



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. 01

**Sistemas construtivos integrados por painéis
pré-moldados para emprego como paredes de
edifícios habitacionais**

Brasília, julho de 2012

SUMÁRIO

1. OBJETO	1
1.1 RESTRIÇÕES DE USO	1
1.2 CAMPO DE APLICAÇÃO	1
1.3 TERMINOLOGIA	2
1.4 DOCUMENTOS TÉCNICOS COMPLEMENTARES	2
2. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO	5
2.1 INFORMAÇÕES SOBRE O USO DO SISTEMA CONSTRUTIVO	6
2.2 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS	6
2.2.1 Cimento e agregados	6
2.2.2 Concreto	6
2.2.3 Armaduras e fibras	7
2.2.4 Outros materiais	7
2.3 CARACTERIZAÇÃO DOS COMPONENTES	7
Tabela 4 – Características dos painéis-parede e demais componentes	8
2.3.2 Indicação dos revestimentos	8
2.3.3 Indicação das esquadrias	8
2.3.4 Indicação de equipamentos de transporte, montagem e segurança	8
2.3.5 Indicação da ligação entre painéis e estrutura	8
2.4 PROCEDIMENTOS DE EXECUÇÃO	8
3. REQUISITOS E CRITÉRIOS DE DESEMPENHO	8
3.1 DESEMPENHO ESTRUTURAL	8
3.1.1 Resistência estrutural e estabilidade global – (Estado limite último)	8
3.1.2 Deformações ou estados de fissuração do sistema estrutural – (Estado limite de serviço)	9
3.1.3 Resistência a impactos de corpo mole e corpo duro	11
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	11
3.1.3.2 Impactos de corpo-mole para vedações verticais externas e internas – para casas térreas – com ou sem função estrutural	13
3.1.3.3 Impactos de corpo-duro para vedações verticais externas (fachadas) e para vedações verticais internas	15
3.1.4 Solicitações transmitidas por portas para as paredes	16
3.1.5 Solicitações de cargas de peças suspensas atuantes nos sistemas de vedações verticais externas e internas	16
3.2 SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO	17
3.2.1 Dificuldade de inflamação generalizada	17
3.2.2 Dificuldade de propagação do incêndio para unidades contíguas (estanqueidade e isolamento)	19
3.2.3 Minimização de risco de colapso estrutural	20
3.3 ESTANQUEIDADE À ÁGUA	20
3.3.1 Estanqueidade à água de chuva em sistemas de vedações verticais externas (fachadas)	20
3.3.2 Estanqueidade de vedações verticais internas e externas com incidência direta de água – Áreas molhadas	20
3.3.3 Estanqueidade de juntas (encontros) entre paredes pré-moldadas e entre paredes e demais interfaces	20
3.4 DESEMPENHO TÉRMICO	21
3.4.1 Critérios para o Procedimento Simplificado	21
3.4.1.1 Exigências para as paredes externas do edifício	21
3.4.1.2 Exigências para a cobertura do edifício	22
3.4.2 Critérios para os Procedimentos de Simulação	22
3.5 DESEMPENHO ACÚSTICO	23
3.5.1 Isolação sonora promovida pela vedação externa em ensaio de campo - $D_{2m,nT,w}$	23
3.5.2 Isolação sonora promovida pelos elementos da fachada em ensaio de laboratório - R_w	23
3.5.3 Isolação sonora entre ambientes promovida pelas vedações verticais internas em ensaio de campo - $D_{2m,nT,w}$	24
3.5.4 Isolação sonora entre ambientes promovida pelas vedações verticais internas em ensaio de laboratório - R_w	24
3.6 DURABILIDADE E MANUTENIBILIDADE	24
3.6.1 Vida útil de projeto dos elementos	24
3.6.2 Manutenibilidade dos elementos	25
3.6.3 Exposição à agressividade ambiental	25
3.6.3.1 Sistema Construtivo que emprega concreto comum	25
3.6.3.2 Painéis cujas nervuras do sistema construtivo empregam concreto leve (mistura com ar incorporado ou outro)	27
3.6.3.3 Sistemas construtivos que empregam painéis pré-moldados mistos de concreto e outros materiais	28
3.6.4 Deterioração do concreto e da armadura	28
3.6.5 Resistência a choque térmico	28
3.6.6 Resistência à corrosão de dispositivos de fixação	29
3.6.7 Exposição ao envelhecimento natural	29
3.6.8 Resistência ao crescimento de fungos	29
4. MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO	29
4.1 MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS E COMPONENTES CONSTRUTIVOS	29
4.2 MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA CONSTRUTIVO	31
4.2.1 Desempenho estrutural	31

4.2.1.1	Resistência estrutural e estabilidade global - Verificação ao estado limite último.....	31
4.2.1.2	Deformações ou estados de fissuração do sistema estrutural – Verificação ao estado limite de serviço.....	32
4.2.1.3	Resistência a impactos.....	32
4.2.1.4	Solicitações transmitidas por portas para as paredes.....	32
4.2.1.5	Resistência de cargas suspensas.....	33
4.2.1.6	Premissas de projeto visando desempenho estrutural do sistema.....	33
4.2.2	<i>Segurança contra incêndio</i>	33
4.2.2.1	Dificuldade de inflamação generalizada.....	33
4.2.2.2	Dificuldade de propagar o incêndio para unidades contíguas.....	33
4.2.2.3	Segurança estrutural em caso de incêndio.....	33
4.2.3	<i>Estanqueidade à água</i>	34
4.2.3.1	Estanqueidade à água de chuva em sistemas de vedações verticais externas (fachadas).....	34
4.2.3.2	Estanqueidade de vedações verticais internas e externas com incidência direta de água – Áreas molhadas.....	34
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.....	34
4.2.3.4	Premissas de projeto visando a estanqueidade à água do sistema construtivo e da habitação.....	34
4.2.4	<i>Desempenho térmico</i>	34
4.2.4.1	Análise pelo Procedimento Simplificado.....	34
4.2.4.2	Análise pelo Procedimento de Simulação.....	35
4.2.5	<i>Desempenho acústico</i>	35
4.2.5.1	Isolação sonora promovida pelo invólucro em ensaio de campo - Diferença padronizada de nível ponderada.....	35
4.2.5.2	Isolação sonora promovida pelos elementos de fachada em ensaio de laboratório - Índice de redução sonora ponderado.....	35
4.2.5.3	Isolação sonora promovida pela vedação interna em ensaio de campo - Diferença padronizada de nível ponderada.....	36
4.2.5.4	Isolação sonora entre ambientes promovida pela vedação interna - Índice de redução sonora ponderado.....	36
4.2.6	<i>Durabilidade e manutenibilidade</i>	36
4.2.6.1	Vida útil de projeto dos elementos.....	36
4.2.6.2	Manutenibilidade dos elementos.....	36
4.2.6.3	Exposição à agressividade ambiental (qualidade do concreto, e demais elementos – resistência à compressão, relação água–cimento e cobrimento de armadura).....	36
4.2.6.4	Deterioração do concreto, da armadura e dos blocos cerâmicos.....	37
4.2.6.5	Resistência a choque térmico.....	37
4.2.6.6	Resistência à corrosão de dispositivos de fixação.....	37
4.2.6.7	Exposição ao envelhecimento natural.....	37
4.2.6.8	Resistência ao crescimento de fungos.....	37
4.2.6.9	Premissas de projeto visando ao atendimento de VUP.....	38
5.	ANÁLISE GLOBAL DO DESEMPENHO DO PRODUTO	38
6.	CONTROLE DA QUALIDADE NA PRODUÇÃO E NA MONTAGEM	38
6.1	CONTROLE NA PRODUÇÃO DOS COMPONENTES PRÉ-MOLDADOS.....	38
6.1.1	Controle de aceitação de materiais e componentes.....	39
6.1.2	Controle e inspeção das etapas de produção.....	39
6.1.3	Controle de aceitação dos componentes pré-moldados (painéis).....	41
6.2	CONTROLE DA MONTAGEM EM CANTEIRO DE OBRAS.....	42

