

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. 04

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

Brasília, setembro de 2024

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	8
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	9
2.2.3. Armaduras e fibras	10
2.2.4. Outros materiais	10
2.3.1. Caracterização dos painéis-parede e demais componentes	10
2.3.2. Indicação dos revestimentos	11
2.3.3. Indicação das esquadrias	11
2.3.4. Indicação de equipamentos de transporte, montagem e segurança	11
2.3.5. Indicação da ligação entre painéis e estrutura	11
3. Requisitos e critérios de desempenho	11
3.1. Desempenho estrutural	11
3.1.1. Resistência estrutural e estabilidade global – (Estado-limite último)	11
3.1.2. Deformações ou estados de fissuração do sistema estrutural – (Estado-limite de serviço)	12
3.1.3. Resistência a impactos de corpo mole e corpo duro	14
3.1.3.3. Impactos de corpo-duro para vedações verticais externas (fachadas) e para vedações verticais internas	17
3.1.4. Solicitações transmitidas por portas para as paredes	18
3.1.5. Solicitações de cargas de peças suspensas atuantes nos sistemas de vedações verticais externas e internas	18
3.2. Segurança contra incêndio	20
3.2.1. Dificultar a ocorrência da inflamação generalizada	20
3.2.2. Dificultar a propagação do incêndio e preservar a estabilidade estrutural da edificação	23
3.3. Estanqueidade à água	23
3.3.1. Estanqueidade à água de chuva em sistemas de vedações verticais externas (fachadas)	23
3.3.2. Estanqueidade de vedações verticais internas e externas com incidência direta de água – Áreas molhadas	23

3.3.3. Estanqueidade de juntas (encontros) entre paredes pré-moldadas e entre paredes e demais interfaces	24
3.4. Desempenho Higrotérmico	24
3.4.1 Desempenho Térmico	24
3.4.2 Período de condensação	24
3.5. Desempenho acústico	24
3.6.1 Isolação sonora promovida pelos elementos da envoltória (parede e cobertura) – ensaio de campo - $D_{2m,nT,w}$	25
3.6.2 Isolação sonora entre ambientes promovida pelas paredes internas - em ensaio de campo - $D_{nT,w}$	25
3.6. Durabilidade e manutenibilidade	25
3.6.1. Vida útil de projeto dos elementos	25
3.6.2. Manutenibilidade dos elementos	26
3.6.3. Exposição à agressividade ambiental	26
3.6.4. Deterioração do concreto e da armadura	29
3.6.5. Resistência a choque térmico	30
3.6.6. Resistência à corrosão de dispositivos de fixação	30
3.6.7. Exposição ao envelhecimento natural	30
4. Métodos para avaliação	30
4.1. Métodos para avaliação das características dos materiais e componentes construtivos	30
4.2. Métodos para avaliação do desempenho do sistema construtivo	32
4.2.1. Desempenho estrutural	32
4.2.2. Segurança contra incêndio	35
4.2.3. Estanqueidade à água	36
4.2.4. Desempenho Higrotérmico	36
4.2.5. Desempenho acústico	36
4.2.6. Durabilidade e manutenibilidade	37
5. Análise global do desempenho do produto	39
6.1. Controle na produção dos componentes pré-moldados	40
6.1.1. Controle de aceitação de materiais e componentes	40
6.1.2. Controle e inspeção das etapas de produção	42
6.1.3. Controle de aceitação dos componentes pré-moldados (painéis)	43
6.1.4. Controle da montagem em canteiro de obras	44
Anexo A - Procedimento para simulação computacional de taxa de condensação por ano	46
Anexo B - Ensaio para a determinação da resistência à compressão	49
B1 – Generalidades	49
B2. Preparação dos painéis para ensaio de resistência a compressão	49
B2.1 Aparelhagem	50
B.3 Procedimentos de ensaio e resultados obtidos	50

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 pré-moldados, estruturais e/ou não estruturais, não contemplados no escopo da ABNT NBR 16475, com seção transversal:

- maciça de concreto sem armadura;
- alveolar com função estrutural (painéis em que a seção transversal é alveolar, com a presença de 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 com função estrutural (combinação de nervuras de concreto armado com outros materiais de enchimento e revestimento).

Esses painéis formam as paredes internas e externas de casas térreas, sobrados unifamiliares, casas sobrepostas¹ 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 houver, devem ser consideradas nos respectivos DATecs.

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.

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

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.

