

**MINISTÉRIO DAS CIDADES - Secretaria Nacional da Habitação Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT)**

# **Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos**

## **DIRETRIZ SINAT**

**Nº 002 – REV. 02**

**Sistemas de paredes integrados por painéis pré-moldados de concreto ou mistos para emprego em edifícios habitacionais**

Brasília, agosto de 2016

## Sumário

|            |  |    |
|------------|--|----|
| 1.         | Objeto.....  | 4  |
| 1.1.       | Restrições de uso.....   | 4  |
| 1.2.       | Campo de aplicação.....  | 4  |
| 1.3.       | Terminologia.....  | 5  |
| 1.4.       | Documentos técnicos complementares.....  | 5  |
| 2.         | Caracterização do sistema de paredes.....  | 9  |
| 2.1.       | Informações sobre o uso do sistema de paredes.....   | 9  |
| 2.2.       | Caracterização dos materiais.....  | 9  |
| 2.2.1.     | Cimento e agregados.....   | 9  |
| 2.2.2.     | Concreto.....  | 10 |
| 2.2.3.     | Armaduras e fibras.....  | 11 |
| 2.2.4.     | Outros materiais.....  | 11 |
| 2.3.       | Caracterização dos componentes.....  | 11 |
| 2.3.1.     | Caracterização dos painéis-parede e demais componentes.....  | 11 |
| 2.3.2.     | Indicação dos revestimentos.....   | 11 |
| 2.3.3.     | Indicação das esquadrias.....  | 12 |
| 2.3.4.     | Indicação de equipamentos de transporte, montagem e segurança.....   | 12 |
| 2.3.5.     | Indicação da ligação entre painéis e estrutura.....  | 12 |
| 2.4.       | Procedimentos de execução.....   | 12 |
| 3.         | Requisitos e critérios de desempenho.....  | 12 |
| 3.1.       | Desempenho estrutural.....   | 12 |
| 3.1.1.     | Resistência estrutural e estabilidade global – (Estado limite último).....   | 12 |
| 3.1.2.     | Deformações ou estados de fissuração do sistema estrutural – (Estado limite de serviço).....   | 13 |
| 3.1.3.     | Resistência a impactos de corpo mole e corpo duro.....   | 15 |
| 3.1.3.1.   | Impactos de corpo-mole para vedações verticais externas (fachadas) de edifícios com mais de um pavimento e para vedações verticais internas..... | 15 |
| 3.1.3.2.   | Impactos de corpo-mole para vedações verticais externas e internas – para casas térreas – com ou sem função estrutural.....                      | 17 |
| 3.1.3.3.   | Impactos de corpo-duro para vedações verticais externas (fachadas) e para vedações verticais internas.....                                       | 19 |
| 3.1.4.     | Solicitações transmitidas por portas para as paredes.....  | 20 |
| 3.1.5.     | Solicitações de cargas de peças suspensas atuantes nos sistemas de vedações verticais externas e internas.....                                   | 21 |
| 3.2.       | Segurança contra incêndio.....   | 22 |
| 3.2.1.     | Dificultar a ocorrência da inflamação generalizada.....  | 22 |
| 3.2.2.     | Dificultar a propagação do incêndio e preservar a estabilidade estrutural da edificação.....   | 25 |
| 3.3.       | Estanqueidade à água.....  | 25 |
| 3.3.1.     | Estanqueidade à água de chuva em sistemas de vedações verticais externas (fachadas).....   | 25 |
| 3.3.2.     | Estanqueidade de vedações verticais internas e externas com incidência direta de água – Áreas molhadas.....                                      | 25 |
| 3.3.3.     | Estanqueidade de juntas (encontros) entre paredes pré-moldadas e entre paredes e demais interfaces.....  | 25 |
| 3.4.       | Desempenho térmico.....  | 26 |
| 3.4.1.     | Crítérios para o Procedimento Simplificado.....  | 26 |
| 3.4.1.1.   | Exigências para as paredes externas do edifício.....   | 26 |
| 3.4.1.2.   | Exigências para a cobertura do edifício.....   | 27 |
| 3.4.2.     | Crítérios para os Procedimentos de Simulação.....  | 27 |
| 3.5.       | Desempenho acústico.....   | 27 |
| 3.5.1.     | Isolação sonora promovida pelos elementos da envoltória - ensaio de campo - $D_{2m,nT,w}$ .....  | 27 |
| 3.5.2.     | Isolação sonora promovida pelos elementos da fachada em ensaio de laboratório - $R_w$ .....  | 28 |
| 3.5.3.     | Isolação sonora entre ambientes promovida pelas vedações verticais internas em ensaio de campo - $D_{nT,w}$ .....                                | 29 |
| 3.5.4.     | Isolação sonora entre ambientes promovida pelas vedações verticais internas em ensaio de laboratório - $R_w$ .....                               | 29 |
| 3.6.       | Durabilidade e manutenibilidade.....   | 30 |
| 3.6.1.     | Vida útil de projeto dos elementos.....  | 30 |
| 3.6.2.     | Manutenibilidade dos elementos.....  | 30 |
| 3.6.3.     | Exposição à agressividade ambiental.....   | 30 |
| 3.6.3.1.   | Sistema Construtivo que emprega concreto comum.....  | 31 |
| 3.6.3.2.   | Painéis cujas nervuras do sistema construtivo empregam concreto leve (mistura com ar incorporado ou outro).....                                  | 32 |
| 3.6.3.3.   | Sistemas construtivos que empregam painéis pré-moldados mistos de concreto e outros materiais.....   | 33 |
| 3.6.4.     | Deterioração do concreto e da armadura.....  | 33 |
| 3.6.5.     | Resistência a choque térmico.....  | 33 |
| 3.6.6.     | Resistência à corrosão de dispositivos de fixação.....   | 34 |
| 3.6.7.     | Exposição ao envelhecimento natural.....   | 34 |
| 3.6.8.     | Resistência ao crescimento de fungos.....  | 34 |
| 4.         | Métodos para avaliação.....  | 34 |
| 4.1.       | Métodos para avaliação das características dos materiais e componentes construtivos.....   | 34 |
| 4.2.       | Métodos para avaliação do desempenho do sistema construtivo.....   | 36 |
| 4.2.1.     | Desempenho estrutural.....   | 36 |
| 4.2.1.1.   | Resistência estrutural e estabilidade global - Verificação ao estado limite último.....  | 37 |
| 4.2.1.2.   | Deformações ou estados de fissuração do sistema estrutural – Verificação ao estado limite de serviço.....  | 37 |
| 4.2.1.3.   | Resistência a impactos.....  | 38 |
| 4.2.1.3.1. | Impactos de corpo-mole para paredes externas.....  | 38 |
| 4.2.1.3.2. | Impactos de corpo-mole para paredes internas.....  | 38 |
| 4.2.1.3.3. | Impactos de corpo-duro para paredes externas.....  | 38 |
| 4.2.1.3.4. | Impactos de corpo-duro para paredes internas.....  | 38 |
| 4.2.1.4.   | Solicitações transmitidas por portas para as paredes.....  | 38 |

|            |  |    |
|------------|--|----|
| 4.2.1.5.   | <i>Resistência de cargas suspensas</i> .....   | 38 |
| 4.2.1.6.   | <i>Premissas de projeto visando desempenho estrutural do sistema</i> .....   | 38 |
| 4.2.2.     | <i>Segurança contra incêndio</i> .....   | 39 |
| 4.2.2.1.   | <i>Dificuldade de inflamação generalizada</i> .....  | 39 |
| 4.2.2.2.   | <i>Dificuldade de propagar o incêndio para unidades contíguas</i> .....  | 39 |
| 4.2.2.3.   | <i>Segurança estrutural em caso de incêndio</i> .....  | 39 |
| 4.2.3.     | <i>Estanqueidade à água</i> .....  | 40 |
| 4.2.3.1.   | <i>Estanqueidade à água de chuva em sistemas de vedações verticais externas (fachadas)</i> .....   | 40 |
| 4.2.3.2.   | <i>Estanqueidade de vedações verticais internas e externas com incidência direta de água – Áreas molhadas</i> .....  | 40 |
| 4.2.3.3.   | <i>Estanqueidade de juntas (encontros) entre os painéis de parede, entre os painéis- parede e a fundação, internos e externos, entre os painéis-parede e as lajes de piso e de cobertura e entre os painéis-parede e a cobertura e entre os painéis-parede e a estrutura</i> ..... | 40 |
| 4.2.3.4.   | <i>Premissas de projeto visando a estanqueidade à água do sistema construtivo e da habitação</i> .....   | 40 |
| 4.2.4.     | <i>Desempenho térmico</i> .....  | 40 |
| 4.2.4.1.   | <i>Análise pelo Procedimento Simplificado</i> .....  | 40 |
| 4.2.4.1.1. | <i>Avaliação das paredes externas do edifício</i> .....  | 40 |
| 4.2.4.1.2. | <i>Avaliação da cobertura do edifício</i> .....  | 41 |
| 4.2.4.2.   | <i>Análise pelo Procedimento de Simulação</i> .....  | 41 |
| 4.2.5.     | <i>Desempenho acústico</i> .....   | 41 |
| 4.2.5.1.   | <i>Isolação sonora promovida pela envoltória em ensaio de campo - Diferença padronizada de nível ponderada</i> .....   | 41 |
| 4.2.5.2.   | <i>Isolação sonora promovida pelos elementos de fachada em ensaio de laboratório - Índice de redução sonora ponderado</i> .....  | 41 |
| 4.2.5.3.   | <i>Isolação sonora promovida pela vedação interna em ensaio de campo - Diferença padronizada de nível ponderada</i> .....  | 42 |
| 4.2.5.4.   | <i>Isolação sonora entre ambientes promovida pela vedação interna - Índice de redução sonora ponderado</i> .....   | 42 |
| 4.2.6.     | <i>Durabilidade e manutenibilidade</i> .....   | 42 |
| 4.2.6.1.   | <i>Vida útil de projeto dos elementos</i> .....  | 42 |
| 4.2.6.2.   | <i>Manutenibilidade dos elementos</i> .....  | 42 |
| 4.2.6.3.   | <i>Exposição à agressividade ambiental (qualidade do concreto, e demais elementos – resistência à compressão, relação água-cimento e cobrimento de armadura)</i> .....   | 43 |
| 4.2.6.4.   | <i>Deterioração do concreto, da armadura e dos blocos</i> .....  | 43 |
| 4.2.6.5.   | <i>Resistência a choque térmico</i> .....  | 43 |
| 4.2.6.6.   | <i>Resistência à corrosão de dispositivos de fixação</i> .....   | 43 |
| 4.2.6.7.   | <i>Exposição ao envelhecimento natural</i> .....   | 43 |
| 4.2.6.8.   | <i>Resistência ao crescimento de fungos</i> .....  | 43 |
| 4.2.6.9.   | <i>Premissas de projeto visando ao atendimento de VUP</i> .....  | 44 |
| 5.         | <i>Análise global do desempenho do produto</i> .....   | 44 |
| 6.         | <i>Controle da qualidade na produção e na montagem</i> .....   | 44 |
| 6.1.       | <i>Controle na produção dos componentes pré-moldados</i> .....   | 44 |
| 6.1.1.     | <i>Controle de aceitação de materiais e componentes</i> .....  | 45 |
| 6.1.2.     | <i>Controle e inspeção das etapas de produção</i> .....  | 46 |
| 6.1.3.     | <i>Controle de aceitação dos componentes pré-moldados (painéis)</i> .....  | 47 |
| 6.1.4.     | <i>Controle da montagem em canteiro de obras</i> .....   | 48 |
| Anexo A    | .....  | 50 |
| A1.        | <i>Generalidades</i> .....   | 50 |
| A2.        | <i>Método da Simulação computacional – Introdução</i> .....  | 50 |
| A3.        | <i>Requisitos de desempenho no verão</i> .....   | 50 |
| A3.1.      | <i>Critério – Valores máximos de temperatura</i> .....   | 51 |
| A4.        | <i>Requisitos de desempenho no inverno</i> .....   | 51 |
| A4.1.      | <i>Critério – Valores mínimos de temperatura</i> .....   | 51 |
| A5.        | <i>Edificações em fase de projeto</i> .....  | 52 |
| A6.        | <i>Dados das cidades representativas (SiNAT)</i> .....   | 53 |
| A7.        | <i>Aberturas para ventilação</i> .....   | 54 |
| A7.1.      | <i>Critério</i> .....  | 54 |
| A7.2.      | <i>Método de avaliação</i> .....   | 55 |
| A7.2.1.    | <i>Nível de desempenho</i> .....   | 55 |
| Anexo B    | .....  | 56 |
| B1         | <i>– Generalidades</i> .....   | 56 |
| B2.        | <i>Preparação dos painéis para ensaio de resistência a compressão</i> .....  | 56 |

# DIRETRIZ PARA AVALIAÇÃO TÉCNICA DE SISTEMAS DE PAREDES INTEGRADOS POR PAINÉIS PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO OU MISTOS PARA EMPREGO EM EDIFÍCIOS HABITACIONAIS

## 1. Objeto

Paredes integradas por painéis estruturais e/ou não estruturais pré-moldados, com seção transversal:

- maciça de concreto;
- alveolar (painéis em que a seção transversal é alveolar, com a presença de almas (nervuras) de concreto e de alvéolos - a geometria dos alvéolos deve ser definida em projeto em função do processo de fabricação adotado) ou vazada de concreto (painel de concreto com células vazias);
- mista (combinação de nervuras de concreto com outros materiais de enchimento e revestimento).

Esses painéis formam as paredes internas e externas de casas térreas, sobrados unifamiliares, casas sobrepostas<sup>1</sup> ou edifícios habitacionais de múltiplos pavimentos.

Os painéis de paredes, objeto desta Diretriz, são moldados fora do seu local definitivo, em unidade de produção fabril instalada no próprio canteiro de obras ou unidades fabris de produção externas (existentes). Para que uma unidade fabril seja considerada como tal deve atender rigorosamente os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 9062. Esses painéis devem ser dimensionados para as diversas fases do processo: desenforma, liberação da protensão (para o caso de peças submetidas a protensão), manuseio, içamento, armazenamento, transporte, instalação e utilização.

Para o caso de liberação elementos pré-moldados protendidos por pré-tração seguir o disposto na ABNT NBR 9062 e ABNT NBR 14861.

Os painéis objeto desta Diretriz poderão ter o concreto como um dos materiais estruturais, associado, ou não, a outros materiais de enchimento e revestimentos.

### 1.1. Restrições de uso

Não há em princípio, outras restrições de uso para o sistema construtivo alvo desta Diretriz, sendo que restrições específicas, quando houverem, devem ser consideradas nos respectivos DATec's.

### 1.2. Campo de aplicação

Sistema construtivo para emprego como paredes de edifícios habitacionais. As paredes podem ter função estrutural e de vedação, ou somente de vedação.

Os subsistemas convencionais, como os pisos, cobertura e as instalações hidráulicas e elétricas não são objeto desta Diretriz. Apenas no quesito relativo ao desempenho térmico é feita menção à cobertura.

As interfaces entre subsistemas convencionais e inovadores devem ser consideradas e detalhadas nos projetos, tais como detalhes de juntas entre painéis de parede, juntas entre painéis de vedação e a estrutura, vínculos e juntas com a fundação, juntas entre painéis e o piso, juntas e ligações com a cobertura, detalhes de fixação e de junta entre esquadrias e painéis, entre outros.

---

<sup>1</sup> Casas sobrepostas: trata-se de edificações habitacionais multifamiliares, com entradas independentes, limitadas a dois pavimentos (térreo e um pavimento).

Este documento não se aplica a: construção de paredes de concreto moldadas no seu local definitivo; construções moldadas in loco com fôrmas incorporadas; painéis pré-moldados com fôrmas incorporadas ou construções com paredes submetidas ao carregamento predominantemente horizontal, como muros de arrimo ou reservatórios.

### 1.3. Terminologia

Para efeito desta Diretriz valem as definições constantes na ABNT NBR 6118, da ABNT NBR 9062, ABNT NBR 15575 e nos demais documentos técnicos complementares referenciados em 1.4 desta Diretriz. São definições específicas, ou importantes, desta Diretriz:

**Sistema construtivo:** conjunto de elementos e componentes destinados a cumprir com uma macro função (exemplo: estrutura e vedações verticais);

**Desenforma:** retirada do painel pré-moldado da fôrma, onde foi moldado, após cura;

**Componente pré-moldado:** componente moldado previamente e fora do local de utilização definitiva na estrutura;

**Componente pré-fabricado:** componente pré-moldado executado industrialmente, em instalações permanentes de empresa destinadas para este fim conforme o estabelecido em 12.1.2 da norma ABNT NBR 9062;

**Inserto:** qualquer peça incorporada ao elemento pré-moldado, para atender a uma finalidade de ligação ou para permitir fixações de outra natureza ou içamento;

**Ligações:** dispositivos utilizados para unir um conjunto estrutural, com a finalidade de transmitir os esforços solicitantes, em todas as fases de utilização, dentro das condições de projeto, mantendo as condições de integridade ao longo da vida útil da estrutura;

**Nervura:** elemento estrutural de concreto armado utilizado na ligação dos componentes construtivos do painel pré-moldado.