DIRETRIZ PARA AVALIAÇÃO TÉCNICA DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS INTEGRADOS POR PAINÉIS PRÉ-MOLDADOS PARA EMPREGO COMO PAREDES DE EDIFÍCIOS HABITACIONAIS

1. Objeto

Sistemas construtivos integrados por painéis estruturais e/ou não estruturais pré-moldados, com seção transversal:

- maciça de concreto;
- alveolar ou vazada de concreto (painel de concreto com células vazias);
- mista (combinação de nervuras de concreto com outros materiais de enchimento e revestimento).

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

Os painéis de paredes, objeto desta diretriz, são moldados fora do seu local definitivo, em unidade de produção interna ou externa (canteiro de obras). Esses painéis devem ser dimensionados para as diversas fases do processo: desenforma, manuseio, içamento, armazenamento, transporte, instalação e utilização.

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 DATec's.

1.2 Campo de aplicação

Sistema construtivo para emprego como paredes de edifícios habitacionais.

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

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

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 formas incorporadas ou construções com paredes submetidas ao carregamento predominantemente horizontal, como muros de arrimo ou reservatórios.

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

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 no item 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 no item 12.1.2 da norma ABNT NBR 9062:2007 .

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 5628/2001 - Componentes construtivos estruturais - Determinação da resistência ao fogo;

ABNT NBR 5674/1999 - Manutenção de edificações – Procedimento;

ABNT NBR 5732/1991 – Cimento Portland Comum;

ABNT NBR 5733/1991 – Cimento Portland de alta resistência inicial;

ABNT NBR 5735/1991 – Cimento Portland de alto-forno;

ABNT NBR 5736/1999 – Cimento Portland pozolânico;

ABNT NBR 5737/1992 – Cimento Portland resistente a sulfatos;

ABNT NBR 5739/2007 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos;

ABNT NBR 6118/2007 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento;

ABNT NBR 6122/1996 - Projeto e execução de fundações;

ABNT NBR 6123/1998 - Forças Devidas ao Vento em Edificações;

ABNT NBR 7211/2009 - Agregados para concreto – Especificação;

ABNT NBR 7218/1987 - Agregados - Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis;

ABNT NBR 7480/2007 – Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação;

ABNT NBR 7482/2008 – Fios de aço para estruturas de concreto protendido – Especificação;

ABNT NBR 7483/2008 – Cordoalhas de aço para estruturas de concreto protendido – Especificação;

ABNT NBR 8051/1983 - Porta de madeira de edificação - Verificação da resistência a impactos da folha;

ABNT NBR 8054/1983 – Verificação do comportamento da folha submetida a manobras anormais;

ABNT NBR 8949/1985 - Paredes de alvenaria estrutural - Ensaio à compressão simples;

ABNT NBR 8953/1992 - Concreto para fins estruturais - Classificação por grupos de resistência;

ABNT NBR 9062/2006 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado;

ABNT NBR 9442/1986 - Materiais de Construção - Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante - Método de Ensaio;

ABNT NBR 9778/2005 - Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica;

ABNT NBR 10152/1987 - Níveis de ruído para conforto acústico;

ABNT NBR 10636/1989 - Paredes divisórias sem função estrutural - Determinação da resistência ao fogo;

ABNT NBR 10821-3/2011 – Esquadrias externas para edificações – Parte 3: Métodos de ensaio;

ABNT NBR 10837/1989 - Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto;

ABNT NBR 11578/1991 - Cimento Portland composto – Especificação;

ABNT NBR 11579/1991 - Cimento Portland - Determinação da finura por meio da peneira 75 micrômetros (número 200);

ABNT NBR 11675/1990 - Divisórias leves internas moduladas - Verificação da resistência a impactos;

ABNT NBR 12655/2006 - Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento – Procedimento;

ABNT NBR 12989/1993 - Cimento Portland branco – Especificação;

ABNT NBR 13116/1994 - Cimento Portland de baixo calor de hidratação – Especificação;

ABNT NBR 14037/2011 - Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações — Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos;

ABNT NBR 14322/1999 - Paredes de alvenaria estrutural - Verificação da resistência à flexão simples ou à flexo-compressão;

ABNT NBR 14432/2001 - Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificação - Procedimento; Emenda em 2001;

ABNT NBR 14913/2011 – Fechadura de embutir – Requisitos, classificação e métodos de ensaio;

ABNT NBR 15200/2004 – Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio;

ABNT NBR 15220-1/2005 - Desempenho térmico de edificações - Parte 1: Definições, símbolos e unidades;

ABNT NBR 15220-2/2005 - Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações;

ABNT NBR 15220-3/2005 - Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social;

ABNT NBR 15270-1/2005 – Componentes Cerâmicos – Parte 1: Blocos para alvenaria de vedação – terminologia e requisitos;

ABNT NBR 15270-2/2005 – Componentes Cerâmicos – Parte 2: Blocos para alvenaria estrutural – terminologia e requisitos;

ABNT NBR 15270-3/2005 – Componentes Cerâmicos – Parte 3: Métodos de Ensaios;

ABNT NBR 15575-1/2010 - Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais;

ABNT NBR 15575-2/2010 - Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho - Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais;

ABNT NBR 15575-4/2010 - Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho - Parte 4: Sistemas de vedações verticais externas e internas;

ABNT NBR 15575-5/2010 - Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho - Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas;

ABNT NBR 15577-1/2010 - Agregados - Reatividade álcali-agregado – Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto;

ABNT NBR 15577-2/2008 – Agregados - Reatividade álcali-agregado – Parte 2: Coleta, preparação e periodicidade de ensaios de amostras de agregados para concreto;