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

ABNT NBR 5674 – Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção;

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;

para Avaliação Técnica de Produtos – DIRETRIZ SINAT

- ABNT NBR 7211 – Agregados para concreto – Requisitos;
- ABNT NBR 7212 – Concreto dosado em central - Preparo, fornecimento e controle;
- ABNT NBR 7218 – Agregados – Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis;
- ABNT NBR 7480 – Aço destinado às armaduras para estruturas de concreto armado - Requisitos;
- 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 8681 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento;
- 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 pela massa específica, por grupos de resistência e consistência;
- 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 – Acústica — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações; ;
- ABNT NBR 10636-1 – Componentes construtivos não estruturais - Ensaio de resistência ao fogo – Parte 1: Paredes e divisórias de compartimentação;
- ABNT NBR 10821-2 – Esquadrias para edificações Parte 2: Esquadrias externas - Requisitos e classificação;
- ABNT NBR 10821-3 – Esquadrias externas para edificações – Parte 3: Esquadrias externas e internas - Métodos de ensaio;
- 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 12655 – Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento e aceitação – Procedimento;
- ABNT NBR 14037 – Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos;
- 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;

para Avaliação Técnica de Produtos – DIRETRIZ SINAT

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 15220-2 – Desempenho térmico de edificações – Parte 2 – Componentes e elementos construtivos das edificações — Resistência e transmitância térmica — Métodos de cálculo;

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 15270-2 – Componentes Cerâmicos – Parte 2: Blocos pe tijolos para alvenaria Parte 2: Métodos de ensaios;

ABNT NBR 15575-1 – Edifícios habitacionais –Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais;

ABNT NBR 15575-2 – Edifícios habitacionais – Desempenho – Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais;

ABNT NBR 15575-4 – Edifícios habitacionais — Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE;

ABNT NBR 15575-5 – Edifícios habitacionais – Desempenho – Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas;

ABNT NBR 15575-6 – Edificações habitacionais: Desempenho – Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários

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 15823-2 – Concreto autoadensável Parte 2: Determinação do espalhamento, do tempo de escoamento e do índice de estabilidade visual - Método do cone de Abrams;

ABNT NBR 15930-2 – Portas de madeira para edificações – Parte 2: Requisitos;

ABNT NBR 16055 – Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos;

ABNT NBR 16475 – Painéis de parede de concreto pré-moldado – Requisitos e procedimentos;

ABNT NBR 16697 – Cimento Portland – Requisitos;

ABNT NBR 16889 – Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone;

ABNT NBR 16916 – Agregado miúdo - Determinação da densidade e da absorção de água;

ABNT NBR 16917 – Agregado graúdo - Determinação da densidade e da absorção de água;

ABNT NBR 16972 – Agregados - Determinação da massa unitária e do índice de vazios;

ABNT NBR 16973 – Agregados - Determinação do material fino que passa pela peneira de 75 µm por lavagem;

ABNT NBR 17054 – Agregados - Determinação da composição granulométrica - Método de ensaio.

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

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

ISO 10140-2 – Acoustics – Laboratory measurement of sound insulation of building elements – Part 2 Measurements of airborne sound insulation; ISO 10140-3 – Acoustics – Laboratory measurement of sound insulation of building elements – Part 3: Measurement of impact sound insulation;

ISO 11925-2 Reaction to fire tests – Ignitability of products subjected to direct impingement of flame – Part 2: Single-flame source test;

ISO 16283-1 – Acoustics – Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements — Part 1: Airborne sound insulation;

ISO 16283-3 – Acoustics – Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 3: Façade sound insulation.

Normas Norte-Americanas:

American Society for Testing and Materials (ASTM). ASTM E 662 – Standard test method for specific optical density of smoke generated by solid materials.

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 se aplica 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 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

Características	Indicador
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, para proporcionamento em volume	
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

Característica	Indicador
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
Armaduras	
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
Fibras	
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, ABNT NBR 16475 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. 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 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 $\gamma_w \cdot S_{wk}$. 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 NBR 15575-4.

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:

- o deslocamentos maiores que os estabelecidos nas normas de projeto estrutural (ABNT NBR 6118, ABNT NBR 9062 e ABNT NBR 15575-2);
- o 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_{hr}) e residuais (d_{hr}) 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.

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. 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 para inferências e considerações estruturais, inclusive com referência a painéis com aberturas.

