



Manual de desempenho

Alvenaria de Blocos de Concreto

Guia para atendimento
à Norma ABNT 15575



Associação
Brasileira de
Cimento Portland



FICHA CATALOGRÁFICA

Silva, Cláudio Oliveira

Manual de Desempenho – Alvenaria com Blocos de Concreto

/Cláudio Oliveira Silva, Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP, Associação Brasileira da Indústria de Blocos de Concreto - BlocoBrasil. São Paulo, 2014.

ISBN: 978-85-87024-70-1

Coordenação

- Alexander Maschio
- Carlos Alberto Tauil

Execução dos Ensaios

- Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Laboratório de Ensaios e Modelos Estruturais
 - Prof. Dario Lauro Klein
 - Prof. João Luiz Campagnolo
 - Profa. Angela Gaio Graeff
- Universidade de Caxias do Sul – Laboratório de Tecnologia Construtiva
 - Eng. Daniel Tregnago Pagnussat
 - Profa. Maria Fernanda de Oliveira Nunes
- Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Instituto Tecnológico itt Performance
 - Prof. Bernardo Fonseca Tutikian
 - Roberto Christ
- Universidade Federal de Santa Catarina – Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações
 - Prof. Saulo Gúthys

Revisão técnica

- Arnold Wendler
- Érika Mota
- Glácia Rozane Silveira Vieira

Ilustração

- Cinthia Kawe Wu

Colaboração

- Cleuton Faria Gomes
- Luís Antônio Povoas

Projeto gráfico, edição e impressão

- Editora Mandarim

Projeto gráfico

- Juca Zaramello

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICais	6
3	CARACTERIZAÇÃO DOS BLOCOS	7
4	EXIGÊNCIAS DOS USUÁRIOS	9
4.1	Segurança	9
4.2	Habitabilidade	9
4.3	Sustentabilidade	9
5	NÍVEL DE DESEMPENHO	10
6	SEGURANÇA ESTRUTURAL	11
6.1	Requisitos gerais	11
6.2	Estabilidade e Resistência Estrutural	11
6.2.1	Critério – Estado-Limite Último:	11
6.2.1.1	Avaliação	12
6.3	Deslocamentos, Fissuração e Ocorrência de Falhas	12
6.3.1	Critério – Estados-Limites de Serviço	12
6.3.1.1	Avaliação	12
6.4	Impactos de Corpo Mole e Corpo Duro.	13
6.4.1	Critério – Resistência a impactos de corpo mole	13
6.4.1.1	Avaliação	13
6.5	Solicitações de Cargas Provenientes de Peças Suspensas	13
6.5.1	Critério – Capacidade de suporte para as peças suspensas	13
6.5.1.1	Avaliação	14
7	SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO	15
7.1	Requisitos gerais	15
7.2	Dificultar a ocorrência da inflamação generalizada	15
7.2.1	Critério - Reação ao fogo da face interna dos sistemas de vedações verticais e respectivos miolos isolantes térmicos e absorventes acústicos.	15
7.2.1.1	Avaliação	16
7.3	Dificultar a propagação do incêndio	16
7.3.1	Critério - Reação ao fogo da face externa das vedações verticais que compõem a fachada.	16
7.3.1.1	Avaliação	17
7.4	Dificultar a propagação do incêndio e preservar a estabilidade estrutural da edificação	17
7.4.1	Critério - Resistência ao fogo de elementos estruturais e de compartimentação (vedação)	17
7.4.1.1	Avaliação	18
8	SEGURANÇA NO USO E NA OPERAÇÃO	22
8.1	Segurança na Utilização do Imóvel	22
9	ESTANQUEIDADE	23
9.1	Infiltração de Água nos Sistemas de Vedações Verticais Externas (fachadas)	23
9.1.1	Critério – Estanqueidade à água de chuva, considerando-se a ação dos ventos	23
9.1.1.1	Avaliação	23
9.2	Umidade nas Vedações Verticais Internas e Externas Decorrente da Ocupação do Imóvel	25
9.2.1	Critério – Estanqueidade das alvenarias com incidência direta de água – Áreas molhadas	25
9.2.1.1	Avaliação	25
9.2.2	Critério – Estanqueidade de vedações verticais internas e externas em contato com áreas molháveis	26
9.2.2.1	Avaliação	26

10	DESEMPENHO TÉRMICO	27
10.1	Zonas bioclimáticas	27
10.2	Métodos de Avaliação	28
10.3	Adequação de Paredes Externas	28
10.3.1	Procedimento simplificado	28
10.3.1.1	Avaliação simplificada	29
10.4	Exigências de Desempenho no Verão e no Inverno	30
10.4.1	Simulação Computacional	30
10.4.1.1	Avaliação completa	31
	Síntese das Considerações Sobre os Resultados (Relatório Laboratório de Tecnologia Construtiva – UCS)	38
11	DESEMPENHO ACÚSTICO	39
11.1	Níveis de ruído admitidos na habitação	39
11.1.1	Critério – Diferença padronizada de nível ponderada promovida pela vedação externa	39
11.1.2	Critério - Diferença padronizada de nível ponderada, promovida pela vedação entre ambientes	40
11.1.3	Avaliação	40
12	DURABILIDADE E MANUTENIBILIDADE	43
12.1	Patologias em Paredes Externas	43
12.1.1	Critério – Ação de calor e choque térmico	43
12.1.2	Avaliação	44
12.2	Vida Útil de Projeto das Paredes	44
12.2.1	Critério – Vida Útil de Projeto - VUP	45
12.2.2	Avaliação	45
12.3	Manutenibilidade das Paredes	45
12.3.1	Critério – Manual de operação, uso e manutenção	46
12.3.2	Avaliação	46
13	IMPACTO AMBIENTAL	47
13.1	Seleção e consumo de materiais	47
13.1.1	Avaliação	47
13.2	Reciclagem	49
14	CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
15	AGRADECIMENTOS	50
16	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

TERMO DE RESPONSABILIDADE

Este manual foi elaborado com base nos requisitos da norma de desempenho ABNT NBR 15575 parte 4 – Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas (SVIE).

Os resultados aqui apresentados são uma síntese de relatórios de ensaios completos realizados por laboratórios independentes e os respectivos responsáveis estão devidamente citados nas partes correspondentes deste manual.

Este manual é recebido e utilizado por conta e risco do usuário. Os autores, a ABCP e a BlocoBrasil se excluem de toda responsabilidade por quaisquer reclamações ou danos diretos ou emergentes, a partir de material contido no manual, e ainda negam expressamente qualquer garantia, expressa ou implícita, que se relacionem ou que de qualquer forma possam estar relacionadas ao manual.

O usuário deste manual deve consultar um profissional independente e habilitado para determinar se o material contido no manual é atualizado e aplicável e correto no momento de seu uso.

Os autores, a ABCP e a BlocoBrasil não se responsabilizam por erros ou omissões incluídos ou de qualquer forma associados com o manual, e eles serão isentos de responsabilidade para com os mesmos.

MODIFICAÇÃO OU REPRODUÇÃO LIMITADA

É expressamente entendido e acordado pela aceitação e utilização do manual que, o manual, no todo ou em parte, não pode ser copiado, reproduzido de outro modo, ou modificado sem a prévia e expressa autorização por escrito dos autores.

PREFÁCIO

O setor de blocos de concreto tem experimentado grande crescimento nos últimos anos, fruto dos investimentos dos empresários e da organização da cadeia produtiva, que tem como principal marco a criação, em fevereiro de 2003, da Associação Brasileira da Indústria de Blocos de Concreto (BlocoBrasil), que contou com o apoio da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP).

A maior organização da cadeia produtiva proporcionou a elaboração de uma série de ações que, direta ou indiretamente, aumentou a competitividade do bloco de concreto, fazendo crescer sua participação no mercado.

A principal iniciativa da associação foi pautada na defesa da qualidade dos blocos de concreto. Neste tema, a BlocoBrasil trabalha de forma incisiva na divulgação e constante atualização de toda normatização técnica da ABNT referente aos sistemas construtivos com blocos de concreto, do Selo de Qualidade ABCP e do Programa Setorial de Qualidade – PSQ/Sinaprocim. Por este motivo, para tornar-se um de nossos associados, o fabricante deve obter as certificações que atestam a qualidade dos produtos que oferece ao mercado.

Além de fornecer qualidade, também é preciso informar os atributos do bloco de concreto ao mercado. Por conta disto, após a entrada em vigor da norma de desempenho da ABNT, tivemos a iniciativa de elaborar este manual, reunindo todos os requisitos exigidos pela norma, demonstrando, por meio de ensaios realizados por renomados laboratórios de Universidades brasileiras, as principais características de nosso sistema construtivo.

Também de forma pioneira, estamos finalizando um inventário de indicadores ambientais para a fabricação dos blocos de concreto. Esta ação é mais uma importante contribuição do setor em relação ao meio ambiente.

Deste modo, nosso compromisso é, de forma transparente e consistente, demonstrar que o sistema de alvenaria com blocos de concreto é, de fato, o sistema construtivo mais competitivo do mercado.

Registrarmos nossos agradecimentos aos profissionais que participaram deste projeto, resultando neste importante manual para o setor da Construção Civil, em especial ao eng. Cláudio Oliveira Silva (gerente de Projetos da ABCP), arq. Carlos Alberto Tauil (consultor Técnico da BlocoBrasil), eng. Luiz Antônio Povoas (diretor Regional BlocoBrasil Rio Grande do Sul) e ao eng. Cleuton Faria Gomes (diretor Regional BlocoBrasil Paraná e Santa Catarina).

Ramon O. Barral

Presidente da BlocoBrasil

1 INTRODUÇÃO

O conjunto de normas de desempenho ABNT NBR 15575 tem como foco as exigências dos usuários para edifícios habitacionais e seus sistemas quanto ao seu comportamento em uso. As exigências dos usuários de edificações são traduzidas em requisitos e quantificadas em critérios, estabelecendo-se parâmetros objetivos de avaliação da edificação. Portanto, a norma de desempenho trata do comportamento em uso da edificação e de seus sistemas, trazendo conceitos como a durabilidade e a manutenibilidade da edificação. Deve ser considerada complementar às normas prescritivas já existentes, não devendo substituí-las (ABNT NBR 15575-1, 2013).

Neste manual são apresentados os principais aspectos ligados ao desempenho de vedações verticais internas e externas construídas com blocos de concreto. Essas vedações podem ser projetadas com ou sem função estrutural. Os parâmetros apresentados neste manual podem ser utilizados nos projetos com o objetivo de parametrizar as variáveis necessárias para que as alvenarias com blocos de concreto possam atender aos requisitos da norma de desempenho.

2 SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICais

Este manual trata dos Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas – SVVIE, também chamadas de alvenarias. As alvenarias com blocos de concreto podem ter função estrutural ou apenas de vedação, devendo atender aos requisitos da norma ABNT NBR 15575, parte 4.

As alvenarias de forma geral devem proporcionar estanqueidade à água, isolamento térmico e acústico, capacidade de fixação de peças suspensas, capacidade de suporte a esforços de uso, compartimentação em casos de incêndio etc. Podem também interagir com os demais componentes, elementos e sistemas da edificação, como caixilhos, esquadrias, estruturas,

coberturas, pisos e instalações (ABNT NBR 15575-4, 2013). Todos esses aspectos são abordados neste manual.

3 CARACTERIZAÇÃO DOS BLOCOS

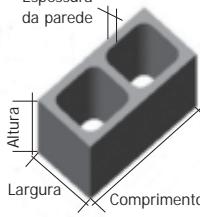
Os ensaios realizados especificamente para este estudo, cujos resultados estão apresentados neste manual, foram efetuados em amostras de blocos de concreto em conformidade com as especificações da norma ABNT NBR 6136 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos.

As amostras foram coletadas em fabricantes associados à BlocoBrasil e que possuem o Selo de Qualidade ABCP.

Deste modo, os fabricantes associados à BlocoBrasil e que possuem o Selo de Qualidade ABCP podem apresentar este manual como referência para os requisitos de desempenho, conforme especificação da norma ABNT NBR 15575, parte 4.

Para atender à norma de desempenho, os blocos de concreto devem atender à norma ABNT NBR 6136. Os requisitos e critérios aos quais os blocos de concreto devem atender estão apresentados nas Tabelas 1 a 3.