ABNT NBR 15577-3/2008 Agregados - Reatividade álcali-agregado parte 3: Análise petrográfica para verificação da potencialidade reativa de agregados em presença de álcalis do concreto;

ABNT NBR 15577-4/2008 Agregados - Reatividade álcali-agregado Parte 4: Determinação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado;

ABNT NBR NM 11-1/2004 - Cimento Portland - Análise química - Método optativo para determinação de óxidos principais por complexometria - Parte 1: Método ISO;

ABNT NBR NM 11-2/2004 - Cimento Portland - Análise química - Método optativo para determinação de óxidos principais por complexometria - Parte 2: Método ABNT;

ABNT NBR NM 13/2004 - Cimento Portland - Análise química - Determinação de óxido de cálcio livre pelo etileno glicol;

ABNT NBR NM 14/2004 - Cimento Portland - Análise química - Método de arbitragem para determinação de dióxido de silício, óxido férrico, óxido de alumínio, óxido de cálcio e óxido de magnésio;

ABNT NBR NM 15/2004 - Cimento Portland - Análise química - Determinação de resíduo insolúvel;

ABNT NBR NM 16/2004 - Cimento Portland - Análise química - Determinação de anidrido sulfúrico;

ABNT NBR NM 17/2004 - Cimento Portland - Análise química - Método de arbitragem para a determinação de óxido de sódio e óxido de potássio por fotometria de chama;

ABNT NBR NM 18/2004 - Cimento Portland - Análise química - Determinação de perda ao fogo;

ABNT NBR NM 19/2004 - Cimento Portland - Análise química - Determinação de enxofre na forma de sulfeto;

ABNT NBR NM 20/2009 - Cimento Portland e suas matérias-primas - Análise química - Determinação de dióxido de carbono por gasometria;

ABNT NBR NM 22/2004 - Cimento Portland com adições de materiais pozolânicos - Análise química - Método de arbitragem;

ABNT NBR NM 30/2001 - Agregado miúdo - Determinação da absorção de água;

ABNT NBR NM 43/2003 - Cimento Portland - Determinação da pasta de consistência normal;

ABNT NBR NM 45/2006 - Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios;

ABNT NBR NM 46/2003 - Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 micrometro, por lavagem;

ABNT NBR NM 49/2001 - Agregado fino - Determinação de impurezas orgânicas;

ABNT NBR NM 52/2003 - Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente;

ABNT NBR NM 53/2003 - Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água;

ABNT NBR NM 67/1998- Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone

ABNT NBR NM 68/1998 Concreto - Determinação da consistência pelo espalhamento na mesa de Graff;

ABNT NBR NM 76/1998 - Cimento Portland - Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (Método de Blaine);

ABNT NBR NM 248/2003 - Agregados - Determinação da composição granulométrica;

• Comissão Europeia de Normalização

EN 13823/2010 – 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 140-3/1995 Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 3: Laboratory measurements of airborne sound insulation between rooms;

ISO 717-1/1996 Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of buildings elements – Part 1: Airborne sound insulation;

ISO 717-2/2006, Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of buildings elements. Part 2: Impact sound insulation;

ISO 1182/2010 – Reaction to fire tests for products -- Non-combustibility test.

• American National Standards Institute (ANSI)

ANSI / ASHRAE 55/1981 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.

• American Society for Testing and Materials (ASTM)

ASTM E 662/2009 – Standard test method for specific optical density of smoke generated by solid materials;

ASTM D-3273/2005 - Standard Test Method for Resistance to Growth of Mold on the Surface of Interior Coatings in an Environmental Chamber.

2. Caracterização do sistema construtivo

Devem ser descritos os dados técnicos sobre o sistema construtivo alvo dessa 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 nessa 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 construtivo integrado por painéis pré-moldados estruturais ou não estruturais, para emprego como paredes de edifícios habitacionais.

2.1 Informações sobre o uso do sistema construtivo

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

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

2.2 Caracterização dos materiais

2.2.1 Cimento e agregados

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. Recomenda-se, a realização da reação álcali-agregado (caracterização petrográfica e ensaio acelerado), particularmente quando existe a possibilidade do emprego de agregados reativos. A ITA deve definir a necessidade de realizar a análise da reatividade dos agregados sempre que julgar necessário.

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	
Composição granulométrica	
Impurezas orgânicas húmicas – Agregado miúdo	
Material passante na peneira 75microm. por lavagem	
Teor de argila em torrões e materiais friáveis	
Reatividade álcali/agregado	
Caracterização petrográfica de agregados	

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
aditivos (tipo e quantidade)	Conforme especificação de projeto

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.

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 15.575-2) e atender às disposições aplicáveis na ABNT NBR 6118, ABNT NBR 9062, e ABNT NBR 15270-2, quando tratar-se de elementos estruturais.

No caso de paredes e/ou vedações, o desempenho estrutural deve ser verificado de modo a atender aos critérios estabelecidos na ABNT NBR 15575-4.

Painéis pré-fabricados estruturais devem ser ensaiados nas mesmas condições do emprego em obra, com a altura prevista para o pé direito e largura mínima de 1,20m.

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 15575-2:2010.

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

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

Não ocasionar deslocamentos ou fissuras excessivas aos elementos de construção vinculados ao sistema estrutural, levando-se em consideração as ações permanentes e de utilização, nem impedir o livre funcionamento de elementos e componentes do edifício, tais como portas e janelas, nem repercutir no funcionamento das instalações.

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

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

Os painéis estruturais devem atender às disposições aplicáveis na ABNT NBR 6118 e ABNT NBR 9062, bem como as exigências do item 7.3 da ABNT NBR 15575-2:2010.

Os sistemas de vedação verticais internos e externos, considerando as combinações de carregamentos, devem atender os limites de deslocamentos instantâneos (d_h) 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.

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 $S_d = S_{gk} + S_{\epsilon,k}$	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 ^(b) : $d_h \leq h/500$ (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 devida a cargas permanentes; $S_{\epsilon,k}$ é o valor característico da solicitação devida à deformação específica do material; S_{qk} é o valor característico da solicitação devida a 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 SVVE 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 10821-3:2011 ou realizar ensaio por intermédio de balão inflável de material plástico, conforme ABNT NBR 15575-4 ANEXO G.

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. Para avaliar no local o funcionamento dos componentes dos sistemas de vedações internas e externas, deve ser realizada verificação de campo.