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: $S_d = S_{gk} + 0,7 S_{qk} + S_{wk}$ (desconsiderar S_{wk} no caso de alívio da compressão)	Não ocorrência de falhas; Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/500$ $d_{hr} \leq h/2500$
Painéis com ou sem função estrutural	Cargas permanentes e deformações impostas $S_d = S_{gk} + S_{\xi k}$	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: $S_d^{(a)} = 0,9 S_{gk} + 0,8 S_{wk}$	Não ocorrência de falhas; Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/500$ (SVVE com função estrutural); $d_{hr} \leq h/2500$ (SVVE com função estrutural); $d_h \leq h/350$ (SVVE sem função estrutural); $d_{hr} \leq h/1750$ (SVVE sem função estrutural). 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:

h é altura do elemento parede; d_h é o deslocamento horizontal

instantâneo; d_{hr} é o deslocamento horizontal residual;

S_{gk} é a solicitação característica devido a cargas permanentes;

$S_{\xi k}$ é o valor característico da solicitação devida à deformação específica do material;

S_{qk} é o valor característico da solicitação devida às cargas acidentais ou sobrecargas de uso; S_{wk}

é o valor característico da solicitação devida ao vento.

Nota: estes limites aplicam-se, a princípio, a SVVIE destinados a edificações de até cinco pavimentos

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.

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.

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
	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) Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/250$; $d_{hr} \leq h/1250$.
		180	Não ocorrência de falhas. (estado limite de serviço)
		120	

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

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

Elemento	Energia de impacto de corpo mole (J)	Critério de desempenho
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) Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/250$; $d_{hr} \leq h/1250$.
	60	Não ocorrência de falhas. (estado-limite de serviço)
	120	Não ocorrência de ruína (estado-limite de serviço).

Vedações sem função estrutural		São admitidas falhas localizadas.
	60	Não ocorrência de falhas (estado-limite de serviço). Limitação da ocorrência de deslocamento: $d_h \leq h/125$; $d_{hr} \leq h/625$.
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.

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

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) Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/125$; $d_{hr} \leq h/625$.
		180	Não ocorrência de falhas. (estado-limite de serviço)
	120		
	Impacto interno	360	Não ocorrência de ruína (estado-limite de serviço)
		180	
		120	Não ocorrência de falhas; (estado-limite de serviço) Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/125$; $d_{hr} \leq h/625$.

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 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 mossas;
- 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)	Crítério 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

Sistema	Impacto	Energia de impacto de corpo duro (J)	Critério de desempenho
			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.

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:

- 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;
- 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, 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)	Crítérios de desempenho
0,4	0,8	Não ocorrência de falhas que comprometam o estado-limite de serviço. Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/500$; $d_{hr} \leq h/2500$.

onde: h é altura do elemento parede;
 d_h é o deslocamento horizontal instantâneo; d_{hr} é o deslocamento horizontal residual.

OBSERVAÇÕES:

- A) 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;
- B) 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 $h/500$;
- C) para qualquer sistema de fixação recomendado deve ser estabelecida a máxima carga de uso, incluindo as cargas aplicadas muito próximas à face da parede.
- D) 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 (D_m) 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 $\Delta T \leq 30^{\circ}\text{C}$ $\Delta m \leq 50\%$ $t_r \leq 10\text{s}$	-	-
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 óptica de fumaça.
 ΔT – Variação da temperatura no interior do forno.
 Δm – Variação da massa do corpo de prova.
 t_r – 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 (exp. = 30 s)	
I	Incombustível $\Delta T \leq 30$ $^{\circ} C$; $\Delta m \leq 50$ %; $t_f \leq 10$ s	–	–	
II	A	Combustível	FIGRA ≤ 120 W/s THR600s $\leq 7,5$ MJ SMOGR ≤ 180 m ² /s ² e TSP600s ≤ 200 m ²	FS ≤ 150 mm em 60 s
	B	Combustível	FIGRA ≤ 120 W/s LSF < canto do corpo de prova LSF < canto do corpo de prova THR600s $\leq 7,5$ MJ SMOGR > 180 m ² /s ² e TSP600s > 200 m ²	FS ≤ 150 mm em 60 s
III	A	Combustível	FIGRA ≤ 250 W/s THR600s ≤ 15 MJ SMOGR ≤ 180 m ² /s ² e TSP600s ≤ 200 m ²	FS ≤ 150 mm em 60 s
	B	Combustível	LSF < canto do corpo de prova FIGRA ≤ 250 W/s LSF < canto do corpo de prova THR600s ≤ 15 MJ SMOGR > 180 m ² /s ² e TSP600s > 200 m ²	FS ≤ 150 mm em 60 s
IV	A	Combustível	FIGRA ≤ 750 W/s SMOGR ≤ 180 m ² /s ² e TSP600s ≤ 200 m ²	FS ≤ 150 mm em 60 s
	B	Combustível	FIGRA ≤ 750 W/s SMOGR > 180 m ² /s ² e TSP600s > 200 m ²	FS ≤ 150 mm em 60 s
V	A	Combustível	FIGRA > 750 W/s SMOGR ≤ 180 m ² /s ² e TSP600s ≤ 200 m ²	FS ≤ 150 mm em 20 s
	B	Combustível	FIGRA > 750 W/s SMOGR > 180 m ² /s ² e TSP600s > 200 m ²	FS ≤ 150 mm em 20 s
VI	–	–	FS > 150 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.