Tabela 1 – Famílias modulares e Dimensões nominais dos blocos (ABNT NBR 6136)

Família (largura x comprimento) (medidas modulares)			20 x 40	15 x 40	15 x 30	12,5 x 40	12,5 x 25	12,5 x 37,5	10 x 40	10 x 30	7,5 x 40
 Medida Nominal (mm)	Largura		190	140		115			90		65
	Altura		190	190	190	190	190	190	190	190	190
	Comprimento	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	290	390
		Meio	190	190	140	190	115	-	190	140	190
	2/3	-	-	-	-	-	240	-	190	-	-
		1/3	-	-	-	-	-	115	-	90	-
	Amarração "L"	-	340	-	-	-	-	-	-	-	-
		Amarração	-	540	440	-	365	-	-	290	-
	Compensador	90	90	-	90	-	-	-	90	-	90
		Compensador	40	40	-	40	-	-	40	-	40
	Canaleta	390	390	290	390	240	365	390	290	-	-
		Meia canaleta	190	190	140	190	115	-	190	140	-

Tolerâncias: $\pm 2,0$ mm para a largura e $\pm 3,0$ mm para a altura e para o comprimento.

As dimensões da canaleta *J* devem ser definidas mediante acordo entre fornecedor e comprador, em função do projeto.

Tabela 2 - Resistência característica à compressão, Absorção de água e Retração por secagem (ABNT NBR 6136)

Classificação	Classe	Resistência característica à compressão axial ^a - f_{bk} (MPa)	Absorção de água (%)				Retração por secagem ^d (%)	
			Agregado normal ^b		Agregado leve ^c			
			Individual	Média	Individual	Média		
Com função estrutural	A	$f_{bk} \geq 8,0$	$\leq 8,0$	$\leq 6,0$	$\leq 16,0$	$\leq 13,0$	$\leq 0,065$	
	B	$4,0 \geq f_{bk} < 8,0$	$\leq 10,0$	$\leq 8,0$				
Com ou sem função estrutural	C	$f_{bk} \geq 3,0$	$\leq 12,0$	$\leq 10,0$				

^a Resistência característica à compressão axial obtida aos 28 dias.

^b Blocos fabricados com agregado normal.

^c Blocos fabricados com agregado leve.

^d Ensaio facultativo.

Tabela 3 – Espessura mínima das paredes dos blocos (ABNT NBR 6136)

Classe	A	B	C
Largura nominal (mm)	190	140	190
Paredes longitudinais ^a (mm)	32	25	18
Paredes transversais	Paredes ^a (mm)	25	18
	Espessura equivalente ^b (mm/m)	188	135
		188	135
		188	135
		188	113

^a Média das medidas das paredes tomadas no ponto mais estreito.

^b Soma das espessuras de todas as paredes transversais aos blocos (em milímetros), dividida pelo comprimento nominal do bloco (em metros).

4 EXIGÊNCIAS DOS USUÁRIOS

Considera-se como exigências dos usuários o conjunto de necessidades a serem satisfeitas pela edificação e seus sistemas, de modo a cumprir com suas funções. A ABNT NBR 15575, parte 1, estabelece uma lista de exigências dos usuários, que, uma vez atendida, considera-se, para todos os efeitos, que estejam satisfeitas essas exigências. A seguir, estão apresentadas as exigências que devem ser atendidas pela edificação como um todo.

4.1 Segurança

As exigências do usuário relativas à segurança são expressas pelos seguintes fatores:

- segurança estrutural;
- segurança contra incêndio;
- segurança no uso e na operação.

4.2 Habitabilidade

As exigências do usuário relativas à habitabilidade são expressas pelos seguintes fatores:

- estanqueidade;
- desempenho térmico;
- desempenho acústico;
- desempenho lumínico;
- saúde, higiene e qualidade do ar;
- funcionalidade e acessibilidade;
- conforto tático e antropodinâmico.

4.3 Sustentabilidade

As exigências do usuário relativas à sustentabilidade são expressas pelos seguintes fatores:

- durabilidade;
- manutenibilidade;
- impacto ambiental.

5 NÍVEL DE DESEMPENHO

O desempenho se refere ao comportamento em uso da edificação e de seus sistemas. O comportamento em uso é avaliado por meio de requisitos de desempenho que são estabelecidos com o objetivo de atender às necessidades básicas dos usuários.

Os requisitos de desempenho são condições que expressam qualitativamente os atributos que a edificação habitacional e seus sistemas devem possuir. Para a avaliação desses requisitos são estabelecidos métodos de avaliação e critérios de desempenho.

Os critérios são especificações quantitativas dos requisitos de desempenho, expressos em termos de quantidades mensuráveis, a fim de que possam ser objetivamente determinados (CBIC, 2013). Para cada critério são estabelecidos três níveis de atendimento de desempenho:

- (M) - Mínimo (obrigatório)
- (I) - Intermediário
- (S) - Superior

O atendimento ao nível de desempenho mínimo (M) é obrigatório para todos os requisitos especificados na norma ABNT NBR 15575, parte 4. Quanto maior o nível de desempenho, maior será a satisfação do usuário em ter suas exigências atendidas.

6 SEGURANÇA ESTRUTURAL

O sistema de vedações verticais durante a vida útil de projeto, sob as diversas condições de exposição (ação do peso próprio, sobrecargas de utilização, atuações do vento e outros), deve atender aos seguintes requisitos de segurança estrutural estabelecidos na norma ABNT NBR 15575, parte 2.

6.1 Requisitos gerais

- não ruir ou perder a estabilidade de nenhuma de suas partes;
- prover segurança aos usuários sob a ação de impactos, choques, vibrações e outras solicitações decorrentes da utilização normal da edificação, previsíveis na época do projeto;
- não provocar sensação de insegurança aos usuários pelas deformações de quaisquer elementos da edificação;
- não repercutir em estados inaceitáveis de fissuração de vedação e acabamentos;
- não prejudicar a manobra normal de partes móveis, como portas e janelas, nem repercutir no funcionamento normal das instalações em face das deformações dos elementos estruturais;
- cumprir as disposições das ABNT NBR 5629, ABNT NBR 11682 e ABNT NBR 6122 relativamente às interações com o solo e com o entorno da edificação.

6.2 Estabilidade e Resistência Estrutural

A alvenaria com blocos de concreto deve apresentar um nível específico de segurança contra a ruína, considerando-se as combinações de carregamento de maior probabilidade de ocorrência, ou seja, aquelas que se referem ao estado-limite último. Elementos com função de vedação (paredes e divisórias, não-estruturais) devem ter capacidade de transmitir à estrutura seu peso próprio e os esforços externos que sobre eles diretamente venham a atuar, decorrentes de sua utilização (ABNT NBR 15575-2, 2013).

6.2.1 Critério – Estado-Limite Último:

Atender às disposições aplicáveis das normas que abordam a estabilidade e a segurança estrutural para todos os componentes estruturais da edificação habitacional, incluindo-se as obras geotécnicas. Devem ser necessariamente consideradas nos projetos as cargas permanentes, acidentais (sobrecargas de utilização), devidas ao vento e a deformações impostas (variação de temperatura e umidade, recalques das fundações), conforme ABNT NBR 8681, ABNT NBR

6120, ABNT NBR 6122 e ABNT NBR 6123 (ABNT NBR 15575-2, 2013).

6.2.1.1 Avaliação

Deve-se avaliar o projeto quanto ao atendimento às especificações das normas ABNT específicas:

- ABNT NBR 15961-1 – Alvenaria estrutural – Blocos de Concreto. Parte 1: Projeto
- ABNT NBR 15961-2 - Alvenaria estrutural – Blocos de Concreto. Parte 2: Execução e Controle de obras.

Consultar Também:

Parâmetros de projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto - PARSEKIAN, G. A. - EdUFSCar, 2012 (disponível em: www.comunidadedaconstrucao.com.br).

6.3 Deslocamentos, Fissuração e Ocorrência de Falhas

Não ocasionar deslocamentos ou fissuras excessivas aos elementos de construção vinculados ao sistema estrutural, levando-se em consideração as ações permanentes e de utilização, nem impedir o livre funcionamento de elementos e componentes da edificação, tais como portas e janelas, nem repercutir no funcionamento das instalações (ABNT NBR 15575-2, 2013).

6.3.1 Critério – Estados-Limite de Serviço

Sob a ação de cargas gravitacionais, de temperatura, de vento (ABNT NBR 6123), recalques diferenciais das fundações (ABNT NBR 6122) ou quaisquer outras solicitações passíveis de atuarem sobre a construção, conforme ABNT NBR 8681, os componentes estruturais não devem apresentar valores superiores aos indicados na norma ABNT NBR 15961-1 (ABNT NBR 15575-2, 2013).

6.3.1.1 Avaliação

Deve-se avaliar o projeto quanto ao atendimento às especificações das normas ABNT específicas:

- ABNT NBR 15961-1 – Alvenaria estrutural – Blocos de Concreto. Parte 1: Projeto

- ABNT NBR 15961-2 - Alvenaria estrutural – Blocos de Concreto. Parte 2: Execução e Controle de obras.

Consultar Também:

Parâmetros de projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto - PARSEKIAN, G. A. - EdUFSCar, 2012 (disponível em: www.comunidadedaconstrucao.com.br).

6.4 Impactos de Corpo Mole e Corpo Duro.

A alvenaria não deve sofrer ruptura ou instabilidade sob as energias de impacto indicadas na ABNT NBR 15575-2.

6.4.1 Critério – Resistência a impactos de corpo mole

Os SVVIE sob ação de impactos progressivos de corpo mole não devem (ABNT NBR 15575-4, 2013):

- sofrer ruptura ou instabilidade (impactos de segurança), que caracterize o estado-limite último, para as correspondentes energias de impacto;
- apresentar fissuras, escamações, delaminações ou qualquer outro tipo de falha (impactos de utilização) que possa comprometer o estado de utilização, observando-se ainda os limites de deslocamentos instantâneos e residuais;

c) provocar danos a componentes, instalações ou aos acabamentos acoplados ao SVVIE, de acordo com as energias de impacto aplicadas.

6.4.1.1 Avaliação

As alvenarias de blocos de concreto projetadas conforme a ABNT NBR 15961, parte 1, *são dispensadas* da verificação deste requisito (ABNT NBR 15575-2, 2013).

6.5 Solicitações de Cargas Provenientes de Peças Suspensas

A alvenaria deve resistir às solicitações originadas pela fixação de peças suspensas (armários, prateleiras, lavatórios, hidrantes, quadros e outros).

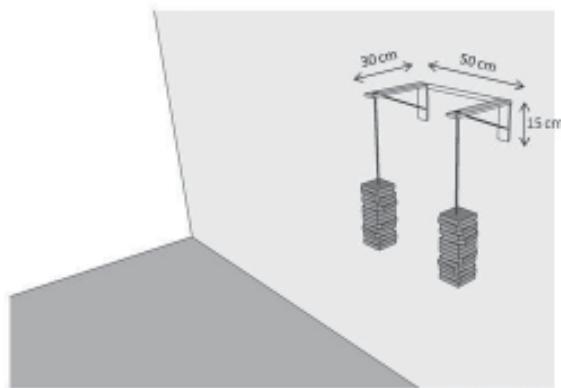
6.5.1 Critério – Capacidade de suporte para as peças suspensas

As alvenarias, com ou sem função estrutural, sob ação de cargas devido a peças suspensas, não devem apresentar fissuras, deslocamentos horizontais instantâneos (d_h) ou deslocamentos horizontais residuais (d_{hr}), lascamentos ou rupturas, nem permitir o arranqueamento dos dispositivos de fixação ou o seu esmagamento (ABNT NBR 15575-4, 2013). As cargas de ensaios e os critérios de desempenho estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Cargas de ensaio e critérios para peças suspensas fixadas por mão-francesa padrão (ABNT NBR 15575-4)

Carga de ensaio aplicada em cada ponto (kN)	Carga de ensaio aplicada na peça (kN)	Critérios de desempenho	Nível de desempenho
0,4	0,8	Ocorrência de fissuras toleráveis Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h < h/500$ $d_{hr} < h/2 500$	M
0,5	1,0	Não-ocorrência de fissuras ou destacamentos Limitação dos deslocamentos horizontais $d_h < h/500$ $d_{hr} < h/2 500$	I
0,6	1,2	Não-ocorrência de fissuras ou destacamentos Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h < h/500$ $d_{hr} < h/2 500$	S

Figura 1 - Esquema de mão-francesa para ensaios de peças suspensas, como lavatórios e prateleiras (ABNT NBR 15575-4).