### 1.4. Documentos técnicos complementares

A seguir listam-se as normas técnicas referenciadas no decorrer desta Diretriz.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)

ABNT NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão;

ABNT NBR 5628 – Componentes construtivos estruturais – Determinação da resistência ao fogo;

ABNT NBR 5732 – Cimento Portland Comum;

ABNT NBR 5733 – Cimento Portland de alta resistência inicial;

ABNT NBR 5735 – Cimento Portland de alto-forno;

ABNT NBR 5736 – Cimento Portland pozolânico;

ABNT NBR 5737 – Cimento Portland resistente a sulfatos;

ABNT NBR 5739 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos;

ABNT NBR 5674 – Manutenção de edificações – Procedimento;

ABNT NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento;

ABNT NBR 6122 – Projeto e execução de fundações;

ABNT NBR 6123 – Forças Devidas ao Vento em Edificações;

ABNT NBR 6136 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos;

ABNT NBR 7211 – Agregados para concreto – Especificação;

- ABNT NBR 7212 – Execução de concreto dosado em central – Procedimento;
- ABNT NBR 7218 – Agregados – Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis;
- ABNT NBR 7480 – Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação;
- ABNT NBR 7482 – Fios de aço para estruturas de concreto protendido – Especificação;
- ABNT NBR 7483 – Cordoalhas de aço para estruturas de concreto protendido – Especificação;
- ABNT NBR 8051 – Porta de madeira de edificação – Verificação da resistência a impactos da folha;
- ABNT NBR 8800 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios;
- ABNT NBR 8953 – Concreto para fins estruturais – Classificação por grupos de resistência;
- ABNT NBR 9062 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado;
- ABNT NBR 9442 – Materiais de Construção – Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante – Método de Ensaio;
- ABNT NBR 9778 – Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica;
- ABNT NBR 10152 – Níveis de ruído para conforto acústico;
- ABNT NBR 10636 – Paredes divisórias sem função estrutural – Determinação da resistência ao fogo;
- ABNT NBR 10821-2 – Esquadrias externas para edificações – Parte 2: Requisitos e classificação;
- ABNT NBR 10821-3 – Esquadrias externas para edificações – Parte 3: Métodos de ensaio;
- ABNT NBR 11578 – Cimento Portland composto – Especificação;
- ABNT NBR 11579 – Cimento Portland – Determinação da finura por meio da peneira 75 micrômetros (número 200);
- ABNT NBR 11675 – Divisórias leves internas moduladas – Verificação da resistência a impactos;
- ABNT NBR 12118 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Método de ensaio;
- ABNT NBR 12655 – Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento;
- ABNT NBR 12989 – Cimento Portland branco – Especificação;
- ABNT NBR 13116 – Cimento Portland de baixo calor de hidratação – Especificação;
- ABNT NBR 14037 – Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos;
- ABNT NBR 14322 – Paredes de alvenaria estrutural – Verificação da resistência à flexão simples ou à flexo-compressão;
- ABNT NBR 14323 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios em situação de incêndio,
- ABNT NBR 14432 – Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificação – Procedimento;
- ABNT NBR 14861 – Lajes alveolares pré-moldadas de concreto protendido – Requisitos e procedimentos;

- ABNT NBR 14913 – Fechadura de embutir – Requisitos, classificação e métodos de ensaio;
- ABNT NBR 15200 – Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio;
- ABNT NBR 15220-1 – Desempenho térmico de edificações – Parte 1: Definições, símbolos e unidades;
- ABNT NBR 15220-2 – 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 NBR 15220-3 – Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social;
- ABNT NBR 15526 – Redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais e comerciais – Projeto e execução;
- ABNT NBR 15270-1 – Componentes Cerâmicos – Parte 1: Blocos para alvenaria de vedação terminologia e requisitos;
- ABNT NBR 15270-2 – Componentes Cerâmicos – Parte 2: Blocos para alvenaria estrutural – terminologia e requisitos;
- ABNT NBR 15270-3 – Componentes Cerâmicos – Parte 3: Métodos de Ensaios;
- ABNT NBR 15575-1 – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais;
- ABNT NBR 15575-2 – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho – Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais;
- ABNT NBR 15575-4 – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho – Parte 4: Sistemas de vedações verticais externas e internas;
- ABNT NBR 15575-5 – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho – Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas;
- ABNT NBR 15577-1 – Agregados – Reatividade álcali-agregado – Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto;
- ABNT NBR 15577-2 – Agregados – Reatividade álcali-agregado – Parte 2: Coleta, preparação e periodicidade de ensaios de amostras de agregados para concreto;
- ABNT NBR 15577-3 – Agregados – Reatividade álcali-agregado – Parte 3: Análise petrográfica para verificação da potencialidade reativa de agregados em presença de álcalis do concreto;
- ABNT NBR 15577-4 – Agregados – Reatividade álcali-agregado – Parte 4: Determinação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado;
- ABNT NBR 15812-1 – Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos – Parte 1: Projeto;
- ABNT NBR 15812-2 – Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos – Parte 2: Execução e controle de obras;
- ABNT NBR 15823-2 – Concreto auto-adensável – Parte 2: Determinação do espalhamento e do tempo de escoamento – Método de Abramns;
- ABNT NBR 15930-1 – Portas de madeira para edificações – Parte 1: Terminologia e simbologia;
- ABNT NBR 15930-2 – Portas de madeira para edificações – Parte 2: Requisitos;
- 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;
- ABNT NBR 16372 – Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da finura pelo

método de permeabilidade ao ar (Método de Blaine);

ABNT NBR NM 11-1 – Cimento Portland – Análise química – Método optativo para determinação de óxidos principais por complexometria – Parte 1: Método ISO;

ABNT NBR NM 11-2 – Cimento Portland – Análise química – Método optativo para determinação de óxidos principais por complexometria – Parte 2: Método ABNT;

ABNT NBR NM 13 – Cimento Portland – Análise química – Determinação de óxido de cálcio livre pelo etileno glicol;

ABNT NBR NM 14 – Cimento Portland – Análise química – Método de arbitragem para determinação de dióxido de silício, óxido férrico, óxido de alumínio, óxido de cálcio e óxido de magnésio;

ABNT NBR NM 15 – Cimento Portland – Análise química – Determinação de resíduo insolúvel;

ABNT NBR NM 16 – Cimento Portland – Análise química – Determinação de anidrido sulfúrico;

ABNT NBR NM 17 – Cimento Portland – Análise química – Método de arbitragem para a determinação de óxido de sódio e óxido de potássio por fotometria de chama;

ABNT NBR NM 18 – Cimento Portland – Análise química – Determinação de perda ao fogo;

ABNT NBR NM 19 – Cimento Portland – Análise química – Determinação de enxofre na forma de sulfeto;

ABNT NBR NM 20 – Cimento Portland e suas matérias-primas – Análise química – Determinação de dióxido de carbono por gasometria;

ABNT NBR NM 22 – Cimento Portland com adições de materiais pozolânicos – Análise química – Método de arbitragem;

ABNT NBR NM 30 – Agregado miúdo – Determinação da absorção de água;

ABNT NBR NM 43 – Cimento Portland – Determinação da pasta de consistência normal;

ABNT NBR NM 45 – Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios;

ABNT NBR NM 46 – Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75 micrometro, por lavagem;

ABNT NBR NM 49 – Agregado fino – Determinação de impurezas orgânicas;

ABNT NBR NM 52 – Agregado miúdo – Determinação de massa específica e massa específica aparente;

ABNT NBR NM 53 – Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água;

ABNT NBR NM 67 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone;

ABNT NBR NM 248 – Agregados – Determinação da composição granulométrica.

Comissão Europeia de Normalização

BS EN 13823 – Reaction to fire tests for building products. Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a single burning item.

International Organization Standardization (ISO)

ISO 10140-2 – Acoustics – Laboratory measurement of sound insulation of building elements – Part 2 Measurements of airborne sound insulation;

ISO 717-1 – Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of buildings elements – Part 1: Airborne sound insulation;



ISO 717-2 – Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of buildings elements – Part 2: Impact sound insulation;

ISO 1182 – Reaction to fire tests for products – Non-combustibility test.

American National Standards Institute (ANSI)

ANSI / ASHRAE 55 – Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.

American Society for Testing and Materials (ASTM)

ASTM E 662 – Standard test method for specific optical density of smoke generated by solid materials;

ASTM D-3273 – Standard Test Method for Resistance to Growth of Mold on the Surface of Interior Coatings in an Environmental Chamber.

## **2. Caracterização do sistema de paredes**

Devem ser descritos os dados técnicos sobre o sistema construtivo alvo desta Diretriz, a serem fornecidos pelo proponente e constatados, determinados ou verificados pela Instituição Técnica Avaliadora - ITA. Estes dados devem constar do projeto do sistema e estar disponível na ITA, não sendo necessária a informação de todos eles no Documento de Avaliação Técnica - DATec, a menos que seja relevante.

O DATec, elaborado para um determinado sistema construtivo com base nesta Diretriz, deve indicar a concepção estrutural, os materiais empregados, os tipos de fôrmas utilizadas na unidade de produção, as instalações de pré-moldagem, o tipo de cura, equipamentos de transporte e montagem, equipamentos de segurança e eventuais revestimentos de paredes e pisos, caixilhos (quando necessário) e demais interfaces de interesse, de forma a caracterizar o sistema construtivo.

A seguir, algumas informações que devem constar da caracterização do sistema integrado por painéis pré-moldados estruturais ou não estruturais, para emprego como paredes de edifícios habitacionais.

### **2.1. Informações sobre o uso do sistema de paredes**

Deve-se identificar as informações julgadas relevantes para a avaliação do sistema, dentre as quais:

- Uso(s) a que se destina(m) o sistema construtivo. Esta Diretriz trata de uso em edifícios habitacionais; no caso de outros usos, devem ser complementados requisitos específicos quando necessário;
- Quantidade de pavimentos-tipo: definir a quantidade usual ou máxima de pavimentos-tipo do edifício que empregará o sistema construtivo; no caso de casas térreas e sobrados, informar se aplica-se somente a unidades isoladas ou também a unidades geminadas.
- Identificação dos painéis pré-moldados com ou sem função estrutural.
- Informações do vínculo dos painéis com a estrutura, no caso dos painéis não terem função estrutural.

### **2.2. Caracterização dos materiais**

#### **2.2.1. Cimento e agregados**

A caracterização do cimento e agregado somente é feita nos casos em que o concreto é preparado na unidade de produção instalada no canteiro ou em unidades de produção externas. Para o caso de utilização de concreto usinado, o fornecedor deve atender o disposto na ABNT NBR 7212, sendo a compra deste concreto realizada não somente pela resistência característica a compressão ( $f_{ck}$ ), mas também pelas resistências das situações transitórias às

que as peças pré-moldadas são submetidas conforme já indicado no item 1 desta Diretriz (desenforma ou desprotensão, manuseio, içamento, transporte e montagem/instalação).

O cimento utilizado deve atender as normas brasileiras prescritivas. As características dos agregados podem ser determinadas conforme Tabela 1 para os casos de produção em canteiros de obra. Deve-se verificar a reação álcali-agregado (caracterização petrográfica e ensaio acelerado).

**Tabela 1 - Caracterização dos agregados**

| <b>Características</b>  | <b>Indicador</b>                                  |
|---|---|
| Absorção de água e massa específica – Agregado miúdo  | Conforme especificação de projeto e ABNT NBR 7211 |
| Massa específica, massa específica aparente e absorção de água – Agregado graúdo                                |   |
| Massa específica, massa específica aparente e absorção de água – Agregado miúdo                                 |   |
| Massa unitária no estado solto  |   |
| Composição granulométrica   |   |
| Material passante na peneira 75microm. por lavagem  |   |
| Teor de argila em torrões e materiais friáveis  |   |
| Reatividade álcali/agregado   | ABNT NBR 15577-4                                  |
| Análise petrográfica para verificação da potencialidade reativa de agregados em presença de álcalis do concreto | ABNT NBR 15577-3                                  |

### 2.2.2. Concreto

Para o concreto, a avaliação técnica consiste em identificar as características constantes da Tabela 2:

**Tabela 2 - Caracterização do concreto**

| <b>Característica</b>   | <b>Indicador</b>                           |
|---|--|
| Consistência do concreto (estado fresco)  | Conforme especificação de projeto          |
| Resistência à compressão na desenforma, movimentação e serviço  | Conforme especificação de projeto          |
| Resistência característica à compressão aos 28 dias, ou outra idade em razão de situações específicas | Conforme especificação de projeto          |
| Absorção de água e índice de vazios (estado endurecido)   | Conforme especificação de projeto          |
| Massa específica (estado endurecido)  | Conforme especificação de projeto          |
| Quantidades e tipos de aditivos (tipos e quantidades)   | Conforme especificado em estudo de dosagem |

### 2.2.3. Armaduras e fibras

**Tabela 3- Características das armaduras e fibras**

| Característica   | Indicador   |
|--|---|
| <b>Armaduras</b>   |   |
| Resistência de escoamento                                      | Conforme especificação de projeto e ABNT NBR 7480, ABNT NBR 7482 ou ABNT NBR 7483 |
| Diâmetros e seções transversais nominais                       | Conforme especificação de projeto   |
| <b>Fibras</b>  |   |
| Tipo de fibras (metálicas ou sintéticas)                       | Conforme especificação de projeto   |
| Quantidade de fibras introduzidas no concreto por metro cúbico | Conforme especificação de projeto   |
| Resistência à tração   | Conforme especificação de projeto   |

### 2.2.4. Outros materiais

Devem ser realizados ensaios de caracterização, segundo normas técnicas ou procedimentos específicos e pertinentes, para outros materiais, diferentes do concreto, armadura ou fibras, tais como blocos cerâmicos, blocos de concreto, ou de outros materiais que forem utilizados para compor os painéis pré-moldados.

## 2.3. Caracterização dos componentes

### 2.3.1. Caracterização dos painéis-parede e demais componentes

A tabela a seguir mostra as principais características dos painéis pré-moldados a serem consideradas na avaliação.

**Tabela 4 – Características dos painéis-parede e demais componentes.**

| Característica  | Indicador de conformidade         |
|---|-----------------------------------|
| Dimensões nominais  | Conforme especificação de projeto |
| Posicionamento e quantidade de dispositivos de fixação temporários e /ou definitivos  | Conforme especificação de projeto |
| Posicionamento e quantidade de alças de içamento                                      | Conforme especificação de projeto |
| Posicionamento e detalhes de todos os materiais e componentes integrantes dos painéis | Conforme especificação de projeto |
| Eventuais acabamentos ou detalhes decorativos incorporados na pré-moldagem            | Conforme especificação de projeto |
| Posicionamento, dimensões e quantidade de nervuras                                    | Conforme especificação de projeto |

### 2.3.2. Indicação dos revestimentos

Identificar os revestimentos de piso, paredes, tetos, e outros, somente quando tais revestimentos forem obrigatórios para atingir desempenho satisfatório. Por exemplo: cerâmica na parede e piso do box pode ser necessária para atingir o mínimo em estanqueidade; pintura na fachada pode ser determinante para o mínimo térmico, etc.

Quando se julgar necessário, os revestimentos devem ser avaliados e ensaiados conforme as normas técnicas ou Diretrizes SINAT específicas.

### **2.3.3. Indicação das esquadrias**

Identificar a forma e materiais de fixação e de vedação da interface entre as paredes e as esquadrias.

### **2.3.4. Indicação de equipamentos de transporte, montagem e segurança**

Identificar equipamentos empregados na execução de edifício com o sistema construtivo objeto desta Diretriz, como fôrmas, guias, pórticos rolantes, vibradores para o concreto, equipamentos topográficos, ferramentas especiais, e equipamentos específicos de segurança, etc.

### **2.3.5. Indicação da ligação entre painéis e estrutura**

Identificar a forma de fixação na interface entre o painel e a estrutura, complementado com desenho esquemático e análises de desempenho do tratamento dessas interfaces.

## **2.4. Procedimentos de execução**

Caracterizar os principais procedimentos de fabricação, transporte e montagem dos componentes pré-moldados, e demais serviços necessários à execução da obra.

## **3. Requisitos e critérios de desempenho**

Os requisitos e critérios a seguir transcritos correspondem àqueles especificados na ABNT NBR 15575 (partes 1 a 6), ABNT NBR 6118, ABNT NBR 6123, ABNT NBR 9062, ABNT NBR 14432.

### **3.1. Desempenho estrutural**

#### **3.1.1. Resistência estrutural e estabilidade global – (Estado limite último)**

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 (ABNT NBR 15575-2) e atender às disposições aplicáveis na ABNT NBR 6118, ABNT NBR 9062, e ABNT NBR 15270-2, quando tratar-se de elementos estruturais.

Para edifícios de até cinco pavimentos, quando a modelagem matemática do comportamento conjunto dos materiais que constituem a parede não for conhecida e consolidada por experimentação, permite-se estabelecer uma resistência mínima de projeto através de ensaio destrutivo e traçado do diagrama carga x deslocamento, conforme previsto em 7.2 da ABNT NBR 15575-2:2013. Painéis pré-fabricados estruturais devem ser ensaiados nas mesmas condições do emprego em obra, com a altura prevista para o pé direito e comprimento mínimo de 1,20m. Os resultados dos ensaios em painéis cegos, de pelo menos 1,20m de comprimento, podem fornecer dados complementares a verificações analíticas, considerando o potencial de comportamento estrutural dos painéis cegos. Painéis que contêm aberturas podem apresentar comportamentos distintos, dependendo de cada situação específica, portanto, para edifícios multifamiliares deve-se recorrer a ensaios em painéis com aberturas, de comprimento representativo do sistema construtivo ou do projeto específico. No caso de painéis com aberturas é importante fazer a análise considerando o conjunto da estrutura, e verificar o comportamento experimental das “vergas”, que podem ter eventualmente comportamento de vigas, e das “contravergas” e dos trechos laterais às aberturas, que podem ter comportamento de pilares. Poderá ser considerada também a ABNT NBR 16055 - Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações: Requisitos e procedimentos, para inferências e considerações estruturais, inclusive com referência a painéis com aberturas.

Para o sistema de vedação vertical externo, estrutural ou sem função estrutural, deve ser realizada verificação analítica ou ensaio de cargas laterais uniformemente distribuídas, visando simular as ações horizontais devidas ao vento, devendo-se considerar para efeito da avaliação a solicitação  $\gamma_w S_{wk}$ . No caso de ensaio, o corpo-de-prova deve ser constituído por um trecho representativo do sistema de vedação vertical externo, incluindo as fixações e vinculações

típicas entre componentes. No caso de paredes estruturais, deve-se combinar o efeito do carregamento vertical.

No caso de paredes não estruturais e/ou vedações, o desempenho estrutural deve ser verificado de modo a atender aos critérios estabelecidos na ABNT NBR15575-4:2013.

### **3.1.2. Deformações ou estados de fissuração do sistema estrutural – (Estado limite de serviço)**

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 do edifício, tais como portas e janelas, nem repercutir no funcionamento das instalações.

Portanto, sob a ação de cargas gravitacionais, de variações de temperatura e de umidade, de vento (ABNT NBR 6123), recalques diferenciais das fundações (ABNT NBR 6122), ou quaisquer outras solicitações passíveis de atuarem sobre a construção, os componentes estruturais não devem apresentar:

- deslocamentos maiores que os estabelecidos nas normas de projeto estrutural (ABNT NBR 6118, ABNT NBR 9062 e ABNT NBR 15575-2);
- fissuras com aberturas maiores que os limites indicados nas ABNT NBR 6118, ABNT NBR 9062 e ABNT NBR 15575-2.

Os painéis estruturais devem atender às disposições aplicáveis na ABNT NBR 6118 e ABNT NBR 9062, bem como as exigências da ABNT NBR 15575-2.

Os sistemas de vedação verticais internos e externos, considerando as combinações de carregamentos, devem atender os limites de deslocamentos instantâneos ( $d_{ir}$ ) e residuais ( $d_{irr}$ ) indicados na Tabela 5, sem apresentar falhas que caracterizem o estado limite de serviço. Estes limites aplicam-se, a edificações habitacionais de até cinco pavimentos.

**Tabela 5 – Critérios e níveis de desempenho quanto a deslocamentos e ocorrência de falhas sob ação de cargas de serviço**

| Elemento  | Solicitação   | Critério  |
|---|---|---|
| Painéis com função estrutural   | Cargas verticais:<br>$S_d = S_{gk} + 0,7 S_{qk} + S_{wk}$<br>(desconsiderar $S_{wk}$ no caso de alívio da compressão) | Não ocorrência de falhas; Limitação dos deslocamentos horizontais:<br>$d_h \leq h/500$<br>$d_{hr} \leq h/2500$  |
| Painéis com ou sem função estrutural  | Cargas permanentes e deformações impostas<br>$S_d = S_{gk} + S_{\xi k}$   | Não ocorrência de falhas, tanto nas paredes como nas interfaces da parede com outros componentes  |
| Painéis (paredes de fachadas) com ou sem função estrutural  | Cargas horizontais:<br>$S_d^{(a)} = 0,9 S_{gk} + 0,8 S_{wk}$  | Não ocorrência de falhas; Limitação dos deslocamentos horizontais:<br>$d_h \leq h/500$ (SVVE com função estrutural);<br>$d_{hr} \leq h/2500$ (SVVE com função estrutural);<br>$d_h \leq h/350$ (SVVE sem função estrutural);<br>$d_{hr} \leq h/1750$ (SVVE sem função estrutural).<br>Entende-se neste critério como SVVE as paredes de fachada |
| (a) No caso de ensaios de tipo considerar $S_d = S_{gk} + 0,8 S_{wk}$ onde:<br>h é altura do elemento parede;<br>$d_h$ é o deslocamento horizontal instantâneo;<br>$d_{hr}$ é o deslocamento horizontal residual;<br>$S_{gk}$ é a solicitação característica devido a cargas permanentes;<br>$S_{\xi k}$ é o valor característico da solicitação devida à deformação específica do material;<br>$S_{qk}$ é o valor característico da solicitação devida às cargas acidentais ou sobrecargas de uso;<br>$S_{wk}$ é o valor característico da solicitação devida ao vento.<br>Nota: estes limites aplicam-se, a princípio, a SVVIE destinados a edificações de até cinco pavimentos |   |   |

Para edifícios de até cinco pavimentos, quando a modelagem matemática do comportamento conjunto dos materiais que constituem a parede não for conhecida e consolidada por experimentação, permite-se estabelecer uma resistência mínima de projeto através de ensaio destrutivo e traçado do diagrama carga x deslocamento, conforme previsto na ABNT NBR 15575-2:2013. Painéis pré-fabricados estruturais devem ser ensaiados nas mesmas condições do emprego em obra, com a altura prevista para o pé direito e comprimento mínimo de 1,20m. Os resultados dos ensaios em painéis cegos, de pelo menos 1,20m de comprimento, podem fornecer dados complementares a verificações analíticas, considerando o potencial de comportamento estrutural dos painéis cegos. Painéis que contém aberturas podem apresentar comportamentos distintos, dependendo de cada situação específica, portanto, para edifícios multifamiliares deve-se recorrer a ensaios em painéis com aberturas, de comprimento representativo do sistema construtivo ou do projeto específico. No caso de painéis com aberturas é importante fazer a análise considerando o conjunto da estrutura, e verificar o comportamento experimental das “vergas”, que podem ter eventualmente comportamento de vigas, e das “contravergas” e dos trechos laterais às aberturas, que podem ter comportamento de pilares. Poderá ser considerada também a ABNT NBR 16055 - Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações: Requisitos e procedimentos, para inferências e considerações estruturais, inclusive com referência a painéis com aberturas.