As ocorrências de fissuras ou descolamentos são consideradas toleráveis caso atendam às seguintes características, conforme o local do aparecimento:

a) sistema de vedação vertical interna (SVVI) ou faces internas de sistema de vedação vertical externa (SVVE) (fachadas):

- fissuras no corpo dos SVVI ou nos seus encontros com elementos estruturais, destacamentos entre placas de revestimento e outros seccionamentos do gênero, desde que não sejam detectáveis a olho nu por um observador posicionado a 1,00 m da superfície do elemento em análise, num cone visual com ângulo igual ou inferior a 60°, sob iluminação igual ou maior que 250 lux, ou desde que a soma das extensões não ultrapasse 0,1 m/m², referente à área total das paredes do ambiente;
- descolamentos localizados de revestimentos, detectáveis visualmente ou por exame de percussão (som cavo), desde que não impliquem descontinuidades ou risco de projeção de material, não ultrapassando área individual de 0,15 m² ou área total correspondente a 15 % do elemento em análise;

b) fachadas ou sistemas de vedação vertical externo (SVVE);

- fissuras no corpo das fachadas, descolamentos entre placas de revestimento e outros seccionamentos do gênero, desde que não sejam detectáveis a olho nu por um observador posicionado a 1,00m da superfície do elemento em análise, num cone visual com ângulo igual ou inferior a 60°, sob iluminação natural em dia sem nebulosidade;
- descolamentos de revestimentos localizados, detectáveis visualmente ou por exame de percussão (som cavo), desde que não impliquem descontinuidades ou risco de projeção de material, não ultrapassando área individual de 0,10 m² ou área total correspondente a 5 % do pano de fachada em análise.

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 no item 7.4 da ABNT NBR 15575-4:2010.

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

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

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)
Vedações sem função estrutural	120	Não ocorrência de ruína (estado limite de serviço). 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 no item 7.5 da ABNT NBR 15575-4:2010.

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

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

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

Elemento	Impacto	Energia de impacto de corpo mole (J)	Critérios de desempenho
Vedações verticais sem função estrutural, válidas para casas térreas	Impactos externos (acesso externo do público)	480	Não ocorrência de ruína. (estado limite último)
		360	
		240	Não ocorrência de falhas; (estado limite de serviço) 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 no item 7.7 da NBR15575-4:2010.

Os critérios mencionados abaixo descritos devem ser atendidos, bem como os contemplados nas Tabelas 10 e 11. São eles:

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

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

Sistema	Impacto	Energia de impacto de corpo duro (J)	Critério de desempenho
Vedação vertical com ou sem função estrutural;	Impacto externo (acesso externo do público)	3,75	Não ocorrência de falhas inclusive no revestimento. (estado limite de serviço)
		20	Não ocorrência de ruína caracterizada por ruptura ou traspassamento. (estado limite último)
	Impacto interno (todos os pavimentos)	2,5	Não ocorrência de falhas. (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. (estado limite de serviço)
	10	Não ocorrência de ruína caracterizada por ruptura e transpassamento. (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 item 7.6 da ABNT NBR 15575-4:2010.

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 na da ABNT NBR 15.575 - 4:2010, item 7.3.1., 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 arrancamento 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	Carga de ensaio aplicada em cada peça, considerando dois pontos de apoio	Crítérios de desempenho
0,4 kN	0,8 kN	Não ocorrência de falhas que comprometam o estado limite de serviço. Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h < h/500$; $d_{hr} < h/2500$.
onde: h é altura do elemento parede; d_h é o deslocamento horizontal instantâneo; d_{hr} é o deslocamento horizontal residual.		

OBSERVAÇÕES:

- além da mão-francesa padrão, prevista na Tabela 12, poderão ser considerados outros tipos de peças suspensas. Podem ser consideradas outros tipos de mão francesa, porém sugere-se a consideração de, pelo menos, mais dois tipos, além da mão francesa padrão:
 - o 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;
 - o b) dispositivo recomendado pelo fabricante ou proponente da tecnologia, para aplicação de **cargas faceando a parede**, ou seja, sem excentricidade; caso não haja indicação específica do fabricante, adotar arruela de aço de 25mm de diâmetro e 3mm de espessura, como corpo de apoio. O carregamento deve representar ao máximo a realidade;
- pode-se considerar que a carga de ensaio mencionada na Tabela 12, de longa duração (24h no ensaio), contempla um coeficiente de segurança da ordem de dois, em relação a situações típicas de uso; a carga de serviço ou de uso, neste caso, é a metade da carga adotada no ensaio. Para cargas de curta duração, determinadas em ensaios com aplicação contínua da carga até a ruptura do elemento ou falência do sistema de fixação, considerar um coeficiente de segurança de 3 (três) para as cargas de uso ou de serviço das fixações, em relação à carga de ruptura, verificando-se a resistência dos sistemas de fixação possíveis de serem empregados no tipo de sistema considerado. De forma geral, a carga de uso ou de serviço deve ser considerada como sendo igual ao menor dos dois valores seguintes: 1/3 (um terço) da carga de ruptura, ou a carga que provocar um deslocamento horizontal superior a $h/500$;
- para qualquer sistema de fixação recomendado deve ser estabelecida a máxima carga de uso, incluindo as cargas aplicadas muito próximas à face da parede. Caso o fabricante recomende um valor limite da distância entre dois pontos de fixação este valor deve ser considerado no ensaio, a despeito da mão-francesa padrão ter sido considerada com 50cm entre pontos de aplicação de carga. Neste caso deve ser reformulada a distância entre pontos de fixação do equipamento de ensaio;
- no caso de “redes de dormir”, considerar uma carga de uso de 2kN, aplicada em ângulo de 60° em relação à face da vedação. Nesta situação, pode-se admitir um coeficiente de segurança igual a 2 (dois) para a carga de ruptura. Não deve haver ocorrência de destacamento dos dispositivos de fixação ou falhas que prejudiquem o estado limite de utilização, para as cargas de serviço. Este critério é aplicável somente se prevista tal condição de uso para a edificação, caso o sistema não permita rede de dormir isto deve constar no manual de operação, uso e manutenção;

3.2 Segurança contra incêndio

Os requisitos de segurança contra incêndio de elementos construtivos são expressos por:

- a) reação ao fogo dos materiais de acabamento dos pisos, tetos e paredes;
- b) 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 construtivos objeto dessa 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.

3.2.1 Dificuldade de 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 dos sistemas de vedações verticais e respectivos miolos isolantes térmicos e absorventes acústicos caso existam.

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

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

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 $\Delta T \leq 30^{\circ}\text{C}$ $\Delta m \leq 50\%$ $t_f \leq 10\text{s}$	-	-
II	A	Combustível	$l_p \leq 25$	$Dm \leq 450$
	B			$Dm > 450$
III	A		$25 < l_p \leq 75$	$Dm \leq 450$
	B			$Dm > 450$
IV	A		$75 < l_p \leq 150$	$Dm \leq 450$
	B			$Dm > 450$
V	A		$150 < l_p \leq 400$	$Dm \leq 450$
	B			$Dm > 450$
VI			$l_p > 400$	-

l_p – Índice de propagação de chamas.
 Dm – Densidade específica ótica de fumaça.
 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.