6.5.1.1 Avaliação

Realização de ensaio-tipo, em laboratório ou protótipo, de acordo com o método de ensaio indicado na Figura 1. Os critérios são verificados nas condições previstas pelo fornecedor, incluindo detalhes típicos, tipos de fixação e reforços necessários para fixação da peça suspensa.

Comentário

As alvenarias com blocos de concreto que cumprem as especificações da norma ABNT NBR 6136 atendem a este requisito nas condições de uso normal da edificação.

7 SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

As edificações devem promover a segurança contra incêndio, precisando atender aos seguintes requisitos estabelecidos na norma ABNT NBR 15575, parte 1: ■

7.1 Requisitos gerais

Possibilitar a saída dos ocupantes da edificação em condições de segurança;

Garantir condições razoáveis para o emprego de socorro público, permitindo o acesso operacional de viaturas, equipamentos e seus recursos humanos, com tempo hábil para exercer as atividades de salvamento (pessoas retidas) e combate a incêndio (extinção);

Evitar ou minimizar danos à própria edificação, às outras adjacentes, à infraestrutura pública e ao meio ambiente.

7.2 Dificultar a ocorrência da inflamação generalizada

O sistema construtivo ou elemento deve dificultar a ocorrência da inflamação generalizada no ambiente de origem do incêndio e não gerar fumaça excessiva capaz de impedir a fuga dos ocupantes em situações de incêndio (ABNT NBR 15575-4, 2013).

7.2.1 Critério

Reação ao fogo da face interna dos sistemas de vedações verticais e respectivos miolos isolantes térmicos e absorventes acústicos.

As superfícies internas das vedações verticais externas (fachadas) e ambas as superfícies das vedações verticais internas devem classificar-se de acordo com as especificações da norma ABNT NBR 15575 parte 4:

- a) Classe I, II A ou III A, quando estiverem associadas a espaços de cozinha;
- b) Classe I, II A, III A ou IV A, quando estiverem associadas a outros locais internos da habitação, exceto cozinhas;
- c) Classe I ou II A, quando estiverem associadas a locais de uso comum da edificação, d) Classe I ou II A, quando estiverem associadas ao interior das escadas, porém com D_m inferior a 100.

As classificações da norma ABNT NBR 15575, parte 4 estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Classificação dos materiais (ABNT NBR 15575-4, 2013)

Classe	Método de ensaio		
	ISO 1182	NBR 9442	ASTM E 662
I	Incombustível	-	-
II	A	Combustível	$Ip \leq 25$
	B	Combustível	$Ip \leq 25$
III	A	Combustível	$25 < Ip \leq 75$
	B	Combustível	$25 < Ip \leq 75$
IV	A	Combustível	$75 < Ip \leq 150$
	B	Combustível	$75 < Ip \leq 150$
V	A	Combustível	$150 < Ip \leq 400$
	B	Combustível	$150 < Ip \leq 400$
VI	Combustível	$Ip > 400$	-

Ip = Índice de propagação superficial de chama

Dm = Densidade específica ótica máxima de fumaça

meio da norma ABNT NBR 9442 - Materiais de construção. Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante – Método de ensaio.

Comentário

As alvenarias com blocos de concreto executadas sem revestimento ou revestidas com gesso ou argamassa à base de cimento estão isentas de comprovação deste requisito por se tratar de materiais incombustíveis.

7.2.1.1 Avaliação

A parede deve ser ensaiada conforme a norma ABNT NBR 9442 - Materiais de construção – Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante – Método de ensaio.

Comentário

As alvenarias com blocos de concreto executadas sem revestimento ou revestidas com gesso ou argamassa à base de cimento estão isentas de comprovação deste requisito por se tratar de materiais incombustíveis.

7.3 Dificultar a propagação do incêndio

Os elementos e materiais utilizados na parede externa não devem facilitar a propagação do fogo.

7.3.1 Critério - Reação ao fogo da face externa das vedações verticais que compõem a fachada.

As superfícies externas das paredes externas (fachadas) devem classificar-se como I ou II B conforme especificado na norma ABNT NBR 9442 e apresentado na Tabela 5.

7.31.1 Avaliação

Os materiais empregados nas vedações verticais devem ser avaliados em relação à reação ao fogo por

7.4 Dificultar a propagação do incêndio e preservar a estabilidade estrutural da edificação

Os elementos e materiais utilizados na parede externa não devem facilitar a propagação do fogo e ainda devem manter a estabilidade estrutural da edificação.

7.4.1 Critério - Resistência ao fogo de elementos estruturais e de compartimentação (vedação)

Os sistemas ou elementos de vedação vertical que integram as edificações habitacionais devem atender às seguintes especificações:

- ABNT NBR 14432 – Exigências de resistência ao fogo dos elementos construtivos de edificações – Procedimento
- As paredes estruturais devem apresentar tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) no mínimo de 30 minutos, assegurando neste período condições de estabilidade, estanqueidade e isolação térmica.
- As paredes de geminação (paredes entre unidades) de casas térreas ou sobrados geminados, bem como as paredes entre unidades habitacionais e que fazem divisa com as áreas comuns nos edifícios multifamiliares, devem apresentar tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) mínimo de 30 minutos.

- No caso de unidade habitacional unifamiliar, isolada, até dois pavimentos, exige-se tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) mínimo de 30 minutos para as paredes da cozinha e ambiente fechado que abrigue equipamento de gás.

O tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) nas demais edificações deve considerar a altura, ocupação/uso e carga de incêndio da edificação, podendo variar de 30 min a 120 min, conforme especificado na norma ABNT NBR 14432.

7.4.1.1 Avaliação

Devem ser utilizados os seguintes métodos para a avaliação das paredes:

- ABNT NBR 5628 – Componentes construtivos estruturais - Determinação da resistência ao fogo;
- ABNT NBR 10636 – Paredes divisorias sem função estrutural – Determinação da resistência ao fogo

Os ensaios de resistências ao fogo foram executados pelo Laboratório de Ensaios e Modelos Estruturais (Leme), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). As Tabelas 6 a 8 apresentam uma síntese dos resultados dos relatórios 21/2014, 22/2014 e 23/2014.

Tabela 6 – Síntese dos resultados do relatório 21/2014 Leme/UFRGS
Parede com blocos de concreto sem função estrutural (19x19x39)cm - ABNT NBR 10636

Amostra		Blocos de concreto: (190x190x390)mm Resistência à compressão: 4 MPa – Classe C – ABNT NBR 6136
Corpo-de-prova		Segmento de parede com dimensões: (800x800x190 mm) Composição: blocos de concreto inteiros com amarração de meio bloco, Assentamento: argamassa industrializada com juntas de 10 mm (horizontal e vertical). Revestimento: sem revestimento Cura do segmento de parede: 28 dias após assentamento
Condições de ensaio	Exposição total de quatro horas no patamar de $900^{\circ}\text{C} \pm 5\%$ - acoplagem em forno especial com rampa de aquecimento programável.	

Resultados*

Isolamento térmico		Estabilidade	Estanqueidade	Grau de resistência ao fogo	Categoria de resistência ao fogo (ABNT NBR 10636)	
Temperatura média da face não-exposta	Temperatura máxima da face não-exposta					
< 140°C + 20°C	< 180°C + 20°C	Inspeção visual após exposição a altas temperaturas: Face interna (exposta ao calor) apresentou mudança de coloração superficial dos blocos de concreto e da argamassa de assentamento, bem como fissuras na parte superior e inferior do segmento de parede. Face externa: sem alteração significativa da coloração dos blocos de concreto e sem aparecimento de fissuras.	Chumaço de algodão não inflamou	>240 min	Corta-fogo (atende às exigências de estabilidade, estanqueidade e isolamento térmico)	
Satisfatório como isolante térmico		Estanque	Atende TRRF mínimo de 240 min			

* Avaliação realizada pelo autor em função dos resultados apresentados no relatório técnico nº 21/2014 e critérios da norma ABNT NBR 10636. Os ensaios foram realizados em miniparede de 80 x 80 cm, não atendendo à norma ABNT NBR 10636 quanto ao tamanho mínimo do corpo-de-prova de 2,5 x 2,5 m.

Conclusões do relatório Leme/UFRGS:

“De forma geral, os resultados do ensaio realizado indicam que o tempo de resistência a altas temperaturas do segmento de parede pode ser considerado como sendo superior a quatro horas, para as condições de ensaio adotadas. Quanto à estanqueidade a gases quentes, pode-se concluir que o elemento ensaiado apresentou condições satisfatórias, pois resistiu a quatro horas de ensaio, sem permitir o vazamento de gases quentes”.

Tabela 7 Síntese dos resultados do relatório 22/2014 – Leme/UFRGS
Parede com blocos de concreto sem função estrutural (14x19x39) cm - ABNT NBR 10636

Amostra		Blocos de concreto: (140x190x390) mm Resistência à compressão: 4 MPa – Classe C – ABNT NBR 6136
Corpo de prova		Segmento de parede com dimensões: (800x800x150) mm Composição: blocos de concreto inteiros com amarração de meio bloco, Assentamento: argamassa industrializada com juntas de 10 mm (horizontal e vertical). Revestimento: 5 mm de gesso nas duas faces do segmento de parede Cura do segmento de parede: 28 dias após assentamento
Condições de ensaio	Exposição total de quatro horas no patamar de $900^{\circ}\text{C} \pm 5\%$ - acoplagem em forno especial com rampa de aquecimento programável.	

Resultados*

Isolamento térmico		Estabilidade	Estanqueidade	Grau de resistência ao fogo	Categoria de resistência ao fogo (ABNT NBR 10636)
Temperatura média da face não-exposta	Temperatura máxima da face não-exposta				
< 140°C + 20°C	< 180°C + 20°C	Inspeção visual após exposição a altas temperaturas: Face interna (exposta ao calor) apresentou inúmeras fissuras no revestimento de gesso, entretanto sem seu desprendimento. Face externa: sem alteração significativa com relação ao aparecimento de fissuras.	Chumaço de algodão não inflamou	>240 min	Corta-fogo (atende às exigências de estabilidade, estanqueidade e isolamento térmico)
Satisfatório como isolante térmico			Estanque	Atende TRRF mínimo de 240 min	

*Avaliação realizada pelo autor em função dos resultados apresentados no relatório técnico nº 21/2014 e critérios da norma ABNT NBR 10636. Os ensaios foram realizados em miniparede de 80 x 80 cm, não atendendo à norma ABNT NBR 10636 quanto ao tamanho mínimo do corpo-de-prova de 2,5 x 2,5 m.

Conclusões do relatório Leme/UFRGS:

“De forma geral, os resultados do ensaio realizado indicam que o tempo de resistência a altas temperaturas do segmento de parede pode ser considerado como sendo superior a quatro horas, para as condições de ensaio adotadas. Quanto à estanqueidade a gases quentes, pode-se concluir que o elemento ensaiado apresentou condições satisfatórias, pois resistiu a quatro horas de ensaio, sem permitir o vazamento de gases quentes.”

Tabela 8– Síntese dos resultados do relatório 23/2014 – Leme/UFRGS
Parede com blocos de concreto com função estrutural (14x19x39) cm - ABNT NBR 5628

Amostra		Blocos de concreto: (140x190x390) mm Resistência à compressão: 9 MPa – Classe A – ABNT NBR 6136
Corpo-de-prova		Segmento de parede com dimensões: (800x800x190) mm Composição: blocos de concreto inteiros com amarração de meio bloco, Assentamento: argamassa industrializada com juntas de 10 mm (horizontal e vertical). Revestimento: 5 mm de gesso nas duas faces do segmento de parede Cura do segmento de parede: 28 dias após assentamento
Condições de ensaio	Exposição total de quatro horas no patamar de 900°C ± 5% - acoplagem em forno especial com rampa de aquecimento programável. Ensaiado com o segmento de parede sob carga axial de 12 tf (15 tf/m).	