Para sistemas de vedações verticais externas sem função estrutural, realizar ensaio-tipo, análise de projeto ou cálculos, considerando também os esforços que simulam as ações horizontais devidas ao vento.

As análises, verificações ou ensaios-tipo devem considerar também as fixações e vinculações, bem como o desenho específico para cada caso, incluindo as justificativas do modelo adotado.

Para o ensaio visando a verificação da resistência a ações horizontais, pode ser adotada a câmara de ensaio prevista para ensaios de esquadrias externas, conforme a ABNT NBR 10821-3 ou realizar ensaio por intermédio de balão inflável de material plástico, conforme Anexo G da ABNT NBR 15575-4:2013.

Os resultados do ensaio-tipo devem mencionar a ocorrência de fissuras, deslocamentos ou falhas que repercutam no estado limite de serviço, considerando prejuízo ao desempenho, ou no estado limite último, considerando prejuízo da segurança estrutural.

### **3.1.3. Resistência a impactos de corpo mole e corpo duro**

Devem atender aos seguintes critérios constantes nas Tabelas 6 a 11

Não sofrer ruptura ou instabilidade (impactos de segurança), que caracterize o estado limite último, para as correspondentes energias de impacto indicadas nas Tabelas 6 a 11;

Não 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 ( $d_h$  é o deslocamento horizontal instantâneo,  $d_{hr}$  é o deslocamento horizontal residual,  $h$  é a altura da parede);

Não provocar danos a componentes, instalações ou aos acabamentos acoplados ao sistema de vedação vertical interno ou externo, de acordo com as respectivas energias de impacto.

#### **3.1.3.1. Impactos de corpo-mole para vedações verticais externas (fachadas) de edifícios com mais de um pavimento e para vedações verticais internas.**

Atender aos critérios das Tabelas 6 e 7, conforme estabelecido em 7.4 da ABNT NBR 15575-4:2013.

**Tabela 6 – Impactos de corpo-mole para vedações verticais externas (fachadas) de edifícios com mais de um pavimento.**

| Elemento                               | Impacto   | Energia de impacto de corpo mole (J)   | Critério de desempenho   |
|--|---|--|--|
| Vedação vertical com função estrutural | Impacto externo (acesso externo do público; normalmente andar térreo) | 960  | Não ocorrência de ruína. (estado limite último)  |
|  |   | 720  |  |
|  |   | 480  | Não ocorrência de falhas. (estado limite de serviço)   |
|  |   | 360  |  |
|  |   | 240  | Não ocorrência de falhas. (estado limite de serviço)<br>Limitação dos deslocamentos horizontais:<br>$d_h \leq h/250$ ;<br>$d_{hr} \leq h/1250$ . |
|  |   | 180  |  |
|  | 120   | Não ocorrência de falhas. (estado limite de serviço)   |  |
|  | Impacto interno (todos os pavimentos)                                 | 480  | Não ocorrência de ruína nem traspasse da parede pelo corpo percursor de impacto. (estado limite de último)                                       |
|  |   | 240  |  |
|  |   | 180  | Não ocorrência de falhas. (estado limite de serviço)   |
| 120                                    |   | Não ocorrência de falhas. (estado limite de serviço)<br>Limitação dos deslocamentos horizontais:<br>$d_h \leq h/250$ ;<br>$d_{hr} \leq h/1250$ . |  |
| Vedação vertical sem função estrutural | Impacto externo (acesso externo do público; normalmente andar térreo) | 720  | Não ocorrência de ruína (estado limite de último)  |
|  |   | 480  |  |
|  |   | 360  | Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço)  |
|  |   | 240  | Não ocorrência de falhas; (estado limite de serviço)<br>Limitação dos deslocamentos horizontais:<br>$d_h \leq h/125$ ;<br>$d_{hr} \leq h/625$ .  |
|  |   | 180  | Não ocorrências de falhas (estado limite de serviço)   |
|  |   | 120  |  |
|  | Impactos internos (todos os pavimentos)                               | 360  | Não ocorrência de ruína nem traspasse da parede pelo corpo percursor do impacto (estado limite último)   |
|  |   | 180  |  |
|  |   | 120  | Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço)<br>Limitação dos deslocamentos horizontais:<br>$d_h \leq h/125$ ;<br>$d_{hr} \leq h/625$ .   |



**Tabela 7 – Impacto de corpo-mole para vedações verticais internas**

| <b>Elemento</b>                                    | <b>Energia de impacto de corpo mole (J)</b> | <b>Critério de desempenho</b>  |
|--|---|--|
| Vedações com função estrutural                     | 360   | Não ocorrência de ruína (estado limite último).  |
|  | 240   | São admitidas falhas localizadas.  |
|  | 180   | Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço)  |
|  | 120   | Não ocorrência de falhas. (estado limite de serviço)<br>Limitação dos deslocamentos horizontais:<br>$d_h \leq h/250$ ;<br>$d_{hr} \leq h/1250$ . |
|  | 60  | Não ocorrência de falhas. (estado limite de serviço)   |
| Vedações sem função estrutural                     | 120   | Não ocorrência de ruína (estado limite de serviço).<br>São admitidas falhas localizadas.   |
|  | 60  | Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço).<br>Limitação da ocorrência de deslocamento:<br>$d_h \leq h/125$ ;<br>$d_{hr} \leq h/625$ .  |
| Nota: Aplica-se também a casas térreas e sobrados. |   |  |

### 3.1.3.2. Impactos de corpo-mole para vedações verticais externas e internas – para casas térreas – com ou sem função estrutural

Atender aos critérios das Tabelas 8 e 9, conforme estabelecido em 7.4 da ABNT NBR 15575-4:2013.

**Tabela 8 – Impactos de corpo-mole para vedações verticais externas (fachadas) de casas térreas, com função estrutural**

| Elemento   | Impacto                                       | Energia de impacto de corpo mole (J) | Critérios de desempenho  |
|--|---|--------------------------------------|--|
| Vedações verticais com função estrutural, para casas térreas | Impactos externos (acesso externo do público) | 720                                  | Não ocorrência de ruína. (estado limite de último)   |
|  |   | 480                                  | Não ocorrência de ruptura. (estado limite de último)   |
|  |   | 360                                  |  |
|  |   | 240                                  | Não ocorrência de falhas; (estado limite de serviço)<br>Limitação dos deslocamentos horizontais:<br>$d_h \leq h/250$ ;<br>$d_{hr} \leq h/1250$ . |
|  |   | 180                                  | Não ocorrência de falhas. (estado limite de serviço)   |
|  |   | 120                                  |  |
|  | Impacto interno                               | 480                                  | Não ocorrência de ruína (estado limite de último)  |
|  |   | 240                                  |  |
|  |   | 180                                  | Não ocorrência de falhas. (estado limite de serviço)   |
|  |   | 120                                  | Não ocorrência de falhas; (estado limite de serviço)<br>Limitação dos deslocamentos horizontais:<br>$d_h \leq h/250$ ;<br>$d_{hr} \leq h/1250$ . |

**Tabela 9 – Impactos de corpo-mole para vedações verticais externas (fachadas) de casas térreas, sem função estrutural**

| Elemento   | Impacto                                       | Energia de impacto de corpo mole (J) | Critérios de desempenho   |
|--|---|--------------------------------------|---|
| Vedações verticais sem função estrutural, válidas para casas térreas | Impactos externos (acesso externo do público) | 480                                  | Não ocorrência de ruína. (estado limite último)   |
|  |   | 360                                  |   |
|  |   | 240                                  | Não ocorrência de falhas; (estado limite de serviço)<br><br>Limitação dos deslocamentos horizontais:<br>$d_h \leq h/125$ ;<br>$d_{hr} \leq h/625$ . |
|  |   | 180                                  | Não ocorrência de falhas. (estado limite de serviço)  |
|  |   | 120                                  |   |
|  |   | Impacto interno                      | 360   |
|  | 180   |                                      |   |
|  | 120   |                                      | Não ocorrência de falhas; (estado limite de serviço)<br><br>Limitação dos deslocamentos horizontais:<br>$d_h \leq h/125$ ;<br>$d_{hr} \leq h/625$ . |

**3.1.3.3. Impactos de corpo-duro para vedações verticais externas (fachadas) e para vedações verticais internas**

Atender aos requisitos estabelecidos em 7.6 da ABNT NBR 15575-4:2013 e os critérios abaixo mencionados, bem como aqueles contemplados nas Tabelas 10 e 11, quais sejam:

- Não apresentar fissuras, escamações, delaminações ou qualquer outro tipo de dano (impactos de utilização), observando-se ainda os limites de profundidades das moissas;
- Não apresentar ruptura ou traspassamento sob ação dos impactos de corpo duro.

**Tabela 10 – Impactos de corpo-duro para vedações verticais externas (fachadas)**

| Sistema  | Impacto                                     | Energia de impacto de corpo duro (J) | Critério de desempenho   |
|--|---|--------------------------------------|--|
| Vedação vertical com ou sem função estrutural; | Impacto externo (acesso externo do público) | 3,75                                 | Não ocorrência de falhas inclusive no revestimento que comprometam o estado limite de serviço. |
|  |   | 20                                   | Não ocorrência de ruína caracterizada por ruptura ou traspassamento. (estado limite último).   |
|  | Impacto interno (todos os pavimentos)       | 2,5                                  | Não ocorrência de falhas que comprometam o estado limite de serviço.                           |
|  |   | 10                                   | Não ocorrência de ruína caracterizada por ruptura ou traspassamento. (estado limite último)    |

**Tabela 11 – Impactos de corpo-duro para vedações verticais internas**

| Sistema                                       | Energia de impacto de corpo-duro (J) | Critério de desempenho  |
|---|--------------------------------------|---|
| Vedação vertical com ou sem função estrutural | 2,5                                  | Não ocorrência de falhas que comprometam o estado limite de serviço.                        |
|   | 10                                   | Não ocorrência de ruína, caracterizada por ruptura e traspassamento (estado limite último). |

### 3.1.4. Solicitações transmitidas por portas para as paredes

Atender aos critérios especificados nas alíneas a) e b) a seguir, conforme 7.5 da ABNT NBR 15575-4:2013.

As paredes externas e internas, suas ligações e vinculações, devem permitir o acoplamento de portas resistindo à ação de fechamentos bruscos das folhas de portas e impactos nas folhas de portas nas seguintes condições:

- a. quando as portas forem submetidas a dez operações de fechamento brusco, as paredes não devem apresentar falhas, tais como: rupturas, fissurações, destacamentos no encontro com o marco, cisalhamento nas regiões de solidarização do marco com a parede, destacamentos em juntas entre componentes das paredes e outros;
- b. sob ação de um impacto de corpo mole com energia de 240J, aplicado no centro geométrico da folha de porta, não deverá ocorrer deslocamento ou arrancamento do marco, nem ruptura ou perda de estabilidade da parede. Admite-se, no contorno do marco, a ocorrência de danos localizados, tais como fissuração e estilhaçamentos.

### 3.1.5. Solicitações de cargas de peças suspensas atuantes nos sistemas de vedações verticais externas e internas

Resistir às solicitações originadas pela fixação de peças suspensas (armários, prateleiras, lavatórios, hidrantes, quadros e outros) conforme critérios estabelecidos em 7.3.1 da ABNT NBR 15575 - 4:2013, apresentados na Tabela 12.

Os sistemas de vedações verticais externas e internas de um edifício habitacional, com ou sem função estrutural, sob a ação de cargas devidas a peças suspensas, não devem apresentar fissuras, descolamentos horizontais instantâneos ( $d_h$ ) ou deslocamentos horizontais residuais ( $d_{hr}$ ), lascamentos ou rupturas, nem permitir o arranchamento dos dispositivos de fixação nem seu esmagamento.

**Tabela 12 - Cargas de ensaio para peças suspensas fixadas por mão-francesa padrão**

| Carga de ensaio aplicada em cada ponto (kN)   | Carga de ensaio aplicada em cada peça, considerando dois pontos de apoio (kN) | Critérios de desempenho  |
|---|---|--|
| 0,4   | 0,8   | Não ocorrência de falhas que comprometam o estado limite de serviço.<br>Limitação dos deslocamentos horizontais:<br>$d_h \leq h/500$ ;<br>$d_{hr} \leq h/2500$ . |
| onde:<br>h é altura do elemento parede;<br>$d_h$ é o deslocamento horizontal instantâneo;<br>$d_{hr}$ é o deslocamento horizontal residual. |   |  |

#### OBSERVAÇÕES:

- além da mão-francesa padrão, prevista na Tabela 12, poderão ser considerados outros tipos de peças suspensas e outros tipos de mão francesa, porém sugere-se a consideração de, ao menos, mais dois tipos, além da mão francesa padrão:
  - a) cantoneira, L, com lados de comprimento igual a 100mm, largura de 25mm, para um ponto de aplicação de carga, com excentricidade de 75mm em relação à face da parede;
  - b) dispositivo recomendado pelo fabricante ou proponente da tecnologia, para aplicação de cargas faceando a parede, ou seja, sem excentricidade; caso não haja indicação específica do fabricante, adotar arruela de aço de 25mm de diâmetro e 3mm de espessura, como corpo de apoio. O carregamento deve representar ao máximo a realidade;
- pode-se considerar que a carga de ensaio de longa duração (24h) mencionada na Tabela 12, contempla um coeficiente de segurança da ordem de 2 (dois), em relação a situações típicas de uso e a carga de serviço ou de uso, neste caso, é a metade da carga adotada no ensaio. Para cargas de curta duração, determinadas em ensaios com aplicação contínua da carga até a ruptura do elemento ou falência do sistema de fixação, considerar um coeficiente de segurança de 3 (três) para as cargas de uso ou de serviço das fixações, em relação à carga de ruptura, verificando-se a resistência dos sistemas de fixação possíveis de serem empregados no tipo de sistema considerado. De forma geral, a carga de uso ou de serviço deve ser considerada como sendo igual ao menor dos dois valores seguintes: 1/3 (um terço) da carga de ruptura, ou a carga que provocar um deslocamento horizontal superior a  $h/500$ ;
- para qualquer sistema de fixação recomendado deve ser estabelecida a máxima carga de uso, incluindo as cargas aplicadas muito próximas à face da parede. Caso o fabricante recomende

um valor limite da distância entre dois pontos de fixação, este valor deve ser considerado no ensaio. Neste caso deve ser reformulada a distância entre pontos de fixação do equipamento de ensaio.

- no caso de “redes de dormir”, considerar uma carga de uso de 2kN, aplicada em ângulo de 60° em relação à face da vedação. Nesta situação, pode-se admitir um coeficiente de segurança igual a 2 (dois) para a carga de ruptura. Não deve haver ocorrência de destacamento dos dispositivos de fixação ou falhas que prejudiquem o estado limite de utilização, para as cargas de serviço. Este critério é aplicável somente se prevista tal condição de uso para a edificação, caso o sistema não permita rede de dormir isto deve constar no manual de operação, uso e manutenção;

### **3.2. Segurança contra incêndio**

Os requisitos de segurança contra incêndio dos elementos construtivos pertinentes a esta Diretriz são expressos por:

- a. reação ao fogo dos materiais de acabamento dos pisos, tetos e paredes (velocidade de propagação de chama);
- b. facilidade de fuga, avaliada pelas características de desenvolvimento de fumaça dos materiais de acabamento dos pisos, tetos e paredes (limitação da densidade ótica de fumaça);
- c. resistência ao fogo dos elementos construtivos, particularmente dos elementos estruturais e de compartimentação.

Como o concreto, blocos cerâmicos e/ou de concreto são elementos constituídos por materiais considerados incombustíveis, os critérios de desempenho relacionados à segurança contra incêndio, particularmente ligados aos sistemas objeto desta Diretriz são relativos à resistência ao fogo das paredes, ou seja: devem assegurar isolamento e estanqueidade às unidades contíguas e minimizar risco de colapso estrutural mediante situação de incêndio. Entretanto, deve-se considerar a reação ao fogo dos revestimentos de paredes, pisos e tetos.

As instalações elétricas e de gás combustível (GLP) devem estar de acordo com as condições de segurança conforme a ABNT NBR 5410 e ABNT NBR 15526, respectivamente.

#### **3.2.1. Dificultar a ocorrência da inflamação generalizada**

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, considerando os requisitos e critérios estabelecidos na norma ABNT NBR 15575 partes 1 a 6.

Avaliar a reação ao fogo das faces internas e externas dos sistemas de vedações verticais e respectivos miolos isolantes térmicos e absorventes acústicos caso existam.

As superfícies internas das vedações verticais externas (fachadas) e ambas as superfícies das vedações verticais internas devem classificar-se conforme Tabela 13 ou Tabela 14 de acordo com o método de previsto, devendo atender as seguintes classes:

- I, II A ou III A, quando estiverem associadas a espaços de cozinha;
- I, II A, III A ou IV A, quando estiverem associadas a outros locais internos da habitação, exceto cozinhas;
- I ou II A, quando estiverem associadas a locais de uso comum da edificação;
- I ou II A, quando estiverem associadas ao interior das escadas, porém com densidade específica ótica máxima de fumaça (Dm) inferior a 100.

As superfícies externas das vedações verticais externas que compõem a fachada devem classificar-se como I, IIA ou IIB, conforme Tabela 13 ou Tabela 14.

Os materiais empregados nos painéis mistos (inclusive os materiais de enchimento e

revestimento - miolo), sejam para paredes externas ou internas, devem classificar-se como I, II A ou III A conforme classificação dos materiais de acordo com a Tabela 13.

**Tabela 13 – Classificação dos materiais com base no método de ensaio da ABNT NBR 9442**

| Classe | Método de ensaio   |                      |                |
|--------|--|----------------------|----------------|
|        | ISO 1182   | ABNT NBR 9442        | ASTM E 662     |
| I      | Incombustível<br>$\Delta T \leq 30^{\circ}\text{C}$<br>$\Delta m \leq 50\%$<br>$t_f \leq 10\text{s}$ | -                    | -              |
| II     | Combustível  | $l_p \leq 25$        | $D_m \leq 450$ |
|        |  |                      | $D_m > 450$    |
| III    |  | $25 < l_p \leq 75$   | $D_m \leq 450$ |
|        |  |                      | $D_m > 450$    |
| IV     |  | $75 < l_p \leq 150$  | $D_m \leq 450$ |
|        |  |                      | $D_m > 450$    |
| V      |  | $150 < l_p \leq 400$ | $D_m \leq 450$ |
|        |  |                      | $D_m > 450$    |
| VI     |  | $l_p > 400$          | -              |

$l_p$  – Índice de propagação de chamas.  
 $D_m$  – Densidade específica ótica de fumaça.  
 $\Delta T$  – Variação da temperatura no interior do forno.  
 $\Delta m$  – Variação da massa do corpo de prova.  
 $t_f$  – tempo de flamejamento do corpo de prova.

