

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 018

**Diretriz para Avaliação Técnica de paredes de
concreto moldadas no local com fôrmas
metálicas incorporadas**

Brasília, setembro de 2023

SUMÁRIO

1. OBJETO.....	1
1.1 Campo de aplicação	2
1.2 Restrições de uso	2
1.3 Terminologia e simbologia	3
1.4 Documentos técnicos complementares	3
2. CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTO	5
2.1 Indicação das limitações de uso do produto.....	5
2.2 Caracterização das paredes e seus componentes.....	5
2.2.1 Caracterização das fôrmas.....	5
2.2.2 Caracterização do concreto.....	5
2.2.3 Caracterização da armadura	6
2.2.4 Caracterização do revestimento	6
2.3 Caracterização da execução.....	6
3. REQUISITOS E CRITÉRIOS DE DESEMPENHO	6
3.1 Desempenho estrutural.....	6
3.1.1 Concepção de projeto	6
3.1.2 Estabilidade e resistência do sistema estrutural e demais elementos com função estrutural (ELU) .	7
3.1.3 Deslocamentos, fissuras e ocorrência de falhas nos sistemas de vedações verticais internas e externas (ELS)	7
3.1.4 Resistência a impactos de corpo mole e de corpo duro	7
3.1.5 Ações transmitidas por portas para as paredes	7
3.1.6 Cargas transmitidas por peças suspensas.....	7
3.2 Segurança contra incêndio	7
3.2.1 Dificultar a inflamação generalizada.....	8
3.2.2 Dificultar a propagação do incêndio.....	8
3.2.3 Resistência ao fogo de elementos estruturais de compartimentação	8
3.3 Segurança no uso e operação	8
3.4 Estanqueidade	8
3.5 Desempenho higrotérmico	9
3.5.1 Desempenho térmico	9
3.5.2 Período de condensação	10
3.6 Desempenho acústico.....	10
3.6.1 Isolação sonora promovida pelos elementos da envoltória (parede e cobertura) – ensaio de campo - $D_{2m,nT,w}$ 10	
3.6.2 Isolação sonora entre ambientes promovida pelas paredes internas - em ensaio de campo - $D_{nT,w}$ 10	
3.7 Durabilidade e manutenibilidade.....	11
3.7.1 Análise dos mecanismos de deterioração do concreto e das armaduras	11
3.7.1.1 Deterioração do concreto.....	11
3.7.1.2 Deterioração das armaduras e fôrmas metálicas incorporadas	11
3.7.2 Resistência a choque térmico.....	11
4. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO	12
4.1 Métodos para caracterização das paredes e seus componentes	12
4.2 Métodos para avaliação do desempenho	12
4.2.1 Desempenho estrutural.....	12
4.2.1.1 Concepção do projeto	12
4.2.2 Segurança contra incêndio	13
4.2.3 Segurança no uso e operação	13
4.2.4 Estanqueidade à água	13
4.2.5 Desempenho higrotérmico.....	13
4.2.6 Desempenho acústico.....	13

4.2.7 Durabilidade e manutenabilidade	14
5. ANÁLISE GLOBAL DO DESEMPENHO DO PRODUTO.....	14
6. CONTROLE DA QUALIDADE.....	14
6.1 Controle de aceitação de materiais e componentes em canteiro.....	14

DIRETRIZ SINAT PARA AVALIAÇÃO TÉCNICA DE PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS NO LOCAL COM FÔRMAS METÁLICAS INCORPORADAS

1. Objeto

O produto alvo desta Diretriz são as paredes de concreto, moldadas no local com fôrmas metálicas incorporadas. As paredes são associadas a elementos estruturais convencionais, vigas, pilares e lajes, que são concretadas simultaneamente.

As fôrmas metálicas incorporadas às paredes consideradas nessa diretriz são compostas 4 componentes (Ver Figura 1):

1. Painéis de face: Malha metálica expandida, feita a partir de chapa de aço galvanizado a quente Z 275 (ABNT NBR 7008-1), espessura mínima 0,45 mm.
2. Perfis de enrijecimento vertical: Perfis de aço galvanizado a quente Z 225 (ABNT NBR 7008-1:2021), formados a frio tipo “U enrijecido” (ABNT NBR 6355), 0,6 mm de espessura mínima.
3. Hastes horizontais: Fios de aço com diâmetro nominal entre 5,0 mm e 6,0 mm (ABNT NBR 7480, que traspassam os perfis de enrijecimento vertical e são ligados aos conectores.
4. Conectores: componentes metálicos de ligação entre as faces das fôrmas. Os conectores ficam ligados às hastes horizontais e definem a espessura da parede.