Resultados*

Isolamento térmico		Estabilidade	Estanqueidade
Temperatura média da face não-exposta	Temperatura máxima da face não-exposta		
< 140°C + 18°C	< 180°C + 18°C	Inspecção visual após exposição a altas temperaturas: Face interna (exposta ao calor) apresentou inúmeras fissuras no revestimento de gesso, inclusive causando seu desprendimento parcial da parede. Face externa: sem alteração significativa com relação ao aparecimento de fissuras no revestimento de gesso. Ocorrência de desprendimento parcial do revestimento de gesso na face superior. Aparecimento de fissura vertical em ambas as faces laterais inferiores da parede	Chumaço de algodão não inflamou
Satisfatório como isolante térmico			Estanque

* Avaliação realizada pelo autor em função dos resultados apresentados no relatório técnico nº 23/2014 e critérios da norma ABNT NBR 5628. Os ensaios foram realizados em miniparede de 80 x 80 cm, não atendendo à norma ABNT NBR 5628 quanto ao tamanho mínimo do corpo-de-prova de 2,5 x 2,5 m, podendo interferir na avaliação dos resultados de resistência ao fogo sob carregamento.

Conclusões do relatório:

“De forma geral, os resultados do ensaio realizado indicam que o tempo de resistência a altas temperaturas do segmento de parede pode ser considerado como sendo superior a quatro horas, para as condições de ensaio adotadas. Quanto à estanqueidade a gases quentes, pode-se concluir que o elemento ensaiado apresentou condições satisfatórias, pois resistiu a quatro horas de ensaio, sem permitir o vazamento de gases quentes. Após o término do ensaio, observou-se que o elemento ensaiado manteve a sua integridade, não apresentando ruptura”

8 SEGURANÇA NO USO E NA OPERAÇÃO

A segurança no uso e operação das alvenarias deve ser considerada em projeto, devendo-se prever possíveis alterações por parte dos usuários no layout, nas instalação prediais, instalações de cargas suspensas nas paredes, entre outras alterações que possam comprometer a segurança da edificação.

8.1 Segurança na Utilização do Imóvel

A norma ABNT NBR 15575, parte 1, especifica que se deve assegurar que tenham sido tomadas medidas de segurança aos usuários da edificação habitacional durante as condições de uso e operação da edificação.

No caso das vedações verticais, embora não seja estabelecido nenhum requisito específico, o usuário da edificação deve ser alertado em relação às condições necessárias para manutenção da segurança durante toda a vida útil da edificação.

Deve-se informar sobre quais paredes podem sofrer algum tipo de alteração, como remoção, cortes, furos etc. Do mesmo modo, a passagem de tubulações de água e gás e de outras instalações no interior das vedações verticais deve atender aos requisitos das normas específicas ABNT NBR 15961, parte 1. e ABNT NBR 15961, parte 2, no caso de paredes estruturais.

As informações pertinentes aos cuidados relacionados à segurança das vedações verticais devem constar do manual do proprietário e dos termos de recebimento da edificação. No caso de edificações construídas com paredes estruturais, recomenda-se

também a instalação de avisos em locais de fácil visibilidade e de grande circulação de usuários, informando que o edifício em questão foi construído com paredes estruturais e que as mesmas não podem sofrer qualquer tipo de intervenção, sob risco de comprometer a segurança de toda a edificação.

9 ESTANQUEIDADE

A exposição à água de chuva, à umidade proveniente do solo e àquela proveniente do uso da edificação habitacional, devem ser consideradas em projeto, pois a umidade acelera os mecanismos de deterioração e acarreta a perda das condições de habitabilidade e de higiene do ambiente construído (ABNT NBR 15575-1, 2013).

9.1 Infiltração de Água nos Sistemas de Vedações Verticais Externas (fachadas)

As paredes externas devem ser estanques à água proveniente de chuvas incidentes ou de outras fontes.

9.1.1 Critério – Estanqueidade à água de chuva, considerando-se a ação dos ventos

A alvenaria da edificação habitacional, incluindo a junção entre a janela e a parede, deve permanecer estanque e não apresentar infiltrações que proporcionem borramentos, escorrimientos, ou formação de gotas de água aderentes na face interna, podendo ocorrer pequenas manchas de umidade, com áreas limitadas aos valores indicados na Tabela 9 (ABNT NBR 15575-4, 2013).

Tabela 9 - Estanqueidade à água de vedações verticais externas (fachadas) e esquadrias (ABNT NBR 15575-4)

Edificação	Tempo de ensaio (h)	Percentual máximo da soma das áreas das manchas de umidade	Nível de desempenho
Térrea	7	10%	M
		Sem manchas	I; S
Com mais de um pavimento	7	5%	M
		Sem manchas	I; S
Esquadrias	Deve atender à ABNT NBR 10821		M

Percentual máximo da soma das áreas das manchas de umidade na face oposta à incidência da água, em relação à área total do corpo-de-prova submetido à aspersão de água, ao final do ensaio.

9.1.1.1 Avaliação

Os ensaios devem ser realizados considerando-se as regiões de exposição ao vento indicadas na Figura 2 e as condições de ensaios indicadas na Tabela 10. O equipamento utilizado no ensaio está apresentado na Figura 3 (ABNT NBR 15575-4).

Figura 2 - Condições de exposição ao vento conforme as regiões brasileiras (ABNT NBR 15575-4)

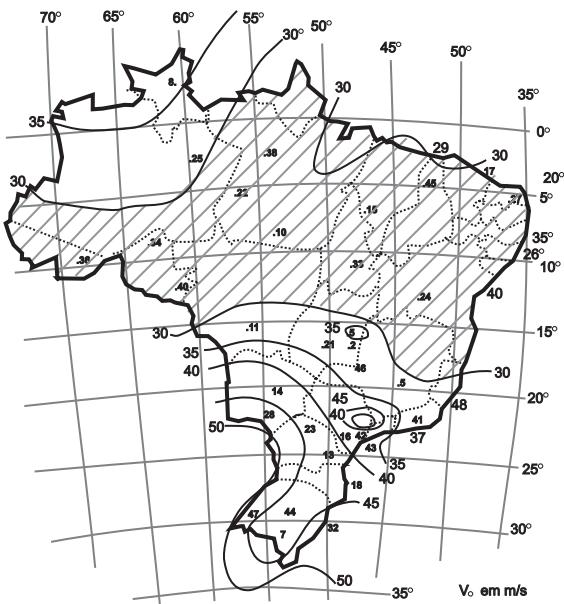
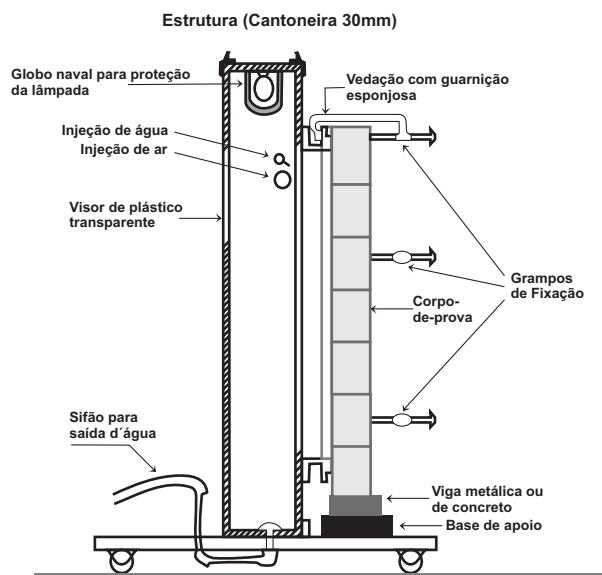


Tabela 10 - Condições de ensaio de estanqueidade à água de sistemas de vedações verticais externas (ABNT NBR 15575-4)

Região do Brasil	Condições de ensaio de paredes	
	Pressão estática (Pa)	Vazão de água L /m ² min
I	10	3
II	20	
III	30	
IV	40	
V	50	

Para as edificações terreas, com beirais de no mínimo 0,50 m de projeção, a pressão estática do ensaio pode ser reduzida de 10 Pa em qualquer das regiões.

Figura 3 - Esquema de montagem do corpo-de-prova para ensaio (ABNT NBR 15575-4)



Comentário

A penetração de água em vedações verticais se dá principalmente através das juntas de assentamento, podendo ocorrer através da argamassa ou na interface entre o bloco e a argamassa.

Por este motivo, as alvenarias com blocos de concreto que cumprem as especificações da norma ABNT NBR 6136 têm potencial para atender a este requisito, devendo-se cumprir também os requisitos das normas ABNT NBR 13749 – Revestimento de paredes e tetos de argamassa inorgânicas e NBR 7200 – Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas, que estão relacionados ao revestimento que deverá proteger a parede quanto à penetração de água de chuva.

No caso de blocos aparentes (sem revestimento), a parede deve ser protegida por meio da aplicação de resina impermeabilizante na face externa, devendo-se cumprir as recomendações do fabricante do produto.

9.2 Umidade nas Vedações Verticais Internas e Externas Decorrente da Ocupação do Imóvel

A alvenaria não deve permitir infiltração de água, através de suas faces, quando em contato com áreas molháveis e molhadas. (ABNT NBR 15575-4, 2013)

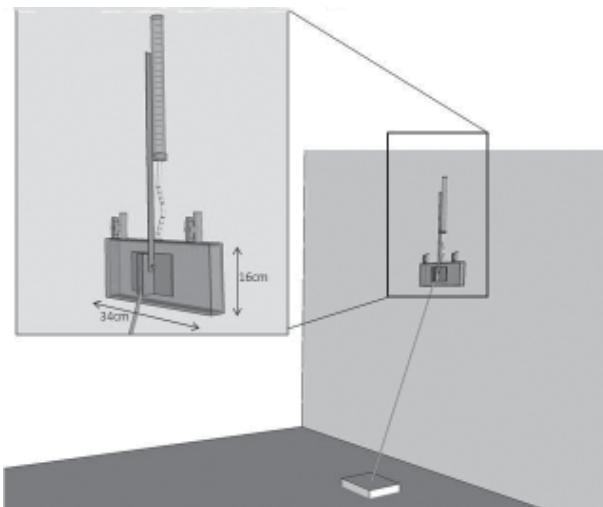
9.2.1 Critério – Estanqueidade das alvenarias com incidência direta de água – Áreas molhadas

A quantidade de água que penetra não deve ser superior a 3 cm^3 , por um período de 24 horas, numa área exposta com dimensões de 34 cm x 16 cm.

9.2.1.1 Avaliação

Pode-se realizar a análise de projeto ou a realização de ensaio de estanqueidade, conforme método estabelecido na Figura 4.

Figura 4 – Dispositivo do ensaio de estanqueidade acoplado à parede (ABNT NBR 15575-4)



9.2.2 Critério – Estanqueidade de vedações verticais internas e externas em contato com áreas molháveis

Não deve ocorrer presença de umidade perceptível nos ambientes contíguos, desde que respeitadas as condições de ocupação e manutenção previstas em projeto e descritas no manual de uso e operação.

9.2.2.1 Avaliação

Analizar o projeto ou proceder à inspeção visual a 1 m de distância, quando em campo.

Comentário

Para atendimento dos dois critérios deste requisito, também são válidas as observações referentes à penetração de água nas vedações verticais, cujos pontos vulneráveis são as juntas de assentamento, podendo ocorrer penetração de água através da própria argamassa ou na interface entre o bloco e a argamassa.

Portanto, ressalva-se a necessidade de atendimento das normas ABNT NBR 13749 – Revestimento de paredes e tetos de argamassa inorgânicas e NBR 7200 – Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas, para que as vedações sejam protegidas quanto à penetração de água onde haja contato com as áreas molháveis.

10 DESEMPENHO TÉRMICO

O desempenho térmico deve necessariamente estar relacionado ao contexto de projeto, devendo-se considerar todas as variáveis relacionadas à edificação e ao local de implantação (condições ambientais, topografia, orientação da fachada, ventilação, dimensões dos ambientes etc.).

A avaliação isolada das propriedades térmicas dos blocos de concreto como componentes da alvenaria não deve ter prioridade no contexto global do projeto quando se deseja estimar o desempenho térmico. A norma ABNT NBR 15575, parte 4, estabelece que a edificação habitacional, e não apenas o bloco, deve reunir características que atendam às exigências de desempenho térmico, considerando-se a zona bioclimática onde a edificação se encontra.