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 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 EN 13823 (SBI)

Classe		Método de ensaio		
		ISO 1182	EN 13823 (SBI)	EN ISO 11925-2 (exp. = 30s)
I		Incombustível ΔT ≤ 30°C Δm ≤ 50% t _f ≤ 10s	-	-
II	A	Combustível	FIGRA ≤ 120 W/s LSF < canto do corpo de prova THR600s ≤ 7,5 MJ SMOGRA ≤ 180 m²/s² e TSP600s ≤ 200 m²	FS ≤ 150 mm em 60 s
	B		FIGRA ≤ 120 W/s LSF < canto do corpo de prova THR600s ≤ 7,5 MJ SMOGRA > 180 m²/s² e TSP600s > 200 m²	
III	A		FIGRA ≤ 250 W/s LSF < canto do corpo de prova THR600s ≤ 15 MJ SMOGRA ≤ 180 m²/s² e TSP600s ≤ 200 m²	FS ≤ 150 mm em 60 s
	B		FIGRA ≤ 250 W/s LSF < canto do corpo de prova THR600s ≤ 15 MJ SMOGRA > 180 m²/s² e TSP600s > 200 m²	
IV	A		FIGRA ≤ 750 W/s SMOGRA ≤ 180 m²/s² e TSP600s ≤ 200 m²	FS ≤ 150 mm em 60 s
	B		FIGRA ≤ 250 W/s SMOGRA > 180 m²/s² e TSP600s > 200 m²	
V	A		FIGRA > 750 W/s SMOGRA ≤ 180 m²/s² e TSP600s ≤ 200 m²	FS ≤ 150 mm em 20 s
	B		FIGRA > 750 W/s SMOGRA > 180 m²/s² e TSP600s > 200 m²	
VI				-

FIGRA – Índice da taxa de desenvolvimento de calor.
LFS – Propagação lateral da chama.
THR600s – Liberação total de calor do corpo-de-prova nos primeiros 600 s de exposição às chamas.
TSP600s – Produção total de fumaça, do corpo-de-prova nos primeiros 600 s de exposição às chamas.
SMOGRA – Taxa de desenvolvimento de fumaça, correspondendo ao máximo 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.

As superfícies externas das paredes externas (fachadas) devem classificar-se como classe I ou classe II B.

3.2.2 Dificuldade de propagação do incêndio para unidades contíguas (estanqueidade e isolamento)

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, entretanto, conforme a ABNT NBR 14432, considerando a altura da edificação habitacional, para os demais casos.

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.

3.2.3 Minimização de risco de colapso estrutural

A comprovação do atendimento ao critério pode também ser feita por meio de avaliação técnica, 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).

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 ao item 10.1.1 da ABNT NBR 15.575-4:2010, 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 no item 10.2.1 da ABNT NBR 15.575-4:2010.

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

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

3.4 Desempenho térmico

A edificação deve reunir características que atendam aos critérios de desempenho térmico estabelecidas na ABNT NBR 15575-1, 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 o item 11.2 da norma ABNT NBR 15575-1:2010.

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

3.4.1 Critérios para o Procedimento Simplificado

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

3.4.1.1 Exigências para as paredes externas do edifício

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

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

Com relação à transmitância térmica das paredes externas, os valores máximos admissíveis devem ser os estabelecidos na Tabela 15, conforme item 11.2.1 da ABNT NBR 15575-4:2010.

Tabela 15 – Transmitância térmica de paredes externas

Transmitância Térmica (U, em W/(m ² .K))		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
	$\alpha^{(1)} \leq 0,6$	$\alpha^{(1)} > 0,6$
$U \leq 2,5$	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$
⁽¹⁾ α é absorptância à radiação solar da superfície externa da parede.		

Para a capacidade térmica das paredes externas, os valores mínimos admissíveis são apresentados na Tabela 16, conforme item 11.2.2 da ABNT NBR 15575-4:2010.

Tabela 16 – Capacidade térmica de paredes externas

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

3.4.1.2 Exigências para a cobertura do edifício

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

Os valores máximos admissíveis para a transmitância térmica das coberturas, considerando fluxo térmico descendente, em função das zonas bioclimáticas, encontram-se indicados na Tabela 17, conforme item 11.2 da ABNT NBR 15575-5:2010.

Tabela 17 – Transmitância térmica de coberturas

Transmitância térmica (U) W/(m ² K)				
Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 6		Zonas 7 e 8	
U ≤ 2,30	$\alpha^{(1)} \leq 0,6$	$\alpha^{(1)} > 0,6$	$\alpha^{(1)} \leq 0,4$	$\alpha^{(1)} > 0,4$
	U ≤ 2,3	U ≤ 1,5	U ≤ 2,3 FV	U ≤ 1,5 FV
⁽¹⁾ α é absorptância à radiação solar da superfície externa da cobertura. NOTA – O fator de ventilação (FV) é estabelecido na ABNT NBR 15220-2.				

Em todas as zonas bioclimáticas, com exceção da zona 7, recomenda-se que elementos com capacidade térmica maior ou igual a 150 kJ/(m²K) não sejam empregados sem isolamento térmico ou sombreamento.

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

3.4.2 Critérios para os Procedimentos de Simulação

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

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

- a) **Desempenho térmico do edifício no verão:** o valor máximo diário da temperatura do ar interior de recintos de permanência prolongada, como por exemplo salas e dormitórios, sem a presença de fontes internas de calor (ocupantes, lâmpadas, outros equipamentos em geral), deve ser sempre menor ou igual ao valor máximo diário da temperatura do dia típico de verão do ar exterior.
- b) **Desempenho térmico do edifício no inverno:** os valores mínimos diários da temperatura do ar interior de recintos de permanência prolongada, como por exemplo salas e dormitórios, sem a presença de fontes internas de calor (ocupantes, lâmpadas, outros equipamentos em geral), devem ser sempre maiores ou iguais à temperatura mínima externa do dia típico de inverno, acrescida de 3°C.

No procedimento de simulação do desempenho térmico podem ser consideradas condições de ventilação e de sombreamento para cada uma das três condições de absorptância da cor (clara $\alpha=0,3$; média $\alpha=0,5$ e escura $\alpha=0,6$) das paredes externas do sistema construtivo, conforme ABNT NBR 15575-1.

No caso da ventilação pode ser considerada uma condição “padrão”, com taxa de 1ren/h, ou seja uma renovação de ar por hora dos ambientes (renovação por frestas), e uma condição “ventilada”,

com taxa de 5ren/h, ou seja, cinco renovações de ar por hora dos ambientes (sala e dormitório) avaliados.

No caso do sombreamento das aberturas pode ser considerada uma condição “padrão”, na qual não há nenhuma proteção da abertura contra a entrada da radiação solar, e uma condição “sombreada”, na qual há proteção da abertura que corte ao menos 50% da radiação solar incidente nos ambientes (sala e dormitório) avaliados.