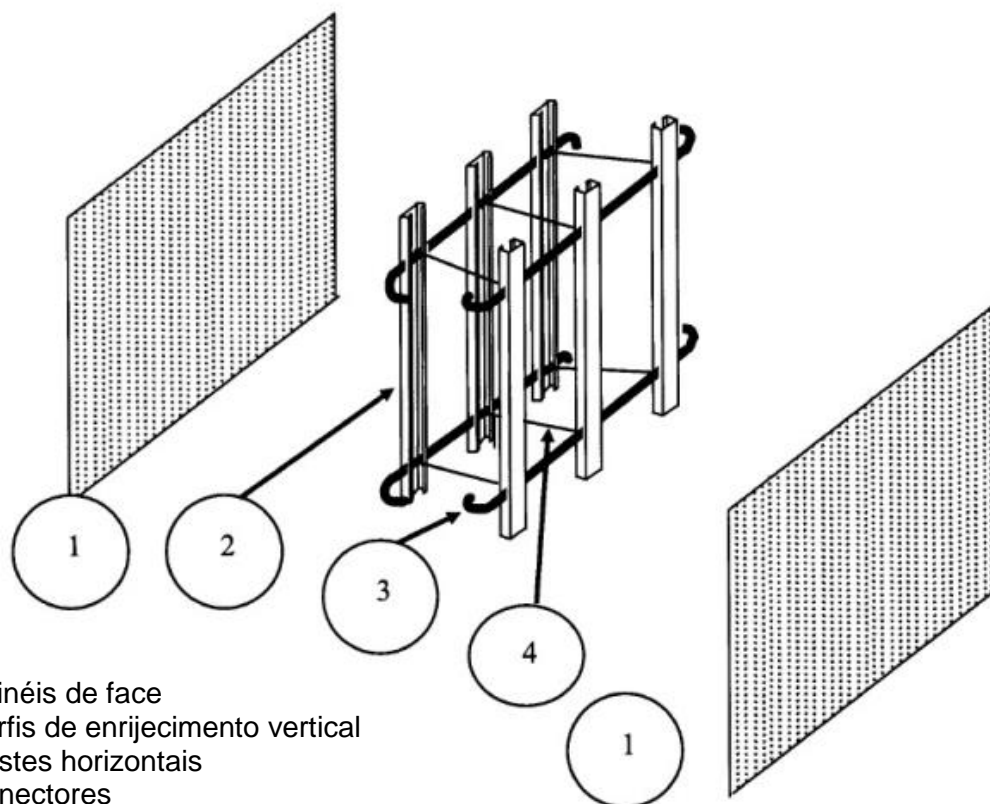


Figura 1 - Componentes das fôrmas metálicas incorporadas

As soluções de interface das paredes com as instalações devem considerar as exigências de manutenibilidade das instalações ao longo da vida útil da edificação. As instalações hidráulicas, sanitárias e de gás não podem ser embutidas nas paredes.

1.1 Campo de aplicação

Esta Diretriz se aplica a construção de paredes de casas térreas isoladas ou geminadas, casas sobrepostas isoladas ou geminadas, sobrados isolados ou geminados e edificações multifamiliares de múltiplos pavimentos.

1.2 Restrições de uso

Esta Diretriz não se aplica a:

- Paredes estruturais de concreto armado e armadura de aço com fôrmas removíveis, que devem atender à ABNT NBR 16055;
- Paredes de concreto com agregado leve;
- Paredes de concreto diferente do especificado no item 2.2.2 desta Diretriz;
- Paredes de concreto pré-moldadas;
- Paredes curvas;

As edificações que utilizam paredes em concreto moldadas no local com fôrmas metálicas incorporadas podem estar localizadas nas regiões de classe de agressividade ambiental I e II (rurais e urbanas, respectivamente), conforme ABNT NBR 6118, ou seja, não podem ser utilizadas nas regiões de classe de agressividade ambiental III ou IV (ambientes “marinho e industrial” e “industrial/respingos de maré”). São considerados ambientes marinhos aqueles distantes da orla marinha até 2.000 m ou com concentração de cloretos, segundo avaliação pelo método da vela úmida, ABNT NBR 6211.

Para as paredes objeto dessa diretriz aplicam-se as seguintes limitações dimensionais:

- Altura máxima: Deve ser calculada seguindo premissas do item 17 da ABNT NBR 16055;
- Espessura mínima: 13,0 cm, sem revestimento;
- Comprimento mínimo: maior ou igual a dez vezes a sua espessura;
- Comprimento máximo da parede sem contraventamento: Deve ser calculado seguindo premissas do item 17 da ABNT NBR 16055.

Deve-se fazer uma análise do potencial de surgimento de problemas de umidade, em razão, dentre outros, da condensação de umidade interna às unidades (ver item 3.5). Assim, o DATEC deve mostrar uma análise de projeto tipo e, para cada empreendimento, sugere-se que essa análise seja feita, considerando ao menos os aspectos a seguir listados:

- Implantação das unidades (posição em relação ao Norte), ou, em caso dessa não estar previamente definida, as mesmas estabelecidas no item A.1.3-b do Anexo A da ABNT NBR 15575-1;
- Dados climáticos do local de implantação do empreendimento;
- Topografia do terreno e seu impacto sobre a incidência de vento (coeficiente de pressão da ABNT NBR 6123);
- Projeto de arquitetura (dimensões em planta dos cômodos, dimensões dos caixilhos – área de ventilação, ático ventilado ou não, e pé-direito);
- Possibilidade de renovação de ar pela existência de ventilação cruzada;
- Abertura de ventilação, principalmente em banheiro e cozinha (sem exigência da ABNT NBR 15575-4).

O DATEC deve indicar eventuais limitações de uso específicas do produto avaliado.

1.3 Terminologia e simbologia

Para efeito desta Diretriz adotam-se as definições constantes na ABNT NBR 6118, ABNT NBR 16055, ABNT NBR 15575-1 e nos demais documentos técnicos complementares.

