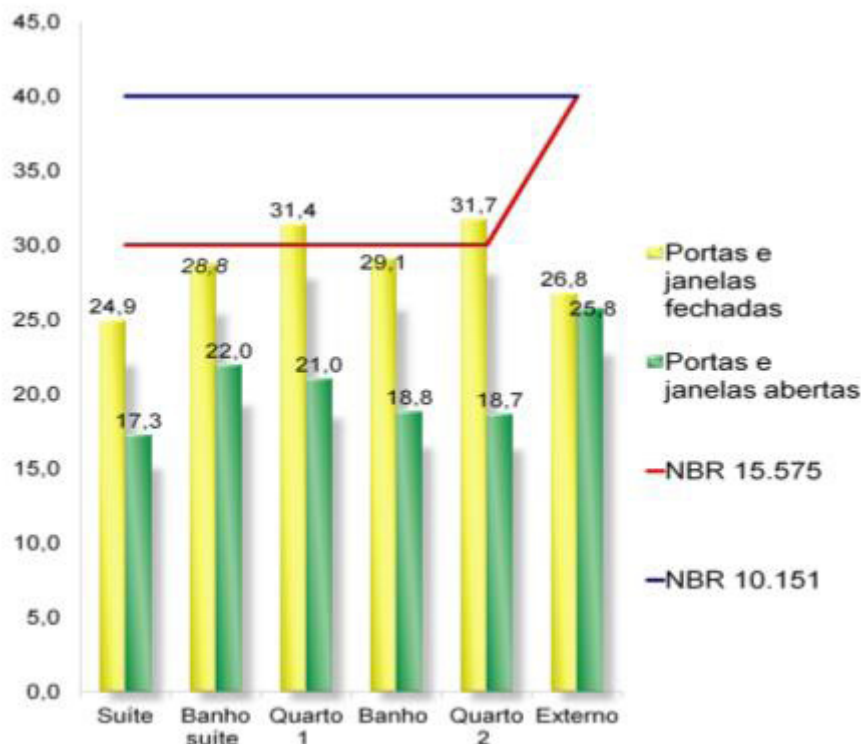
Figura 4 – Esquema de medição de isolamento acústico.



Figura 5 – Medições acústica feita na casa de concreto e no cotainer.



Figura 6 – Desenho esquemático dos pontos de medição



No Gráfico 2, encontram-se os resultados obtidos no ensaio de isolamento acústico.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados dos ensaios de resistência mostraram que o concreto, com e sem argila expandida, atende aos requisitos da NBR 15575 (ABNT, 2008), uma vez que a empresa solicitou resistência à compressão de 15 MPa e, em laboratório foi atingido aos 28 dias 27,2 MPa. No ensaio à compressão diametral, aos 28 dias, a resistência foi de 2,73 MPa, e no ensaio de flexão foi de 2,7MPa. De acordo com a literatura de Falcão Bauer “Materiais de Construção Vol. 2”, os ensaios de resistência diametral e de flexão são aproximadamente 10% da resistência do ensaio à compressão, portanto atendendo ao esperado.

Quanto ao desempenho acústico das unidades habitacionais, verificou-se que, em algumas áreas, o desempenho acústico atende às recomendações da NBR 15575 (ABNT, 2008). Entretanto, o projeto arquitetônico da casa não contribui para o isolamento do ruído, em função da quantidade de vãos sem portas. Nos containers, os resultados atenderam às recomendações da referida norma (NBR 15575:2008).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados das análises de desempenho acústico nas unidades habitacionais demonstraram baixa capacidade de isolamento conforme recomendações da NBR 15575. Considera-se que isso se deve ao baixo desempenho dos elementos da envoltória, principalmente, as janelas, as portas tipo prancheta sem juntas seladas e à quantidade de vãos abertos. Além disso, na sala e na cozinha as portas e janelas são feitas de vidro tipo blindex, material que apresenta isolamento acústico diferente do concreto. Com isso a barragem do som é menos eficiente, isso pode ser comprovado verificando que na medição de ruído externo com as portas fechadas, o valor se difere da medição com as portas abertas em apenas 0,99 dB.

Considera-se que, o sistema construtivo em painéis de concreto armado moldados no local, atenderá as recomendações da NBR 15575 quanto ao desempenho acústico, se o projeto arquitetônico e os elementos construtivos, tais como, materiais de vedação (materiais das portas e janelas), satisfaçam aos requisitos definidos pela referida norma de desempenho.

Os ensaios de resistência realizados mostraram que o concreto de argila expandida possui alta resistência à compressão inicial, já que foi solicitado pela empresa resistência característica de 15 MPa e seu resultado em 3 dias foi uma média de 22 MPa.

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 15575: Avaliação de desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos. Rio de Janeiro: 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.151: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro, 1999.

BERNARDI, Mauro de. Análise crítica de sistema construtivo para habitações com o emprego de fôrmas metálicas tipo túnel, a partir de processo de aprovação técnica.. Dissertação (Mestrado Profissional na área de Tecnologia em Construção de Edifícios) – Centro de Aperfeiçoamento Tecnológico do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo, 1999.

DIRETRIZ SINAT Nº 001, Diretriz para avaliação técnica de sistemas construtivos de paredes de concreto armado moldadas no local. Brasília, julho de 2009

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social. São Paulo: PT/FINEP, 1998.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. Catálogo de processos e sistemas construtivos para habitação. São Paulo: IPT/FINEP, 1998. (IPT. Publicação, n.2515).

MITIDIERI FILHO, C. V. Avaliação de desempenho de componentes e elementos construtivos inovadores destinados a habitações: proposições específicas à avaliação do desempenho estrutural. São Paulo, 1998. Tese (Doutor em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

ROQUE, J. A. Sistema construtivo em aço patinável e bloco de concreto celular autoclavado: análise de protótipo de moradia de interesse social. 2003, 195p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia e Ciência dos Materiais, Universidade São Francisco, Itatiba, 2003.

SOUZA, A.L.R. Projeto e inovação tecnológica na construção de edifícios: implantação no processo tradicional e em processos inovadores. São Paulo: EDUSP, 1995, 65p.

TECNOLOGIA de edificações. São Paulo: IPT: Editora

PINI, Construtora Lix da Cunha, 1988.

TÉCHNE, Revista do Engenheiro Civil. Editora: Pini, São Paulo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Eng. Rôsenir Geraldo Júnior, diretor da empresa Forma Forte S. A., por ter doado o material para realização da pesquisa e por ter contribuído na realização da pesquisa; ao estagiário Guilherme da Consultare S.A. por ter contribuído na realização dos ensaios e ao funcionário Diego do Laboratório de Materiais de Construção da FEA-FUMEC por ter acompanhado os estudos experimentais.