3.5 Desempenho acústico

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

Para verificação do atendimento ao requisito de isolamento sonora, seja de paredes externas ou internas, pode-se optar por realizar medições do isolamento em campo ou em laboratório; cujos critérios de desempenho são diferentes, conforme descrito a seguir.

Observa-se que no caso de edifício localizado junto a vias de tráfego intenso, seja rodoviário, ferroviário ou aéreo, deve-se utilizar o valor mínimo acrescido de 5dB.

3.5.1 Isolação sonora promovida pela vedação externa em ensaio de campo - $D_{2m,nT,w}$

Os ambientes do edifício habitacional de até cinco pavimentos devem atender à ABNT NBR 10152. A unidade habitacional deve atender aos critérios mínimos apresentados na Tabela 18 (no caso de edifício localizado junto a vias de tráfego intenso, seja rodoviário, ferroviário ou aéreo, deve-se utilizar o valor mínimo acrescido de 5 dB), conforme item 12.2.1 da ABNT NBR 15575-4:2010.

NOTA: Entende-se, para esse critério, a vedação externa como sendo a fachada e a cobertura no caso de casas térreas e somente a fachada no caso dos edifícios multipiso.

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

Elemento	$D_{2m,nT,w}$ (dB)	$D_{2m,nT,w}+5$ (dB)
Vedação externa de dormitórios	25	30
Nota 1: Para vedação externa de cozinhas, lavanderias e banheiros não há exigências específicas. Nota 2: A diferença ponderada de nível, $D_{nT,w}$, é o número único do isolamento de ruído aéreo em edificações, derivado dos valores em bandas de oitava ou de terço de oitava da Diferença Padronizada de Nível, D_{nT} , de acordo com o procedimento especificado na ISO 717-1.		

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

O elemento de fachada, considerando as juntas existentes, deve apresentar índice de redução sonora ponderado, R_w , da fachada conforme os valores mínimos indicado na Tabela 19, conforme item 12.2.2 da ABNT NBR 15575-4:2010.

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

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

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

Elemento	R_w (dB)	$R_w +5$ (dB)
Fachada	30	35
Nota: Valores referenciais para paredes cegas		

3.5.3 Isolação sonora entre ambientes promovida pelas vedações verticais internas em ensaio de campo - $D_{2m,nT,w}$

O sistema de vedação vertical interna deve apresentar, no mínimo, os valores da Tabela 20, conforme item 12.2.3 da ABNT NBR 15575-4:2010.

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

Elemento	$D_{nT,w}$ (dB)
Parede de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores, halls e escadaria nos pavimentos-tipo	30
Parede de dormitórios entre uma unidade habitacional e corredores, halls e escadaria nos pavimentos-tipo	40
Parede entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	45
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação)	40

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

A isolamento entre ambientes deve apresentar índice de redução sonora ponderado, R_w conforme os valores mínimos da Tabela 21, conforme item 12.2.4 da ABNT NBR 15575-4:2010. Quando o sistema entre ambientes for constituído por mais do que um elemento, deve ser ensaiado o sistema ou cada elemento e calculada a isolamento resultante.

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

Elemento	R_w (dB)
Parede de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas de corredores, halls e escadaria nos pavimentos-tipo	35
Parede de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores, halls e escadaria nos pavimentos-tipo	45
Parede entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	50
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação)	45
NOTA: Valores referenciais para paredes cegas.	

3.6 Durabilidade e manutenibilidade

Manter a capacidade funcional dos sistemas durante a vida útil de projeto, 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 Anexo C da ABNT NBR 15575-1:2010.

Recomenda-se considerar que os elementos do sistema atendam a vida útil de projeto (VUP) no mínimo igual aos períodos sugeridos na ABNT NBR 15.575-1 (Anexo C) e transcritos na Tabela 22, além de serem submetidos a manutenções preventivas (sistemáticas) e, sempre que necessário, a manutenções corretivas e de conservação previstas no manual de operação, uso e manutenção.

Tabela 22 – Vida útil de projeto mínima

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

3.6.2 Manutenibilidade dos elementos

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

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

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

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

3.6.3 Exposição à agressividade ambiental

A durabilidade do sistema construtivo também está ligada à agressividade ambiental, às propriedades inerentes dos elementos, de seus componentes e dos materiais, e à interação entre ambos ao longo do tempo.

3.6.3.1 Sistema Construtivo que emprega concreto comum

Considera-se o concreto comum, aquele caracterizado por massa específica não inferior a 2150 kg/m³ e $f_{ck} \geq 20\text{MPa}$, para o qual devem ser consideradas as exigências previstas na ABNT NBR 6118.

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

norma ABNT NBR 6118 e apresentado na Tabela 23 a seguir. A Tabela 24 exemplifica o tipo de ambiente com relação às classes de agressividade ambiental, com base na ABNT NBR 6118.

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

Concreto	Tipo	Classe de agressividade ambiental ⁽¹⁾			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento	(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 24 – Classes de agressividade ambiental, conforme ABNT NBR 6118

Classe de agressividade ambiental (CAA)	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto
I	Frac	Rural
		Submersa
II	Moderada	Urbana
III	Forte	Marinha
		Industrial
IV	Muito Forte	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.

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

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe agressividade ambiental ⁽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 27

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

Permite-se ainda, conforme a ABNT NBR 9062:2006 (item 9.2.1.1.2) 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 item 3.6.5 desta diretriz), considerar a resistência a crescimento de fungos e comportamento do painel sob condições de exposição natural (resistência ao envelhecimento natural).

3.6.4 Deterioração do concreto e da armadura

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

- a) lixiviação por ação de águas puras, carbônicas agressivas e ácidas que dissolvem e carreiam os compostos hidratados da pasta de cimento;
- b) 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;
- c) expansão por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;
- d) reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

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

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

Quanto à deterioração da armadura, deve-se considerar:

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

3.6.5 Resistência a choque térmico

Os painéis das paredes de fachada, incluindo seus revestimentos, submetidas a dez ciclos sucessivos de exposição ao calor e resfriamento por meio de jato de água, não devem apresentar:

- deslocamento horizontal instantâneo, no plano perpendicular ao corpo-de-prova, superior a $h/300$, onde h é a altura do corpo-de-prova;

- ocorrência de falhas como fissuras, destacamentos, empolamentos, descoloração e outros danos.