A reação ao fogo obtida pelo método de ensaio tendo como base a ABNT NBR 9442, classifica os materiais de acordo com a Tabela 13. Entretanto, para as situações mencionadas a seguir este método não é apropriado. A classificação de reação ao fogo destes materiais deve ser avaliada conforme a norma BS EN 13823 (SBI), indicado na Tabela 14.

- quando ocorre derretimento ou o material sofre retração abrupta afastando-se da chama- piloto;
- quando o material é composto por miolo combustível protegido por barreira incombustível ou que pode se desagregar;
- materiais compostos por diversas camadas de materiais combustíveis apresentando espessura total superior a 25mm;
- materiais que na instalação conformam juntas através das quais, especialmente, o fogo pode propagar ou penetrar;

**Tabela 14 – Classificação dos materiais tendo como base o método de ensaio  
 BS EN 13823 (SBI)**

| Classe | Método de ensaio   |  |                                  |
|--------|--|--|----------------------------------|
|        | ISO 1182   | BS EN 13823  | ISO 11925-2<br>(exp. = 30 s)     |
| I      | Incombustível<br>$\Delta T \leq 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ;<br>$\Delta m \leq 50 \%$ ;<br>$t_f \leq 10 \text{ s}$ | –  | –                                |
| II     | A  | Combustível<br>FIGRA $\leq 120 \text{ W/s}$<br>LSF < canto do corpo de prova<br>THR600s $\leq 7,5 \text{ MJ}$<br>SMOGRA $\leq 180 \text{ m}^2/\text{s}^2$ e TSP600s $\leq 200 \text{ m}^2$ | FS $\leq 150 \text{ mm}$ em 60 s |
|        | B  | Combustível<br>FIGRA $\leq 120 \text{ W/s}$<br>LSF < canto do corpo de prova<br>THR600s $\leq 7,5 \text{ MJ}$<br>SMOGRA $> 180 \text{ m}^2/\text{s}^2$ e TSP600s $> 200 \text{ m}^2$       | FS $\leq 150 \text{ mm}$ em 60 s |
| III    | A  | Combustível<br>FIGRA $\leq 250 \text{ W/s}$<br>LSF < canto do corpo de prova<br>THR600s $\leq 15 \text{ MJ}$<br>SMOGRA $\leq 180 \text{ m}^2/\text{s}^2$ e TSP600s $\leq 200 \text{ m}^2$  | FS $\leq 150 \text{ mm}$ em 60 s |
|        | B  | Combustível<br>FIGRA $\leq 250 \text{ W/s}$<br>LSF < canto do corpo de prova<br>THR600s $\leq 15 \text{ MJ}$<br>SMOGRA $> 180 \text{ m}^2/\text{s}^2$ e TSP600s $> 200 \text{ m}^2$        | FS $\leq 150 \text{ mm}$ em 60 s |
| IV     | A  | Combustível<br>FIGRA $\leq 750 \text{ W/s}$<br>SMOGRA $\leq 180 \text{ m}^2/\text{s}^2$ e TSP600s $\leq 200 \text{ m}^2$   | FS $\leq 150 \text{ mm}$ em 60 s |
|        | B  | Combustível<br>FIGRA $\leq 750 \text{ W/s}$<br>SMOGRA $> 180 \text{ m}^2/\text{s}^2$ e TSP600s $> 200 \text{ m}^2$   | FS $\leq 150 \text{ mm}$ em 60 s |
| V      | A  | Combustível<br>FIGRA $> 750 \text{ W/s}$<br>SMOGRA $\leq 180 \text{ m}^2/\text{s}^2$ e TSP600s $\leq 200 \text{ m}^2$  | FS $\leq 150 \text{ mm}$ em 20 s |
|        | B  | Combustível<br>FIGRA $> 750 \text{ W/s}$<br>SMOGRA $> 180 \text{ m}^2/\text{s}^2$ e TSP600s $> 200 \text{ m}^2$  | FS $\leq 150 \text{ mm}$ em 20 s |
| VI     | –  | –  | FS $> 150 \text{ mm}$ em 20 s    |

NOTAS

FIGRA – Índice da taxa de desenvolvimento de calor.

LFS – Propagação lateral da chama.

THR600s – Liberação total de calor do corpo de prova nos primeiros 600 s de exposição às chamas.

TSP600s – Produção total de fumaça do corpo de prova nos primeiros 600 s de exposição às chamas.

SMOGRA – Taxa de desenvolvimento de fumaça, correspondendo ao máximo do quociente de produção de fumaça do corpo de prova e o tempo de sua ocorrência.

FS – Tempo em que a frente da chama leva para atingir a marca de 150 mm indicada na face do material ensaiado.

$\Delta T$  – Variação da temperatura no interior do forno.

$\Delta m$  – Variação da massa do corpo de prova.

$t_f$  – tempo de flamejamento do corpo de prova.

Os ensaios para avaliação dos materiais devem considerar a maneira como são aplicados na edificação. Caso o material seja aplicado sobre substrato combustível, este deverá ser incluído no ensaio. Caso o material seja aplicado a um substrato incombustível, o ensaio poderá ser realizado utilizando-se substrato de placas de fibrocimento com 6mm de espessura.



### **3.2.2. Dificultar a propagação do incêndio e preservar a estabilidade estrutural da edificação**

Os sistemas ou elementos de vedação vertical que integram os edifícios habitacionais devem atender a norma ABNT NBR 14432 para controlar os riscos de propagação do incêndio e preservar a estabilidade estrutural da edificação em situação de incêndio.

As paredes estruturais devem apresentar resistência ao fogo por um período mínimo de 30 minutos, assegurando neste período condições de estabilidade, estanqueidade e isolamento térmica, no caso de edificações habitacionais de até cinco pavimentos. O tempo requerido de resistência ao fogo deve ser considerado, conforme a ABNT NBR 14432, para os demais casos, considerando-se a altura da edificação habitacional.

As paredes de geminação (paredes entre unidades) de casas térreas geminadas e de sobrados geminados, bem como as paredes entre unidades habitacionais e que fazem divisa com as áreas comuns nos edifícios multifamiliares, são elementos de compartimentação horizontal e devem apresentar resistência ao fogo por um período mínimo de 30 minutos, considerando os critérios de avaliação relativos à estabilidade, estanqueidade e isolamento térmica, no caso de edifícios até cinco pavimentos. O tempo requerido de resistência ao fogo deve ser considerado, entretanto, conforme a ABNT NBR 14432, considerando a altura da edificação habitacional, para os demais casos.

No caso de unidade habitacional unifamiliar, isolada, até 2 pavimentos, exige-se resistência ao fogo de 30 minutos para os SVVIE somente na cozinha e ambiente fechado que abrigue equipamento de gás.

### **3.3. Estanqueidade à água**

No caso da estanqueidade à água de edifícios são consideradas duas fontes de umidade:

- a. externas, como ascensão de umidade do solo pelas fundações e infiltração de água de chuva pelas fachadas, lajes expostas e coberturas;
- b. internas, como água decorrente dos processos de uso e limpeza dos ambientes, vapor de água gerado nas atividades normais de uso, condensação de vapor de água e vazamentos de instalações.

#### **3.3.1. Estanqueidade à água de chuva em sistemas de vedações verticais externas (fachadas)**

O sistema de vedação vertical externa deve atender a seção 10.1.1 da ABNT NBR 15575-4:2013, considerando-se a ação dos ventos. Para edifícios acima de cinco pavimentos devem ser consideradas as condições específicas de vento. O ensaio previsto em 4.2.3.1 deve ser associado à análise do projeto, considerando não somente as juntas entre painéis de fachada, mas também as demais interfaces dos painéis com vedações horizontais e esquadrias. O ensaio deve ser realizado após o ensaio de avaliação da resistência a choque térmico, conforme 4.2.6.5.

#### **3.3.2. Estanqueidade de vedações verticais internas e externas com incidência direta de água – Áreas molhadas**

O sistema de vedação vertical externa e interna não deve permitir infiltração de água, através de suas faces, sobretudo nas regiões com juntas, quando em contato com áreas molhadas, devendo atender ao critério especificado em 10.2.1 da ABNT NBR 15575-4:2013.

#### **3.3.3. Estanqueidade de juntas (encontros) entre paredes pré-moldadas e entre paredes e demais interfaces**

Não permitir infiltração de água pelas juntas entre paredes e entre paredes e demais interfaces dos painéis com outros elementos que compõem a edificação inclusive a estrutura.

### 3.4. Desempenho térmico

A edificação deve reunir características que atendam aos critérios de desempenho térmico estabelecidas na ABNT NBR 15575-1:2013, respeitando as características bioclimáticas das diferentes regiões brasileiras definidas na ABNT NBR 15220-3 e considerando que o desempenho térmico do edifício depende do comportamento interativo entre paredes externas e cobertura.

A avaliação dos sistemas de vedação de fachadas e coberturas, conforme ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5:2013 respectivamente deve ser obtida por meio do procedimento simplificado. Para os casos em que a avaliação da capacidade térmica e transmitância térmica conforme os critérios e métodos estabelecidos nas ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5, resultem em desempenho térmico insatisfatório, o projetista deve avaliar o desempenho térmico da edificação como um todo pelo método da simulação computacional conforme 11.2 da norma ABNT NBR 15575-1:2013, considerando-se os dados das cidades representativas indicados no Anexo A desta Diretriz.

O procedimento de medição em campo, realizado em protótipos ou habitações construídas tem objetivo meramente informativo.

#### 3.4.1. Critérios para o Procedimento Simplificado

No Procedimento Simplificado deve-se verificar o atendimento aos critérios de desempenho térmico estabelecidos para as paredes externas e a cobertura, conforme apresentado nos subitens a seguir.

##### 3.4.1.1. Exigências para as paredes externas do edifício

Para o sistema de vedação do edifício devem ser atendidos os requisitos e critérios relativos aos seguintes itens:

- a. transmitância das paredes externas;
- b. capacidade térmica das paredes externas;

Com relação à transmitância térmica das paredes externas, os valores máximos admissíveis devem ser os estabelecidos na Tabela 15, conforme 11.2.1 da ABNT NBR 15575-4:2013.

**Tabela 15 – Transmitância térmica de paredes externas**

| Transmitância térmica U<br>W/m <sup>2</sup> .K  |                         |                  |
|---|-------------------------|------------------|
| Zonas 1 e 2   | Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8 |                  |
| U ≤ 2,5   | $\alpha^a \leq 0,6$     | $\alpha^a > 0,6$ |
|   | U ≤ 3,7                 | U ≤ 2,5          |
| <sup>a</sup> $\alpha$ é absorvância à radiação solar da superfície externa da parede. |                         |                  |

Para a capacidade térmica das paredes externas, os valores mínimos admissíveis são apresentados na Tabela 16, conforme 11.2.2 da ABNT NBR 15575-4:2013.

**Tabela 16 – Capacidade térmica de paredes externas**

| Capacidade térmica (CT)<br>kJ/(m <sup>2</sup> .K) |               |
|---|---------------|
| Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7                        | Zona 8        |
| ≥ 130   | Sem exigência |

### 3.4.1.2. Exigências para a cobertura do edifício

Para a isolamento térmica da cobertura, esta deve apresentar transmitância térmica e absorvância à radiação solar que proporcionem um desempenho térmico apropriado para cada zona bioclimática.

Os valores máximos admissíveis para a transmitância térmica das coberturas, considerando fluxo térmico descendente, em função das zonas bioclimáticas, encontram-se indicados na Tabela 17, conforme 11.2 da ABNT NBR 15575-5:2013.

**Tabela 17 – Transmitância térmica de coberturas**

| Transmitância térmica (U)<br>W/(m <sup>2</sup> K)                        |             |         |             |            |
|--|-------------|---------|-------------|------------|
| Zonas 1 e 2  | Zonas 3 a 6 |         | Zonas 7 e 8 |            |
| U ≤ 2,30   | α ≤ 0,6     | α > 0,6 | α ≤ 0,4     | α > 0,4    |
|  | U ≤ 2,3     | U ≤ 1,5 | U ≤ 2,3 FT  | U ≤ 1,5 FT |
| α é absorvância à radiação solar da superfície externa da cobertura.     |             |         |             |            |
| NOTA – O fator de transmitância (FT) é estabelecido na ABNT NBR 15220-3. |             |         |             |            |

Em todas as zonas bioclimáticas, com exceção da zona 7, recomenda-se que elementos com capacidade térmica maior ou igual a 150kJ/(m<sup>2</sup>K) não sejam empregados sem isolamento térmico ou sombreamento.

Caso o projeto do sistema de cobertura tenha previsão de isolamento térmica, este deve fazer referência às Normas Brasileiras pertinentes.

### 3.4.2. Critérios para os Procedimentos de Simulação

O Procedimento de Simulação é feito por meio de simulação computacional do desempenho térmico, a partir dos dados de projeto do edifício.

O Procedimento de Simulação do sistema construtivo alvo desta Diretriz deve possibilitar que a edificação apresente desempenho térmico que se enquadre no nível mínimo (M) do critério estabelecido na ABNT NBR 15575-1, ou seja, para edificações implantadas nas diferentes zonas climáticas brasileiras, considerando as situações limítrofes de calor e frio no interior dessas edificações com relação ao ambiente externo, no verão e no inverno, respectivamente, os critérios mínimos de desempenho térmico são os constantes do Anexo A desta Diretriz.

## 3.5. Desempenho acústico

No caso dos sistemas construtivos objeto desta Diretriz, é considerado o isolamento sonoro aos ruídos externos, proporcionado por produtos dispostos em fachadas e o isolamento sonoro aos ruídos internos, proporcionados por paredes e tetos.

Para verificação do atendimento ao requisito de isolamento sonora, seja de paredes externas ou internas, pode-se optar por realizar medições do isolamento em campo<sup>(\*)</sup> ou em laboratório (recomendado para determinação do índice de redução sonora ponderado, R<sub>w</sub>, do produto); cujos critérios de desempenho são diferentes, conforme descrito a seguir.

(\*) O ensaio em campo avalia a envoltória, portanto deve-se caracterizar o sistema de cobertura, tipologias de janelas e áreas proporcionais entre janelas e paredes. Ressalta-se que o resultado se restringe especificamente às condições avaliadas e situações similares.

### 3.5.1.-Isolação sonora promovida pelos elementos da envoltória - ensaio de campo - D<sub>2m,nT,w</sub>

Os níveis de ruídos nos ambientes do edifício habitacional devem atender à ABNT NBR 10152.

Os elementos da envoltória (fachada e cobertura para unidades habitacionais unifamiliares térreas e sobrados e fachada para edifícios habitacionais multifamiliares) devem atender aos critérios mínimos apresentados na Tabela 18. Observa-se que para edificações localizadas na classe de ruído III, existe a necessidade de estudos específicos.

NOTA: as medições devem ser executadas com portas e janelas fechadas, tais como foram entregues pela empresa construtora ou incorporadora.

**Tabela 18 – Valores mínimos recomendados da diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa de dormitório,  $D_{2m,nT,w}$ , para ensaios de campo**

| Classe de ruído | Localização da habitação  | $D_{2m,nT,w}$ (dB) |
|-----------------|---|--------------------|
| I               | Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas   | $\geq 20$          |
| II              | Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III                            | $\geq 25$          |
| III             | Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação | $\geq 30$          |

Nota 1: Para vedação externa de salas, cozinhas, lavanderias e banheiros não há requisitos específicos.  
 Nota 2: Em regiões de aeroportos, estádios, locais de eventos esportivos, rodovias e ferrovias há necessidade de estudos específicos.

### 3.5.2. Isolação sonora promovida pelos elementos da fachada em ensaio de laboratório - $R_w$

O elemento de fachada, considerando as juntas existentes, deve apresentar índice de redução sonora ponderado,  $R_w$ , conforme os valores mínimos indicados na Tabela 19, constantes do Anexo F da ABNT NBR 15575-4:2013.

Deve-se determinar a redução sonora de elementos construtivos isoladamente (parede, janela, porta, etc.).

O resultado é aplicável a diferentes sistemas construtivos e projetos, porém, para avaliar o elemento (parede com janela, parede com porta), é necessário ensaiar cada componente e determinar o isolamento global do conjunto.

**Tabela 19 - Índice mínimo recomendado de redução sonora ponderado da parede,  $R_w$**

| Classe de ruído | Localização da habitação   | $R_w$ (dB)* |
|-----------------|--|-------------|
| I               | Fachada localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas  | $\geq 25$   |
| II              | Fachada localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III                             | $\geq 30$   |
| III             | Fachada sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação. | $\geq 35$   |

Nota: Os valores de desempenho de isolamento acústico medidos no campo ( $D_{nT,w}$  e  $D_{2m,nT,w}$ ) tipicamente são inferiores aos obtidos em laboratório ( $R_w$ ). A diferença entre estes resultados depende das condições de contorno e execução dos sistemas (ver ISO 15712 e EN 12354).  
 \* Resultados considerando as esquadrias

### 3.5.3. Isolação sonora entre ambientes promovida pelas vedações verticais internas em ensaio de campo - $D_{nT,w}$

O sistema de vedação vertical interna deve apresentar, no mínimo, os valores da Tabela 20, conforme 12.2.3 da ABNT NBR 15575-4:2013.

NOTA: as medições devem ser executadas com portas e janelas fechadas, tais como foram entregues pela empresa construtora ou incorporadora.

**Tabela 20 – Valores mínimos recomendados da diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes,  $D_{nT,w}$ , para ensaio de campo**

| Elemento  | $D_{nT,w}$<br>(dB) |
|---|--------------------|
| Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório.   | ≥ 40               |
| Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório.   | ≥ 45               |
| Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de transito eventual, tais como corredores e escadarias dos pavimentos.  | ≥ 40               |
| Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de transito eventual, tais como corredores e escadarias dos pavimentos.   | ≥ 30               |
| Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, tais como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas | ≥ 45               |
| Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ( $D_{nT,w}$ obtida entre as unidades)   | ≥ 40               |

### 3.5.4. Isolação sonora entre ambientes promovida pelas vedações verticais internas em ensaio de laboratório - $R_w$

Os elementos de vedação entre ambientes devem apresentar índice de redução sonora ponderado,  $R_w$ , conforme os valores mínimos da Tabela 21, constantes do Anexo F da ABNT NBR 15575-4:2013. Quando o sistema entre ambientes for constituído por mais do que um elemento, deve ser ensaiado o sistema ou cada elemento e calculada a isolação resultante.

**Tabela 21 – Índice mínimo de Redução Sonora Ponderado dos componentes construtivos,  $R_w$ , para ensaio de laboratório**

| Elemento   | $R_w$<br>(dB) |
|--|---------------|
| Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório.  | ≥ 45          |
| Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório.  | ≥ 50          |
| Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de transito eventual, tais como corredores e escadarias dos pavimentos.   | ≥ 45          |
| Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de transito eventual, tais como corredores e escadarias dos pavimentos.  | ≥ 35          |
| Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, tais como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas. | ≥ 50          |
| Nota: Valores referenciais para paredes cegas.   |               |

### 3.6. Durabilidade e manutenibilidade

Manter a capacidade funcional dos sistemas durante a vida útil de projeto (VUP), desde que sejam realizadas as intervenções de manutenção pré-estabelecidas.