SMOGR – 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.

ΔT – Variação da temperatura no interior do forno.

Δm – 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, 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.

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 Higrotérmico

3.4.1 Desempenho Térmico

A edificação deve reunir características que atendam aos critérios de desempenho térmico estabelecidas na ABNT NBR 15575-1, 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 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, considerando-se os dados das cidades representativas indicados no Protocolo de Avaliação do Desempenho Térmico de Sistemas Construtivos para Habitações por Simulações Computacionais – SiNAT.

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

3.4.2 Período de condensação

O número de horas em que há risco de condensação para o sistema de paredes objeto desta Diretriz, em um período de um ano, considerando as condições estabelecidas no item 1.2 e a região bioclimática, pode ser, no máximo, 20% maior que aquele de uma parede de alvenaria de blocos cerâmicos de 140 mm de espessura com revestimento de argamassa de 20 mm de espessura em ambas as faces no mesmo período. Considerar a taxa de condensação máxima que pode ocorrer entre as paredes avaliadas, considerando os resultados da edificação ocupada, conforme condições estabelecidas no Anexo A (Procedimento para simulação computacional de taxa de condensação por ano).

Para isso deve-se fazer simulação, considerando as condições do item 1.2, utilizando software que faça balanço simultâneo de calor e umidade em regime transitório, como exemplo o Energy Plus.

3.5. Desempenho acústico

Para o produto objeto desta diretriz deve ser apresentado o valor do índice de redução sonora ponderado, R_w , considerando o elemento construtivo parede cega, com os seus componentes típicos, incluindo juntas quando for o caso, conforme ISO 10140-3, que é o método de precisão realizado em laboratório.

Considerando este valor, a ITA fará uma análise do potencial do emprego da parede na edificação habitacional, do ponto de vista da isolamento a ruídos aéreos, com base nos critérios e nos valores de referência definidos na ABNT NBR 15575-4, para sistemas de vedação vertical.

externa ou interna (fachadas, paredes de geminação, paredes entre unidades habitacionais e áreas comuns, separação entre unidades passando pelo hall).

Como forma de demonstrar o potencial de atendimento da ABNT NBR 15575-4, devem ser apresentadas medições de campo, considerando isolamento a ruídos aéreos de fachada, ou de fachada/cobertura (no caso de unidades térreas e assobradadas) e de paredes internas entre unidades habitacionais, pelo menos. As medições de campo devem ser efetuadas, preferencialmente, por meio do método de engenharia, conforme a ISO 16283-3 ou a ISO 16283-1.

Sabe-se que há limitações, pois os resultados obtidos em campo restringem-se somente às medições efetuadas, porém estas medições estão sendo entendidas somente como uma verificação potencial. Além disto, os valores medidos em campo consideram o projeto, os demais componentes e elementos construtivos empregados na edificação e até a qualidade da execução da edificação, além do produto objeto desta Diretriz. Por isso, os resultados dos ensaios em campo devem vir acompanhados da descrição das paredes, tratamento de juntas, tipo de esquadrias (portas e janelas) e tratamento da junta entre paredes e esquadrias, relação entre área de janela e área de parede, tipo de cobertura (telhado e forro) e projeto típico da unidade nos locais de medição.

3.5.1 Isolação sonora promovida pelos elementos da envoltória (parede e cobertura) – ensaio de campo - $D_{2m,nT,w}$

Os elementos da envoltória, fachadas e coberturas, na região de dormitórios, devem atender aos critérios mínimos apresentados na ABNT NBR 15575-4.

3.5.2 Isolação sonora entre ambientes promovida pelas paredes internas - em ensaio de campo - $D_{nT,w}$

O sistema de vedação vertical interna deve atender os critérios apresentados na ABNT NBR 15575-4.

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.