3.6.6 Resistência à corrosão de dispositivos de fixação

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

3.6.7 Exposição ao envelhecimento natural

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

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

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

3.6.8 Resistência ao crescimento de fungos

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

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

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

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

(*) FONTE: BRAVERY, A.F., BARRY, S. and COLEMAN, L.J. (1978). Collaborative experiments on testing the mould resistance of paint films. Int. Biod. Bull. 14(1). 1-10

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

4. Métodos para avaliação

4.1 Métodos para avaliação das características dos materiais e componentes construtivos

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

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

Tabela 27 - Requisitos de conformidade de materiais e componentes

Item	Requisitos	Indicador de conformidade	Método de avaliação ⁽¹⁾
A – Agregado			
1	Absorção de água e massa específica – Agregado miúdo	Conforme especificação de projeto e ABNT NBR 7211	ABNT NBR NM 30
2	Massa específica, massa específica aparente e absorção de água – Agregado graúdo		ABNT NBR NM 53
3	Massa específica, massa específica aparente e absorção de água – Agregado miúdo		ABNT NBR NM 52
4	Massa unitária no estado solto		ABNT NBR NM 45
5	Composição granulométrica		ABNT NBR NM 248
6	Impurezas orgânicas húmicas – Agregado miúdo	Conforme especificação de projeto e ABNT NBR 7211	ABNT NBR NM 49
7	Material passante na peneira 75microm. por lavagem		ABNT NBR NM 46
8	Teor de argila em torrões e materiais friáveis		ABNT NBR 7218
9	Reatividade álcali/agregado		ABNT NBR 15577-4
10	Caracterização petrográfica		ABNT NBR 15577-3
B – Cimento			
1	Análise física e mecânica: finura, massa específica, área específica Blaine, água da pasta de consistência normal, tempos de pega, expansibilidade Le Chatelier, resistência à compressão	Conforme especificação de projeto	ABNT NBR 11579, ABNT NBR NM23, ABNT NBR NM 76, ABNT NBR NM 43
2	Análise química: PF, SiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , Al ₂ O ₃ , CaO, MgO, SO ₃ , RI, CO ₂ , Na ₂ O, K ₂ O, CaO livre e sulfeto (S ²⁻)		ABNT NBR NM 11-2, ABNT NBR NM 13, ABNT NBR NM 14, ABNT NBR NM 15, ABNT NBR NM 16, ABNT NBR NM 17, ABNT NBR NM 18, ABNT NBR NM 19, ABNT NBR NM 20, ABNT NBR NM 22
C – Concreto			
1	Consistência do concreto fresco	Conforme especificação de projeto	Ensaio de consistência pelo abatimento do tronco de cone, conforme ABNT NBR NM 67 ou Ensaio de consistência pelo espalhamento do tronco de cone, conforme ABNT NBR NM 68
2	Resistência à compressão do concreto endurecido, após desenforma, movimentação e serviço		Ensaio de resistência à compressão realizado segundo a ABNT NBR 5739
2	Resistência à compressão do concreto endurecido, após 28 dias(2)		Ensaio de resistência à compressão realizado segundo a ABNT NBR 5739
3	Massa específica		Ensaio conforme a ABNT NBR 9778
D – 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 cubico	Conforme especificação de projeto	Item a ser declarado pelo cliente
5	Resistência à tração		-
E – Painei pré-fabricado			
1	Dimensões nominais (características geométricas)	Conforme ABNT NBR 9062/2006 (item 5.2.2)	Medições com trena
2	Posicionamento e quantidade de dispositivos de fixação temporários e /ou definitivos	Conforme especificação de projeto	Inspeção visual
3	Posicionamento e quantidade de alças de içamento		Inspeção visual
4	Identificação individual das peças	Nesta identificação deve constar nome da peça, data de fabricação, tipo de aço e concreto. Uma listagem deve ser elaborada com as informações de todas as peças a serem fabricadas	Inspeção visual
5	Eventuais acabamentos ou detalhes decorativos incorporados na pré-moldagem	-	Inspeção visual
6	Posicionamento e quantidade de nervuras	Conforme especificação de projeto	Inspeção visual
(1) a quantidade de corpos-de-prova a serem ensaiados será definida no item controle e aceitação de materiais e componentes. (2) a resistência característica do concreto deve ser em função da curva de hidratação do cimento utilizado.			

4.2 Métodos para avaliação do desempenho do sistema construtivo

4.2.1 Desempenho estrutural

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

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

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

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

b) Ensaio: permite-se, para edifícios até cinco pavimentos, estabelecer uma resistência última de projeto através de ensaios destrutivos e do traçado do correspondente diagrama carga x deslocamento, conforme indicado no Anexo A da ABNT NBR 15.575-2, 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 ABNT NBR 8949. Este procedimento busca avaliar o desempenho estrutural do painel na posição de serviço.

Pode-se também determinar a capacidade de resistência do painel pré-moldado à flexão simples conforme ABNT NBR 14322. Este procedimento busca avaliar o desempenho estrutural do painel na posição de desenforma.

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 15.575-2.

4.2.1.3 Resistência a impactos

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

4.2.1.3.1 Impactos de corpo-mole para paredes externas

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

4.2.1.3.2 Impactos de corpo-mole para paredes internas

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

4.2.1.3.3 Impactos de corpo-duro para paredes externas

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

4.2.1.3.4 Impactos de corpo-duro para paredes internas

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

4.2.1.4 Solicitações transmitidas por portas para as paredes

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

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

4.2.1.5 Resistência de cargas suspensas

Método de avaliação conforme 7.3.1.1 e análise de projeto conforme item 7.3.1.2 da ABNT NBR 15.575-4:2010.

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 a 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 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 EN 13823 (SBI).

4.2.2.2 Dificuldade de propagar o incêndio para unidades contíguas

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

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

4.2.2.3 Segurança estrutural em caso de incêndio

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

Considera-se, para efeito de avaliação técnica, que as paredes de concreto armado, com seção maciça, destinadas a casas térreas geminadas, sobrados geminados e edifícios de até cinco pavimentos, com emprego de concreto comum (caracterizado com massa específica não inferior a 2150 kg/m^3 e $25\text{MPa} \geq f_{ck} \geq 20\text{MPa}$), e espessura mínima de 10cm, atendem ao critério exposto em 3.2.3 desta diretriz.

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 item 10.1.1.1 da ABNT NBR 15.575-4:2010.

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 na ABNT NBR 15.575-4 anexo D.

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

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

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

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

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

4.2.4 Desempenho térmico

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

Em relação à avaliação do desempenho térmico do sistema construtivo alvo dessa Diretriz, considerando-se que o desempenho térmico global do edifício depende do comportamento interativo das paredes externas e cobertura, um edifício que não atender aos requisitos mínimos quando avaliado pelo Procedimento Simplificado, deve ser avaliado pelo procedimento de simulação do desempenho térmico.

4.2.4.1 Análise pelo Procedimento Simplificado

4.2.4.1.1 Avaliação das paredes externas do edifício

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

- a) Transmitância térmica: a avaliação da transmitância térmica das paredes externas deve ser feita por meio de cálculos conforme procedimentos especificados na ABNT NBR 15220-2.