#### 3.6.1. Vida útil de projeto dos elementos

A estrutura principal e os elementos que fazem parte do sistema estrutural, comprometidos com a segurança e a estabilidade global do edifício, devem ser projetados e construídos de modo que, sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizados conforme preconizado em projeto e submetidos a intervenções periódicas de manutenção e conservação, segundo instruções contidas no manual de operação, uso e manutenção, devem manter sua capacidade funcional durante toda a vida útil, conforme estabelecido na seção 14 e no Anexo C da ABNT NBR 15575-1:2013.

Recomenda-se considerar que os elementos do sistema atendam a vida útil de projeto (VUP) no mínimo igual aos períodos sugeridos na ABNT NBR 15575-1 (Anexo C) e transcritos na Tabela 22, além de serem submetidos a manutenções preventivas (sistemáticas) e, sempre que necessário, a manutenções corretivas e de conservação previstas no manual de operação, uso e manutenção.

**Tabela 22 – Vida útil de projeto mínima (VUP)\***

| Sistema   | VUP mínima anos                |
|---|--------------------------------|
| Estrutura / painéis estruturais (externos e internos) | ≥ 50<br>conforme ABNT NBR 8681 |
| Vedação vertical externa sem função estrutural        | ≥ 40                           |
| Vedação vertical interna sem função estrutural        | ≥ 20                           |

\*Considerando periodicidade e processos de manutenção segundo a ABNT NBR 5674 e especificados no respectivo manual de uso, operação e manutenção entregue ao usuário elaborado em atendimento à ABNT NBR 14037.

#### 3.6.2. Manutenibilidade dos elementos

Manter a capacidade funcional durante a vida útil de projeto desde que submetidos às intervenções periódicas de manutenção especificadas pelos respectivos fornecedores.

Estabelecer em manual do usuário, manutenções preventivas e, sempre que necessário, manutenções com caráter corretivo. As manutenções corretivas devem ser realizadas assim que alguma patologia se manifestar, a fim de impedir que pequenas falhas progridam às vezes rapidamente para extensas patologias. Neste manual deve constar a definição da Vida Útil de Projeto, VUP, do sistema construtivo e dos seus componentes, além da indicação dos períodos de manutenção preventiva e de eventuais substituições de componentes e materiais. Além disso, devem existir informações importantes de uso, como fixação de peças suspensas nas paredes, localização das instalações (elétricas e hidráulicas), formas de realizar inspeções e manutenções nessas instalações, entre outras informações pertinentes ao uso desse sistema.

O Manual do Usuário deverá estar adequado à tipologia habitacional do projeto arquitetônico de forma a considerar suas particularidades e limitações.

As manutenções devem ser realizadas em estrita obediência ao manual de operação, uso e manutenção fornecido pelo incorporador e/ou pela construtora.

#### 3.6.3. Exposição à agressividade ambiental

A durabilidade do sistema construtivo também está ligada à agressividade ambiental, às propriedades inerentes dos elementos, de seus componentes e dos materiais, e à interação

entre ambos ao longo do tempo.

### 3.6.3.1. Sistema Construtivo que emprega concreto comum

Considera-se o concreto comum, aquele caracterizado por massa específica não inferior a  $2150\text{kg/m}^3$  e  $f_{ck} \geq 20\text{MPa}$ , para o qual devem ser consideradas as exigências previstas na ABNT NBR 6118.

Como critério de desempenho para o sistema construtivo que emprega concreto comum, deve-se respeitar a relação entre a classe de agressividade ambiental, a resistência à compressão do concreto e a relação água-cimento para garantir qualidade mínima do concreto, válidos para concretos executados com cimento Portland que atenda, conforme seu tipo e classe, às especificações das ABNT NBR 5732, ABNT NBR 5733, ABNT NBR 5735, ABNT NBR 5736, ABNT NBR 5737, ABNT NBR 11578, ABNT NBR 12989 ou ABNT NBR 13116, com consumos mínimos de cimento por metro cúbico de concreto de acordo com a ABNT NBR 12655, conforme definido na norma ABNT NBR 6118 e apresentado na Tabela 23 a seguir. A Tabela 24 exemplifica o tipo de ambiente com relação às classes de agressividade ambiental, com base na ABNT NBR 6118.

**Tabela 23 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental, resistência à compressão do concreto e relação água-cimento, segundo ABNT NBR 6118.**

| Concreto  | Tipo        | Classe de agressividade ambiental <sup>(1)</sup> |                   |                   |                   |
|---|-------------|--|-------------------|-------------------|-------------------|
|   |             | I  | II                | III               | IV                |
| Relação água/cimento  | (CA)        | $\leq 0,65$                                      | $\leq 0,60$       | $\leq 0,55$       | $\leq 0,45$       |
|   | (CP)        | $\leq 0,60$                                      | $\leq 0,55$       | $\leq 0,50$       | $\leq 0,45$       |
| Classe de concreto (ABNT NBR 8953)                                  | (CA)        | $\geq \text{C}20$                                | $\geq \text{C}25$ | $\geq \text{C}30$ | $\geq \text{C}40$ |
|   | (CP)        | $\geq \text{C}25$                                | $\geq \text{C}30$ | $\geq \text{C}35$ | $\geq \text{C}40$ |
| Consumo de cimento por metro cúbico de concreto ( $\text{kg/m}^3$ ) | (CA) e (CP) | $\geq 260$                                       | $\geq 280$        | $\geq 320$        | $\geq 360$        |

<sup>(1)</sup> Classe de agressividade ambiental segundo tabela 6.1 da ABNT NBR 6118  
 CA – Componentes e elementos estruturais de concreto armado.  
 CP – Componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

**Tabela 24 – Classes de agressividade ambiental, conforme ABNT NBR 6118**

| Classe de agressividade ambiental (CAA) | Agressividade | Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto |
|---|---------------|--|
| I                                       | Fraca         | Rural  |
|   |               | Submersa   |
| II                                      | Moderada      | Urbana   |
| III                                     | Forte         | Marinha  |
|   |               | Industrial   |
| IV                                      | Muito Forte   | Marinha e Industrial   |
|   |               | Respingos de maré  |

Outro critério importante refere-se ao cobrimento nominal das armaduras das nervuras de concreto armado, devendo-se respeitar os valores estipulados pela norma ABNT NBR 6118. O projeto e a execução devem considerar tolerância de execução do cobrimento nominal ( $\Delta c$ ). Os cobrimentos nominais para  $\Delta c=10\text{mm}$  são descritos na Tabela 25.

**Tabela 25 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal, para  $\Delta c = 10\text{mm}$  (adaptado da ABNT NBR 6118)**

| Tipo de estrutura   | Componente ou elemento                      | Classe agressividade ambiental <sup>(1)</sup> |    |     |    |
|---------------------|---|---|----|-----|----|
|                     |   | I   | II | III | IV |
|                     |   | Cobrimento nominal (mm)                       |    |     |    |
| Concreto armado     | Viga / Pilar                                | 25  | 30 | 40  | 50 |
|                     | Parede externa e interna de áreas molháveis | 25  | 30 | 40  | 50 |
|                     | Paredes internas de áreas secas             | 20  | 25 | 35  | 45 |
| Concreto protendido | Todos                                       | 30  | 35 | 45  | 55 |

<sup>(1)</sup> Classe de agressividade ambiental conforme Tabela 24

Admite-se, segundo a ABNT NBR 6118 e a ABNT NBR 9062, a redução dos cobrimentos nominais previstos na Tabela 25 em 5mm, quando houver um adequado controle da qualidade e rígidos limites de tolerância da variabilidade das medidas durante a execução (adoção de  $\Delta c = 5\text{mm}$ ).

Permite-se ainda, conforme 9.2.1.1.2 da ABNT NBR 9062:2006 a realização de ensaios comprobatórios de desempenho da durabilidade de elementos pré-fabricados de concreto, frente ao nível de agressividade previsto em projeto, para estabelecer os cobrimentos mínimos a serem atendidos. Na falta desses ensaios, permite-se, a redução de mais 5 mm de cobrimento, desde que se tenha C40 ( $f_{ck} \geq 40\text{MPa}$ ) e relação água/cimento  $\leq 0,45$ , não sendo permitidos cobrimentos menores que:

- lajes em concreto armado  $\geq 15\text{mm}$ ;
- demais peças em concreto armado (painéis)  $\geq 20\text{ mm}$ ;
- peças em concreto protendido (lajes e painéis)  $\geq 25\text{mm}$ ;
- peças delgadas protendidas (nervuras)  $\geq 15\text{mm}$ ;
- lajes alveolares protendidas  $\geq 20\text{mm}$

O cobrimento mínimo de peças em concreto protendido se refere aos fios e cabos de protensão, sendo que as demais armaduras devem obedecer ao critério de peças em concreto armado.

Nos painéis mistos ou vazados, as armaduras posicionadas sobre os materiais de enchimento, ou vazios internos fechados, devem ter cobrimento interno mínimo de 5mm.

### **3.6.3.2. Painéis cujas nervuras do sistema construtivo empregam concreto leve (mistura com ar incorporado ou outro)**

No caso de nervuras que utilizam concreto leve, os critérios estipulados pela ABNT NBR 6118 não podem ser aplicados. Nesse caso, na avaliação da exposição à agressividade ambiental, deve-se demonstrar o potencial de resistência do concreto a agentes agressivos mais comuns, como carbonatação e penetração de cloretos, quando do emprego de armaduras metálicas. Se forem utilizadas armaduras com fibras não metálicas deve-se verificar a compatibilidade do material da fibra com o concreto (álcalis do cimento).



### **3.6.3.3. Sistemas construtivos que empregam painéis pré-moldados mistos de concreto e outros materiais.**

Os painéis mistos devem ter análise específica com relação à durabilidade do conjunto, verificando-se a compatibilidade entre os materiais e componentes empregados.

Para painéis que tenham miolo preenchidos com material isolante (poliestireno expandido – EPS, ou poliuretano – PU), além da resistência a choque térmico (ver 3.6.5 desta Diretriz), considerar a resistência a crescimento de fungos e comportamento do painel sob condições de exposição natural (resistência ao envelhecimento natural).

### **3.6.4. Deterioração do concreto e da armadura**

Em relação ao sistema construtivo de paredes de concreto armado, ao sistema construtivo de paredes pré-moldados que empreguem componentes cerâmicos ou outros materiais combinados com concreto armado, a qualidade do concreto é um importante requisito de desempenho quanto à durabilidade, devendo dificultar a permeabilidade à umidade e a consequente corrosão de suas armaduras.

Deve-se considerar como diretriz para durabilidade das estruturas de concreto armado, das estruturas mistas com componentes cerâmicos ou outros materiais que possuam como um de seus elementos constituintes, os mecanismos preponderantes de envelhecimento e deterioração relativos ao concreto, aos componentes cerâmicos e à armadura.

Quanto à deterioração do concreto deve-se considerar:

- lixiviação por ação de águas puras, carbônicas agressivas e ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento;
- expansão por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado;
- expansão por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;
- reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

Quanto à deterioração dos componentes cerâmicos ou de concreto deve-se considerar:

- a. Movimentações higroscópicas devidas à expansão por ação de águas;
- b. Movimentações térmicas
- c. Ação de agentes deletérios
- d. Absorção de água
- e. Eflorescência: ver norma ABNT NBR 15270

Quanto à deterioração da armadura, deve-se considerar:

- a. despassivação por carbonatação, ou seja, por ação do gás carbônico da atmosfera que penetra por difusão e reage com os hidróxidos alcalinos da solução dos poros do concreto reduzindo o pH dessa solução;
- b. despassivação por elevado teor de íon cloro (cloreto), ou seja, por penetração do cloreto através de processos de difusão, de impregnação ou de absorção capilar de águas contendo teores de cloreto, que ao superarem certo limite podem ocasionar a corrosão.

### **3.6.5. Resistência a choque térmico**

Os painéis das paredes de fachada, incluindo seus revestimentos, submetidas a dez ciclos sucessivos de exposição ao calor e resfriamento por meio de jato de água, 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, destacamentos, empolamentos, descoloração e outros danos.

### 3.6.6. Resistência à corrosão de dispositivos de fixação

Analisar se a resistência à corrosão dos dispositivos de fixação é compatível com a VUP. Essa análise deve ser feita considerando o sistema de proteção contra corrosão.

### 3.6.7. Exposição ao envelhecimento natural

Critério a ser considerado para os painéis mistos com miolo preenchidos com material isolante (exemplo: poliestireno expandido – EPS, poliuretano – PU, entre outros.).

Após 6 meses de exposição do painel sob condições climáticas naturais (área de envelhecimento natural), não devem ser observadas manchas, fissuras, empolamentos, descolorações e outros danos nas faces do painel.

O Relatório técnico de avaliação (RTA) será emitido após concluídos os 6 meses de exposição do painel. Porém, é recomendável também a avaliação 12 meses após o painel ter sido exposto em condição naturais, ou em condições reais de uso (APO), para efeito da concessão do DATec.

### 3.6.8. Resistência ao crescimento de fungos

Critério a ser considerado para os painéis mistos com miolo preenchidos com material isolante (exemplo: poliestireno expandido – EPS, poliuretano – PU, entre outros.).

Os corpos-de-prova submetidos a ensaios devem ser avaliados a cada semana, durante um período de 28 dias. Essa avaliação é visual, realizada de acordo com os critérios apresentados na Tabela 26.

**Tabela 26 - Avaliação visual do crescimento superficial de fungos (\*)**

| Nota | Percentual da área da superfície avaliada por face do painel           |
|------|--|
| 0    | Ausência de crescimento  |
| 1    | Traços de crescimento  |
| 2    | 1 a 10 % de crescimento sobre a área total do painel                   |
| 3    | Mais do que 10 %, até 30 % de crescimento sobre a área total do painel |
| 4    | Mais do que 30 %, até 70 % de crescimento sobre a área total do painel |
| 5    | Mais do que 70 % de crescimento sobre a área total do painel           |

(\*) FONTE: BRAVERY, A.F., BARRY, S. and COLEMAN, L.J. (1978).

Collaborative experiments on testing the mould resistance of paint films. Int. Biod. Bull. 14(1). 1-10

Considera-se admissível amostras com Nota até 2, até 10% de crescimento de fungos sobre a área total do painel (em uma face).

## 4. Métodos para avaliação

### 4.1. Métodos para avaliação das características dos materiais e componentes construtivos

As características definidas na Tabela 27 devem ser comprovadas pela análise de resultados de ensaios, medições e inspeções visuais.

Os materiais e componentes convencionais devem ser caracterizados conforme normas técnicas brasileiras em vigor.

**Tabela 27 - Requisitos de conformidade de materiais e componentes**

| Item                          | Requisitos  | Indicador de conformidade                         | Método de avaliação <sup>(1)</sup>   |
|-------------------------------|---|---|--|
| <b>A – Agregado</b>           |   |   |  |
| 1                             | Absorção de água e massa específica – Agregado miúdo  | Conforme especificação de projeto e ABNT NBR 7211 | ABNT NBR NM 30   |
| 2                             | Massa específica, massa específica aparente e absorção de água – Agregado graúdo  |   | ABNT NBR NM 53   |
| 3                             | Massa específica, massa específica aparente e absorção de água – Agregado miúdo   |   | ABNT NBR NM 52   |
| 4                             | Massa unitária no estado solto  |   | ABNT NBR NM 45   |
| 5                             | Composição granulométrica   |   | ABNT NBR NM 248  |
| 6                             | Material passante na peneira 75microm. por lavagem  | Conforme especificação de projeto e ABNT NBR 7211 | ABNT NBR NM 46   |
| 7                             | Teor de argila em torrões e materiais friáveis  |   | ABNT NBR 7218  |
| 8                             | Reatividade álcali/agregado   |   | ABNT NBR 15577-4   |
| 9                             | Análise petrográfica para verificação da potencialidade reativa de agregados em presença de álcalis do concreto   |   | ABNT NBR 15577-3   |
| <b>B – Cimento</b>            |   |   |  |
| 1                             | Análise física e mecânica: finura, massa específica, área específica Blaine, água da pasta de consistência normal, tempos de pega, expansibilidade Le Chatelier, resistência à compressão   | Conforme especificação de projeto                 | ABNT NBR 11579, ABNT NBR NM23, ABNT NBR NM 76, ABNT NBR NM 43  |
| 2                             | Análise química: PF, SiO <sub>2</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, MgO, SO <sub>3</sub> , RI, CO <sub>2</sub> , Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O, CaO livre e sulfeto (S <sup>2-</sup> ) |   | ABNT NBR NM 11-2, ABNT NBR NM 13, ABNT NBR NM 14, ABNT NBR NM 15, ABNT NBR NM 16, ABNT NBR NM 17, ABNT NBR NM 18, ABNT NBR NM 19, ABNT NBR NM 20, ABNT NBR NM 22         |
| <b>C – Concreto</b>           |   |   |  |
| 1                             | Consistência do concreto fresco   | Conforme especificação de projeto                 | Ensaio de consistência pelo abatimento do tronco de cone, conforme ABNT NBR NM 67 ou Ensaio de consistência pelo espalhamento do tronco de cone, conforme ABNT NBR NM 68 |
| 2                             | Resistência à compressão do concreto endurecido, após desenforma, movimentação e serviço  |   | Ensaio de resistência à compressão realizado segundo a ABNT NBR 5739   |
| 2                             | Resistência à compressão do concreto endurecido, após 28 dias <sup>(2)</sup>  |   | Ensaio de resistência à compressão realizado segundo a ABNT NBR 5739   |
| 3                             | Massa específica  |   | Ensaio conforme a ABNT NBR 9778  |
| <b>D – Armaduras e fibras</b> |   |   |  |
| 1                             | Classificação e resistência de escoamento   | Conforme  | ABNT NBR 7480  |

|   |  |  |                                   |
|---|--|--|-----------------------------------|
|   |  | especificação de projeto   |                                   |
| 2   | Diâmetros e seções transversais nominais   | -  | ABNT NBR 7480                     |
| 3   | Tipo de fibras (metálicas ou sintéticas)   | Conforme especificação de projeto  | Item a ser declarado pelo cliente |
| 4   | Quantidade de fibras introduzidas no concreto por metro cúbico                       | Conforme especificação de projeto  | Item a ser declarado pelo cliente |
| 5   | Resistência à tração   |  | -                                 |
| <b>E – Painel pré-fabricado</b>   |  |  |                                   |
| 1   | Dimensões nominais (características geométricas)                                     | Conforme ABNT NBR 9062 (seção 5.2.2)   | Medições com trena                |
| 2   | Posicionamento e quantidade de dispositivos de fixação temporários e /ou definitivos | Conforme especificação de projeto  | Inspeção visual                   |
| 3   | Posicionamento e quantidade de alças de içamento                                     |  | Inspeção visual                   |
| 4   | Identificação individual das peças   | Nesta identificação deve constar nome da peça, data de fabricação, tipo de aço e concreto. Uma listagem deve ser elaborada com as informações de todas as peças a serem fabricadas | Inspeção visual                   |
| 5   | Eventuais acabamentos ou detalhes decorativos incorporados na pré-moldagem           | -  | Inspeção visual                   |
| 6   | Posicionamento e quantidade de nervuras  | Conforme especificação de projeto  | Inspeção visual                   |
| a quantidade de corpos-de-prova a serem ensaiados será definida em controle e aceitação de materiais e componentes.<br>a resistência característica do concreto deve ser em função da curva de hidratação do cimento utilizado. |  |  |                                   |

## 4.2. Métodos para avaliação do desempenho do sistema construtivo

### 4.2.1. Desempenho estrutural

De acordo com a ABNT NBR 8681, os estados-limites de uma estrutura estabelecem as condições a partir das quais a estrutura apresenta desempenho inadequado às finalidades da construção.