1.4 Documentos técnicos complementares

A seguir, são apresentados os documentos citados nessa Diretriz, ressaltando-se que à medida que houver atualização das normas técnicas aqui citadas deverão ser consideradas as que se encontram vigentes.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT)

ABNT NBR 5674 – Manutenção de edificações – Procedimento;

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

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

ABNT NBR 6120 – Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações;

ABNT NBR 6123 – Forças Devidas ao Vento em Edificações;

ABNT NBR 6211 – Corrosão atmosférica - Determinação de cloretos na atmosfera pelo método da vela úmida;

ABNT NBR 6355 – Perfis estruturais de aço formados a frio - Padronização

ABNT NBR 7008-1 – Chapas e boninas de aço revestidas com zinco ou liga de zinco-ferro pelo processo contínuo de imersão a quente – Parte 1: Requisitos

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

ABNT NBR 8953 – Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência;

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

ABNT NBR 9833 – Concreto fresco – Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar incorporado pelo método gravimétrico;

ABNT NBR 10821-2 – Esquadrias para edificações Parte 2: Esquadrias externas – Requisitos e classificação;

ABNT NBR 10821-3 – Esquadrias para edificações Parte 2: Esquadrias externas internas – Métodos de ensaio;

ABNT NBR 12655 – Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento;

ABNT NBR 14037 – Manual de operação, uso e manutenção das edificações – Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação;

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

ABNT NBR 14931 – Execução de estruturas de concreto – Procedimento;

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

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

ABNT NBR 15575-4 – Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 4: Sistemas de vedações verticais externas e internas;

ABNT NBR 15823-2 – Concreto autoadensável – Parte 2: Determinação do espalhamento e do tempo de escoamento – Método do cone de Abrams;

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

NORMA MERCOSUL (NM)

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

NM 278 – Determinação da massa de zinco no revestimento de chapas e tubos de aço galvanizado ou eletro galvanizado.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO)

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

ISO 140-4 Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms.

ISO 140-5 Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of façade elements and facades.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM)

ASTM B487-85 (2013) - Standard Test Method for Measurement Of Metal And Oxide Coating Thickness By Microscopical Examination Of Cross Section

2. Caracterização do produto

No DATec deve-se descrever as principais características do produto avaliado, tais como, detalhamento das fôrmas metálicas incorporadas às paredes, a concepção estrutural, as espessuras de paredes, os revestimentos de paredes, de pisos, as esquadrias e demais interfaces entre subsistemas, de forma a caracterizar precisamente o produto avaliado.

2.1 Indicação das limitações de uso do produto

Explicitar no DATec as possíveis limitações de projeto e de uso do produto avaliado, tais como número de pavimentos, zonas bioclimáticas, classes de agressividade ambiental e demais limitações específicas consideradas na avaliação técnica.

2.2 Caracterização das paredes e seus componentes

Caracterizar as paredes de concreto quanto às espessuras, ao concreto empregado e material da armadura, eventuais reforços localizados, cobrimento, revestimentos e demais detalhes construtivos relevantes à avaliação.

2.2.1 Caracterização das fôrmas

Identificar o tipo de fôrma, seu detalhamento, materiais empregados e detalhamento dos seus componentes (Painéis de face, perfis de enrijecimento vertical, hastes horizontais, conectores, dispositivos para içamento e passarelas de trabalho etc.).

No caso de componentes revestidos com zinco, a espessura pode ser caracterizada na produção dos componentes, conforme método da NM 278, ou no recebimento por microscopia, conforme método ASTM B487-85.

2.2.2 Caracterização do concreto

O concreto utilizado para preenchimento das fôrmas metálicas deve ser de classe normal (C), conforme definição da ABNT NBR 8953.

Os materiais constituintes do concreto, agregados, cimento, aditivos devem atender à normalização pertinente.

Atenção especial deve ser dada à possibilidade de ocorrência de reação álcali-agregado.

Para a avaliação técnica das paredes de vedação de concreto moldadas no local com fôrmas incorporadas é necessário que se apresente as propriedades do concreto empregado. Assim, devem-se caracterizar, no mínimo, as propriedades do concreto listadas a seguir:

a) Parâmetros de dosagem

- Relação a/c;
- Diâmetro máximo do agregado graúdo;
- Resistência característica à compressão (f_{ck}) aos 28 dias;

b) No estado fresco:

- Consistência, pelo abatimento do tronco de cone (*slumptest*) ou pelo espalhamento (*flowtest*);
- Massa específica;

c) No estado endurecido

- Resistência característica à compressão (f_{ck}): $20 \text{ MPa} \leq f_{ck} \leq 40 \text{ MPa}$;
- Massa específica, absorção de água e índice de vazios.

2.2.3 Caracterização da armadura

As armaduras devem ser de aço CA-50, conforme definido na ABNT NBR 7480.

2.2.4 Caracterização do revestimento

As paredes de concreto com fôrmas metálicas incorporadas devem ser revestidas com argamassa convencional com espessura mínima de 1cm para faces internas, e espessura mínima de 2 cm para faces externas das paredes (fachadas). Espessuras maiores poderão ser utilizadas de acordo com a necessidade de regularização das paredes.

As análises de desempenho devem considerar as espessuras dos revestimentos conforme definida no DATec.

2.3 Caracterização da execução

Caracterizar as paredes quanto à execução, descrevendo a sequência das operações realizadas para a concretagem das paredes e lajes, desde a preparação e montagem das armaduras e das fôrmas até a concretagem, procedimentos de cura do concreto e aplicação dos revestimentos.

Deve-se indicar os principais equipamentos empregados bem como os cuidados e controles de execução adotados e outros aspectos relevantes que podem influenciar no desempenho do produto.