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

4.2.4.1.2 Avaliação da cobertura do edifício

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

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

4.2.4.2 Análise pelo Procedimento de Simulação

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

- a) Procedimento de Simulação: verificação do atendimento aos requisitos e critérios, por meio da simulação computacional do desempenho térmico do edifício; (Procedimento normativo, conforme ABNT NBR 15575-1).

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 pelo invólucro em ensaio de campo - Diferença padronizada de nível ponderada

Método de avaliação segundo item 12.2.1.1 da ABNT NBR 15.575-4:2010

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

Método de avaliação segundo item 12.2.2.1 da ABNT NBR 15.575-4:2010:

Utilizar a Norma ISO 140-3 para a determinação dos valores do índice de redução sonora, R , em bandas de terço de oitava entre 100 Hz e 5 000 Hz.

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.

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

Método de avaliação segundo item 12.2.3.1 da ABNT NBR 15.575-4:2010

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

Método de avaliação segundo item 12.2.3.1 da ABNT NBR 15.575-4:2010.

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 da norma ABNT NBR 15.575-1 (Anexo C) 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.

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 item 3.6.3.1 deste documento.

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 preenchidos com material isolante térmico (poliestireno expandido – EPS, ou poliuretano – PU), realizar ensaio de choque térmico, conforme 4.2.6.5, ensaio para verificar a resistência a crescimento de fungos (conforme 4.2.6.8), e o comportamento do painel sob condições de exposição natural (conforme 4.2.6.7).

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 cerâmicos

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

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 15.575-4:2010.

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.

4.2.6.7 Exposição ao envelhecimento natural

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

4.2.6.8 Resistência ao crescimento de fungos

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

Corpos-de-prova (amostra de painéis) são inoculados com uma suspensão mista contendo $10.000.000 \pm 200.000$ esporos por mL de solução, de cada uma das seguintes espécies de fungo conforme Tabela 28:

Tabela 28 – Espécie de Fungos

Espécie de fungo	Nº IPT	Nº ATCC²
Aspergillus niger	M46	6275
Aureobasidium pullulans	M50	9348
Penicillium sp.	M55	9849

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

² ATCC - American Type Culture Collection.

4.2.6.9 Premissas de projeto visando ao atendimento de VUP

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

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

5. Análise global do desempenho do produto

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

6. Controle da qualidade na produção e na montagem

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

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

6.1 Controle na produção dos componentes pré-moldados

A Tabela 29 mostra as atividades a serem controladas pelo produtor, os documentos que 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 – contra prova) e verificar a conformidade do procedimento de execução com a prática de controle da empresa.

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

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 30)
Controle e inspeção das etapas de produção	Procedimento que conste a verificação das seguintes atividades: colocação dos blocos cerâmicos, confecção das armaduras, posicionamento e limpeza das fôrmas, amassamento e lançamento do concreto, cura, transporte e armazenamento.
Controle de aceitação dos componentes pré-moldados após desenforma	Procedimento de controle de aceitação de elementos (itens e frequência de controle – Tabela 32)

6.1.1 Controle de aceitação de materiais e componentes

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

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 (e tração)	Ensaio conforme norma à partir da caracterização do componente	Conforme norma à partir da caracterização do componente
1.2	Outros	Tipo, dimensões, quantidades, resistência à compressão (e tração)	Ensaio conforme norma à partir da caracterização do componente	Lote de recebimento
2	Concreto preparado em obra			
2.1	Concreto fresco	Consistência	Ensaio (ver Tabela 27)	A cada mistura preparada para moldar um lote de componentes pré-moldados (identificar peças moldadas com a mistura/betonada, para possibilitar rastreamento de peças)
2.2	Agregado (areia / brita)	Tipo, diâmetros, análise petrográfica e reatividade álcali/agregado	Ensaio (ver Tabela 27)	
2.3	Aglomerante	Tipo e quantidade	Verificar visualmente tipo e quantidade	
2.4	Aditivos	Tipo e quantidade	Verificar características específicas de cada aditivo, e quantidade empregada	
2.5	Concreto endurecido	Resistência à compressão	Ensaio conforme a ABNT NBR 5739	
2.6		Massa específica (para concreto leve)	Ensaio conforme a ABNT NBR 9778	
3	Concreto usado			
3.1	Concreto fresco	Consistência	Ensaio (ver Tabela 27)	A cada mistura preparada para moldar um lote de componentes pré-moldados (identificar peças moldadas com a mistura/betonada ou caminhão, para possibilitar rastreamento de peças)
3.2	Concreto endurecido	Resistência à compressão	Ensaio conforme a ABNT NBR 5739	
3.3	Agregado	Tipo, diâmetros e resistência Reatividade álcali/agregado	Ensaio (ver Tabela 27)	
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 31 – 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 item 3.6.3	Inspeção visual, conforme projeto	Todos os componentes
Posicionamento dos Blocos Cerâmicos ou de concreto	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 cerâmicas	Visual	Todos os painéis pré-moldados
Mistura, lançamento e adensamento do concreto	Traço do concreto, ou resistência e consistência, tempo de mistura, ou tempo de entrega, tipo de lançamento, tipo e tempo de adensamento	Análise dos procedimentos de execução	Todas as massadas (misturas), rastreadas por componentes
Cura	Tipo (cura natural, úmida e a vapor) e tempo de cura	Análise dos procedimentos de execução	Todas as peças
Transporte	Tipo de transporte para desenforma e armazenamento da peça	Análise dos procedimentos de execução	Todas as peças
Armazenamento	Local e forma de armazenamento	Análise dos procedimentos de execução	Todas as peças

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

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

Material/componente	Requisito / Características a avaliar	Método de avaliação	Amostragem/ Frequência de inspeção do produto
Painel – Parede	Tolerâncias geométricas do painel (tolerâncias de produção – ver Tabela 33)	Medição	10% da produção, para cada tipo de fôrma
	Identificação individual das peças	Inspeção visual	Todas as peças
	Posição e quantidade de dispositivos de fixação temporária	Inspeção visual baseada em análise de projeto	Todas as peças
	Posição e quantidade de dispositivos de fixação definitiva	Inspeção visual baseada em análise de projeto	Todas as peças
	Posicionamento e quantidade de alças de içamento	Inspeção visual baseada em análise de projeto	Todas as peças
	Eventual presença de falhas (fissuras, porosidade excessiva, ou outros)*	Inspeção visual	Todas as peças
	Aparência do painel quanto a homogeneidade da cor e textura da superfície do concreto	Inspeção visual	Todas as peças
* caso as falhas verificadas comprometam o desempenho do painel, este não deverá ser aceito			

Tabela 33 – Tolerâncias dimensionais do componente pré-moldado

Função do elemento	Dimensões (quando aplicável)		Tolerâncias (mm)
Painéis-parede	Comprimento ou largura do painel	Até 5m	±10
		De 5m 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			

6.2 Controle da montagem em canteiro de obras

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

Tabela 34 – Atividades a verificar durante a montagem

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

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

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