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 15, 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 15 – Vida útil de projeto mínima (VUP)*

Sistema	VUP mínima anos
Estrutura / painéis estruturais (externos e internos)	≥ 50 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 2150kg/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 16697, 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 16 a seguir. A Tabela 17 exemplifica o tipo de ambiente com relação às classes de agressividade ambiental, com base na ABNT NBR 6118.

Tabela 16 - 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 ⁽¹⁾			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento (ABNT NBR 16697)	(CA)	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	(CP)	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	(CA)	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	(CP)	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40
Consumo de cimento por metro cúbico de concreto (kg/m ³)	(CA) e (CP)	≥ 260	≥ 280	≥ 320	≥ 360

⁽¹⁾ 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 17 – 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 (Δc). Os cobrimentos nominais para $\Delta c=10\text{mm}$ são descritos na Tabela 25.

Quando houver um controle adequado de qualidade e limites rígidos de tolerância da variabilidade das medidas durante a execução, pode ser adotado o valor $\Delta c = 5 \text{ mm}$, mas a exigência de controle rigoroso deve ser explicitada nos desenhos de projeto. Permite-se, então, a redução dos cobrimentos nominais, prescritos na Tabela 25, em 5 mm.

Para concretos de classe de resistência superior ao mínimo exigido, os cobrimentos definidos na Tabela 18 podem ser reduzidos em até 5 mm.

Tabela 18 - 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 (1)			
		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
(1) 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 18 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 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 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 carreiam 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:

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

Quanto à deterioração da armadura, deve-se considerar:

- 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;
- 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.

4. Métodos para avaliação

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

As características definidas na Tabela 19 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 19 - Requisitos de conformidade de materiais e componentes

Item	Requisitos	Indicador de conformidade	Método de avaliação ⁽¹⁾
A – Agregado			
1	Absorção de água e massa específica – Agregado miúdo	Conforme especificação de projeto e ABNT NBR 7211	ABNT NBR 16916
2	Massa específica, massa específica aparente e absorção de água – Agregado graúdo		ABNT NBR 16917
3	Massa específica, massa específica aparente e absorção de água – Agregado miúdo		ABNT NBR 16916

Item	Requisitos	Indicador de conformidade	Método de avaliação ⁽¹⁾
4	Massa unitária no estado solto		ABNT NBR 16972
5	Composição granulométrica		ABNT NBR 17054
6	Material passante na peneira 75microm. por lavagem	Conforme especificação de projeto e ABNT NBR 7211	ABNT NBR 16973
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 – Concreto			
1	Consistência do concreto fresco	Conforme especificação de projeto	Ensaio de consistência pelo abatimento do tronco de cone, conforme ABNT NBR 16889 ou Ensaio de consistência pelo espalhamento do tronco de cone, conforme ABNT NBR 15823-2
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 ⁽²⁾		Ensaio de resistência à compressão realizado segundo a ABNT NBR 5739
3	Massa específica		Ensaio conforme a ABNT NBR 9778
C – Armaduras e fibras			
1	Classificação e resistência de escoamento	Conforme especificação de projeto	ABNT NBR 7480
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		-
D – Painel pré-fabricado			
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

Item	Requisitos	Indicador de conformidade	Método de avaliação ⁽¹⁾
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
(1) a quantidade de corpos-de-prova a serem ensaiados será definida em controle e aceitação de materiais e componentes. 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), 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 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, ABNT NBR 9062 e ABNT NBR 16475.

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 $\gamma_w \cdot S_{wk}$; 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.

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 devem 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 $f_{ck} \geq$

20MPa e massa específica não inferior a 2150kg/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 endentação 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.

4.2.1.3.4. Impactos de corpo-duro para paredes internas

A verificação da resistência e endentação 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.

4.2.1.4. Solicitações transmitidas por portas para as paredes

Os ensaios de fechamento brusco da porta e o impacto de corpo-mole devem ser realizados segundo a ABNT NBR 15930-2. 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 e a ABNT NBR 16833.

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.

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 incombustibilidade 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 (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 10636-1 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 2150kg/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 2150kg/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.

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.

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 Higrotérmico

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, essa deve ser feita conforme “Protocolo de Avaliação do Desempenho Térmico de Sistemas Construtivos para Habitações por Simulações Computacionais, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-12-de-5-de-novembro-de-2021-360452707>.

O período de condensação deve ser avaliado conforme item 3.4.2.

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.

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:

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.

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.

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.

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).