3. Requisitos e critérios de desempenho

A avaliação de desempenho das paredes de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas incorporadas deve ser feita considerando os requisitos e critérios de desempenho descritos nos próximos itens.

3.1 Desempenho estrutural

3.1.1 Concepção de projeto

Apesar de serem associadas a elementos estruturais principais, vigas e pilares, as paredes de concreto moldadas no local com formas metálicas incorporadas devem ser dimensionadas considerando sua função estrutural, levando em consideração as transferências de esforços e deformações associadas.

No dimensionamento das paredes, vigas, pilares e lajes deve ser considerado a execução da concretagem de forma simultânea.

Na concepção das paredes, considerando sua função estrutural, a contribuição das formas metálicas incorporadas não deve ser considerada.

As premissas de projeto devem levar em conta todas as ações previstas na seção 11 da ABNT NBR 16055 e atender a verificação dos Estados Limites Último (ELU) e de Serviço (ELS) previstos na mesma norma.

Deve-se considerar a resistência mecânica dos materiais e componentes e as solicitações características de acordo com as normas brasileiras vigentes, simulando-se através de modelos matemáticos e/ou físicos as situações de ruína por esgotamento da capacidade de resistência dos materiais ou por instabilidade.

Quanto à segurança estrutural, o edifício deve atender, durante a vida útil de projeto, as disposições constantes nas subseções 5.2, 5.3 e 5.4 da ABNT NBR 16055.

Deve-se considerar, fundamentalmente, a ABNT NBR 6118, a ABNT NBR 15575-2, a ABNT NBR 15575-4 e a ABNT NBR 16055.

3.1.2 Estabilidade e resistência do sistema estrutural e demais elementos com função estrutural (ELU)

Considerar o nível de segurança contra a ruína previsto na ABNT NBR 6118, na ABNT NBR 15575-2, na ABNT NBR 15575-4, na ABNT NBR 16055 e demais documentos complementares, considerando as combinações de carregamento de maior probabilidade de ocorrência, ou seja, aquelas que se referem ao ELU. Considerar nos projetos as cargas permanentes, acidentais (sobrecargas de utilização), devidas ao vento e a deformações impostas, como variação de temperatura, umidade e recalques das fundações.

3.1.3 Deslocamentos, fissuras e ocorrência de falhas nos sistemas de vedações verticais internas e externas (ELS)

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

Sob a ação de cargas gravitacionais, de temperatura, de vento (ABNT NBR 6123), recalques diferenciais das fundações (ABNT NBR 6122) ou quaisquer outras solicitações passíveis de atuarem sobre a construção, conforme ABNT NBR 8681, os componentes estruturais não devem apresentar:

- a) Deslocamentos maiores que os estabelecidos na ABNT NBR 6118 ou, caso necessário, os estabelecidos na ABNT NBR 15575-2;
- b) Fissuras com aberturas maiores que os limites indicados na ABNT NBR 6118.

3.1.4 Resistência a impactos de corpo mole e de corpo duro

Considera-se, para efeito de avaliação técnica, que as paredes de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas incorporadas, objeto dessa Diretriz, atendem aos critérios relativos a impactos de corpo mole e corpo duro.

3.1.5 Ações transmitidas por portas para as paredes

As paredes de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas incorporadas devem atender aos critérios da ABNT NBR 15575-4, devendo ser observada a forma de fixação da porta.

3.1.6 Cargas transmitidas por peças suspensas

As paredes de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas incorporadas devem atender aos critérios da ABNT NBR 15575-4, devendo ser observados os elementos de fixação.

3.2 Segurança contra incêndio

Para os sistemas de parede objeto desta Diretriz, os requisitos de segurança contra incêndio são expressos por: reação ao fogo dos materiais de acabamento e resistência ao fogo das paredes que são elementos estruturais e de compartimentação.

Especificamente quanto às paredes objeto dessa Diretriz, com relação aos requisitos estabelecidos na ABNT NBR 15575-1, verifica-se que as paredes tem como principal função minimizar a propagação do incêndio, assegurando estanqueidade à chamas, isolamento térmico e estabilidade.

De uma forma geral, na avaliação da segurança contra incêndio é importante, ainda, considerar no desenvolvimento do projeto as exigências contidas nas regulamentações do Corpo de Bombeiros no Estado em que a edificação será erigida e, atender as exigências do usuário conforme a ABNT NBR 14432, além dos regulamentos específicos estaduais e municipais.

3.2.1 Dificultar a inflamação generalizada

Os materiais de revestimento, acabamento e isolamento termo-acústico empregados na face interna dos sistemas ou elementos que compõem as paredes devem ter as características de propagação de chamas controladas, de forma a atender as exigências do critério de propagação superficial de chamas especificado no item 8.2 da ABNT NBR 15575-4.

Para paredes de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas incorporadas revestidas com argamassa, ou com revestimento em gesso liso ou massa corrida e pintado são considerados incombustíveis. Caso existam outros materiais de acabamento, esses devem ser classificados como I, II A ou III A.

3.2.2 Dificultar a propagação do incêndio

Os materiais de revestimento, acabamento e isolamento termo-acústico empregados na face externa dos sistemas ou elementos que compõem as paredes devem ter as características de propagação de chamas controladas, de forma a atender as exigências do critério de propagação superficial de chamas especificado no item 8.3 da ABNT NBR 15575-4.