O manual do proprietário, ou documento similar (ver 3.13 da ABNT NBR 14037:1998), deve conter as informações relativas às sobrecargas limitantes no uso das edificações.

#### **4.2.1.1. Resistência estrutural e estabilidade global - Verificação ao estado limite último**

a) Análise do projeto estrutural, verificando sua conformidade com as normas brasileiras pertinentes e com as premissas de projeto indicadas em 4.2.1.6; e

b) Ensaio: permite-se, para edifícios até cinco pavimentos, estabelecer uma resistência última de projeto através de ensaios destrutivos e do traçado do correspondente diagrama carga x deslocamento, conforme indicado no Anexo A da ABNT NBR 15575-2, quando a modelagem matemática do comportamento conjunto dos materiais e componentes que constituem o sistema, ou dos sistemas que constituem a estrutura, não for conhecida e consolidada por experimentação, ou não existir norma técnica. A capacidade de resistência à compressão simples do painel pré-moldado é um valor que pode ser adotado pelo projetista estrutural considerando os diversos fatores de segurança necessários ao projeto e local de implantação. Pode ser obtida por meio de ensaio conforme Anexo B desta Diretriz. Este procedimento busca avaliar o desempenho estrutural do painel na posição de serviço.

Os resultados dos ensaios são considerados conjuntamente com outras análises e verificações estruturais, considerando as especificidades de cada sistema de painéis e dos projetos previstos. É importante a verificação dos resultados à luz do projeto estrutural como um todo, das condições de exposição (esforços atuantes) e das condições de projeto.

Os painéis pré-fabricados estruturais devem ser ensaiados nas mesmas condições do emprego em obra, com a altura prevista para o pé direito e comprimento mínimo de 1,20m. Os resultados dos ensaios em painéis cegos, de pelo menos 1,20m de comprimento, podem fornecer dados complementares a verificações analíticas, considerando o potencial de comportamento estrutural dos painéis cegos. Painéis que contêm aberturas podem apresentar comportamentos distintos, dependendo de cada situação específica, devendo-se recorrer a ensaios em painéis com aberturas, de comprimento representativo do sistema construtivo ou do projeto específico. No caso de painéis com aberturas é importante fazer a análise considerando o conjunto da estrutura, e verificar o comportamento experimental das “vergas”, que podem ter eventualmente comportamento de vigas, e das “contravergas” e dos trechos laterais às aberturas, que podem ter comportamento de pilares. Poderá ser considerado também a ABNT NBR 16055 - Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações: Requisitos e procedimentos, para inferências e considerações estruturais, inclusive com referência a painéis com aberturas.

Quando houver normas específicas estas devem ser aplicadas, como é o caso da ABNT NBR 6118 e ABNT NBR 9062. Quando for publicada a ABNT NBR 16475 esta deve ser a referência para a avaliação de painéis pré-moldados.

Para o sistema de vedação vertical externo, estrutural ou sem função estrutural, deve ser realizada verificação analítica ou ensaio de cargas laterais uniformemente distribuídas, visando simular as ações horizontais devidas ao vento, devendo-se considerar para efeito da avaliação a solicitação  $\gamma_w S_{wk}$ ; no caso de ensaio, o corpo-de-prova deve ser constituído por um trecho representativo do sistema de vedação vertical externo, incluindo as fixações e vinculações típicas entre componentes. No caso de paredes estruturais, deve-se combinar o efeito do carregamento vertical.

Pode-se também determinar a capacidade de resistência do painel pré-moldado conforme ABNT NBR 14322.

#### **4.2.1.2. Deformações ou estados de fissuração do sistema estrutural – Verificação ao estado limite de serviço**

a) Análise do projeto estrutural, verificando sua conformidade com as normas brasileiras pertinentes e com as premissas de projeto indicadas em 4.2.1.6. Nos casos mais gerais, na análise das deformações podem ser consideradas apenas as ações permanentes e acidentais (sobrecargas) características, tomando-se para  $Y_g$  o valor 1,0 e para  $Y_q$  o valor 0,7.

$$S_d = S_{gk} + 0,7 S_{qk}$$

b) Ensaio: quando a modelagem matemática do comportamento conjunto dos materiais e componentes que constituem o sistema, ou dos sistemas que constituem a estrutura, não for conhecida e consolidada por experimentação, ou não existir norma técnica, permite-se estabelecer uma resistência última de projeto através de ensaios destrutivos e do traçado do correspondente diagrama carga x deslocamento, conforme indicado no Anexo B da ABNT NBR 15575-2.

#### **4.2.1.3. Resistência a impactos**

Considera-se, para efeito de avaliação técnica, que as paredes constituídas por painéis pré-moldados deve atender aos critérios estabelecidos em 3.1.3 desta Diretriz. Considera-se também, para efeito de avaliação técnica, que painéis maciços de concreto armado, com  $f_{ck} \geq 20\text{MPa}$  e massa específica não inferior a  $2150\text{kg/m}^3$ , com espessura total mínima de 10cm, atendem aos critérios relativos a impactos de corpo mole e corpo duro.

##### **4.2.1.3.1. Impactos de corpo-mole para paredes externas**

A verificação da resistência e do deslocamento das paredes deve ser feita por meio de ensaios de impacto de corpo mole a serem realizados em laboratório, em protótipo ou em obra. O corpo-de-prova deve incluir todos os componentes típicos do sistema. Adota-se o método de ensaio de impacto de corpo mole definido na ABNT NBR 11675.

##### **4.2.1.3.2. Impactos de corpo-mole para paredes internas**

A verificação da resistência e do deslocamento das paredes deve ser feita por meio de ensaios de impacto de corpo mole a serem realizados em laboratório, em protótipo ou em obra. O corpo-de-prova deve incluir todos os componentes típicos do sistema. Adota-se o método de ensaio de impacto de corpo mole definido na ABNT NBR 11675.

##### **4.2.1.3.3. Impactos de corpo-duro para paredes externas**

A verificação da resistência e indentação provocada pelo impacto de corpo duro deve ser feita por meio de ensaios em laboratório, protótipo ou obra, devendo o corpo-de-prova representar fielmente as condições de obra, inclusive tipos de apoio/vinculações. Adota-se o método de ensaio de impacto de corpo duro definido na ABNT NBR 11675 ou no Anexo B da ABNT NBR 15575-4:2013.

##### **4.2.1.3.4. Impactos de corpo-duro para paredes internas**

A verificação da resistência e indentação provocada pelo impacto de corpo duro deve ser feita por meio de ensaios em laboratório, protótipo ou obra, devendo o corpo-de-prova representar fielmente as condições de obra, inclusive tipos de apoio / vinculações. Adota-se o método de ensaio de impacto de corpo duro definido na ABNT NBR 11675, ou no Anexo B da ABNT NBR 15575-4:2013.

##### **4.2.1.4. Solicitações transmitidas por portas para as paredes**

O fechamento brusco da porta deve ser realizado segundo a ABNT NBR 8054, enquanto o impacto de corpo-mole deve ser aplicado conforme a ABNT NBR 8051. Na montagem da porta para o ensaio, as fechaduras devem ser instaladas de acordo com o que prescreve o anexo O da ABNT NBR 14913.

Opcionalmente, esta avaliação poderá ser feita mediante análise de projeto.

##### **4.2.1.5. Resistência de cargas suspensas**

Método de avaliação conforme 7.3.3 e análise de projeto conforme 7.3.3.1 da ABNT NBR 15575-4:2013.

##### **4.2.1.6. Premissas de projeto visando desempenho estrutural do sistema**

Para cada tipo de unidade habitacional e para cada local de implantação é essencial que seja elaborado um cálculo estrutural específico, por profissional habilitado, com a respectiva

memória de cálculo.

As cargas laterais (cargas de vento) devem ser consideradas conforme ABNT NBR 6123, considerando, além das ações devidas ao vento, as ações verticais permanentes e sobrecargas de uso.

A capacidade das estruturas pré-moldadas deve ser governada pelo esgotamento da capacidade dos elementos estruturais e não pelo esgotamento da capacidade da resistência das ligações (ABNT NBR 9062).

#### **4.2.2. Segurança contra incêndio**

Os métodos de avaliação quanto à segurança ao fogo abrangem propostas de ensaios de resistência ao fogo de elementos construtivos e de reação ao fogo de produtos destinados ao acabamento superficial dos elementos, envolvendo ensaios para determinação da incomcombustibilidade e da propagação superficial de chama.

##### **4.2.2.1. Dificuldade de inflamação generalizada**

Os materiais de revestimento e acabamento das paredes e de faces internas de cobertura devem ser ensaiados conforme o método de ensaio de reação ao fogo utilizado como base da avaliação dos materiais empregados nas vedações verticais, da norma ABNT NBR 9442, ou conforme a norma BS EN 13823 (SBI).

Quando da existência de miolo composto por espumas rígidas e/ou materiais combustíveis, a ITA deve avaliar em projeto a possibilidade desse miolo se inflamar e atravessar o revestimento da parede.

O método de ensaio de reação ao fogo utilizado como base da avaliação dos materiais empregados nas paredes objeto desta Diretriz é o BS EN 13823 – Reaction to fire tests for building products – Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a single burning item (SBI). Para os painéis mistos, caso o miolo seja composto por espumas rígidas e/ou materiais combustíveis e esteja totalmente envolvido (envelopado) por argamassa, graute, microconcreto ou concreto com espessura mínima de 25mm, dispensa-se o ensaio segundo a BS EN 13823.

##### **4.2.2.2. Dificuldade de propagar o incêndio para unidades contíguas**

Análise do projeto ou inspeção em protótipo, atendendo às exigências da norma ABNT NBR 14432, ou com base em resultados de ensaios de tipo previamente realizados, ou por métodos analíticos segundo as normas ABNT NBR 15200 (para estruturas de concreto) ou ABNT NBR 14323 (para estruturas de aço ou mistas de aço e concreto), ou ensaios segundo a norma ABNT NBR 5628 para painéis estruturais e ABNT NBR 10636 para painéis sem função estrutural, quando o comportamento ao fogo do sistema não for conhecido.

Considera-se, para efeito de avaliação técnica, que as paredes de concreto armado, com seção maciça, destinadas a casas térreas geminadas, sobrados geminados e edifícios de até cinco pavimentos, com emprego de concreto comum (caracterizado com massa específica não inferior a  $2150\text{kg/m}^3$  e  $25\text{MPa} \geq f_{ck} \geq 20\text{MPa}$ ) e espessura mínima de 10cm, atendem ao critério exposto em 3.2.2 desta Diretriz.

##### **4.2.2.3. Segurança estrutural em caso de incêndio**

Análise do projeto estrutural em situação de incêndio (Atendimento às Normas de projeto estrutural, como a ABNT NBR 15200 para estruturas de concreto e exigências da norma ABNT NBR 14432), ou realização de ensaios conforme a ABNT NBR 5628, quando o comportamento ao fogo do sistema não for conhecido.

Considera-se, para efeito de avaliação técnica, que as paredes de concreto armado, com seção maciça, destinadas a casas térreas geminadas, sobrados geminados e edifícios de até cinco pavimentos, com emprego de concreto comum (caracterizado com massa específica não inferior a  $2150\text{kg/m}^3$  e  $25\text{MPa} \geq f_{ck} \geq 20\text{MPa}$ ), e espessura mínima de 10cm, atendem ao critério

exposto em 3.2.3 desta Diretriz.

Para os conectores metálicos dos sistemas formados por painéis de parede pré-moldados, devem ser utilizados sistemas de proteção resistentes ao fogo previstos em projeto, conforme ABNT NBR 14323. Durante a vida útil da estrutura, esses sistemas devem permitir manutenção adequada.

#### **4.2.3. Estanqueidade à água**

##### **4.2.3.1. Estanqueidade à água de chuva em sistemas de vedações verticais externas (fachadas)**

Método de avaliação conforme 10.1.1.1 da ABNT NBR 15575-4:2013.

Os corpos-de-prova (paredes e janelas) a serem ensaiados devem reproduzir fielmente o projeto, as especificações e características construtivas dos sistemas de vedações verticais externas, janelas e caixilhos, com especial atenção às juntas entre os elementos ou componentes.

Análise de projeto e também análise de protótipos, quando possível.

##### **4.2.3.2. Estanqueidade de vedações verticais internas e externas com incidência direta de água – Áreas molhadas**

Realização de ensaio de estanqueidade, conforme método estabelecido no Anexo D da ABNT NBR 15575-4:2013.

##### **4.2.3.3. Estanqueidade de juntas (encontros) entre os painéis de parede, entre os painéis-parede e a fundação, internos e externos, entre os painéis-parede e as lajes de piso e de cobertura e entre os painéis-parede e a cobertura e entre os painéis-parede e a estrutura.**

Análise de projeto e visita a protótipo ou unidades concebidas (habitadas ou não), quando possível.

##### **4.2.3.4. Premissas de projeto visando a estanqueidade à água do sistema construtivo e da habitação**

Devem ser previstos nos projetos a prevenção de infiltração da água de chuva e da umidade do solo nas habitações por meio dos detalhes específicos do sistema e indicados a seguir:

- detalhes construtivos para as interfaces e juntas entre componentes a fim de facilitar o escoamento da água e evitar a sua penetração. Esses detalhes devem levar em consideração as solicitações que os componentes de vedação externa estarão sujeitos durante a vida útil de projeto do edifício habitacional;
- ligação entre os diversos elementos da construção (como paredes e estrutura, telhado e paredes, corpo principal e pisos ou calçadas laterais).

#### **4.2.4. Desempenho térmico**

A avaliação do desempenho térmico do sistema construtivo objeto desta Diretriz deve ser feita considerando que a edificação habitacional deve reunir características que atendam às exigências mínimas de desempenho térmico, considerando-se a zona bioclimática definida na ABNT NBR 15220-3.

Em relação à avaliação do desempenho térmico do sistema construtivo alvo desta Diretriz, considerando-se que o desempenho térmico global do edifício depende do comportamento interativo das paredes externas e cobertura, um edifício que não atender aos requisitos mínimos quando avaliado pelo Procedimento Simplificado deve ser avaliado pelo procedimento de simulação do desempenho térmico conforme apresentado no Anexo A desta Diretriz.

##### **4.2.4.1. Análise pelo Procedimento Simplificado**

###### **4.2.4.1.1. Avaliação das paredes externas do edifício**



Verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos para paredes externas e estabelecidos na ABNT NBR 15575-4; (Procedimento normativo, conforme ABNT NBR 15575-1).

- a) Transmitância térmica: a avaliação da transmitância térmica das paredes externas deve ser feita por meio de cálculos conforme procedimentos especificados na ABNT NBR 15220-2.
- b) Capacidade térmica: a avaliação da capacidade térmica das paredes externas deve ser feita por meio de cálculos conforme procedimentos especificados na ABNT NBR 15220-2. No caso de paredes que tenham na sua composição materiais isolantes térmicos de condutividade térmica menor ou igual a  $0,065\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  e resistência térmica maior que  $0,5(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$ , o cálculo da capacidade térmica deve ser feito desprezando-se todos os materiais voltados para o ambiente externo, posicionados a partir do isolante ou espaço de ar.

#### **4.2.4.1.2. Avaliação da cobertura do edifício**

Verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos para cobertura, estabelecidos na ABNT NBR 15575-5; (Procedimento normativo, conforme ABNT NBR 15575-1).

A determinação da transmitância térmica deve ser feita por meio de cálculo, conforme procedimentos apresentados na ABNT NBR 15220-2.

#### **4.2.4.2. Análise pelo Procedimento de Simulação**

Para a realização das simulações computacionais recomenda-se o emprego do programa EnergyPlus. Outros programas de simulação poderão ser utilizados, desde que permitam a determinação do comportamento térmico de edificações sob condições dinâmicas de exposição ao clima, sendo capazes de reproduzir os efeitos de inércia térmica e sejam validados pela ASHRAE Standard 140.

- a) Procedimento de Simulação: verificação do atendimento aos requisitos e critérios, por meio da simulação computacional do desempenho térmico do edifício (Procedimento normativo, conforme ABNT NBR 15575-1), considerando os dados das cidades representativas das zonas bioclimáticas constantes do Anexo A desta Diretriz.

#### **4.2.5. Desempenho acústico**

O projeto deve considerar:

- o nível de ruído externo à edificação e os valores limites estabelecidos para uso interno dos ambientes;
- a redução do ruído entre o lado externo e o lado interno de ambientes de uso específico, inclusive fachadas;
- as condições de geração, propagação e recepção dos sons na edificação;
- os ruídos contínuos, variáveis e de impactos, e das vibrações de equipamentos, como motores-bomba, elevadores, válvulas de descarga, motores geradores de energia, tubulações de água e esgoto, ventilação e ar condicionado.

##### **4.2.5.1. Isolação sonora promovida pela envoltória em ensaio de campo - Diferença padronizada de nível ponderada**

Método de avaliação segundo 12.2.1.2 da ABNT NBR 15575-4:2013

##### **4.2.5.2. Isolação sonora promovida pelos elementos de fachada em ensaio de laboratório - Índice de redução sonora ponderado**

Método de avaliação segundo 12.2.1.1 da ABNT NBR 15575-4:2013:

Utilizar a Norma ISO 10140-2 para a determinação dos valores do índice de redução sonora,  $R_w$ , em bandas de terço de oitava entre 100Hz e 5 000Hz.

Utilizar o procedimento especificado na ISO 717-1 para a determinação do valor do índice de redução sonora ponderado,  $R_w$ , a partir do conjunto de valores do índice de redução sonora de cada faixa de frequências.

Ensaio deve ser realizado na parede cega, mas o resultado de isolamento sonora da fachada deve considerar os valores de  $R_w$  das janelas e das paredes cegas dimensionadas, conforme documento “Orientações ao Proponente para Aplicação das Especificações de Desempenho em Empreendimentos de HIS”, especificamente na “Planilha de cálculo do isolamento de acordo com o Anexo 3”, publicado pelo Ministério das Cidades (<http://app.cidades.gov.br/catalogo/src/paginas/documentosSistemasConvencionais.php>).

#### **4.2.5.3. Isolação sonora promovida pela vedação interna em ensaio de campo - Diferença padronizada de nível ponderada**

Método de avaliação segundo 12.2.3.1 da ABNT NBR 15575-4:2013.

#### **4.2.5.4. Isolação sonora entre ambientes promovida pela vedação interna - Índice de redução sonora ponderado**

Método de avaliação segundo 12.2.3.1 da ABNT NBR 15575-4:2013.

#### **4.2.6. Durabilidade e manutenibilidade**

A durabilidade do sistema construtivo tanto deve ser avaliada mediante análise de projeto e das características dos materiais empregados, bem como de ensaios específicos, como ação de calor e choque térmico e inspeções técnicas.

A análise de projeto, das especificações técnicas e a inspeção em protótipo do produto são ferramentas indispensáveis, e podem identificar incompatibilidades de materiais e detalhes construtivos que possam afetar a durabilidade.

##### **4.2.6.1. Vida útil de projeto dos elementos**

Recomenda-se considerar que os elementos do sistema construtivo atendam a vida útil de projeto (VUP) no mínimo igual aos períodos sugeridos na Tabela 22 e os constantes no Anexo C da ABNT NBR 15575-1 quando submetidos a intervenções previstas no(s) manual(is) de operação, uso e manutenção fornecido pelo incorporador e/ou pela construtora, relativo à cada tipologia.

As intervenções, periodicidades e processos de manutenção segundo a ABNT NBR 5674 devem estar especificadas no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção, concebido conforme norma ABNT NBR 14037 e entregue ao usuário.