10.1 Zonas bioclimáticas

A norma ABNT NBR 15220-3 estabelece a divisão do território brasileiro em oito zonas bioclimáticas. Essa divisão considerou regiões geográficas relativamente homogêneas quanto aos elementos climáticos que interferem nas relações entre ambiente construído e conforto humano. As zonas bioclimáticas brasileiras estão apresentadas na Figura 5.

10.2 Métodos de Avaliação

A norma ABNT NBR 15575, parte 4, estabelece dois procedimentos normativos para a avaliação do desempenho térmico das alvenarias externas:

- procedimento simplificado: utiliza apenas os valores de transmitância térmica e de capacidade térmica;
- simulação computacional: avalia o desempenho térmico da edificação como um todo.

10.3 Adequação de Paredes Externas

Considerando-se o procedimento simplificado, as paredes externas devem apresentar transmitância térmica e capacidade térmica que proporcionem pelo menos o nível de desempenho mínimo, considerando-se as zonas bioclimáticas apresentadas na Figura 5.

Figura 5 – Zoneamento bioclimático brasileiro (ABNT NBR 15220-3)



10.3.1 Procedimento simplificado

O uso do procedimento simplificado, que não considera as demais variáveis do projeto e do local de implantação, não deve ser tomado como determinante na avaliação do desempenho térmico do sistema de vedação externa, devido à limitação dos parâmetros especificados para avaliar este requisito.

Os critérios especificados na norma ABNT NBR 15575, parte 4, para a avaliação simplificada estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 –Transmitância e Capacidade Térmica para Paredes Externas (ABNT NBR 15575-4)

Nível de desempenho exigido	Zonas Bioclimáticas	Transmitância Térmica U (W/m ² .K)		Capacidade térmica (CT) (kJ/m ² .K)
		$\alpha \leq 0,6$ (cores claras)	$\alpha > 0,6$ (cores escuras)	
M	1 e 2	$\leq 2,5$		≥ 130
	3, 4, 5, 6, 7	$\leq 3,7$	$\leq 2,5$	≥ 130
	8			Sem exigência

α = Quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície (ABNT NBR 15220-1). Está relacionada principalmente à cor da superfície da parede.

10.3.1.1 Avaliação simplificada

Na avaliação simplificada, que também pode ser considerada uma avaliação preliminar, a transmitância térmica e a capacidade térmica podem ser determinadas conforme estabelecido na norma ABNT 15220, parte 2, sendo necessário obter os valores de condutividade térmica de cada material utilizado na composição da parede avaliada.

Neste manual foram estudadas duas tipologias de paredes. Uma composta por blocos de concreto classe A com dimensões de 14x19x39 cm, com revestimento externo com 25 mm de argamassa e revestimento interno com 5 mm de gesso. A outra parede, também composta por blocos de concreto classe A,

com dimensões de 14x19x39 cm, foi calculada com revestimento externo com 25 mm de argamassa e revestimento interno com 5 mm de gesso.

Os ensaios de condutividade térmica dos materiais utilizados nas duas paredes estudadas foram executados pelo Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações – CB3E da Universidade Federal de Santa Catarina – Relatório nº 282/2014. Os ensaios foram executados de acordo com a norma ASTM C-518 – *Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus*. Os resultados estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 – Determinação do Coeficiente de Condutividade Térmica dos Materiais (relatório nº 282/2014 CB3E – UFSC)

Material	Espessura da amostra (mm)	Massa (g)	Densidade (kg/m ³)	Condutividade Térmica (W/mK)
Bloco de concreto – Classe A	29,1	622,1	2137	1,48
Monocamada (massa única)	20,6	311,2	1510	0,98
Gesso	21,6	220,1	1019	0,47
Argamassa	20,0	264,8	1325	0,69

Os valores de transmitância térmica e capacidade térmica foram calculados pelo autor para as duas tipologias de paredes, conforme especificado na norma ABNT

NBR 15220, parte 2. No cálculo foram utilizados os valores de condutividade térmica apresentados na Tabela 12. Os resultados estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 – Determinação da Transmitância Térmica e Capacidade Térmica (ABNT NBR 15220-2)

Tipologia de Parede	Resultados		Critérios de Aprovação		
	Transmitância Térmica (U) (W/m ² .K)	Capacidade térmica (CT) (kJ/m ² .K)	Zonas Bioclimáticas		
			1 e 2	3, 4, 5, 6, 7 e 8	
	Blocos de concreto: Dimensões: 14x19x39 cm Resistência: Classe A Revestimento: Interno: 15 mm argamassa Externo: 25 mm argamassa	2,64	228,6	Avaliação por meio de simulação computacional	Aprovado (M) para $\alpha \leq 0,6$
	Blocos de concreto: Dimensões: 14x19x39 cm Resistência: Classe A Revestimento: Interno: 5 mm gesso Externo: 25 mm argamassa	2,65	202,0	Avaliação por meio de simulação computacional	Aprovado (M) para $\alpha \leq 0,6$

M = desempenho mínimo

10.4 Exigências de Desempenho no Verão e no Inverno

Na avaliação completa, efetuada por simulação computacional, a edificação, no verão, deve apresentar condições térmicas no interior do edifício habitacional melhores ou iguais às do ambiente externo, à sombra, para o dia típico de verão.

No inverno, a edificação deve apresentar condições térmicas no interior do edifício habitacional melhores que do ambiente externo, no dia típico de inverno.

10.4.1 Simulação Computacional

Considerada um procedimento mais completo, a simulação do desempenho térmico especificada na norma ABNT 15575, parte 1, considerou também as condições de ventilação e de sombreamento da edificação. No caso da ventilação, pode ser considerada uma condição “padrão”, com taxa de 1 ren/h, ou seja, uma renovação de ar por hora do ambiente (renovação por frestas), e uma condição “ventilada”, com taxa de 5 ren/h, ou seja, cinco renovações de ar por hora do ambiente sala ou dormitório.

No caso do sombreamento das aberturas, pode ser considerada uma condição “padrão”, na qual não há nenhuma proteção da abertura contra a entrada da radiação solar, e uma condição “sombreada”, na qual há proteção da abertura que corte pelo menos 50% da radiação solar incidente no ambiente sala ou dormitório.

A Tabela 14 apresenta os critérios de avaliação do desempenho térmico que devem ser obtidos pela edificação, considerando todas as variáveis estabelecidas na norma ABNT 15575, parte 4.

Tabela 14 – Critérios de Avaliação do Desempenho Térmico para as Condições de Verão e Inverno (ABNT NBR 15575-1)

Nível de desempenho	Condições de verão		Condições de inverno	
	Zonas bioclimáticas			
	1 a 7	8	1 a 5	6 a 8
M	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 3^\circ C)$	Nestas zonas, este critério não precisa ser verificado.
I	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^\circ C)$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 1^\circ C)$	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 5^\circ C)$	
S	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 4^\circ C)$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max}-2^\circ C)$ e $T_{i,min} \leq (T_{e,min}+1^\circ C)$	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 7^\circ C)$	

$T_{i,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;
 $T_{i,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;
 $T_{e,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius;
 $T_{e,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.

10.4.1.1 Avaliação completa

O desempenho térmico de edificações com alvenaria de blocos de concreto foi avaliado por simulação computacional em estudo elaborado pelo Laboratório de Tecnologia Construtiva da Universidade de Caxias do Sul (UCS).

Os estudos foram realizados através do software Energyplus, sendo estimadas as temperaturas internas

dos ambientes de permanência prolongada das unidades habitacionais. No estudo, foram consideradas uma cidade localizada na zona bioclimática 1 e outra cidade localizada na zona bioclimática 2.

As condições climáticas adotadas para as duas cidades representativas dessas duas zonas bioclimáticas estão apresentadas na Tabela 15.

Tabela 15 – Condições Climáticas Adotadas na Simulação Computacional (Relatório do Laboratório de Tecnologia Construtiva - UCS)

Cidade/Estado	Curitiba/PR	Santa Maria/RS
Zona Bioclimática (ABNT NBR 15220-3)	1	2
Temperatura máxima diária de verão (°C)	31,4	35,0
Amplitude diária de temperatura de verão (°C)	10,2	10,2
Temperatura mínima diária de inverno (°C)	0,7	0,8
Amplitude diária de temperatura de inverno (°C)	11,6	12,0

Curitiba: Dados extraídos na norma ABNT NBR 15575-1 – Tabelas A.2 e A.3

Santa Maria: Dados extraídos de arquivo climáticos epw. nov/2012 – LabEEE/UFSC

Para cada uma das cidades escolhidas, foram estudadas duas tipologias de edifícios, designadas como

edifício A e edifício B, com características descritas na Tabela 16 e detalhadas nas Figuras 6 e 7.

**Tabela 16 – Características Construtivas Adotadas na Simulação Computacional
(Relatório do Laboratório de Tecnologia Construtiva - UCS)**

Sistema/elemento construtivo	Características do Edifício	
	A	B
Número de pavimentos	4	17
Número de unidades habitacionais por pavimento	4	4
Sistema de vedação vertical externa		Blocos de concreto de 14x19x39 cm. Revestimento externo: argamassa de reboco 25 mm interno: argamassa de reboco 15 mm
Sistema de vedação vertical externa		Blocos de concreto de 14x19x39 cm. Revestimento externo: argamassa de reboco 25 mm interno: gesso 5 mm
Sistema de cobertura		Laje de concreto maciço de 10 cm, câmara de ar de alta emissividade e telha de fibrocimento de 8 mm
Sistema de piso entre as U.H. autônomas		Laje de concreto maciço de 10 cm
Aberturas externas		Vidro simples de 3 mm

**Figura 6 – Planta-baixa e dados do edifício A
(Relatório do Laboratório de Tecnologia Construtiva – UCS)**

Orientação da Unidade Habitacional -UH	Zona Térmica	Área do piso (m ²)	Área da abertura em fachada (m ²)	
	Noroeste	Nordeste	Sudeste	Sudoeste
	Sala	15,50	3,52	
	Dormitório 1	9,00	1,60	
	Dormitório 2	6,34	1,44	
	Sala	15,97	3,52	
	Dormitório 1	9,00	1,60	
	Dormitório 2	6,60	1,44	
	Sala	15,52	2,88	
	Dormitório 1	9,08	1,60	
	Dormitório 2	6,34	1,44	
	Sala	16,11	3,06	
	Dormitório 1	9,18	1,60	
	Dormitório 2	8,16	1,60	
	Dormitório 3	6,60	1,44	


Edifício A: 4 pavimentos – 4 unidades/andar

**Figura 7– Planta-baixa e dados do edifício B
(Relatório do Laboratório de Tecnologia Construtiva – UCS)**



Edifício B: 17 pavimentos – 4 unidades/andar

Orientação da Unidade Habitacional -UH	Zona Térmica	Área do piso (m ²)	Área da abertura em fachada (m ²)
Noroeste	Sala	9,38	1,96
	Dormitório 1	8,35	1,68
	Dormitório 2	7,63	1,68
Nordeste	Sala	9,38	1,96
	Dormitório 1	8,35	1,68
	Dormitório 2	7,63	1,68
Sudeste	Sala	9,38	1,96
	Dormitório 1	8,35	1,68
	Dormitório 2	7,63	1,68
Sudoeste	Sala	9,38	1,96
	Dormitório 1	8,35	1,68
	Dormitório 2	7,63	1,68

Os resultados obtidos pela simulação computacional realizada pelo Laboratório de Tecnologia Construtiva da Universidade de Caxias do Sul (UCS), utilizando-se

as premissas anteriormente estabelecidas, estão apresentados nas Tabelas 17 a 24.