Para paredes de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas incorporadas revestidas com argamassa, ou com revestimento em gesso liso ou massa corrida e pintado são considerados incombustíveis. Caso existam outros materiais de acabamento, esses devem ser classificados como I, II A ou III A.

3.2.3 Resistência ao fogo de elementos estruturais de compartimentação

As paredes objeto desta Diretriz devem atender ao Tempo Requerido de Resistência ao Fogo – TRRF conforme requisitos da ABNT NBR 14432, considerando a altura da edificação, de forma a controlar os riscos de propagação de incêndio e preservar a estabilidade estrutural da edificação em situação de incêndio.

As paredes de geminação (parede 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 30min, considerando os critérios de avaliação relativos à estabilidade e isolamento térmica.

No caso de unidade habitacional unifamiliar, isolada, até dois pavimentos, é requerida resistência ao fogo de 30min para os SVVIE somente na cozinha e ambiente fechado que abrigue equipamento de gás.

3.3 Segurança no uso e operação

As paredes de concreto devem atender aos critérios da ABNT NBR 15575-1.

3.4 Estanqueidade

As paredes de concreto devem atender aos critérios da ABNT NBR 15575-4.

Considera-se, para efeito de avaliação técnica, que as paredes de concreto tratadas nesta Diretriz atendem ao critério relativo à estanqueidade à água, nas seguintes condições:

- a) Paredes externas: protegidas por sistemas de pintura;
- b) Paredes internas de áreas molhadas: revestidas com placas cerâmicas com altura mínima de 1500 mm no box da área de banho e 300 mm sobre pias do banheiro, sendo no restante da área das paredes a proteção feita com sistemas de pintura que atendam às respectivas normas;
- c) Paredes internas de áreas molháveis: revestidas com placas cerâmicas com altura mínima de 300 mm sobre pia de cozinha e tanque de lavagem de roupas sendo no

restante da área das paredes a proteção feita com sistemas de pintura que atendam às respectivas normas.

De maneira geral, deve-se avaliar as soluções adotadas para as interfaces entre as paredes e demais elementos e componentes submetidos à incidência de água tais como:

- Elementos de fundação;
- Revestimentos de pisos internos e externos;
- Revestimentos de paredes internas e externas;
- Esquadrias;
- Coberturas.

Essas interfaces devem ser analisadas, quanto à:

- Possibilidade de ocorrência de fissuras e/ou destacamentos que permitam a infiltração de água;
- Adoção de detalhes que permitam o escoamento da água, por exemplo, a existência de pingadeiras nos peitoris e caimentos em pisos;
- Aplicação de selantes que impeçam a passagem da água;
- Aplicação de sistemas de impermeabilização.

3.5 Desempenho higrotérmico

3.5.1 Desempenho térmico

A edificação deve reunir características que atendam às exigências de desempenho térmico estabelecidas na ABNT NBR 15575-4 e no Protocolo de Avaliação do Desempenho Térmico de Sistemas Construtivos para Habitações por Simulações Computacionais do SiNAT, publicado em 21/08/21¹, respeitando as características bioclimáticas das diferentes regiões brasileiras definidas na ABNT NBR 15220-3 e considerando que o desempenho térmico da edificação depende do comportamento interativo entre paredes externas e cobertura.

A simulação deve ser feita com as cidades representativas de cada zona bioclimática onde o sistema construtivo será utilizado.

Considera-se, para efeito de avaliação técnica, que as edificações com paredes de concreto tratadas nesta Diretriz destinadas a casas térreas, sobrados, casas sobrepostas e a edifícios habitacionais de até múltiplos pavimentos, com as características abaixo apresentadas, atendem ao critério mínimo de desempenho térmico exposto na ABNT NBR 15.575-4 e no Protocolo de Avaliação do Desempenho Térmico de Sistemas Construtivos para Habitações por Simulações Computacionais do SiNAT, em termos de percentagem média durante o ano em que os ambientes de longa permanência (dormitórios e salas) apresentam temperaturas operativas dentro de faixas determinadas e de temperaturas operativas máximas e mínimas anuais da habitação.

Características: pé direito mínimo de 2,5 m, de piso a teto; espessura mínima das paredes de 100 mm; espessura mínima das lajes de 100 mm (de forro ou de piso); telhado de telhas de fibrocimento (espessura mínima de 6 mm), ou telhas de concreto (espessura mínima de 11 mm) ou telhas cerâmicas, desde que a condutividade térmica seja menor ou igual a 0,65 W/(m.K); presença de ático entre a laje horizontal e o telhado com resistência térmica mínima de 0,21 (m².K)/W; faces externas das paredes externas em cores de tonalidades médias ou claras para as zonas bioclimáticas Z1 a Z7 e tonalidades claras para a zona bioclimática Z8; emprego de produto isolante térmico na cobertura, com resistência térmica mínima de 0,67 m².K/W ($R=e/\lambda$, sendo “e” a espessura e “λ” a condutividade térmica), na zona bioclimática Z8.

¹ Documento disponível em <<https://pbqp-h.mdr.gov.br/biblioteca/modelo-protocolo-sinat/>>

3.5.2 Período de condensação

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

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

3.6 Desempenho acústico

Para o produto objeto desta diretriz deve ser apresentado o valor do índice de redução sonora ponderado, R_w , considerando o elemento construtivo parede cega, com os seus componentes típicos, incluindo juntas quando for o caso, conforme ISO 10140 - parte 2, que é o método de precisão realizado em laboratório.