Para painéis mistos com miolo composto por espumas rígidas e/ou materiais combustíveis, caso ocorra intervenções que provoque a exposição deste miolo, o local deve ser reconstituído de modo que o miolo esteja totalmente envolvido (envelopado) por argamassa, graute, microconcreto ou concreto com espessura mínima de 25mm. Tais detalhes devem constar no(s) manual(is) de operação, uso e manutenção fornecido pelo incorporador e/ou pela construtora e ser objeto de avaliação pela ITA conforme 4.2.2.1 desta Diretriz, devendo constar no DATec específico.

##### **4.2.6.2. Manutenibilidade dos elementos**

Análise de projeto e do Manual de operação, uso e manutenção do sistema construtivo.

O Manual de operação, uso e manutenção deve conter a definição da VUP do sistema construtivo e dos seus componentes. Além de indicar os períodos de manutenção preventiva e de eventuais substituições de componentes e materiais.

Devem conter também informações importantes de uso, como sistemas de fixação a serem

empregados para cada tipo de carga e peça a ser fixada nas paredes e tetos, posicionamento e formas de realizar inspeções e manutenções nas instalações, além das demais informações pertinentes.

#### **4.2.6.3. Exposição à agressividade ambiental (qualidade do concreto, e demais elementos – resistência à compressão, relação água–cimento e cobrimento de armadura)**

Analisar o concreto empregado e sua compatibilidade com as especificações de projeto.

Para sistemas construtivos confeccionados com concreto comum, analisar projetos e, se possível, verificar em protótipos o cobrimento de armaduras, conforme 3.6.3.1 desta Diretriz.

Para sistemas construtivos que utilizam concreto leve devem ser realizados ensaios de carbonatação e penetração de cloretos, quando do emprego de armaduras metálicas. Se forem utilizadas armaduras com fibras não metálicas devem ser realizados ensaios que verifiquem a compatibilidade do material da fibra com o concreto (álcalis do cimento).

Para painéis que tenham miolo preenchido com material isolante térmico (poliestireno expandido – EPS ou poliuretano – PU), realizar ensaios de choque térmico, ensaio para verificar a resistência a crescimento de fungos) e comportamento do painel sob condições de exposição natural (conforme itens 4.2.6.5, 4.2.6.8 e 4.2.6.7, respectivamente, desta Diretriz).

Outros ensaios e critérios podem ser definidos e exigidos pela ITA objetivando a avaliação do sistema construtivo sob as condições de exposição à agressividade ambiental e os relativos a manutenção.

#### **4.2.6.4. Deterioração do concreto, da armadura e dos blocos**

Deve-se verificar se o projeto considera os mecanismos preponderantes de envelhecimento e deterioração relativos ao concreto, à armadura e aos blocos.

#### **4.2.6.5. Resistência a choque térmico**

Realizar ensaio para averiguar a resistência a choque térmico dos painéis-parede, conforme Anexo E da ABNT NBR 15575-4:2013.

Os corpos-de-prova devem ter largura mínima de 1,20m por 2,60m de altura ou equivalente ao pé-direito. Devem ser representativos do sistema construtivo (contendo juntas verticais e horizontais) e estarem restritos em seu perímetro.

#### **4.2.6.6. Resistência à corrosão de dispositivos de fixação**

Verificar se o projeto define: proteção contra corrosão (revestimento de zinco ou sistema de pintura), e espessura dessa proteção; além de prevenir o contato entre metais de diferentes potenciais eletrolíticos, evitando corrosão galvânica.

A proteção contra corrosão nos insertos metálicos deve respeitar os critérios estabelecidos pela ABNT NBR 8800 e ABNT NBR 9062, considerando a agressividade do ambiente e a vida útil prevista para a edificação.

#### **4.2.6.7. Exposição ao envelhecimento natural**

Expor o painel sob condições climáticas naturais durante 06 meses. Sendo recomendável deixar esse painel exposto por 12 meses, ou verificar exposição após 12 meses de condições reais de uso (APO).

#### **4.2.6.8. Resistência ao crescimento de fungos**

Avaliar resistência ao crescimento de fungos em painéis mistos realizando ensaio segundo o método de ensaio da ASTM D-3273-05 adaptado pelo IPT.

Os corpos de prova devem reproduzir o sistema, considerando a argamassa e a pintura.

Corpos-de-prova (amostra de painéis) são inoculados com uma suspensão mista contendo

10.000.000 ± 200.000 esporos por mL de solução, de cada uma das seguintes espécies de fungo conforme Tabela 28:

**Tabela 28 – Espécie de Fungos**

| Espécie de fungo        | Nº IPT | Nº ATCC <sup>2</sup> |
|-------------------------|--------|----------------------|
| Aspergillus niger       | M46    | 6275                 |
| Aureobasidium pullulans | M50    | 9348                 |
| Penicillium sp.         | M55    | 9849                 |

A seguir, são incubados em câmara úmida durante quatro semanas. Aos 7, 14, 21 e 28 dias ambas as faces dos corpos-de-prova são avaliadas visualmente.

#### **4.2.6.9. Premissas de projeto visando ao atendimento de VUP**

O fabricante do produto, o construtor, o incorporador público ou privado, isolada ou solidariamente, devem especificar em projeto todas as condições de uso, operação e manutenção do sistema, especialmente com relação a:

- as interfaces entre paredes e caixilhos, parede e piso/forro, parede e laje, e parede e instalações; e demais interfaces que possam comprometer o desempenho da unidade habitacional; recomendações gerais para prevenção de falhas e acidentes decorrentes de utilização inadequada (fixação de peças suspensas com peso incompatível com o sistema de paredes, abertura de vãos em paredes com função estrutural, limpeza com água de pinturas não laváveis, travamento impróprio de janelas tipo guilhotina e outros), orientação com ilustração quanto aos cuidados a serem observados, pelo usuário, para eventuais ampliações das unidades (no caso de unidades térreas ou assobradadas, geminadas ou não);
- periodicidade, forma de realização e forma de registro de inspeções;
- periodicidade, forma de realização e forma de registro das manutenções;
- técnicas, processos, equipamentos, especificação e previsão quantitativa de todos materiais necessários para as diferentes modalidades de manutenção, incluindo-se não restritivamente as pinturas, tratamento de fissuras, limpeza.

#### **5. Análise global do desempenho do produto**

Os relatórios específicos de análise e de ensaios são consolidados em um Relatório Técnico de Avaliação, no qual é apresentada uma síntese do desempenho global do produto, considerando a análise de todos os resultados obtidos no processo de avaliação técnica do sistema construtivo, realizado no âmbito do SINAT, incluindo os ensaios de caracterização e de desempenho do sistema construtivo, com base nas exigências especificadas nesta Diretriz.

#### **6. Controle da qualidade na produção e na montagem**

O controle da qualidade é realizado tanto na fase de produção dos painéis pré-moldados, quanto na fase de montagem do edifício, no canteiro de obras, conforme itens 6.1 e 6.2

Tanto a auditoria inicial, antes da concessão do DATec, como as auditorias periódicas, após concessão do DATec, serão realizadas considerando a fase de produção e a fase de montagem. As auditorias técnicas, após concessão do DATec, serão realizadas semestralmente.

##### **6.1. Controle na produção dos componentes pré-moldados**

A Tabela 29 mostra as atividades a serem controladas pelo produtor, os documentos que

<sup>2</sup> ATCC - American Type Culture Collection.)

devem balizar tal controle e a frequência que esses controles (verificação) devem ocorrer.

A instituição técnica avaliadora – ITA – pode a seu critério solicitar a verificação de resultados de ensaios (realizar ensaios de controle – contraprova) e verificar a conformidade do procedimento de execução com a prática de controle da empresa.

**Tabela 29 – Atividades objeto de controle na produção de peças pré-fabricadas**

| <b>Atividade a ser controlada pelo produtor</b>                    | <b>Procedimentos de controle a serem elaborados pelo produtor e verificados pela ITA</b>  |
|--|---|
| Controle de aceitação de materiais                                 | Procedimento de controle de aceitação de materiais (itens e frequência de controle – ver Tabela 30)   |
| Controle e inspeção das etapas de produção                         | Procedimento que conste a verificação das seguintes atividades: colocação dos blocos, confecção das armaduras, posicionamento e limpeza das fôrmas, amassamento e lançamento do concreto, cura, transporte e armazenamento. |
| Controle de aceitação dos componentes pré-moldados após desenforma | Procedimento de controle de aceitação de elementos (itens e frequência de controle – Tabela 32)   |

### 6.1.1. Controle de aceitação de materiais e componentes

**Tabela 30– Controle de aceitação de materiais: métodos e frequências de avaliação**

| <b>Item</b> | <b>Material/ componente</b>            | <b>Requisito</b>  | <b>Método de avaliação</b>  | <b>Amostragem / Frequência de inspeção do produto</b>   |
|-------------|--|---|---|---|
| <b>1</b>    | <b>Componente estrutural do painel</b> |   |   |   |
| 1.1         | Blocos Cerâmicos ou de concreto        | Tipo, dimensões, quantidades, resistência à compressão (e tração)   | Ensaio conforme norma específica à partir da caracterização do componente     | Conforme norma específica à partir da caracterização do componente  |
| 1.2         | Outros                                 | Tipo, dimensões, quantidades, resistência à compressão (e tração)   | Ensaio conforme norma específica à partir da caracterização do componente     | Lote de recebimento   |
| <b>2</b>    | <b>Concreto preparado em obra</b>      |   |   |   |
| 2.1         | Concreto fresco                        | Consistência  | Ensaio (ver Tabela 27)  | A cada mistura preparada para moldar um lote de componentes pré-moldados (identificar peças moldadas com a mistura/betonada, para possibilitar rastreamento de peças) |
| 2.2         | Agregado (areia / brita)               | Tipo, diâmetros, análise petrográfica e reatividade álcali/agregado | Ensaio (ver Tabela 27)  |   |
| 2.3         | Aglomerante                            | Tipo e quantidade   | Verificar visualmente tipo e quantidade                                       |   |
| 2.4         | Aditivos                               | Tipo e quantidade   | Verificar características específicas de cada aditivo, e quantidade empregada |   |
| 2.5         | Concreto endurecido                    | Resistência à compressão  | Ensaio conforme a ABNT NBR 5739   |   |

|          |                       |  |                                 |   |
|----------|-----------------------|--|---------------------------------|---|
| 2.6      |                       | Massa específica (para concreto leve)                        | Ensaio conforme a ABNT NBR 9778 |   |
| <b>3</b> | <b>Concreto usado</b> |  |                                 |   |
| 3.1      | Concreto fresco       | Consistência   | Ensaio (ver Tabela 27)          | A cada mistura preparada para moldar um lote de componentes pré-moldados (identificar peças moldadas com a mistura/betonada ou caminhão, para possibilitar rastreamento de peças) |
| 3.2      | Concreto endurecido   | Resistência à compressão                                     | Ensaio conforme a ABNT NBR 5739 |   |
| 3.3      | Agregado              | Tipo, diâmetros e resistência<br>Reatividade álcali/agregado | Ensaio (ver Tabela 27)          |   |
| <b>4</b> | Armadura              | Tipo, comprimento e diâmetro                                 | (ver Tabela 3)                  | Lote de recebimento   |
| <b>5</b> | Fibra                 | Tipo, comprimento e diâmetro                                 | (ver Tabela 3)                  | Lote de recebimento   |

### 6.1.2. Controle e inspeção das etapas de produção

**Tabela 31 – Controle das atividades de produção dos componentes pré-moldados**

| <b>Etapas</b>                         | <b>Requisito</b>  | <b>Método de avaliação</b>        | <b>Amostragem/frequência de inspeção do produto</b> |
|---------------------------------------|---|-----------------------------------|---|
| Execução das formas                   | Dimensões das formas, limpeza e desmoldante   | Inspeção visual, conforme         | Todas as peças                                      |
|                                       | Travamento e estanqueidade das formas   | Inspeção visual, conforme         | Todos os componentes                                |
| Posicionamento das armaduras          | Quantidade, tipo e posicionamento das armaduras   | Inspeção visual, conforme projeto | Todos os componentes                                |
| Verificação do cobrimento da armadura | Conforme 3.6.3  | Inspeção visual, conforme         | Todos os componentes                                |
| Posicionamento dos blocos             | Garantir o posicionamento dos blocos de forma regular e homogênea de forma a permitir que o concreto possa envolver a tela e/ou armadura e penetrar nos entremeios e alvéolos das peças | Visual                            | Todos os painéis pré-moldados                       |

|   |  |                                       |  |
|---|--|---------------------------------------|--|
| Mistura, lançamento e adensamento do concreto | Traço do concreto, ou resistência e consistência, tempo de mistura, ou tempo de entrega, tipo de lançamento, tipo e tempo de adensamento | Análise dos procedimentos de execução | Todas as massadas (misturas), rastreadas por componentes |
| Cura  | Tipo (cura natural, úmida e a vapor) e tempo de cura   | Análise dos procedimentos de execução | Todas as peças   |
| Transporte                                    | Tipo de transporte para desenforma e armazenamento da peça   | Análise dos procedimentos de execução | Todas as peças   |
| Armazenamento                                 | Local e forma de armazenamento   | Análise dos procedimentos de execução | Todas as peças   |

### 6.1.3. Controle de aceitação dos componentes pré-moldados (painéis)

**Tabela 32 – Controle de aceitação de componentes: métodos e frequências de avaliação**

| Material/ componente | Requisito / Características a avaliar                                       | Método de avaliação                           | Amostragem/ Frequência de inspeção do produto |
|----------------------|---|---|---|
| Painel – Parede      | Tolerâncias geométricas do painel (tolerâncias de produção – ver Tabela 33) | Medição                                       | 10% da produção, para cada tipo de fôrma      |
|                      | Identificação individual das peças  | Inspeção visual                               | Todas as peças                                |
|                      | Posição e quantidade de dispositivos de fixação temporária                  | Inspeção visual baseada em análise de projeto | Todas as peças                                |
|                      | Posição e quantidade de dispositivos de fixação definitiva                  | Inspeção visual baseada em análise de projeto | Todas as peças                                |
|                      | Posicionamento e quantidade de alças de içamento                            | Inspeção visual baseada em análise de projeto | Todas as peças                                |
|                      | Eventual presença de falhas (fissuras, porosidade excessiva, ou outros)*    | Inspeção visual                               | Todas as peças                                |

|   |   |                 |                |
|---|---|-----------------|----------------|
|   | Aparência do painel quanto a homogeneidade da cor e textura da superfície do concreto | Inspeção visual | Todas as peças |
| * caso as falhas verificadas comprometam o desempenho do painel, este não deverá ser aceito |   |                 |                |

**Tabela 33 – Tolerâncias dimensionais do componente pré-moldado**

| Função do elemento                     | Dimensões (quando aplicável)      |                | Tolerâncias (mm)       |
|--|-----------------------------------|----------------|------------------------|
| Painéis-parede                         | Comprimento ou largura do painel  | Até 5m         | ±10                    |
|  |                                   | De 5m até 10m  | ±15                    |
|  |                                   | Superior a 10m | ±20                    |
|  | Espessura do painel               |                | ±5                     |
|  | Esquadro do painel                | Até 10m        | ±15                    |
|  |                                   | Superior a 10m | ±2mm/m                 |
|  | Linearidade                       |                | ±L <sup>a)</sup> /1000 |
|  | Dimensões e posição de vãos       |                | ±5                     |
|  | Posição dos insertos para fixação |                | ±15                    |
| Posição dos dispositivos para içamento |                                   | ±80            |                        |
| a) L= comprimento da peça              |                                   |                |                        |

#### 6.1.4. Controle da montagem em canteiro de obras

A Tabela 34 mostra as atividades a serem controladas pelo executor/ montador dos elementos pré-moldados no seu local definitivo. Estas atividades devem constar de procedimento de montagem do sistema. A conformidade e aplicabilidade desse procedimento será verificado pela ITA.



**Tabela 34 – Atividades a verificar durante a montagem**

| Item | Etapas   | Requisito   | Método de avaliação   |
|------|--|---|---|
| 1    | Locação das paredes  | Conforme especificação de projeto e documento de planejamento da execução | Inspeção visual baseada em projeto e procedimento de execução |
| 2    | Armazenamento das peças em canteiro  |   |   |
| 3    | Transporte e manuseio dos painéis  |   |   |
| 4    | Ligação das paredes entre si e com a fundação / piso   |   |   |
| 5    | Travamento das paredes durante montagem (fixação provisória)   |   |   |
| 6    | Controle – ligação entre painéis e demais componentes  |   |   |
| 7    | Tratamento de juntas entre paredes/painel  |   |   |
| 8    | Verificação do alinhamento entre painéis (entre painéis laterais e entre painéis de diferentes pavimentos) |   |   |
| 9    | Acabamento das peças e juntas  |   |   |
| 10   | Verificação dos vãos de portas   | -   |   |
| 11   | Verificação das dimensões dos ambientes internamente   | -   |   |
| 12   | Verificar montagem Parede/Esquadrias e suas interfaces   | Estanqueidade e estética das juntas entre painel e esquadrias             |   |
| 13   | Verificação da montagem finalizada (controle de aceitação de sistema construtivo)                          | Ver tolerâncias dimensionais – Tabela 36                                  |   |

**Tabela 35– Tolerâncias dimensionais após montagem - final para edifícios de até 05 pavimentos**

| Tipo de tolerância ou interface entre elementos montados          |              | Tolerâncias (mm)         |
|---|--------------|--------------------------|
| Alinhamento entre painéis   | Por elemento | ±5                       |
|   | Acumulado    | 15                       |
| Dimensões das juntas entre elementos aparentes ou com calafetação |              | ±30% da largura da junta |

## Anexo A

### Estudo do desempenho térmico: dados das cidades representativas das zonas bioclimáticas.

#### A1. Generalidades

A edificação habitacional deve reunir características que atendam às exigências de desempenho térmico, considerando-se a zona bioclimática definida na ABNT NBR 15220-3.

#### A2. Método da Simulação computacional – Introdução

Para a avaliação de desempenho térmico por simulação computacional os requisitos e critérios são detalhados em A3 e A4.

Para a realização das simulações computacionais devem ser utilizadas como referência as Tabelas A4, A5 e A6, que fornecem informações sobre a localização geográfica de cidades brasileiras representativas das zonas bioclimáticas (adotadas pelo Comitê Técnico do SINAT) e os dados climáticos correspondentes aos dias típicos de projeto de verão e de inverno.

Para a realização das simulações computacionais recomenda-se o emprego do programa EnergyPlus. Outros programas de simulação podem ser utilizados, desde que permitam a determinação do comportamento térmico de edificações sob condições dinâmicas de exposição ao clima, sendo capazes de reproduzir os efeitos de inércia térmica e sejam validados pela ASHRAE Standard 140.

Para a geometria do modelo de simulação, deve ser considerada a habitação como um todo e cada ambiente como uma zona térmica. Na composição de materiais para a simulação deve-se utilizar dados das propriedades térmicas dos materiais e/ou componentes construtivos:

- obtidos em laboratório, através de método de ensaio normalizado. Para os ensaios de laboratório, recomenda-se a utilização dos métodos apresentados na Tabela A1;
- na ausência destes dados ou na impossibilidade de obtê-los junto aos fabricantes, é permitido utilizar os dados disponibilizados na ABNT NBR 15220-2 como referência.