**Tabela 17 – Resultados para os ambientes de permanência prolongada do Edifício A na ZB 1 com absorção à radiação solar da superfície externa $\alpha = 0,3$ (cor clara)
(Relatório do Laboratório de Tecnológica Construtiva – UCS)**

Orientação da UH	Noroeste			Nordeste			Sudeste			Sudoeste		
Zona Térmica	Sala	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Dorm.1	Dorm.2
Calculado Verão (°C)	21,9	22,4	22,3	21,9	22,4	22,6	22,1	22,2	22,6	22,2	22,6	22,6
Temperatura Referência Verão (°C)	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4
Classificação de Desempenho (NBR 15575-4)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Calculado Inverno (°C)	11,9	12,3	11,1	11,7	12,5	11,2	11,7	11,4	11,3	12,0	11,7	11,5
Temperatura Referência Inverno (°C)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Classificação de Desempenho (NBR 15575-4)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

M = desempenho mínimo, I= desempenho intermediário, S= desempenho superior

Tabela 18 – Resultados para os ambientes de permanência prolongada do Edifício A na ZB 1 com absorção à radiação solar da superfície externa $\alpha = 0,7$ (cor escura)
(Relatório do Laboratório de Tecnologia Construtiva – UCS)

Orientação da UH	Noroeste			Nordeste			Sudeste			Sudoeste			
	Zona Térmica	Sala	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Dorm.1	Dorm.2
Calculado Verão (°C)	22,0	23	22,6	22,4	23	22,6	22,2	22,4	22,9	23,4	23,2	23,3	23,3
Temperatura Referência Verão (°C)	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4
Classificação de Desempenho (NBR 15575-4)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Calculado Inverno (°C)	12,1	12,7	11,2	11,8	12,7	11,2	11,7	11,5	11,4	12,0	12	11,8	11,9
Temperatura Referência Inverno (°C)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Classificação de Desempenho (NBR 15575-4)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

M = desempenho mínimo, I= desempenho intermediário, S= desempenho superior

Tabela 19 – Resultados para os ambientes de permanência prolongada do Edifício A na ZB 2 com absorção à radiação solar da superfície externa $\alpha = 0,3$ (cor clara)
(Relatório do Laboratório de Tecnologia Construtiva – UCS)

Orientação da UH	Noroeste			Nordeste			Sudeste			Sudoeste			
	Zona Térmica	Sala	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Dorm.1	Dorm.2
Calculado Verão (°C)	24,5	25,2	25,2	24,6	25,1	25,4	24,6	24,9	25,4	24,6	25,2	25,3	25,6
Temperatura Referência Verão (°C)	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
Classificação de Desempenho (NBR 15575-4)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Calculado Inverno (°C)	11,0	11,3	10,2	10,8	10,5	10,2	10,8	10,5	10,4	11,1	10,8	10,5	10,5
Temperatura Referência Inverno (°C)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Classificação de Desempenho (NBR 15575-4)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

M = desempenho mínimo, I= desempenho intermediário, S= desempenho superior

Tabela 20– Resultados para os ambientes de permanência prolongada do Edifício A na ZB 2 com absorância à radiação solar da superfície externa $\alpha = 0,7$ (cor escura)
(Relatório do Laboratório de Tecnologia Construtiva – UCS)

Orientação da UH	Noroeste			Nordeste			Sudeste			Sudoeste			
	Sala	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Dorm.1	Dorm.2	Dorm.3
Calculado Verão (°C)	24,7	25,7	25,3	24,7	25,7	25,6	24,7	25,0	25,7	24,7	25,7	25,8	26,1
Temperatura Referência Verão (°C)	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
Classificação de Desempenho (NBR 15575-4)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Calculado Inverno (°C)	11,2	11,7	10,2	10,9	11,9	10,4	10,8	10,6	10,5	11,2	11,0	10,8	10,8
Temperatura Referência Inverno (°C)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Classificação de Desempenho (NBR 15575-4)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

M = desempenho mínimo, I= desempenho intermediário, S= desempenho superior

Tabela 21 – Resultados para os ambientes de permanência prolongada do Edifício B na ZB 1 com absorância à radiação solar da superfície externa $\alpha = 0,3$ (cor clara)
(Relatório do Laboratório de Tecnologia Construtiva – UCS)

Orientação da UH	Noroeste			Nordeste			Sudeste			Sudoeste		
	Sala	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Dorm.1	Dorm.2
Calculado Verão (°C)	21,7	22,6	22,4	21,7	22,9	22,7	21,7	22,6	22,4	21,7	22,8	22,7
Temperatura Referência Verão (°C)	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4
Classificação de Desempenho (NBR 15575-4)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Calculado Inverno (°C)	12,2	11,7	11,2	11,9	11,5	11,3	11,9	11,5	11,2	12,2	11,8	11,3
Temperatura Referência Inverno (°C)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Classificação de Desempenho (NBR 15575-4)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

M = desempenho mínimo, I= desempenho intermediário, S= desempenho superior

Tabela 22 – Resultados para os ambientes de permanência prolongada do Edifício B na ZB 1 com absorção à radiação solar da superfície externa $\alpha = 0,7$ (cor escura)
(Relatório do Laboratório de Tecnologia Construtiva – UCS)

Orientação da UH	Noroeste			Nordeste			Sudeste			Sudoeste		
Zona Térmica	Sala	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Dorm.1	Dorm.2
Calculado Verão (°C)	21,8	23,1	22,7	21,8	23,5	23,0	21,8	23,2	22,7	21,8	23,5	23,0
Temperatura Referência Verão (°C)	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4
Classificação de Desempenho (NBR 15575-4)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Calculado Inverno (°C)	12,3	12,2	11,4	11,9	11,9	11,5	11,9	11,7	11,4	12,3	12,4	11,5
Temperatura Referência Inverno (°C)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Classificação de Desempenho (NBR 15575-4)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

M = desempenho mínimo, I= desempenho intermediário, S= desempenho superior

Tabela 23 – Resultados para os ambientes de permanência prolongada do Edifício B na ZB 2 com absorção à radiação solar da superfície externa $\alpha = 0,3$ (cor clara)
(Relatório do Laboratório de Tecnologia Construtiva – UCS)

Orientação da UH	Noroeste			Nordeste			Sudeste			Sudoeste		
Zona Térmica	Sala	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Dorm.1	Dorm.2
Calculado Verão (°C)	24,2	25,4	25,2	24,2	25,6	25,5	24,2	25,3	25,2	24,2	25,7	25,5
Temperatura Referência Verão (°C)	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
Classificação de Desempenho (NBR 15575-4)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Calculado Inverno (°C)	11,3	10,7	10,2	11,0	10,6	10,4	11,0	10,5	10,2	11,3	10,9	10,4
Temperatura Referência Inverno (°C)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Classificação de Desempenho (NBR 15575-4)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

M = desempenho mínimo, I= desempenho intermediário, S= desempenho superior

Tabela 24 – Resultados para os ambientes de permanência prolongada do Edifício B na ZB 2 com absorção à radiação solar da superfície externa $\alpha = 0,7$ (cor escura)
(Relatório do Laboratório de Tecnologia Construtiva – UCS)

Orientação da UH	Noroeste			Nordeste			Sudeste			Sudoeste		
Zona Térmica	Sala	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Dorm.1	Dorm.2
Calculado Verão (°C)	24,3	26,0	25,4	24,2	26,1	25,7	24,2	25,8	25,4	24,3	26,3	25,7
Temperatura Referência Verão (°C)	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
Classificação de Desempenho (NBR 15575-4)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Calculado Inverno (°C)	11,4	11,1	10,4	11,1	10,9	10,6	11,1	10,7	10,4	11,4	11,4	10,6
Temperatura Referência Inverno (°C)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Classificação de Desempenho (NBR 15575-4)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

M = desempenho mínimo, I= desempenho intermediário, S= desempenho superior

Síntese das Considerações Sobre os Resultados (Relatório Laboratório de Tecnologia Construtiva – UCS)

Os resultados apresentados no estudo realizado pela UCS indicam que os edifícios com sistemas de vedações verticais internas e externas com blocos de concreto podem obter classificação de desempenho térmico Superior (S), conforme os atuais critérios da norma ABNT NBR 15575-1.

O relatório da UCS também confirma que as análises globais de desempenho térmico de edifícios são fundamentais, pois todos os sistemas da envoltória dos edifícios atuam na transmissão de fluxo de calor e na

consequente troca térmica entre o meio interno e meio externo.

A orientação solar e absorção à radiação solar da superfície externa são fatores que podem determinar o desempenho térmico de edifícios habitacionais, mesmo os localizados na zona bioclimática 1.

11 DESEMPENHO ACÚSTICO

A norma ABNT NBR 15575-4 estabelece que a edificação habitacional deva apresentar isolamento acústico adequado das vedações externas, no que se refere aos ruídos aéreos provenientes do exterior da edificação habitacional, e isolamento acústico adequado entre áreas comuns e privativas.

11.1 Níveis de ruído admitidos na habitação

Devem ser avaliados os dormitórios da unidade habitacional quanto à diferença padronizada de nível

ponderada, promovida pela vedação externa (fachada e cobertura, no caso de casas térreas e sobrados, e somente fachada, nos edifícios multipiso).

11.1.1 Critério – Diferença padronizada de nível ponderada promovida pela vedação externa

As avaliações devem ser realizadas nos dormitórios da unidade habitacional. As medições devem ser executadas com portas e janelas fechadas, tais como foram entregues pela empresa construtora ou incorporadora. A edificação deve atender ao limite mínimo de desempenho conforme estabelecido na norma ABNT NBR 15575, parte 4, e apresentado na Tabela 25.

Tabela 25- Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{2m,nT,w}$, da vedação externa de dormitório (ABNT NBR 15575-4)

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

Para vedação externa de salas, cozinhas, lavanderias e banheiros, não há exigências específicas.

Em regiões de aeroportos, estádios, locais de eventos esportivos, rodovias e ferrovias há necessidade de estudos específicos.

M = desempenho mínimo; I= desempenho intermediário, S= Desempenho superior.

11.1.2 Critério - Diferença padronizada de nível ponderada, promovida pela vedação entre ambientes

As alvenarias entre ambientes devem ser avaliadas quanto à diferença padronizada de nível ponderada.

As medições devem ser executadas com portas e

janelas dos ambientes fechadas, tais como foram entregues pela empresa construtora ou incorporadora. A Tabela 26 apresenta os valores e as respectivas classificações de desempenho conforme a norma ABNT NBR 15575-4.

Tabela 26 -Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada, DnT,w , entre ambientes (ABNT NBR 15575-4)

Elemento	DnT,w [dB]	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório.	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório.	45 a 49	M
	50 a 55	I
	≥ 55	S
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos.	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual como corredores e escadaria dos pavimentos.	30 a 34	M
	35 a 39	I
	≥ 40	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas.	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall (DnT,w obtida entre as unidades).	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S

11.1.3 Avaliação

Como referência para os projetistas, são apresentados os resultados do método de precisão realizado em laboratório. Esse método determina a isolamento sonora de componentes e elementos construtivos. Esse método determina a isolamento sonora de componentes e elementos construtivos (parede, janela, porta e outros), fornecendo valores de referência de cálculo para projetos. O método de ensaio é descrito na norma ISO 10140-2. Para avaliar um projeto com diversos

elementos (parede com janela, parede com porta etc.), é necessário ensaiar cada um e depois calcular o isolamento global do conjunto.

Os ensaios referentes à alvenaria com blocos de concreto (sem considerar janelas ou portas) foram executados pelo Instituto Tecnológico Itt Performance da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos). Foram utilizados os seguintes equipamentos e instrumentação apresentados na Tabela 27.

**Tabela 27 – Equipamentos utilizados no ensaio acústico
Relatórios UNISINOS - N°s 0439/2014, 0440/2014, 0417/2014 e 0442/2014**

Descrição	Fabricante	Modelo
Analizador sonoro	Brüel & Kjaer	Type 2270
Fonte sonora dodecaédrica	Brüel & Kjaer	4296
Calibrador acústico	Brüel & Kjaer	Type 4231, classe 1

Os resultados obtidos nos relatórios estão sintetizados na Tabela 27.