Considerando este valor, a ITA fará uma análise do potencial do emprego da parede na edificação habitacional, do ponto de vista da isolamento a ruídos aéreos, com base nos critérios e nos valores de referência definidos na ABNT NBR 15575-4, para sistemas de vedação vertical externa ou interna (fachadas, paredes de geminação, paredes entre unidades habitacionais e áreas comuns, separação entre unidades passando pelo hall).

Como forma de demonstrar o potencial de atendimento da ABNT NBR 15575-4, devem ser apresentadas medições de campo, considerando isolamento a ruídos aéreos de fachada, ou de fachada/cobertura (no caso de unidades térreas e assobradadas) e de paredes internas entre unidades habitacionais, pelo menos. As medições de campo devem ser efetuadas, preferencialmente, por meio do método de engenharia, conforme a ISO 140-5 (SVVE – fachadas) ou a ISO 140-4 (SVVI).

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

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

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

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

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

3.7 Durabilidade e manutenibilidade

As paredes de concreto devem atender aos requisitos e critérios estabelecidos pela ABNT NBR 15575-1 quanto à durabilidade e manutenibilidade.

Por se tratar de paredes sem função estrutural, a VUP deve ser ≥ 40 anos para as vedações verticais externas, e VUP ≥ 20 anos para vedações verticais internas, como exigido pela ABNT NBR 15575-1, quando submetidas às intervenções de manutenção previstas no Manual Técnico de Uso do Sistema.

Assim, além da verificação do atendimento das características dos componentes estabelecidas no item 2, os seguintes requisitos são previstos para análise da durabilidade:

- Análise dos mecanismos de deterioração do concreto e das armaduras (item 3.7.1);
- Verificação da existência e coerência de especificações e premissas de projeto que visem atendimento à VUP, conforme ABNT NBR 15575-1;
- Verificação da existência no Manual Técnico de Uso de orientações que visem a facilidade e qualidade dos serviços de manutenção, em acordo com a ABNT NBR 5674 e ABNT NBR 14037;
- Resistência das paredes de fachada à ação de calor e choque térmico (item 3.7.2).

3.7.1 Análise dos mecanismos de deterioração do concreto e das armaduras

3.7.1.1 Deterioração do concreto

Para o produto tratado nesta Diretriz o conhecimento das propriedades do concreto – porosidade e permeabilidade – é essencial para prevenir a penetração de agentes agressivos e, conseqüentemente, a possível deterioração do concreto e da armadura.

Assim, deve-se considerar:

- a) Lixiviação por ação de águas puras, carbônicas agressivas e ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento;
- b) Expansão por ação de águas 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.

3.7.1.2 Deterioração das armaduras e fôrmas metálicas incorporadas

Quanto à deterioração da armadura e fôrmas metálicas incorporadas, 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.

3.7.2 Resistência a choque térmico

Considera-se, para efeito de avaliação técnica, que as paredes de concreto tratadas nesta Diretriz, contempladas no item 1.1, atendem ao critério relativo à resistência a choque térmico.

4. Métodos de avaliação

4.1 Métodos para caracterização das paredes e seus componentes

A caracterização do produto parede estrutural de concreto moldada no local pode ser feita a partir de análises de projeto, visitas a obras e ensaios dos materiais e componentes.

Com relação aos ensaios de caracterização dos materiais devem ser adotadas as normas listadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Normas para a caracterização dos materiais

Material	Ensaio	Norma
Fôrmas metálicas (Componentes revestidos)	Determinação da massa de zinco	NM 278
	Espessura da camada de zinco por microscopia	ASTM B487-85
Concreto	Consistência pelo abatimento do tronco de cone	NM 67
	Determinação do espalhamento	NBR 15823-2
	Massa específica no estado fresco	NBR 9833
	Resistência à compressão	NBR 5739
	Absorção de água, índice de vazios e massa específica	NBR 9778
	Módulo de elasticidade	NBR 6118
Armadura de aço	Caracterização das barras	NBR 7480

4.2 Métodos para avaliação do desempenho

4.2.1 Desempenho estrutural

4.2.1.1 Concepção do projeto

Análise de projeto, considerando fundamentalmente, a ABNT NBR 6118, a ABNT NBR 6120, a ABNT NBR 6123 e a ABNT NBR 16055.

4.2.1.2 Estabilidade e resistência do sistema estrutural e demais elementos com função estrutural (ELU)

Deve-se utilizar como método para avaliação desse requisito, os cálculos e/ou ensaios previstos na ABNT NBR 15575-2.

a) Cálculos: as condições de desempenho podem ser comprovadas analiticamente, demonstrando o atendimento ao estado-limite último, devendo as ações respeitarem as normas vigentes e considerações de projeto.

b) Ensaios: 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 mínima de projeto através de ensaios destrutivos e do traçado do correspondente diagrama carga x deslocamento, conforme especificado no Anexo A da ABNT NBR 15575-2: “Modelagem matemática do comportamento conjunto para a resistência mínima de projeto”.

4.2.1.3 Deslocamentos, fissuras e ocorrência de falhas nos sistemas de vedações verticais internas e externas

Para avaliação das paredes de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas incorporadas, deve-se realizar ensaio de tipo, análise de projeto ou cálculos, considerando também os esforços que simulam as ações horizontais devidas ao vento.