4.2.6.9. 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 os 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 21 mostra as atividades a serem controladas pelo produtor, os documentos que 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 20 – Atividades objeto de controle na produção de peças pré-fabricadas

Atividade a ser controlada pelo produtor	Procedimentos de controle a serem elaborados pelo produtor e verificados pela ITA
Controle de aceitação de materiais	Procedimento de controle de aceitação de materiais (itens e frequência de controle – ver Tabela 22)
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 24)

6.1.1. Controle de aceitação de materiais e componentes

Tabela 22 – Controle de aceitação de materiais: métodos e frequências de avaliação

Item	Material/ componente	Requisito	Método de avaliação	Amostragem / Frequência de inspeção do produto
1	Componente estrutural do painel			
1.1	Blocos Cerâmicos ou de concreto	Tipo, dimensões, quantidades, resistência à compressão	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
2	Concreto preparado em obra			

Item	Material/ componente	Requisito	Método de avaliação	Amostragem / Frequência de inspeção do produto
2.1	Concreto fresco	Consistência	Ensaio (ver Tabela 22)	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 22)	
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	
3	Concreto usado			
3.1	Concreto fresco	Consistência	Ensaio (ver Tabela 22)	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 Reatividade álcali/agregado	Ensaio (ver Tabela 22)	
4	Armadura	Tipo, comprimento e diâmetro	(ver Tabela 3)	Lote de recebimento
5	Fibra	Tipo, comprimento e diâmetro	(ver Tabela 3)	Lote de recebimento

6.1.2. Controle e inspeção das etapas de produção

Tabela 23 – Controle das atividades de produção dos componentes pré-moldados

Etapas	Requisito	Método de avaliação	Amostragem/ frequência de inspeção do produto
Execução das formas	Dimensões das formas, limpeza e desmoldante	Inspeção visual, conforme projeto	Todas as peças
	Travamento e estanqueidade das formas	Inspeção visual conforme projeto	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 projeto	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	Inspeção visual conforme projeto	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 24 – 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 25 – 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 até10m	±15
		Superior a 10m	±20
	Espessura do painel		±5
	Esquadro do painel	Até 10m	±15
		Superior a 10m	±2mm/m
	Linearidade		±L ^{a)} /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

As Tabelas 26 e 27 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 26 – Atividades a verificar durante a montagem

#	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	

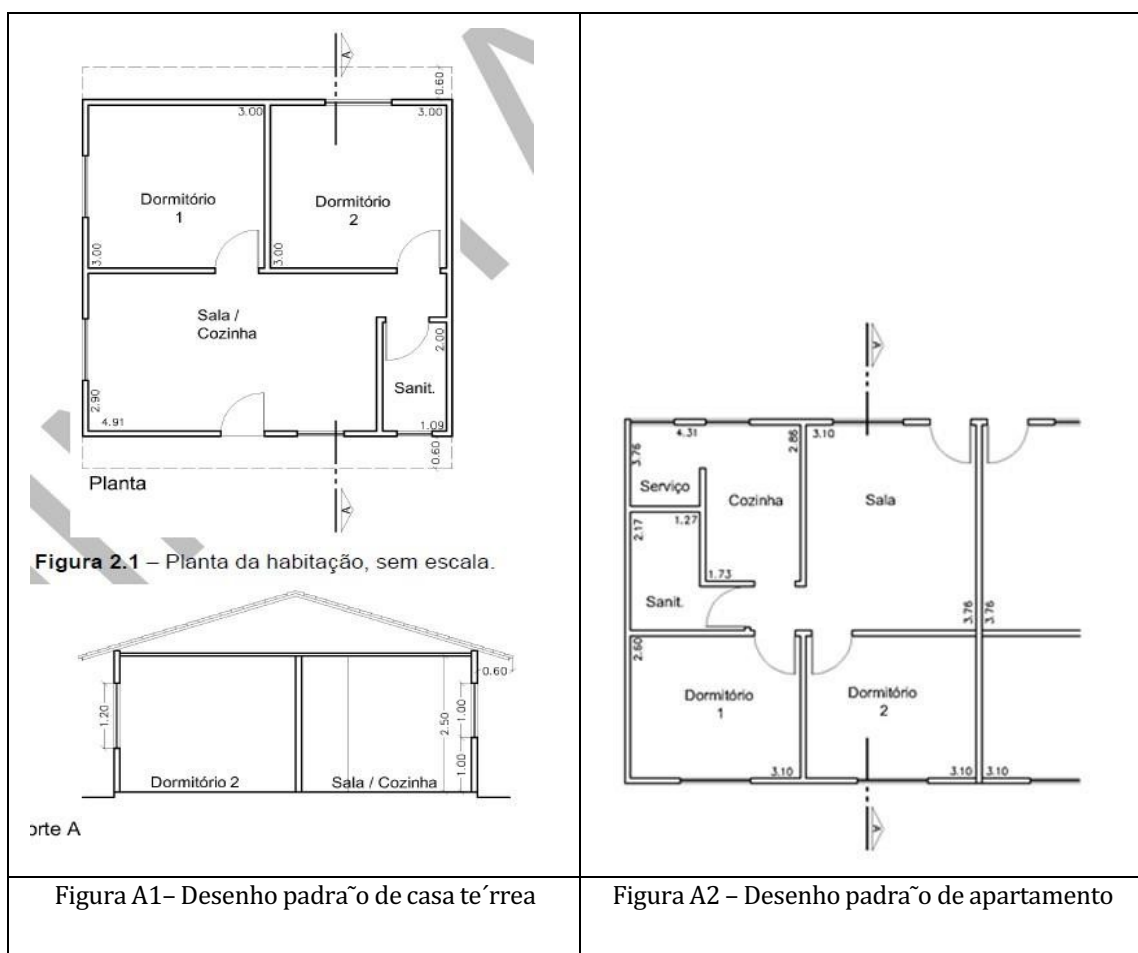
Tabela 27 – Tolerâncias dimensionais após montagem - final para edifícios de até 05 pavimentos