Tabela 28 – Resultados de Desempenho Acústico (ISO 10140-2).
Síntese dos Relatórios Unisinos- N°s 0439/2014, 0440/2014, 0417/2014 e 0442/2014

Componente	Tipologia de Parede						
Tipologias das paredes							
Bloco de concreto	90x190x390 mm	115x190x390 mm	140x190x390 mm	190x190x390 mm			
Assentamento (juntas horizontais e verticais)	argamassa - espessura de 10 mm						
Revestimento (interno e externo)	gesso – espessura de 5 mm						
Área das paredes (área ensaiada) (m ²)	14,0	14,0	14,0	14,0			
Câmara emissora	Área (m ²)	18,6					
	Volume (m ³)	65,3					
Câmara receptora	Área (m ²)	16,6					
	Volume (m ³)	57,8					
Resultados							
Relatórios Unisinos - números 0439/2014, 0440/2014, 0417/2014 e 0442/2014)	Índice de redução sonora ponderada <i>Rw</i> (dB)						
	40	44	44	47			

Tomando-se os resultados apresentados nos relatórios da Unisinos, as paredes ensaiadas foram classificadas conforme o desempenho acústico esta-

belecido na norma ABNT NBR 15575, parte 4. A Tabela 29 apresenta a classificação de desempenho acústico das paredes ensaiadas.

Tabela 29 – Classificação de Desempenho Acústico em função de *Rw* (ABNT NBR 15575-4)

Índice de redução ponderado, <i>Rw</i> [dB] - Fachadas	Classificação do desempenho conforme NBR 15575-4 anexo F				
Nível de desempenho Mínimo (M)					
Bloco de concreto + revestimento interno e externo de gesso esp. 5 mm	(90x190x390)mm	(115x190x390)mm	(140x190x390)mm	(190x190x390)mm	
Resultados: Relatórios UNISINOS	40	44	44	47	
Classe de ruído	I	≥ 25	S	S	S
	II	≥ 30	S	S	S
	III	≥ 35	I	I	S
Parede entre UH (parede de geminação - menos dormitório)	≥ 45	M	M ⁽²⁾	M ⁽²⁾	M
Parede entre UH (parede de geminação – dormitório)	≥ 50	Não atende	Não atende	Não atende	Não atende
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual	≥ 45	Não atende	M ⁽²⁾	M ⁽²⁾	M
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual	≥ 35	I	I	I	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas.	≥ 50	Não atende	Não atende	Não atende	Não atende
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall	≥ 45	Não atende	M ⁽²⁾	M ⁽²⁾	M

Os critérios para o índice de redução de sonoridade *Rw*, obtidos em ensaios de laboratório, são superiores aos critérios para diferença padronizada de nível ponderada, *DnT,w*.

⁽¹⁾ Classificação realizada pelo autor com base nos resultados dos relatórios da UCS e na ABNT NBR 15575-4 – anexo F

⁽²⁾ As paredes com blocos de concreto devem ser revestidas com argamassa à base de cimento com no mínimo 15 mm de espessura em cada face para atender ao requisito mínimo estabelecido para esta condição de uso. (Avaliação com base em resultados do Manual Técnico de Alvenaria (ABCI, 1990).

12 DURABILIDADE E MANUTENIBILIDADE

Entende-se como durabilidade a capacidade da edificação ou de seus sistemas de desempenhar suas funções ao longo do tempo, sob condições de uso e manutenção especificadas no Manual de Uso, Operação e Manutenção (CBIC, 2013).

A durabilidade do edifício e de seus sistemas é uma exigência econômica do usuário, pois está diretamente associada ao custo global do bem imóvel. A durabilidade de um produto se extingue quando ele deixa de cumprir as funções que lhe forem atribuídas, quer seja pela degradação que o conduz a um estado insatisfatório de desempenho, quer seja por obsolescência funcional (ABNT NBR 15575-1, 2013).

O período de tempo compreendido entre o início de operação ou uso de um produto e o momento em que o seu desempenho deixa de atender às exigências do usuário pré-estabelecidas é denominado vida útil (ABNT NBR 15575-1, 2013).

12.1 Patologias em Paredes Externas

Para as paredes externas devem ser limitados os deslocamentos, fissurações e falhas, incluindo seus revestimentos, em função de ciclos de exposição ao calor e resfriamento que ocorrem durante a vida útil do edifício.

12.1.1 Critério – Ação de calor e choque térmico

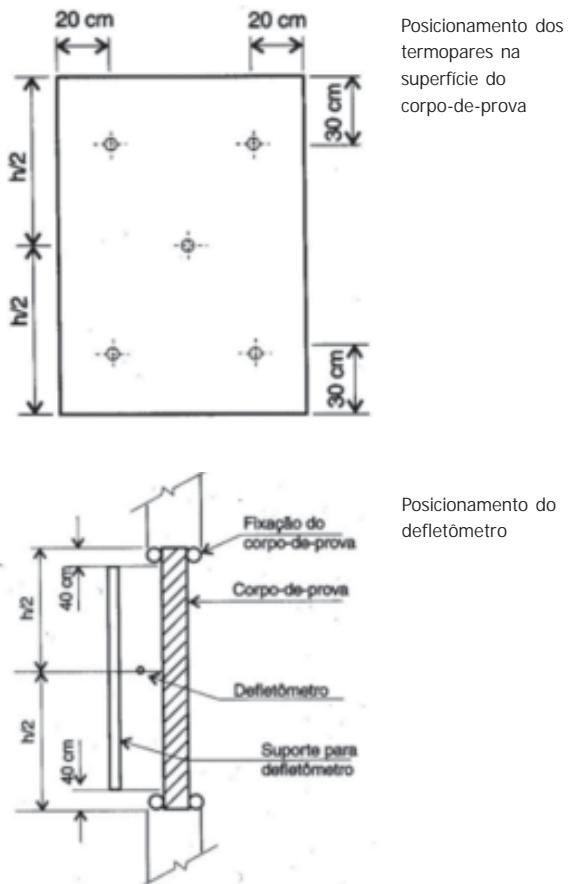
As paredes externas, incluindo seus revestimentos, devem ser submetidas a dez ciclos sucessivos de exposição ao calor e resfriamento por meio de jato de água e não devem apresentar:

- deslocamento horizontal instantâneo, no plano perpendicular ao corpo-de-prova, superior a $h/300$, onde h é a altura do corpo-de-prova;
- ocorrência de falhas como fissuras, descolamentos, empolamentos, descoloramentos e outros danos que possam comprometer a utilização da alvenaria.

12.1.2 Avaliação

Devem ser realizados ensaios, em laboratório, de ciclos de calor e resfriamento conforme método apresentado na Figura 8.

Figura 8 - Esquema de montagem e instrumentação do corpo-de-prova (ABNT NBR 15575-4)



Comentário

A ação de ciclos de calor e resfriamento em vedações verticais afeta prioritariamente os revestimentos externos da parede, pois são estes elementos que de fato estão expostos às condições ambientais.

Deste modo, as alvenarias com blocos de concreto que cumprem às especificações da norma ABNT NBR

6136 têm potencial para atender a este requisito, devendo-se cumprir também os requisitos das normas ABNT NBR 13749 – Revestimento de paredes e tetos de argamassa inorgânicas e ABNT NBR 7200 – Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas.

12.2 Vida Útil de Projeto das Paredes

A vida útil é uma medida temporal da durabilidade de um edifício ou de suas partes (sistemas complexos, do próprio sistema e de suas partes: subsistemas;

elementos e componentes). A Vida Útil de Projeto (VUP) é definida pelo incorporador e/ou proprietário e projetista, e expressa previamente (ABNT NBR 15575-1).

12.2.1 Critério – Vida Útil de Projeto (VUP)

A parede deve manter a capacidade funcional e as características estéticas, ambas compatíveis com o envelhecimento natural dos materiais durante a vida útil de projeto de acordo com as especificações da ABNT NBR 15575-1, resumidas na Tabela 30.

Tabela 30 – Vida Útil de Projeto para Paredes (ABNT NBR 15575-1)

Sistema	Exemplos	VUP (anos)	
		Mínimo	Superior
Vedaçāo vertical externa	Paredes de vedação externas, painéis de fachada, fachadas-cortina	≥ 40	≥ 60
Vedaçāo vertical interna	Paredes e divisórias leves internas, escadas internas, guarda-corpos	≥ 20	≥ 30
Revestimento interno aderido	Revestimento de piso, parede e teto: de argamassa, de gesso, cerâmicos, pétreos, de tacos e assoalhos e sintéticos	≥ 13	≥ 20
Revestimento de fachada aderido e não-aderido	Revestimento, molduras, componentes decorativos e cobre-muros	≥ 20	≥ 30
Pintura	Pinturas internas e papel de parede	≥ 3	≥ 4
	Pinturas de fachada, pinturas e revestimentos sintéticos texturizados	≥ 8	≥ 12

12.2.2 Avaliação

O atendimento aos prazos constantes na Tabela 30 depende da realização das intervenções constantes no manual de operação, uso e manutenção fornecido pelo incorporador e/ou pela construtora, bem como evidências das correções.

No caso de paredes com blocos de concreto, os revestimentos e pinturas são os pontos mais vulneráveis para o cumprimento da vida útil de projeto das paredes.

12.3 Manutenibilidade das Paredes

A manutenibilidade se refere ao grau de facilidade de um sistema, elemento ou componente de ser mantido ou recolocado no estado no qual possa executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas e quando a manutenção é executada sob condições determinadas (CBIC, 2013).

As paredes devem manter a capacidade funcional durante a vida útil de projeto, desde que submetidas às intervenções periódicas de manutenção especificadas pelo construtor.

12.3.1 Critério – Manual de operação, uso e manutenção

Devem ser realizadas as manutenções preventivas e, sempre que necessárias, manutenções com caráter corretivo devem ser previstas e realizadas. As manutenções corretivas devem ser realizadas assim que algum problema se manifestar, a fim de impedir que pequenas falhas progridam, às vezes rapidamente, para extensas patologias (ABNT NBR 15575-4).

12.3.2 Avaliação

Deve-se realizar análise do manual de operação,

uso e manutenção das edificações, considerando-se as diretrizes gerais das normas ABNT NBR 5674 - Manutenção de edificações – Procedimento e ABNT NBR

14037 - Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações- Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos.

13 IMPACTO AMBIENTAL

A construção civil é uma das atividades humanas que mais gera impacto ambiental no planeta. Por isso, a norma de desempenho NBR 15575, parte 1, estabelece que os empreendimentos e sua infraestrutura (arruamento, drenagem, rede de água, gás, esgoto, telefonia, energia) devem ser projetados, construídos e mantidos de forma a minimizar as alterações e impactos no ambiente.

Para tanto, os especificadores devem adotar procedimentos para seleção de materiais e sistemas construtivos conforme a seguir:

13.1 Seleção e consumo de materiais

A seleção de materiais e sistemas construtivos pode ser feita através dos resultados de inventários de ciclo de vida dos produtos selecionados, de forma a subsidiar a tomada de decisão na avaliação do impacto que estes elementos provocam ao meio ambiente (ABNT NBR 15575-1, 2013).

13.1.1 Avaliação

Os impactos ambientais de materiais de construção podem ser mensurados através de indicadores obtidos em Análises de Ciclo de Vida (ACV). Os parâmetros para a realização de uma ACV estão estabelecidos na norma ISO 14040, que especifica quatro etapas analíticas distintas para a realização dessa avaliação: definição de objetivo e escopo, criação do inventário de ciclo de vida e interpretação dos resultados (ISO, 2006).

Embora a ACV seja a melhor ferramenta para mensurar e comparar os impactos ambientais ao longo

do ciclo de vida de produtos e serviços, sua complexidade e custos de implementação tornam seu uso bastante limitado, principalmente para pequenas e médias empresas (JOHN *et al*, 2013).

Com o objetivo de viabilizar o uso da ACV em um número maior de empresas, através da redução de custos e prazos de implantação, o Conselho Brasileiro da Construção Sustentável (CBCS) apresentou na conferência Rio+20 uma proposta de desenvolvimento de ACV com características que respeitam as especificações da ISO 14040 e, ao mesmo tempo, possibilitem o acesso de empresas de menor porte de diferentes setores industriais. Este é um fator importante em comparação à ACV completa, pois permite a mensuração de impactos ambientais em um número maior de empresas de um mesmo segmento, criando parâmetros para um determinado produto em faixas de variação e não apenas com um único valor médio, muitas vezes obtido em bancos de dados internacionais, como é prática comum na ACV completa, o que impossibilita demonstrar as diferenças entre fabricantes de um mesmo setor e ainda distorce o comparativo entre setores concorrentes.