As análises, verificações ou ensaios de 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 aforada a câmara prevista para ensaios de esquadrias externas conforme a ABNT NBR 10821-3, ou pode ser realizado ensaio por intermédio de balão inflável de material plástico, conforme Anexo G da ABNT NBR 15575-4.

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

Para avaliar em campo o funcionamento das paredes, devem ser avaliadas características conforme detalhadas no item 7.2.2.3 da ABNT NBR 15575-4.

4.2.1.4 Impactos de corpo mole e corpo duro

Conforme ABNT NBR 15575-4 e item 3.1.4.

4.2.1.5 Solicitações transmitidas por portas para as paredes

Conforme ABNT NBR 15575-4 e item 3.1.5.

4.2.1.6 Cargas transmitidas por peças suspensas para as paredes

Conforme ABNT NBR 15575-4 e item 3.1.6.

4.2.2 Segurança contra incêndio

Os requisitos e critérios de desempenho podem ser verificados por meio de análises dos projetos, por ensaios ou por inspeção em protótipos e seguir os preceitos da ABNT NBR 15575-4 e item 3.2.

4.2.3 Segurança no uso e operação

Conforme ABNT NBR 15575-4 e item 3.3.

4.2.4 Estanqueidade à água

Conforme ABNT NBR 15575-4 e item 3.4.

4.2.5 Desempenho higrotérmico

O desempenho térmico deve ser avaliado conforme a ABNT NBR 15575-4 e item 3.5.1.

O período de condensação deve ser avaliado conforme item 3.5.2.

4.2.6 Desempenho acústico

Conforme ABNT NBR 15575-4 e item 3.6.

4.2.7 Durabilidade e manutenibilidade

Conforme ABNT NBR 15575-4 e item 3.7.

5. Análise global do desempenho do produto

Os relatórios específicos de análise 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

A Instituição Técnica Avaliadora, ITA, deve avaliar se a empresa detentora do DATec tem e mantém os controles necessários para a qualidade do processo de produção do seu produto. Para tanto, deve-se realizar auditorias técnicas periódicas na unidade produtora do sistema construtivo e, se for o caso, em obras acabadas ou em execução.

A periodicidade das auditorias técnicas do sistema construtivo objeto desta Diretriz, a serem conduzidas pela ITA, deve ser de aproximadamente seis meses de acordo com a portaria 110 do Ministério das Cidades de 05/03/2015.

A empresa detentora do DATec deve realizar e manter controle tecnológico dos materiais e componentes, principalmente o concreto, das armaduras e das fôrmas metálicas incorporadas, bem como controle da execução do produto alvo dessa Diretriz, os quais devem ser evidenciados no sistema da qualidade da empresa.

Nas auditorias técnicas, sempre que se julgar necessário, a ITA, além de verificar os controles da empresa, pode solicitar a realização de ensaios de caracterização dos materiais para que se verifique se as condições analisadas se mantêm as mesmas de quando da emissão do DATec. Nesse caso, devem ser avaliadas as propriedades especificadas no item 2.2.2, a critério da ITA.

Quanto à execução das paredes tratadas nesta Diretriz, a ITA deve verificar se a empresa faz os controles:

- De recebimento dos materiais, de acordo com a normalização pertinente e os procedimentos de execução do proponente;
- De aceitação do concreto, de acordo com a normalização pertinente e os procedimentos de execução do proponente, para as idades de desforma e aos 28 dias;
- De execução das paredes, conforme a ABNT NBR 14931. O detentor da tecnologia deve apresentar procedimentos de execução e detalhes construtivos específicos;
- Do recebimento das paredes, devem ser estabelecidos critérios pelo detentor da tecnologia, como, por exemplo: tolerâncias geométricas, quantidade e abertura de fissuras e outros requisitos pertinentes.

6.1 Controle de aceitação de materiais e componentes em canteiro

O proponente da tecnologia e/ou construtor deve apresentar documentação/ procedimentos à ITA que comprovem, pelo menos, os controles apresentados na Tabela 2.