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 - Procedimento para simulação computacional de taxa de condensação por ano

Descrevem-se a seguir as regras e premissas para realização de simulação computacional visando cálculo da taxa de condensação para o sistema de paredes objeto desta Diretriz, em um período de um ano.

- 1) Realizar duas simulações, considerando um mesmo projeto de arquitetura e dois tipos de paredes:
 - a. Parede objeto da Diretriz; e
 - b. Parede de alvenaria de blocos cerâmicos de 140 mm de espessura com revestimento de argamassa de 20 mm de espessura em ambas as faces (as características térmicas do bloco e argamassa constam da Tabela 6).
- 2) Utilizar projeto padrão, conforme Figura 3 e Figura 4 e descrição dos elementos construtivos a seguir:



- Cobertura composta por telhado em telhas cerâmicas, com espessura média de 2 cm, sobre laje horizontal de concreto tradicional, com espessura de 6 cm;

- Janelas dos dormitórios e sala com tipologia “de correr”, dimensões de 120 cm x 120 cm, compostas por caixilhos metálicos, com duas folhas de vidro liso incolor transparente com 3 mm de espessura;
 - Janela da cozinha com tipologia “de correr”, dimensões de 100 cm x 80 cm, composta por caixilho metálico, com duas folhas de vidro liso incolor transparente com 3 mm de espessura;
 - Janela do banheiro, com tipologia “basculante”, dimensões de 60 cm x 60 cm, composta por caixilho metálico, com vidro liso incolor transparente com 3 mm de espessura;
 - Porta da sala em madeira, com tipologia “de abrir” e dimensões de 80 cm x 210 cm;
 - Portas dos dormitórios em madeira, com tipologia “de abrir” e dimensões 70 cm x 210 cm;
 - Porta do banheiro, em madeira, com tipologia “de abrir” e dimensões 60 cm x 210 cm;
 - Pé direito de 2,50 m.
- 3) Adotar as características térmicas dos blocos cerâmicos descritas na Tabela 6, os quais compõem a parede de alvenaria utilizada como referência;

Tabela A1 – Características térmicas dos materiais da parede de alvenaria

Material	ρ (kg/m ³)	λ (W/(m·K))	c (kJ/(kg·K))
Cerâmica	1800	1,0	0,90
Argamassa de revestimento	1800	1,15	0,92

- 4) Não considerar efeito de sombreamento de edificações vizinhas;
- 5) Considerar a simulação/ análise nos cômodos de longa permanência: sala e dormitórios;
- 6) Realizar a simulação, considerando as janelas dos dormitórios e salas voltadas para a direção Sul. No caso de edifícios, considerar na simulação o apartamento da cobertura;
- 7) Considerar duas situações de ocupação:
- a. Apartamento desocupado, com ventilação somente por meio de frestas nas janelas.
 - b. Considerar esquadrias com nível de desempenho “mínimo” (80m³/(h x m²) quanto à sua permeabilidade ao ar de acordo com a norma ABNT NBR 10821-2;
 - c. Apartamento ocupado, com ventilação que ocorre através da metade da área total das janelas, por um período de 08 horas.
- 8) Simular as portas internas dos recintos abertas;
- 9) Considerar na simulação os dados climáticos das cidades representativas das zonas bioclimáticas que serão avaliadas;
- 10) Considerar as condições de relevo e pressão do vento “standard” do Energy Plus; 11) Considerar as fontes de umidade e ocupação, conforme tabelas.