A metodologia proposta pelo CBCS, intitulada ACV-modular (ACV-M), consiste em determinar os cinco fluxos principais de um determinado processo produtivo. Esses fluxos foram escolhidos com base nos seguintes critérios (JOHN *et al*, 2013):

- fluxos predominantes, aqueles com maior relevância ambiental;
- facilmente mensuráveis pela própria empresa e, consequentemente, de fácil auditoria;
- não requerer grande quantidade de dados secundários de emissões;
- serem baseados no conhecido conceito de “pegada”.

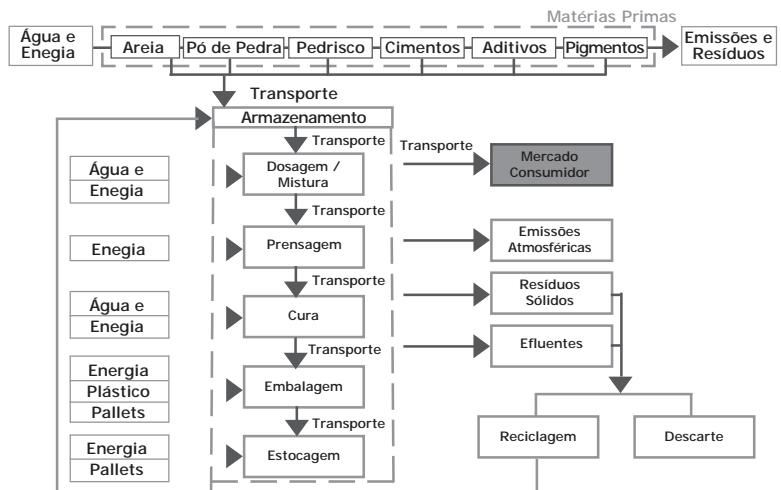
Para os materiais de construção civil, os cinco fluxos inicialmente escolhidos são:

- Pegada de CO₂;
- Consumo de energia;
- Pegada de água;
- Pegada de resíduos;
- Intensidade de uso de matéria-prima

Conceitualmente, a ACV-M pode ser escalada até contemplar todas as análises de uma ACV completa, dependendo do porte da empresa e do produto, processo ou serviço avaliado. Isto torna a ACV-M uma ferramenta mais flexível e apropriada à grande diversidade de empresas e segmentos dentro da cadeia da Indústria da Construção Civil (JOHNet *al*, 2013).

Uma parceria entre ABCP, BlocoBrasil e CBCS possibilitou a implementação da ACV-M no setor de blocos de concreto. O projeto tem como objetivo mensurar e divulgar os indicadores de impactos ambientais ao longo do ciclo de vida dos blocos de concreto para alvenaria e peças de concreto para pavimentação. A Figura 9 ilustra os fluxos de produção dos blocos de concreto avaliados nos fabricantes participantes, tendo como escopo apenas o fluxo até o portão da fábrica.

Figura 9 – Fluxos de entrada e saída na produção de blocos de concreto (CBCS, 2012)



Recomenda-se que o especificador de blocos de concreto solicite, junto ao fabricante de blocos, os indicadores individuais obtidos pela ACV-M efetuada na unidade de fabricação escolhida pelo comprador. Os indicadores informados somente terão validade quando atenderem aos procedimentos especificados

pelo CBCS e tiverem sido auditados por instituição de terceira parte credenciada.

13.2 Reciclagem

Os blocos de concreto têm como principais características a elevada resistência mecânica, dimensões

modulares e serem vazados na posição vertical. Estas características minimizam o índice de perdas por quebras, a necessidade de cortes para modulação e passagem de instalações elétricas, e reduzem o uso de argamassa de assentamento e de revestimento, diminuindo o consumo de materiais e a geração de resíduos.

De qualquer modo, recomenda-se que a construtora execute um sistema de gestão de resíduos no canteiro de obras, de forma a minimizar sua geração e a possi-

bilitar a segregação de maneira adequada para facilitar o reuso, a reciclagem ou a disposição final em locais específicos, devendo-se considerar que, no caso dos blocos de concreto e revestimentos à base de cimento, os resíduos eventualmente gerados são 100% reciclavéis e podem ser reutilizados como agregados reciclados, conforme as especificações da norma ABNT NBR 15116 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil.

14 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados apresentados neste manual, pode-se afirmar que as alvenarias com blocos de concreto possibilitam ao projetista o atendimento dos requisitos da norma de desempenho NBR 15575, parte 4 – Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas. Além de atenderem à norma de desempenho, os

sistemas construtivos que utilizam blocos de concreto em conformidade com as especificações das normas ABNT apresentam grande competitividade quando são avaliados os parâmetros técnicos, econômicos, sociais e ambientais de forma conjunta.

15 AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos à BlocoBrasil e à ABCP, em nome de seus respectivos presidentes Ramon Barral e Renato Giusti, pela oportunidade de elaboração deste manual. Aos amigos Alex Machio e Carlos Tauil pela coordenação dos ensaios e auxílio no desenvolvimento do manual. À Érica Mota, Glícia Vieira e Arnoldo Wenderl pela revisão e considerações adicionadas ao texto, e à Cinthia Wu pela execução das ilustrações.

À todos os responsáveis e técnicos da Universidade de Caxias do Sul, Universidade Federal do Rio Grande

do Sul, Universidade do Vale do Rio dos Sinos e Universidade Federal de Santa Catarina, que executaram os ensaios apresentados.

Ao Silvério Rocha, da Editora Mandarim, pela editoração e impressão do manual e viabilização de distribuição do mesmo.

Muito obrigado!
Cláudio Oliveira Silva

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – *ASTM. Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus. ASTM C518.* Conshohochen, PA, USA. 2010.
- _. *Standard test method for specific optical density of smoke generated by solid materials. ASTM E662.* Conshohochen, PA, USA. 2013
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA - ABCI. *Manual Técnico de Alvenaria.* São Paulo. ABCI. 1990.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Componentes construtivos estruturais – Determinação da resistência ao fogo. **ABNT NBR 5628.** Rio de Janeiro. 2001.
- _. Execução de tirantes ancorados no terreno. **ABNT NBR 5629.** Rio de Janeiro. 2006.
- _. Manutenção de edificações – Procedimento. **ABNT NBR 5674.** Rio de Janeiro, 2012.
- _. Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. **ABNT NBR 6120.** Rio de Janeiro, 2000.
- _. Projeto e execução de fundações. **ABNT NBR 6122.** Rio de Janeiro. 2010.
- _. Forças devidas ao vento em edificações. **ABNT NBR 6123.** Rio de Janeiro. 2013.
- _. Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos. **ABNT NBR 6136.** Rio de Janeiro. 2014.
- _. Execução de revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento. **ABNT NBR 7200.** Rio de Janeiro. 1998.
- _. Ações e segurança nas estruturas – Procedimentos. **ABNT NBR 8681.** Rio de Janeiro. 2004.
- _. Materiais de construção – Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante – Método de ensaio. **ABNT NBR 9442.** Rio de Janeiro. 1989.
- _. Paredes divisórias sem função estrutural - Determinação da resistência ao fogo - Método de ensaio. **ABNT NBR 10636.** Rio de Janeiro. 1989.
- _. Esquadrias externas para edificações Parte 3: Métodos de ensaio. **ABNT NBR 10821-3** Rio de Janeiro. 2011.
- _. Estabilidade de encostas. **ABNT NBR 11682.** Rio de Janeiro, 2009.
- _. Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação. **ABNT NBR 13749.** Rio de Janeiro. 2013.
- _. Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações- Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos. **ABNT NBR 14037.** Rio de Janeiro. 2011.
- _. Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento. **ABNT NBR 14432.** Rio de Janeiro. 2001.
- _. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. **ABNT NBR 15116.** Rio de Janeiro. 2004.
- _. Desempenho térmico de edificações – Parte 1: Definições, símbolos e unidades. **ABNT NBR15220-1.** Rio de Janeiro. 2005.
- _. Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. **ABNT NBR15220-2.** Rio de Janeiro. 2008.
- _. Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. **ABNT NBR 15220-3.** Rio de Janeiro. 2005.
- _. Edificações Habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. **ABNT NBR 15575-1.** Rio de Janeiro. 2013.
- _. Edificações Habitacionais — Desempenho Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais. **ABNT NBR 15575-2.** Rio de Janeiro. 2013.
- _. Edificações Habitacionais — Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. **ABNT NBR 15575-4.** Rio de Janeiro. 2013.
- CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – CB3E. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Ensaio de Condutividade Térmica. Relatório nº 282/2014. Florianópolis/SC. 2014.
- CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL - CBCS. Apresentação do programa ACV-M de blocos de concreto. **CBCS.** 2012. (não publicado).
- FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT. Laboratório de Ensaios e Modelos Estruturais – LEME. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. UFRGS. Análise da Resistência de Parede de Alvenaria com Blocos de Concreto Submetida a Altas Temperaturas. **Relatório Técnico Nº 21/2014.** Porto Alegre. 2014.
- _. Laboratório de Ensaios e Modelos Estruturais – LEME. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. UFRGS. Análise da Resistência de Parede de Alvenaria com Blocos de Concreto Submetida a Altas Temperaturas. **Relatório Técnico Nº 22/2014.** Porto Alegre. 2014.

_. Laboratório de Ensaios e Modelos Estruturais – LEME. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. UFRGS. Análise da Resistência de Parede de Alvenaria com Blocos de Concreto Submetida a Altas Temperaturas. Relatório Técnico No 23/2014. Porto Alegre. 2014.

INTERNATIONAL STANDARDIZATION ORGANIZATION – ISO.Buildings materials – non – combustibility test.ISO 1182. Brussels. 2006.

_. Acoustics – Measurement of sound insulation of building elements – Part 2: Laboratory measurements of airborne sound insulation. ISO 10140-2. Brussels. 2010.

_. Environmental Management life Cycle Assessment Principles and Framework.ISO 14040. Brussels. 2001.

INSTITUTO TECNOLÓGICO ITT PERFORMANCE.

Universidade do Vale do Rio dos Sinos. UNISINOS. Medição do índice de Redução Sonora Ponderado (Rw). F96-Relatório Técnico de Ensaio No 0417/2014. Parede de blocos de concreto de 11,5 cm de largura e revestimento em gesso. São Leopoldo, RS. 2014.

_. Universidade do Vale do Rio dos Sinos. UNISINOS. Medição do índice de Redução Sonora Ponderado (Rw). F96-Relatório Técnico de Ensaio No 0439/2014. Parede de blocos de concreto de 14,0 cm de largura e revestimento em gesso. São Leopoldo, RS. 2014.

_. Universidade do Vale do Rio dos Sinos. UNISINOS. Medição do índice de Redução Sonora Ponderado (Rw). F96-Relatório Técnico de Ensaio No 0440/2014. Parede de blocos de concreto de 19,0 cm de largura e revestimento em gesso. São Leopoldo, RS. 2014.

_. Universidade do Vale do Rio dos Sinos. UNISINOS. Medição do índice de Redução Sonora Ponderado (Rw). F96-Relatório Técnico de Ensaio No 0442/2014. Parede de blocos de concreto de 9,0 cm de largura e revestimento em gesso. São Leopoldo, RS. 2014.

- - - JOHN, V. M.; PACCA, S. A.; ANGULO, S. C.; CAMPOS, E. F. C; Strategies to escalate the use of LCA based decision making in the world-wide industry.CBCS. 2013.

PARSEKIAN ,G. A. Parâmetros de projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto. 222p. EdUFSCar. São Carlos. 2012.

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL - UCS. Laboratório de Tecnologia Construtiva. Serviços Tecnológicos. Avaliação de Desempenho Térmico por Simulação Computacional de Edifícios Habitacionais com Blocos de Concreto. Caxias do Sul. 2014.



Associação
Brasileira de
Cimento Portland



Informações e solicitações a respeito do Manual de Desempenho – Alvenaria de Blocos de Concreto, Guia para atendimento à norma ABNT 15575 poderão ser feitas à BlocoBrasil-Associação Brasileira da Indústria de Blocos de Concreto, pelo tel. (11) 3768-6917, pelo fax (11) 3760-5406 ou pelo e-mail: blocobrasil@blocobrasil.com.br, ou ainda por correspondência para o endereço: Av. Torres de Oliveira, 76, Jaguaré, São Paulo-SP, CEP 05347-902.