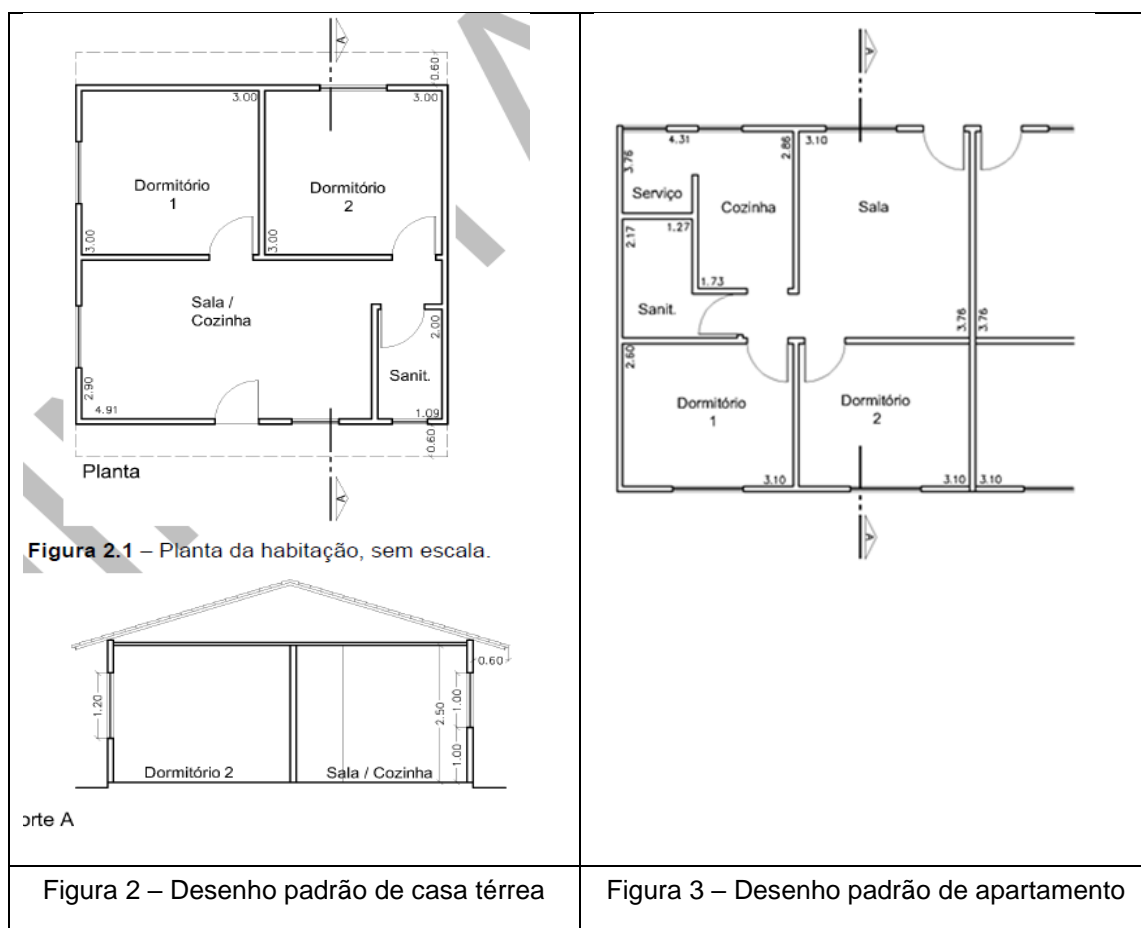
Tabela 2 - Controle de aceitação de materiais em canteiro: métodos e frequências de aceitação

Item	Material/ componente/ característica a analisar	Requisitos	Método de avaliação	Amostragem/ Frequência de inspeção
1	Fôrmas metálicas			
1.1	Dimensões de comprimento, largura e espessura dos perfis	Conforme especificação do fabricante	Medição com trena e paquímetro	Lote de recebimento
1.2	Espessura do revestimento de zinco dos componentes galvanizados	Conforme especificação do fabricante	NM 278 ¹	
			ASTM B487-85	
2	Armadura			
2.1	Barras de aço	Caracterização das barras	NBR 7480 ¹	Lote de recebimento
3	Concreto usinado			
3.1	Estado fresco	Consistência ou espalhamento	NM 67 ou NBR 15823-2	Amostragem em obra, a ser definida pelo detentor da tecnologia, conforme a NBR 12655
		Viscosidade plástica aparente ²	NBR 15823-2	
3.2	Estado endurecido	Resistência à compressão	NBR 5739	
		Massa específica	NBR 9778	
4	Argamassa de revestimento			
4.1	Industrializada ou preparada em obra	Resistência de aderência	13828	Amostragem em obra, a ser definida pelo detentor da tecnologia
¹ Análise do relatório disponibilizado pelo fornecedor ² Quando o concreto for autoadensável				

ANEXO A – PROCEDIMENTO PARA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE TAXA DE CONDENSAÇÃO POR ANO

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

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



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

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

Tabela 3 – Características térmicas dos materiais da parede de alvenaria

Material	ρ (kg/m³)	λ (W/(m.K))	c (kJ/(kg.K))
Cerâmica	1800	1,0	0,90
Argamassa de revestimento	1800	1,15	0,92

- 4) Não considerar efeito de sombreamento de edificações vizinhas;
- 5) Considerar a simulação/ análise nos cômodos de longa permanência: sala e dormitórios;
- 6) Realizar a simulação, considerando as janelas dos dormitórios e salas voltadas para a direção Sul. No caso de edifícios, considerar na simulação o apartamento da cobertura;
- 7) Considerar duas situações de ocupação:
- a. Apartamento desocupado, com ventilação somente por meio de frestas nas janelas. Considerar esquadrias com nível de desempenho “mínimo” ($80\text{m}^3/(\text{h} \times \text{m}^2)$) quanto à sua permeabilidade ao ar de acordo com a norma ABNT NBR 10821-2;
 - b. Apartamento ocupado, com ventilação que ocorre através da metade da área total das janelas, por um período de 08 horas.
- 8) Simular as portas internas dos recintos abertas;
- 9) Considerar na simulação os dados climáticos das cidades representativas das zonas bioclimáticas que serão avaliadas;
- 10) Considerar as condições de relevo e pressão do vento “standard” do Energy Plus;
- 11) Considerar as fontes de umidade e ocupação, conforme Tabela 4 a Tabela 7.

Tabela 4 – Fontes de calor e umidade nos recintos e regime de ocupação diário em todos os dias do ano

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

Tabela 5 – Calor produzido por pessoas em função da atividade metabólica

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

Tabela 6 – Calor produzido por lâmpadas em função da potência

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

Tabela 7 – Vapor d'água produzido por equipamentos de aquecimento de água (Fonte: Canada Mortgage and Housing Corporation, 1979)

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

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