Tabela A2 – Fontes de calor e umidade nos recintos e regime de ocupação diário em todos os dias do ano

Recinto	Pessoas	Iluminação	Equipamentos de aquecimento de água	Regime de ocupação diário em todos os dias do ano (h)
Sala	Duas pessoas em atividade sedentária	Duas lâmpadas fluorescentes compactas	-	8 às 23
Dormitório 1	Duas pessoas dormindo	-	-	23 às 8
Dormitório 2	Duas pessoas dormindo	-	-	23 às 8
Cozinha	Duas pessoas em atividade sedentária	Uma lâmpada fluorescente compacta	Duas panelas com 25 cm de diâmetro com água em ebulição	13 às 14 19 às 20
Banheiro	Uma pessoa em atividade sedentária	Uma lâmpada fluorescente compacta	Um chuveiro em funcionamento com água aquecida	18 às 19
Corredor	-	-	-	-
Área de serviço	-	-	-	-

Tabela A3 – Calor produzido por pessoas em função da atividade metabólica

Fonte	Potência (W)	Fração radiante
Pessoa em atividade sedentária	130	0,5
Pessoa dormindo	80	0,5

Tabela A4 – Calor produzido por lâmpadas em função da potência

Tipo de lâmpada	Recinto	Quantidade	Potência unitária (W)	Fração radiante	Fração convectiva
Fluorescente compacta	Sala	2	15	0,72	0,12
	Cozinha	1			
	Banheiro	1			

Tabela A5 – Vapor d'água produzido por equipamentos de aquecimento de água (Fonte: Canada Mortgage and Housing Corporation, 1979)

Equipamento de aquecimento de água	Quantidade de vapor d'água liberado (g/h)
Panelas com água em ebulição	1.890 ^a
Chuveiro em funcionamento, com água aquecida (quatro banhos sequenciais de 15 minutos)	450

^aNota: valor referente a um metro quadrado de área da superfície superior da panela.

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.

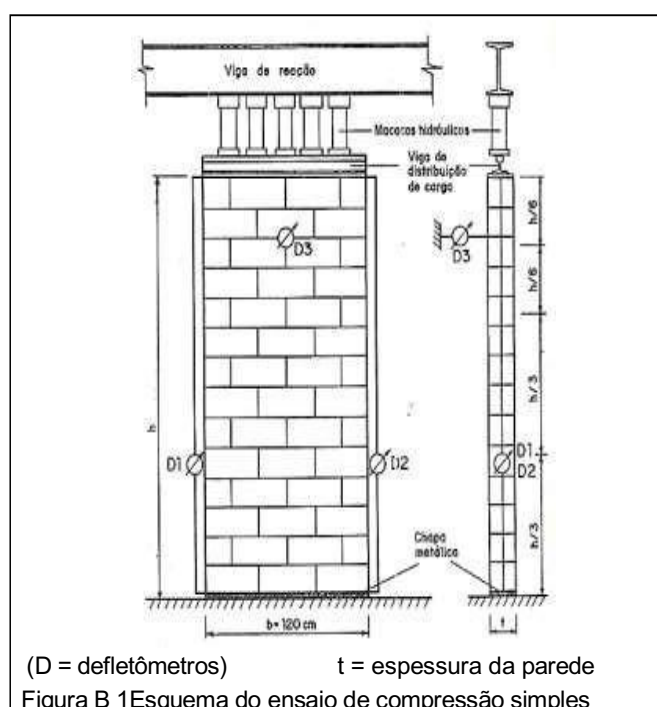
Os elementos estruturais devem ser ensaiados nas condições de solicitação a que se pretende submetê-los na edificação, traçando o gráfico: carga x deslocamento, conforme indicado nos Anexos A e B da ABNT NBR 15575-2, de forma a serem caracterizados em cada ensaio pelo deslocamento que primeiro estabelecer 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 três 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 B.1. 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 B.1.

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 \times 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 γ_m , e ξ , para cálculo de R_{ud} , R_{sd} (γ_m = coeficiente de minoração da resistência, igual a 2,0 na falta de melhor dado) e (ξ = 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;
 - γ_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 ($S_{d,s} < R_{s,d}$);
-
-