**Tabela A1 - Métodos de medição de propriedades térmicas de materiais e elementos construtivos**

| Propriedade                                       | Determinação   |
|---|--|
| Condutividade térmica                             | ASTM C518 ou ASTM C177 ou ISO 8302   |
| Calor específico                                  | Medição ASTM C351 – 92b  |
| Densidade de massa aparente                       | Medição conforme método de ensaio preferencialmente normalizado, específico para o material  |
| Emissividade                                      | Medição JIS A 1423/ASTM C1371 – 04A  |
| Absortância à radiação solar                      | Medição ANSI/ASHRAE 74/88<br>ASTM E1918-06, ASTM E903-96   |
| Resistência ou transmitância térmica de elementos | Medição conforme ABNT NBR 6488 ou cálculo conforme ABNT NBR 15220-2, tomando-se por base valores de condutividade térmica medidos ASTM E903-96 |
| Características fotoenergéticas (vidros)          | EN 410 – 1998/EN 12898   |

#### A3. Requisitos de desempenho no verão

Apresentar condições térmicas no interior do edifício habitacional menor ou igual ao ambiente externo, para o dia típico de projeto de verão.

### A3.1. Critério – Valores máximos de temperatura

O valor máximo diário da temperatura do ar interior de recintos de permanência prolongada, tais como, salas e dormitórios, sem a presença de fontes internas de calor (ocupantes, lâmpadas, outros equipamentos em geral), deve ser sempre menor ou igual ao valor máximo diário da temperatura do ar exterior.

O nível para aceitação é o M (denominado mínimo), conforme critério apresentado na Tabela A2.

**Tabela A2 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão**

| Nível de desempenho  | Critério                   |                            |
|--|----------------------------|----------------------------|
|  | Zonas 1 a 7                | Zona 8                     |
| <b>M</b>   | $T_{i,Máx} \leq T_{e,Máx}$ | $T_{i,Máx} \leq T_{e,Máx}$ |
| <p><math>T_{i,Máx}</math> é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.<br/> <math>T_{e,Máx}</math> é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.<br/>                     NOTA: Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.</p> |                            |                            |

### A4. Requisitos de desempenho no inverno

Apresentar condições térmicas no interior do edifício habitacional maior ou igual a temperatura do ambiente externo acrescida de 3°C, no dia típico de projeto de inverno, para as zonas bioclimáticas 1 a 5. Para as zonas bioclimáticas 6, 7 e 8 não é necessário realizar avaliação de desempenho térmico de projeto para o inverno.

#### A4.1. Critério – Valores mínimos de temperatura

Os valores mínimos diários da temperatura do ar interior de recintos de permanência prolongada, tais como, salas e dormitórios, no dia típico de projeto de inverno, devem ser sempre maiores ou iguais à temperatura mínima externa acrescida de 3°C.

O nível para aceitação é o M (denominado mínimo), conforme critério apresentado na Tabela A3.

**Tabela A3 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno**

| Nível de desempenho  | Critério   |  |
|--|--|--|
|  | Zonas bioclimáticas 1 a 5                                | Zonas bioclimáticas 6, 7 e 8                         |
| <b>M</b>   | $T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 3 \text{ } ^\circ\text{C})$ | Nestas zonas, este critério não pode ser verificado. |
| <p><math>T_{i,min}</math> é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;<br/> <math>T_{e,min}</math> é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.<br/>                     NOTA: Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.</p> |  |  |

## A5. Edificações em fase de projeto

A avaliação deve ser feita para um dia típico de projeto, para o período de verão e de inverno, considerando-se os dados das cidades representativas conforme apresentado nas Tabelas A4, A5 e A6.

Para conjuntos habitacionais ou edifícios multipisos, selecionar unidades habitacionais representativas conforme estabelecido a seguir:

- em unidades isoladas ou conjunto habitacional de edificações térreas, selecionar a unidade habitacional com o maior número de paredes expostas à incidência de sol;
- em edifício multipiso, selecionar a unidade do último andar com o maior número de paredes expostas, e cobertura exposta à incidência de sol.

**A5.1.** Simular todos os recintos da unidade habitacional, considerando as trocas térmicas entre os seus ambientes e avaliar os resultados dos recintos dormitórios e salas, considerando as condições apresentadas abaixo:

- Na entrada de dados, considerar que os recintos adjacentes, de outras unidades habitacionais, separados, portanto, por paredes de geminação ou entrepisos, apresentem a mesma condição térmica do ambiente que está sendo simulado;
- A orientação da edificação deve ser posicionada de tal forma que a unidade a ser avaliada tenha a condição mais crítica do ponto de vista térmico.

Como condição crítica do ponto de vista térmico, adotar:

- verão: janela do dormitório ou da sala voltada para oeste e a outra parede exposta voltada para norte. Caso não seja possível, o ambiente deve ter ao menos uma janela voltada para oeste;
- inverno: janela do dormitório ou da sala deve estar voltada para sul e a outra parede exposta voltada para leste. Caso não seja possível, o ambiente deve ter ao menos uma janela voltada para sul;
- obstrução no entorno: considerar que as paredes expostas e as janelas estão desobstruídas, ou seja, sem a presença de edificações ou vegetação nas proximidades que modifiquem a incidência de sol e/ou vento;
- obstrução por elementos construtivos previstos na edificação: dispositivos de sombreamento (por exemplo, para-sóis, marquises, beirais) devem ser considerados na simulação.

**A5.2. Condição padrão:** adotar uma taxa de ventilação do ambiente de 1,0Ren/h. A taxa de renovação da cobertura deve ser a mesma, de 1,0Ren/h.

A absorvância à radiação solar das superfícies expostas deve ser definida conforme a cor e as características das superfícies externas da cobertura e das paredes expostas, conforme orientações descritas a seguir:

- a) cobertura: valor especificado no projeto, correspondente, portanto, ao material declarado para o telhado ou outro elemento utilizado que constitua a superfície exposta da cobertura;
- b) parede: assumir o valor da absorvância à radiação solar ( $\alpha$ ) correspondente à cor definida no projeto. Caso a cor não esteja definida, simular para três alternativas de cor:
  - cor clara:  $\alpha = 0,3$ ;

— cor média:  $\alpha = 0,5$ ;

— cor escura:  $\alpha = 0,7$ .

**A5.3.** A unidade habitacional que não atender aos critérios estabelecidos para o período de verão deve ser simulada novamente considerando-se as seguintes alterações:

— **ventilação:** configuração da taxa de ventilação de cinco renovações do volume de ar do ambiente por hora (5,0Ren/h) e janelas sem sombreamento;

— **sombreamento:** inserção de proteção solar externa ou interna da esquadria externa com dispositivo capaz de cortar no mínimo 50 % da radiação solar direta que entraria pela janela, com taxa de uma renovação do volume de ar do ambiente por hora (1,0Ren/h);

— **ventilação e sombreamento:** combinação das duas estratégias anteriores, ou seja, inserção de dispositivo de proteção solar e taxa de renovação do ar de 5,0Ren/h.

#### A6. Dados das cidades representativas (SiNAT)

As Tabelas A4, A5 e A6, demonstram os dados das cidades “representativas” das zonas bioclimáticas, que deverão constar no estudo de desempenho térmico para da o SiNAT.

**Tabela A4- Dados das cidades representativas das zonas bioclimáticas brasileiras  
 (Fonte: ABNT NBR 15575)**

| UF | Zona bioclimática | Cidade                            | Latitude | Longitude | Altitude [m] |
|----|-------------------|-----------------------------------|----------|-----------|--------------|
| PR | 1                 | Curitiba                          | 25,42 S  | 49,27 W   | 924          |
| MG | 2                 | São Lourenço <sup>1</sup>         | 22,1 S   | 45,01 W   | 953          |
| SP | 3                 | São Paulo                         | 23,5 S   | 46,62 W   | 792          |
| DF | 4                 | Brasília                          | 15,78 S  | 47,93 W   | 1160         |
| BA | 5                 | Vitória da Conquista <sup>1</sup> | 14,88 S  | 40,79 W   | 875          |
| MS | 6                 | Campo Grande                      | 20,45 S  | 54,62 W   | 530          |
| MT | 7                 | Cuiabá                            | 15,55 S  | 56,12 W   | 151          |
| AM | 8                 | Manaus                            | 3,13 S   | 60,02 W   | 72           |

**Tabela A5 – Dados de dias típicos de verão das cidades representativas das zonas bioclimáticas brasileiras**

| Cidade                            | Temperatura máxima diária °C | Amplitude diária de temperatura °C | Temperatura de bulbo úmido °C | Radiação solar Wh/m <sup>2</sup> | Nebulosidade décimos |
|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------|
| Curitiba                          | 31,4                         | 10,2                               | 21,3                          | 2774                             | 8                    |
| São Lourenço <sup>1</sup>         | 31,8                         | 11,7                               | 21,6                          | 5307                             | -                    |
| São Paulo                         | 31,9                         | 9,2                                | 21,3                          | 5180                             | 6                    |
| Brasília                          | 31,2                         | 12,5                               | 20,9                          | 4625                             | 4                    |
| Vitória da Conquista <sup>1</sup> | 31,7                         | 10,3                               | 21,0                          | 5030                             | -                    |
| Campo Grande                      | 33,6                         | 10                                 | 23,6                          | 5481                             | 6                    |
| Cuiabá                            | 37,8                         | 12,4                               | 24,8                          | 4972                             | 6                    |
| Manaus                            | 34,9                         | 9,1                                | 26,4                          | 5177                             | 7                    |

**Tabela A6 – Dados de dias típicos de inverno das cidades representativas das zonas bioclimáticas brasileiras**

| Cidade                            | Temperatura mínima diária °C | Amplitude diária de temperatura °C | Temperatura de bulbo úmido °C | Radiação solar Wh/m2 | Nebulosidade décimos |
|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|
| Curitiba                          | 0,7                          | 11,6                               | 11,0                          | 1666                 | 6                    |
| São Lourenço <sup>1</sup>         | 2,62                         | 16,6                               | 14,0                          | 3595                 | -                    |
| São Paulo                         | 6,2                          | 10,0                               | 13,4                          | 4418                 | 6                    |
| Brasília                          | 10,0                         | 12,2                               | 14,8                          | 4246                 | 3                    |
| Vitória da Conquista <sup>1</sup> | 10,7                         | 9,7                                | 15,1                          | 4110                 | -                    |
| Campo Grande                      | 13,7                         | 11,5                               | 17,3                          | 4250                 | 4                    |
| Cuiabá                            | 11,4                         | 14,3                               | 20,1                          | 4163                 | 4                    |
| Manaus                            | 21,4                         | 7,9                                | 25,0                          | 4523                 | 7                    |

<sup>1</sup> Os dados destas cidades não constam na norma ABNT NBR 15575, foram gerados com base em dados climáticos do INMET e dados de radiação solar global do CEPEL.

Caso a unidade habitacional ainda não atenda ao critério mínimo, pode-se fazer novo estudo, indicando o tipo de alteração necessária no projeto, ou indicar que o estudo naquela zona específica deve ser realizado após definição da implantação da unidade habitacional.

## A7. Aberturas para ventilação

Apresentar aberturas, nas fachadas das habitações, com dimensões adequadas para proporcionar a ventilação interna dos ambientes.

Este requisito só se aplica aos ambientes de longa permanência: salas, cozinhas e dormitórios.

### A7.1. Critério

Os ambientes de permanência prolongada devem ter aberturas para ventilação com áreas que atendam à legislação específica do local da obra, incluindo Códigos de Obras, Códigos Sanitários e outros.

Quando não houver exigências de ordem legal, para o local de implantação da obra, devem ser adotados os valores indicados na Tabela A7.

**Tabela A7 - Área mínima de ventilação em dormitórios e salas de estar**

| Nível de desempenho  | Aberturas para Ventilação (A)   |  |
|--|---------------------------------|--|
|  | Zonas 1 a 7<br>Aberturas médias | Zona 8<br>Aberturas grandes  |
| Mínimo   | A ≥ 7% da área de piso          | A ≥ 12 % da área de piso<br>REGIÃO NORTE DO BRASIL<br>A ≥ 8 % da área de piso<br>REGIÃO NORDESTE E SUDESTE DO BRASIL |
| Nota: nas zonas de 1 a 6 as áreas de ventilação devem ser passíveis de serem vedadas durante o período de inverno. |                                 |  |

## **A7.2. Método de avaliação**

Análise do projeto arquitetônico, considerando, para cada ambiente de longa permanência, a seguinte relação:

$$A = 100 \cdot (A_A / A_P) (\%)$$

onde:

$A_A$ : área efetiva de abertura de ventilação do ambiente, sendo que para o cálculo desta área somente são consideradas as aberturas que permitam a livre circulação do ar, devendo ser descontadas as áreas de perfis, vidros e de qualquer outro obstáculo; nesta área não são computadas as áreas de portas internas. No caso de cômodos dotados de portas-balcão ou semelhantes, na fachada do edifício, toda a área aberta resultante do deslocamento da folha móvel da porta é computada.

$A_P$ : área de piso do ambiente.

### **A7.2.1. Nível de desempenho**

Os resultados obtidos devem atender valor do nível mínimo para aceitação conforme Tabela A7.

---

---

## Anexo B

### Ensaio para a determinação da resistência à compressão

#### B1 – Generalidades

Quando a modelagem matemática do comportamento conjunto dos materiais e componentes que constituem o sistema, ou dos sistemas que constituem a estrutura, não for conhecida e consolidada por experimentação, ou não existir Norma Brasileira, permite-se, desde que aplicado a edificações habitacionais de até cinco pavimentos, estabelecer uma resistência mínima de projeto através de ensaios destrutivos e do traçado do correspondente diagrama carga x deslocamento, conforme indicado nos Anexo A da ABNT NBR 15575-2. E para verificação do comportamento conjunto para as deformações de serviço através de ensaios destrutivos e do traçado do correspondente diagrama carga x deslocamento, conforme indicado no Anexo B da ABNT NBR 15575-2.

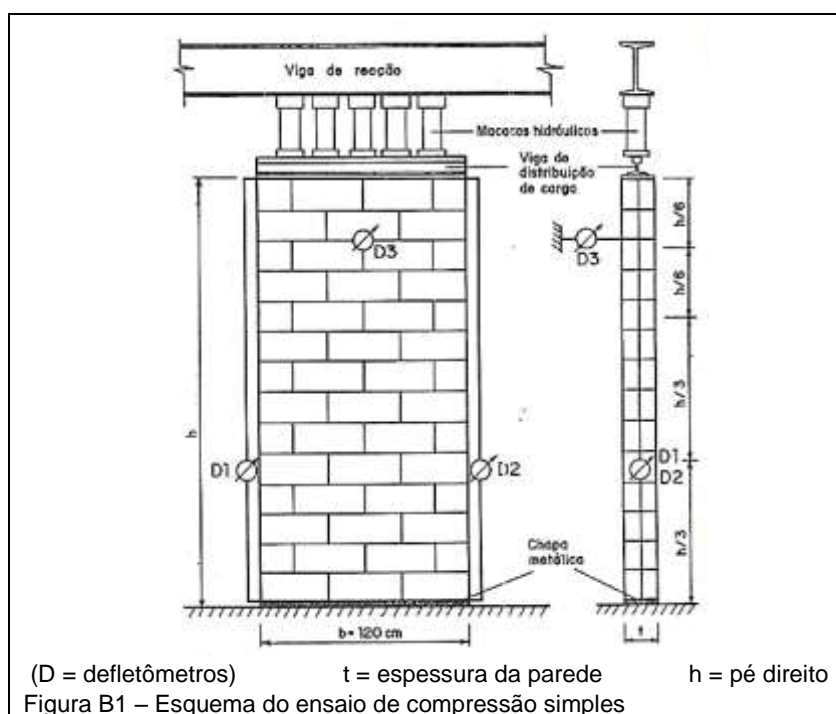
Os elementos estruturais devem ser ensaiados nas condições de solicitação a que se pretende submetê-los na edificação, traçando o gráfico: carga x deslocamento, conforme indicado nos Anexos A e B da ABNT NBR 15575-2, de forma a serem caracterizados em cada ensaio pelo deslocamento que primeiro estabelecer uma falha.

#### B2. Preparação dos painéis para ensaio de resistência a compressão

Confeccionar os elementos estruturais (painéis) com os mesmos materiais, procedimentos e controles normais do processo construtivo a ser adotado no canteiro de obras.

Devem ser ensaiados no mínimo tres painéis com dimensões mínimas de 1,20m de largura e altura equivalente ao pé direito de projeto.

Os painéis devem ser ensaiados em laboratório aplicando-se cargas uniformemente distribuídas por meio de sistema de reação conforme apresentado na Figura B1. Deve ser utilizado no mínimo dois macacos hidráulicos para distribuição uniforme da carga. O sistema de reação e de carregamento deve permitir a determinação da carga de ruptura com variação de até 3 %. O uso de macaco hidráulico único é permitido apenas em condição especial em equipamento de grande porte permitindo a distribuição uniforme do carregamento sobre todo o painel.





## B2.1 Aparelhagem

Devem ser empregados instrumentos que forneçam medição de centésimos de milímetro e que registrem toda a história da carga, principalmente a situação dos pontos e regiões mais solicitados.

- viga de reação de carga;
- dispositivo de aplicação de carga por meio de macacos hidráulicos;
- viga de distribuição de carga;
- defletômetros de haste com resolução de 0,01mm;

As determinações dos encurtamentos médios das paredes devem ser obtidas por meio de, no mínimo, dois defletômetros, com resolução de 0,01mm, instalados nas laterais da parede conforme a Figura B1.

Quando a relação entre a altura da parede e a espessura for maior ou igual a 25 ( $h / t \geq 25$ ), deve ser instalado um defletômetro localizado na metade do terço superior da parede, para a determinação do deslocamento horizontal desta. Caso a relação seja inferior a 25 ( $h / t < 25$ ), a instalação deste defletômetro é opcional.

Para melhor visualização das fissuras, pode-se pintar ambas as faces do painel com cal a fim de realçar as fissuras e permitir a visualização do modo de ruptura.

## B.3 Procedimentos de ensaio e resultados obtidos

Os procedimentos para a aplicação do carregamento são os seguintes:

- a) durante o ensaio, a tensão aplicada na área bruta deve se elevar progressivamente à razão de  $(0,05 \pm 0,01)$  MPa/s;
- b) inicialmente aplicar dois ciclos de carga e descarga, até o valor de 50 % da carga de ruptura estimada;
- c) após os ciclos iniciais de carga e descarga, aplicar a carga de forma crescente, em incrementos da ordem de 10 % do valor da carga de ruptura estimada, sendo feitas leituras dos encurtamentos do corpo de prova a cada novo incremento de carga, de forma a ser possível traçar o gráfico carga x deslocamento. Para a realização das leituras, o tempo de permanência na respectiva posição de carregamento não pode ser inferior a 3 minutos;
- d) o ensaio deve ser considerado finalizado quando o último incremento de carga levar o corpo de prova à ruptura;
- e) apresentar tabela de resultados contendo: quantidade de corpos-de-prova (no mínimo 3), carga do primeiro dano, carga de ruptura;
- f) informar quais valores foram considerados para  $\gamma_m$ , e  $\xi$ , para cálculo de  $R_{ud}$ ,  $R_{sd}$  ( $\gamma_m$  = coeficiente de minoração da resistência, igual a 2,0 na falta de melhor dado) e ( $\xi$  = coeficiente que leva em conta a variabilidade dos materiais, igual a 1,5 na falta de melhor dado);
- g)  $R_{ud}$  = resistência (ou carga) última de projeto, calculado conforme Anexo A da ABNT NBR 15575-2;
- h)  $R_{sd}$  = resistência (ou carga) de servido de projeto, calculado conforme Anexo B da ABNT NBR 15575-2;
- i) informar os valores de:
  - $S_k$  = maior solicitação (ou carga) característica prevista no projeto;

- $\gamma_f$  = coeficiente de majoração das ações (usualmente 1,4);
  - $S_{d,u}$  = maior solicitação (ou carga) no Estado Limite Último de projeto ( $S_{d,u} < R_{ud}$ );
  - $S_{d,s}$  = maior solicitação (ou carga) para Estado Limite de Serviço ( $S_{d,s} < R_{s,d}$ );
- 
-